



немачка
сарадња
DEUTSCHE ZUSAMMENARBEIT

Sprovedeno od strane:
Implemented by:

giz Deutsche Gesellschaft
für Internationale
Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

УНИВЕРЗИТЕТ БЕОГРАД  UNIVERSITY OF BELGRADE



Република Србија
Министарство грађевинарства,
саобраћаја и инфраструктуре



Република Србија
Министарство рударства
и енергетике

Примена обновљивих извора енергије
на зградама школа, фискултурних сала и
предшколских установа

Application of renewable energy sources
in school, gym and kindergarten buildings

Издавач - Published by the

Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH
2019

Милица Јовановић Поповић, Душан Игњатовић, Бојана Зековић, Жељко Ђуришић,
Ива Батић, Вукман Бакић, Никола Мирков, Мирослав Кљајић, Драгана Константиновић,

Milica Jovanović Popović, Dušan Ignjatović, Bojana Zeković, Željko Đurišić,
Iva Batić, Vukman Bakić, Nikola Mirkov, Miroslav Kljajić, Dragana Konstantinović,

Примена обновљивих извора енергије на зградама школа,
фискултурних сала и предшколских установа
Application of renewable energy sources in school, gym and
kindergarten buildings



Примена обновљивих извора енергије
на зградама школа, фискултурних сала и
предшколских установа

Application of renewable energy sources
in school, gym and kindergarten buildings

Импресум

ИЗДАВАЧ

Deutsche Gesellschaft für
Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

Registered offices
Bonn and Eschborn, Germany

Пројекат српско-немачке развојне сарадње
„Енергетска ефикасност у јавним зградама“
Теразије 23, 5. спрат
Београд, Република Србија

АУТОРИ

Универзитет у Београду, Архитектонски факултет
Проф. др Милица Јовановић Поповић
В.проф. др Душан Игњатовић
Асист. др Бојана Зековић

Универзитет у Београду, Електротехнички факултет
В.проф. др Жељко Ђуришић
Др Ива Батић, научни сарадник

Институт за нуклеарне науке Винча
Др Вукман Бакић, научни саветник
Др Никола Мирков, научни сарадник

Универзитет у Новом Саду, Факултет техничких
наука
Доц. др Мирослав Кљajiћ
Доц. др Драгана Константиновић

Impressum

PUBLISHER

Deutsche Gesellschaft für
Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

Registered offices
Bonn and Eschborn, Germany

Serbian-German Development Cooperation Project
“Energy Efficiency in Public Buildings”
Terazije 23, 5th floor
Belgrade, Republic of Serbia

AUTHORS

University of Belgrade, Faculty of Architecture
Full professor Milica Jovanović Popović, PhD.
Associate professor Dušan Ignjatović, PhD.
Teaching assistant Bojana Zeković, PhD.

University of Belgrade, School of Electrical
Engineering
Associate professor Željko Đurišić, PhD.
Research associate, Iva Batić, PhD.

Institute of Nuclear Sciences Vinča
Principal research fellow, Vukman Bakić, PhD.
Research associate, Nikola Mirkov, PhD.

University in Novi Sad, Faculty of Technical
Sciences
Assistant professor, Miroslav Kljajić, PhD.
Assistant professor, Dragana Konstantinović, PhD.

Рецензенти

Проф.др Бранка Димитријевић
Проф.др Ана Радивојевић
Др. Мила Пуцар

Превод

Wordica

Дизајн

Skochi u ochi

Тираж

300

Штампа

DND, Beograd

Мај 2019

Reviewers

Professor Branka Dimitrijević
Professor Ana Radivojević
Mila Pucar

Translation

Wordica

Design

Skochi u ochi

Circulation

300

Printed by

DND, Belgrade

May 2019

Садржај

Предговор

1. УВОД

2. РЕГУЛАТИВА ЕУ

3. РЕГУЛАТИВА СРБИЈЕ

3.1 Законски акти

4. МЕТОДОЛОШКИ ПРИСТУП

5. ТОПЛОТНЕ ПУМПЕ

5.1 Примена у сектору зградарства

5.1.1 Топлотне пумпе типа „ваздух – вода“

5.1.2 Топлотне пумпе типа „земља – вода“

5.2 Методологија прорачуна топлотних пумпи

5.2.1 Топлотне пумпе типа „ваздух – вода“

5.2.2 Топлотне пумпе типа „земља – вода“

5.2.2.1 Изведба са хоризонталним сондама

5.2.2.2 Изведба са вертикалним сондама

5.3 Примена топлотних пумпи у објектима школа и вртића

5.3.1 Прво унапређење

5.3.2 Друго унапређење

5.3.2.1 Топлотне пумпе са хоризонталним

Table of Content

Foreword

1. INTRODUCTION

2. EU LEGISLATION

3. SERBIAN LEGISLATION

3.1 Legislation

4. METHODOLOGICAL APPROACH

5. HEAT PUMPS

5.1 Implementation in the building sector

5.1.1 Heat pumps “air-water”

5.1.2 Heat pumps “ground-water”

5.2 Heat pumps calculation methodology

5.2.1 Heat pumps “air-water”

5.2.2 Heat pumps “ground-water”

5.2.2.1 Implementation with horizontal probes

5.2.2.2 Implementation with vertical probes

5.3 Implementation of heat pumps in school and kindergarten buildings

5.3.1 Improvement 1

5.3.2 Improvement 2

5.3.2.1 Heat pumps with horizontal probes

сондама	
5.3.2.2 Топлотне пумпе са вертикалним сондама	5.3.2.2 Heat pumps with vertical probes
сондама	
5.4 Екстраполација резултата на укупан фонд зграда	5.4 Extrapolation of results to the total building stock
5.4.1 Топлотне пумпе типа „ваздух – вода“	5.4.1 Heat pumps “air-water”
5.4.2 Топлотне пумпе типа „земља – вода“	5.4.2 Heat pumps “ground-water”
6. БИОМАСА	6. BIOMASS
6.1 Примена у сектору зградарства	6.1 Implementation in the building sector
6.2 Методологија прорачуна	6.2 Calculation methodology
6.3 Примена на објектима школа и вртића	6.3 Implementation in school and kindergarten buildings
6.3.1 Прво унапређење	6.3.1 Improvement 1
6.3.1.1 Процена ефеката примене котлова на дрвни пелет / брикет	6.3.1.1 Impact assessment of wood pellet/ briquette boilers
6.3.2 Друго унапређење	6.3.2 Improvement 2
6.3.2.1 Процена ефеката примене котлова на дрвну сечку	6.3.2.1 Impact assessment of wood chips boilers
6.3.3 Утицај на животну средину	6.3.3 Environmental impact
6.4 Екстраполација резултата на укупан фонд зграда школа и вртића	6.4 Extrapolation of results to the total school and kindergarten building stock
6.4.1 Енергетски ефекти супституције горива	6.4.1 Energy effects of fuel substitution
6.4.2 Еколошки ефекти супституције горива	6.4.2 Environmental effects of fuel substitution
6.5 Упоредна анализа примене топлотних пумпи и биомасе	6.5 Comparative analysis of heat pumps and biomass implementation

7. ТЕРМАЛНИ СОЛАРНИ КОЛЕКТОРИ

7.1 Соларни плочасти колектори – основне карактеристике

7.2 Методологија прорачуна производње топлотне енергије из термалних колектора на крововима

7.3 Мере унапређења производње топлотне енергије из соларних колектора у школским објектима у Србији

7.3.1 Постојеће стање

7.3.2 Прво унапређење

7.3.3 Друго унапређење

7.3.4 Процена ефеката изградње енергетског система са соларним колекторима у школским објектима у Србији

7.3.4.1. Процена ефеката унапређења 1 - изградње енергетског система са соларним термалним колекторима

7.3.4.2. Процена ефеката унапређења 2 - изградње енергетског система са соларним термалним колекторима

7.4 Мере унапређења производње топлотне енергије из енергетског система са соларним колекторима у објектима предшколских установа у Србији

7.4.1 Постојеће стање

7.4.2 Прво унапређење

7. THERMAL SOLAR COLLECTORS

7.1 Solar flat plate collectors- basic characteristics

7.2 Calculation methodology of heat generation by roof thermal collectors

7.3 Improvement measures of heat generation by solar collectors in school buildings in Serbia

7.3.1 State of affairs

7.3.2 Improvement 1

7.3.3 Improvement 2

7.3.4 Impact assessment of construction of solar collector energy systems in school buildings in Serbia

7.3.4.1. Impact assessment of Improvement 1- construction of solar thermal collector energy system

7.3.4.2. Impact assessment of Improvement 2- construction of solar thermal collector energy system

7.4 Improvement measures of heat generation by solar collector energy system in kindergarten buildings in Serbia

7.4.1 State of affairs

7.4.2 Improvement 1

7.4.3 Друго унапређење	7.4.3 Improvement 2
7.4.4 Процена ефеката изградње енергетског система са соларним колекторима у предшколским објектима у Србији	7.4.4 Impact assessment of construction of solar collector energy systems in kindergarten buildings in Serbia
7.4.4.1. Процена ефеката унапређења 1 - изградње енергетског система са соларним термалним колекторима	7.4.4.1. Impact assessment of Improvement 1- construction of solar thermal collector energy system
7.4.4.2. Унапређење 2	7.4.4.2. Improvement 2
7.5 Процена ефеката изградње енергетског система са соларним термалним колекторима на школским објектима на нивоу Србије	7.5 Impact assessment of construction of solar thermal collector energy systems in school buildings in Serbia
7.6 Процена ефеката изградње енергетског система са соларним термалним колекторима на предшколским објектима на нивоу Србије	7.6 Impact assessment of construction of solar thermal collector energy systems in kindergarten buildings in Serbia
8. ФОТОНАПОНСКИ СИСТЕМИ	8. PHOTOVOLTAIC SYSTEMS
8.1 Соларни потенцијал Србије	8.1 Solar potential in Serbia
8.2 Математички модел за процену производње електричне енергије кровно интегрисаних фотонапонских панела	8.2 Mathematical model for assessment of electrical power generation by roof integrated photovoltaic panels
8.2.1 Модел за процену дневног дијаграма производње електричне енергије кровно интегрисаних фотонапонских панела	8.2.1 Model for assessment of daily diagram of electrical power generation by roof integrated photovoltaic panels
8.2.2 Модел за процену укупне годишње производње електричне енергије кровно интегрисаних фотонапонских панела	8.2.2 Model for assessment of total annual electrical power generation from roof integrated photovoltaic panels
8.3 Методологија за процену производње	8.3 Methodology for assessment of production of

фотонапонских панела интегрисаних у кровове
школских објеката у Србији

8.3.1 Методологија прорачуна производње

фотонапонских панела инсталираних на
конструкцијама на равним крововима

8.3.2 Методологија прорачуна производње

фотонапонских панела инсталираних на косим
крововима

8.4 Мере за интеграцију фотонапонских система
у крововима школских и предшколских објекта у
Србији

8.4.1 Постојеће стање

8.4.2 Прво унапређење

8.4.3 Друго унапређење

8.5 Процена ефеката изградње фотонапонских
система у школским објектима у Србији

8.5.1 Процена ефеката унапређења 1

интеграције фотонапонских система

8.5.2 Процена ефеката унапређења 2

интеграције фотонапонских система

8.6 Процена ефеката изградње фотонапонских
система у предшколским објектима у Србији

8.6.1 Процена ефеката унапређења 1

интеграције фотонапонских система

8.6.2 Процена ефеката унапређења 2

интеграције фотонапонских система

photovoltaic panels integrated in roofs of school
buildings in Serbia

8.3.1 Methodology for calculation of production of
photovoltaic panels installed on flat roof structures

8.3.2 Methodology for calculation of production of
photovoltaic panels installed on pitched roof struc-
tures

8.4 Measures for integration of photovoltaic systems
in roofs of school and kindergarten buildings in Serbia

8.4.1 State of affairs

8.4.2 Improvement 1

8.4.3 Improvement 2

8.5 Impact assessment of construction of
photovoltaic systems in school buildings in Serbia

8.5.1 Impact assessment of Improvement 1 of pho-
tovoltaic systems integration

8.5.2 Impact assessment of Improvement 2 of pho-
tovoltaic systems integration

8.6 Impact assessment of construction of
photovoltaic systems in kindergarten buildings in
Serbia

8.6.1 Impact assessment of Improvement 1 of pho-
tovoltaic systems integration

8.6.2 Impact assessment of Improvement 2 of pho-
tovoltaic systems integration

8.7 Процена ефеката изградње фотонапонских
система на школским објектима на нивоу Србије

8.8 Процена ефеката изградње фотонапонских
система на предшколским објектима на нивоу
Србије

9. ПРИКАЗИ МОГУЋНОСТИ ПРИМЕНЕ
АНАЛИЗИРАНИХ ТЕХНОЛОГИЈА НА ЗГРАДАМА
ШКОЛА, ФИКСУЛТУРНИХ САЛА И ВРТИЋА

9.1 Зграде школских објеката

9.1.1 Зграде фиксултурних сала школских
објеката

9.2 Зграде предшколских установа

Литература

Извори

8.7 Impact assessment of construction of
photovoltaic systems in school buildings at the
level of Serbia

8.8 Impact assessment of construction of
photovoltaic systems in kindergarten buildings at
the level of Serbia

9. OVERVIEW OF POSSIBILITIES FOR
IMPLEMENTATION OF ANALYSED TECHNOLOGIES
IN SCHOOL, GYM AND KINDERGARTEN BUILDINGS

9.1 School buildings

9.1.1 School gym buildings

9.2 Kindergarten buildings

References

Bibliography

ПРЕДГОВОР

Ова публикација представља финалну публикацију насталу на основу вишегодишњег рада на изучавању карактеристика фонда јавних зграда републике Србије ради сагледавања могућности за унапређење његове енергетске ефикасности. Фокус претходних истраживања, публикованих крајем 2018. године у три публикације¹ биле су школске зграде и зграде предшколских установа, док је даљим радом дефинисана методологија истраживања спроведена и на зградама физкултурних сала школских зграда. Након сагледавања могућности обнове ове значајне групе зграда кроз унапређење њихових материјално-архитектонских карактеристика, као и карактеристика заступљених термо-техничких и електро-енергетских система, приступило се анализи могућности интеграције различитих обновљивих извора енергије у оквиру школских и предшколских установа и комплекса.

Примена обновљивих извора енергије на зградама школа, физкултурних сала и предшколских установа представља студију у којој

¹ Јовановић Поповић М., Игњатовић Д., Рајчић А., Ђукановић Љ., Недић М., Станковић Б., Ђуковић Игњатовић Н., Живковић Б., Сретеновић А., Ђуришић Ж., Котур Д. (2018) Зграде школских и предшколских установа – методолошки оквир формирања типологије и побољшања енергетске ефикасности / School and Kindergarten Buildings - A methodological framework for the formulation of typology and the improvement of energy efficiency, Београд: GIZ-Deutsche Gesellschaft fur Internationale Zusammenarbeit GIZ GmbH, (двојезично издање)

Јовановић Поповић М., Игњатовић Д., Рајчић А., Ђукановић Љ., Недић М., Станковић Б., Ђуковић Игњатовић Н., Живковић Б., Сретеновић А., Ђуришић Ж., Котур Д. (2018) Национална Типологија Школских зграда Србије/National Typology of School Buildings in Serbia, Београд: GIZ-Deutsche Gesellschaft fur Internationale Zusammenarbeit GIZ GmbH-Deutsche Gesellschaft fur Internationale Zusammenarbeit GIZ GmbH, (двојезично издање)

Јовановић Поповић М., Игњатовић Д., Рајчић А., Ђукановић Љ., Недић М., Станковић Б., Ђуковић Игњатовић Н., Живковић Б., Сретеновић А., Ђуришић Ж., Котур Д. (2018) Национална Типологија зграда предшколских установа Србије/National Typology of Kindergartens in Serbia, Београд: GIZ (двојезично издање)

FOREWORD

This publication represents a final publication resulting from the multi-annual work on studying characteristics of the public buildings stock in the Republic of Serbia aimed at understanding opportunities for its energy efficiency improvement. The focus of previous studies, published at the end of 2018 in three publications¹ was on school and kindergarten buildings, whereas in scope of our further work, the defined research methodology was applied to school gym buildings as well. After having realised opportunities for rehabilitation of this important group of buildings through improvement of their material- architectural characteristics, same as features of identified HVAC and electrical power systems, we have engaged in an analysis of possibilities to integrate different renewable energy sources in school and kindergarten buildings and complexes.

Application of renewable energy sources in school, gym and kindergarten buildings is a study where a multidisciplinary team of experts tried to define modalities and scopes of application of different available types of renewable energy sources in Serbia, taking into account the limitations imposed

¹ Jovanović, Popović M, Ignjatović D, Rajčić A, Đukanović Lj, Nedić M, Stanković B, Đuković Ignjatović N, Živković B, Sretenović A, Đurišić Ž, Kotur D. (2018) Zgrade školskih i predškolskih ustanova- metodološki okvir formiranja tipologije i poboljšanja energetske efikasnosti / School and Kindergarten Buildings - A methodological framework for the formulation of typology and the improvement of energy efficiency, Belgrade: GIZ-Deutsche Gesellschaft fur Internationale Zusammenarbeit GIZ GmbH, (bilingual edition)

Jovanović Popović M, Ignjatović D, Rajčić A, Đukanović Lj, Nedić M, Stanković B, Đuković Ignjatović N, Živković B, Sretenović A, Đurišić Ž, Kotur D. (2018) Nacionalna tipologija školskih zgrada Srbije /National Typology of School Buildings in Serbia, Belgrade: GIZ-Deutsche Gesellschaft fur Internationale Zusammenarbeit GIZ GmbH-Deutsche Gesellschaft fur Internationale Zusammenarbeit GIZ GmbH, (bilingual edition)

Jovanović Popović M, Ignjatović D, Rajčić A, Đukanović Lj, Nedić M, Stanković B, Đuković Ignjatović N, Živković B, Sretenović A, Đurišić Ž, Kotur D. (2018) Nacionalna tipologijapred školskih ustanova Srbije / National Typology of Kindergartens in Serbia, Belgrade: GIZ (bilingual edition)

је мултидисциплинарни тим аутора покушао да дефинише модалитете и домете примене различитих расположивих видова обновљивих извора енергије у Србији, уз ограничења која намећу бројни затечени услови, пре свега локације. У уводном делу описан је значај примене обновљивих извора у глобалним и локалним тенденцијама одрживог развоја, као и главни међународни и домаћи легислативни акти. Након тога је дефинисана методологија прорачуна потребних капацитета и енергетских добитака за сваку од анализираних технологија примене обновљивих извора енергије. Анализирани су системи топлотних пумпи, могућност примене енергије биомасе, као и могућност примене соларне енергије путем термалних соларних колектора и фотонапонских система.

Могућност примене дефинисане методологије у теоретском делу илустрована је кроз конкретне случајеве школских и предшколских зграда, као и зграда школских физкултурних сала, у складу са претходно дефинисаним типологијама и условима конкретних локација.

by the numerous conditions, primarily locations. The introductory part describes the importance of renewable sources implementation in global and local sustainable development tendencies, same as the applicable international and domestic legislation. This is followed by the defined calculation methodology of required capacities and energy gains for each of the analysed technologies underlying the application of renewable energy sources. The analysis encompassed heat pump systems, possibility of biomass energy implementation, and the possibility for solar energy implementation via thermal solar collectors and photovoltaic systems.

The possibility for implementation of the defined methodology in theoretical part is illustrated by specific cases of school and kindergarten buildings, but also school gym buildings, in line with the previously defined typologies and conditions in specific locations.

1. УВОД

Под појмом обновљиви извори енергије подразумевају се извори енергије који се налазе у природи и обнављају се било у целости, било делимично у сагледљивом временском периоду посматрано према људском животном веку². Према Директиви о промоцији коришћења енергије из обновљивих извора³, под енергијом из обновљивих извора сматра се енергија добијена из обновљивих, не-фосилних извора, као што су енергија ветра, соларна енергија, аеротермална енергија, геотермална енергија, хидротермална и енергија океана, хидроенергија, биомаса, гас добијен из депонија, гас добијен из постројења за третман отпадних вода и биогаз. Пасивно коришћење соларне енергије у зградама као и енергетске уштеде настале применом мера енергетске ефикасности, по овој директиви, се не сматрају обновљивим изворима енергије, будући да доприносе смањењу потребне енергије за функционисање зграда, али не и њеној производњи.

Обновљиви извори енергије, у контексту актуелних демографских трендова као и научно-технолошког нивоа друштва, представљају, према савременим теоријама, кључни ресурс за постизање одрживог развоја човечанства. Енергија добијена из обновљивих извора, нарочито воде, ветра, сунца и биомасе поседује и социолошки значај јер може олакшати приступ чистој и безбедној енергији милионима људи, што тренутно није случај. Употреба обновљивих извора енергије може дати подстицај за друштвени и економски развој, доприносећи очувању животне средине, и самим тиме се може сматрати одговарајућим одговором ка смањењу

² Уопште узевши сви енергенти су обновљиви те и фосилни али је период њихове обнове временски изузетно дуг (често у милионима година) и значајно превазилази тренутни степен експлоатације.

³ EC, Directive 2009/28/EC of the European parliament and of the Council of 23 April 2009 on the Promotion of the use of energy from renewable sources and amending and subsequently repealing Directive 2001/77/EC and 2003/77/EC, Official Journal of the European Union 5.06.2009, L 140/16.

1. INTRODUCTION

The very concept of renewable energy sources implies sources of energy that can be found in nature and are renewed either in whole or partially, in a reasonable period of time observed in relation to human life expectancy². According to the Directive on the Promotion of the Use of Energy from Renewable Energy Sources³, the energy from renewable energy sources means the energy obtained from renewable, non-fossil fuels, like the wind energy, solar energy, aerothermal energy, geothermal energy, hydrothermal energy and ocean energy, hydro energy, biomass, landfill gas, waste water treatment plant gas and biogas. Passive use of solar energy in buildings, and energy savings resulting from the implementation of energy efficiency measures, in line with the aforementioned Directive, are not considered renewable energy sources, given that they contribute to reduction in energy demand for functioning of such buildings, but not to its generation.

The renewable energy sources, in the context of current demographic trends and scientific and technological level of the society, according to the modern theories, represent a key resource for the sustainable development of the mankind. Energy obtained from renewable sources, and especially from water, wind, sun and biomass, also holds a sociological relevance since it can facilitate access to clean and safe energy for millions of people, which is currently not the case. The use of renewable energy sources may stimulate social and economic development, by contributing to environmental protection, and thus may be regarded an adequate response for reversing the current climate change trend.

² Generally speaking, all energy carriers are renewable, including fossil fuels, however the time span for their renewal is extremely long (often in millions of years) and considerably transcends the current exploitation level.

³ EC, Directive 2009/28/EC of the European Parliament and of the Council of 23 April 2009 on the Promotion of the use of energy from renewable sources and amending and subsequently repealing Directive 2001/77/EC and 2003/77/EC, Official Journal of the European Union 5.06.2009, L 140/16.

трендова актуелних климатских промена.

Обезбеђивање одрживих извора енергије за све је од фундаменталног значаја за остваривање Миленијумских развојних циљева који, у основи, подразумевају одрживост окружења⁴, а од кључне важности су за успех значајно обимнијег стратешког документа - плана развоја после 2015. године, дефинисаног од стране Уједињених нација. Трансформација нашег света - Агенда 2030⁵ међу својих 17 одрживих развојних циљева, под ставком 7, сврстава и употребу обновљивих, доступних, поузданих и модерних извора енергије, као платформе за обезбеђивање довољне количине енергије за човечанство. Једно од полазишта овог документа се базира на ставу да ће уз одговарајућу подршку, општи приступ одрживим изворима енергије пружити подстицај за инклузивни развој и економски раст човечанства.

Значај сектора обновљивих извора енергије исказан је и кроз иницијативу Генералног секретара Уједињених нација под називом Одржива енергија за све (SE4ALL)⁶, која је покренута 2011 као наставак активности ка постизању одрживог развоја и смањењу утицаја на глобалну климу, наглашавајући од раније познати став о кључном значају енергије за развој друштва. Иницијатива поставља три базична циља које треба остварити до 2030. године: обезбедити општи приступ модерним енергетским услугама; удвостручити глобалну стопу побољшања енергетске ефикасности; удвостручити удео енергије из обновљивих извора у оквиру глобалног енергетског микса. Од када је покренута SE4ALL, више од осамдесет земаља у развоју званично је приступило овој иницијативи.

Из наведених стратешких докумената види се да су питања обновљивих извора енергије (ОИЕ)

Ensuring sustainable energy sources for all is of fundamental importance for the achievement of Millennium Development Goals, basically implying sustainability of the environment⁴, and are crucial for the success of the significantly broader strategic document- Post-2015 Development Agenda, defined by the United Nations. Transforming Our World - the 2030 Agenda⁵ has listed among its 17 sustainable development goals, under Goal 7, the use of renewable, affordable, reliable, and modern energy for all, as a platform to ensure sufficient energy quantities for the mankind. One of the basic premises in this document is based on the position that with appropriate support, a general approach to sustainable energy sources will provide incentive for inclusive development and economic growth for all.

The importance of the renewable energy sources sector is also expressed in the initiative of the United Nations Secretary General entitled Sustainable Energy for All (SE4ALL)⁶, launched in 2011 as a follow-up on the activities aimed towards achieving sustainable development and mitigating global climate impact, emphasising the previously defined position on the key importance of energy for the development of the society. The initiative sets forth three fundamental goals to be achieved by 2030: ensure access to modern energy services; double global energy efficiency improvement rate; double the share of energy from renewable sources in the global energy mix. Since the SE4ALL was launched, more than eighty developing countries have joined this initiative.

The listed strategic documents show that the issues pertaining to renewable energy sources (RES)

⁴ Више информација доступно на: https://www.who.int/topics/millennium_development_goals/about/en/

⁵ Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development, United Nations, 2015, доступно на: http://www.un.org/en/development/desa/population/migration/generalassembly/docs/globalcompact/A_RES_70_1_E.pdf

⁶ Више информација доступно на: <https://www.seforall.org/>

⁴ More information available at: https://www.who.int/topics/millennium_development_goals/about/en/

⁵ Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development, United Nations, 2015, available at: http://www.un.org/en/development/desa/population/migration/generalassembly/docs/globalcompact/A_RES_70_1_E.pdf

⁶ More information available at: <https://www.seforall.org/>

основна у планирању будућег развоја човечанства. Употреба ових енергената је разноврсна те се, у основним цртама, може поделити на:

1. Коришћење ОИЕ за производњу електричне енергије:
 - директним претварањем (соларна енергија, енергија воде, плиме и осеке, енергија ветра...), или
 - посредно, сагоревањем (биомаса, биогаз, депонијски гас...), која се потом дистрибуира за стамбене, комерцијалне и индустријске потребе;
2. Коришћење ОИЕ за производњу топлотне енергије за грејање, било да се она производи централизовано (за више објеката, делове или целокупна насеља) или децентрализовано (у појединачним зградама);
 - директно за загревање зграда, на пример: вода загрејана соларном енергијом код мањих објеката, или загревањем секундарног флуида у грејном систему,
 - индиректним коришћењем нпр. у системима базираним на примени топлотних пумпи, код којих се преузима топлотна енергија подземне воде, ваздуха, или земље и у систему са измењивачем (испаривачем и кондензатором) уз помоћ компресора у термодинамичком процесу претвара у топлотну енергију за грејање, са минималним утицајем на животну средину насталим као последица коришћења електричне енергије неопходне за функционисање топлотне пумпе.
 - Посредно, сагоревањем у котларницама.
3. Коришћење ОИЕ за производњу горива за транспорт: горива за моторна возила у приватном власништву, јавни превоз и индустријску и комерцијалну употребу, на пример за теретне возове, бродове и авионе. Овај вид коришћења обновљивих извора покреће питање сврсисходности искоришћења земљишта, и постаје једно од основних у теорији

are fundamental in planning future development of the mankind. The use of these fuels is diverse, and can basically be divided into the following:

1. RES use for electricity generation:
 - by direct conversion (solar energy, water energy, low and high tide, wind energy, etc.), or
 - indirectly, by incineration (biomass, biogas, land-fill gas, etc.), then after being distributed for residential, commercial, and industrial needs;
2. The use of RES for heat generation for the purpose of heating, whether it is being generated in a centralised (for more buildings, parts of or entire settlements) or in a decentralised manner (in individual buildings);
 - directly for heating buildings, for example: water heated by solar energy in smaller buildings, or by heating secondary fluid in the heating system;
 - indirect use, for instance in systems based on the use of heat pumps taking over the heat from ground water, air or ground, and in the exchanger system (vaporiser or condenser) using the compressor, converting heat into heating energy in the thermodynamic process, with a minimum effect on the environment incurred as a consequence of the use of electricity necessary for the heat pump operation.
 - Indirectly, by incineration in boiler rooms.
3. The use of RES for production of transport fuel: fuels for privately-owned motor vehicles, public transportation and industrial and commercial use, for example for cargo trains, ships and aircrafts. This type of renewable sources use raises the issue of efficiency of land use, and becomes one of the basic issues in sustainability theory: food-fab-

одрживости: food-fabric-fuel⁷ (храна, материјал, гориво) и представља једну од основних дилема савременог друштва јер су захтеви за горивом (енергентима) све израженији што доводи до негативних реперкусија на другим пољима.

Употреба ОИЕ из различитих извора у Србији има велики потенцијал и потребно је развити одговарајуће националне стратегије за повећање њиховог удела у структури потрошње енергената. Према истраживањима која су послужила као база за израду Националног акционог плана за коришћење обновљивих извора енергије Републике Србије⁸, ОИЕ са процењеним технички искористивим потенцијалом од око 5,6 Мтое годишње (Слика 1) могу значајно допринети мањем коришћењу фосилних горива и остваривању дефинисаних циљева о уделу обновљивих извора у укупној финалној потрошњи енергије, као и унапређењу животне средине. Потенцијал биомасе износи око 3,4 Мтое годишње (2,3 Мтое је неискоришћено, а 1,1 Мтое се већ користи), 1,7 Мтое у хидропотенцијалу (0,8 Мтое годишње је неискоришћени, а 0,9 Мтое годишње је искоришћени хидропотенцијал), 0,2 Мтое годишње у геотермалној енергији, 0,1 Мтое годишње у енергији ветра, 0,2 Мтое годишње у соларној енергији и 0,04 Мтое годишње у биоразградивом делу отпада.

Према овом извору, Република Србија од укупно расположивог техничког потенцијала ОИЕ већ користи 35% (0,9 Мтое искоришћеног хидро потенцијала и 1,06 Мтое искоришћеног потенцијала биомасе и геотермалне енергије).

ric-fuel⁷ (food, material, fuel) and represents one of the basic dilemmas of the modern society given that the demand for fuel (energy carriers) is getting increasingly pronounced, thus leading to adverse repercussions in other areas.

The use of RES from different sources in Serbia holds great potential and requires development of corresponding national strategies to increase their share in the fuel consumption structure. According to the studies which served as a basis for the development of the National Renewable Energy Sources Action Plan of the Republic of Serbia⁸, with an estimated technically viable potential of cca. 5.6 Mtoe annually (Figure 1) RES may significantly contribute to reduced use of fossil fuels in the total final energy consumption, and improved environmental protection. Biomass potential accounts for cca. 3.4 Mtoe p.a. (2.3 Mtoe is unused, with 1.1 Mtoe already being used), 1.7 Mtoe in hydro potential (0.8 Mtoe is unused, and 0.9 Mtoe per annum is used hydro potential), 0.2 Mtoe annually in geothermal energy, 0.1 Mtoe p.a. in wind energy, 0.2 Mtoe p.a. in solar energy, and 0.04 Mtoe p.a. in biodegradable waste stream.

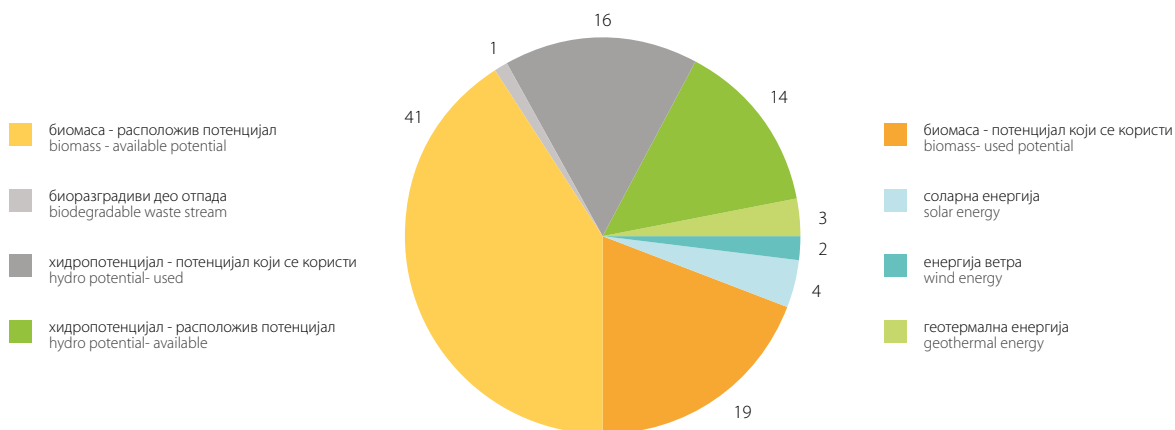
According to this source, out of the already available technical potential of RES, Republic of Serbia is already using 35% (0.9 Mtoe of used hydro potential and 1.06 Mtoe of used biomass and geothermal energy potential).

⁷ За више информација о овој теми погледати: The global need for food, fibre and fuel: Land use perspectives on constraints and opportunities in meeting future demand, Report from two seminars at the Royal Swedish Academy of Agriculture and Forestry, 27 September and 22 November 2011, Åke Barklund, General Secretary and Managing Director, KSLA, 2012/05, ISBN 978-91-86573-25-6

⁸ Доступно на: http://www.mre.gov.rs/doc/efikasnost-izvori/NA-POIE%20KONACNO%2028_jun_2013.pdf?uri=CELEX:32009L0028 , стр. 7

⁷ For more information on this subject, see: The global need for food, fibre and fuel: Land use perspectives on constraints and opportunities in meeting future demand, Report from two seminars at the Royal Swedish Academy of Agriculture and Forestry, 27 September and 22 November 2011, Åke Barklund, General Secretary and Managing Director, KSLA, 2012/05, ISBN 978-91-86573-25-6

⁸ Available at: http://www.mre.gov.rs/doc/efikasnost-izvori/NA-POIE%20KONACNO%2028_jun_2013.pdf?uri=CELEX:32009L0028 , p. 7



Слика 1. Структура обновљивих извора енергије у Републици Србији⁹

Figure 1. Structure of renewable energy sources in the Republic of Serbia⁹

Посебан фокус примене ОИЕ представљају јавни објекти првенствено због њиховог друштвеног значаја. Корпус јавних објеката није једнозначно дефинисан већ се у литератури, а и законодавству, могу срести различите дефиниције што отежава формирање јединственог приступа и третмана овог сегмента грађевинског фонда.

Према Правилнику о енергетској ефикасности зграда¹⁰, све зграде су подељене у укупно 10 категорија: 2 стамбене и осам нестамбених. Сектор нестамбених зграда, према овом документу, сачињавају: управне и пословне зграде, зграде намењене образовању и култури, зграде намењене здравству и социјалној заштити, зграде намењене

A special focus of RES application is placed on public buildings primarily due to their societal importance. The stock of public buildings is not uniformly defined, therefore in literature, same as in legislation, different definitions may be found, which makes the establishment of uniform approach and treatment of this building stock segment much more difficult.

Pursuant to the Rulebook on Energy Efficiency in Buildings¹⁰, all buildings are divided into 10 categories in total: 2 residential and eight non-residential. The residential building sector, according to this document, includes: administrative and office buildings, educational and cultural buildings, health care

⁹ Ibid., стр. 7

¹⁰ Правилник о енергетској ефикасности зграда, Службени гласник Републике Србије бр. 61/2011

⁹ Ibid., p. 7

¹⁰ Rulebook on Energy Efficiency in Buildings, Official Gazette of the Republic of Serbia, no. 61/2011

туризму и угоститељству, зграде намењене спорту и рекреацији, зграде намењене трговини и услужним делатностима, зграде мешовите намене, зграде за друге намене које користе енергију. Оваква опсежна подела има за циљ успостављање класификације која је у корелацији са Директивом Европске уније из 2010¹¹, уз разлику која се огледа у постојању зграда мешовите намене у нашем законодавству.

Правилником о енергетској ефикасности као и Правилником о условима, садржини и начину издавања сертификата о енергетским својствима зграда¹² се дефинише методологија прорачуна енергетске ефикасности, односно начини издавања сертификата о енергетским својствима зграда – енергетског пасоша, али се тематика обновљивих извора енергије не обрађује детаљније.

Фокус овог истраживања представља управо могућност примене ОИЕ на јавним зградама и то на једном сегменту целокупног фонда који је од изузетног значаја за даљи развој и едукацију. Истовремено, могућности примене ОИЕ на објектима школских зграда и зграда предшколских установа су изузетне.

Истраживање се спроводи кроз пројекат српско-немачке развојне сарадње Енергетска ефикасност у јавним зградама под руководством ГИЗа. Претходним активностима у оквиру пројекта постављене су методолошке основе третмана фонда јавних објеката и дефинисани начини утврђивања мера њиховог унапређења, с аспекта енергетске ефикасности. Фокус рада је, услед изузетно разноврсног фонда јавних зграда, како по намени тако и по структури, материјално техничким карактеристикама и режиму коришћења, усмерен на два типа зграда: школске зграде и зграде предшколских установа

and social welfare buildings, tourism and hospitality buildings, sports and recreation buildings, commercial and service buildings, mixed purpose buildings, buildings for other purposes consuming energy. Such a comprehensive division is aimed at establishing classification correlating with the 2010 European Union Directive¹¹, including a difference reflected in the existence of mixed purpose buildings in Serbian legislation.

The Rulebook on Energy Efficiency, same as the Rulebook on the conditions, manner and content of issuing building energy performance certificates¹² define the methodology for energy efficiency calculation, namely the manner of issuing energy performance certificates- energy passports, however without diving deeper into the issue of renewable energy sources.

The focus of this study is the possibility of RES application in public buildings, in a particular segment of the entire stock which is extremely important for further development and education. At the same time, possibilities for the RES application in school and kindergarten buildings are exquisite.

The study is carried out under the Serbian-German Development Cooperation project Energy Efficiency in Public Buildings, managed by GIZ. Previous activities delivered within the project have laid down methodological foundations for the treatment of public building stock and defined the manners for identifying measures for their improvement, from the aspect of energy efficiency. The focus of our work, due to the extremely diverse stock of public buildings, both in terms of their use and structure, material and technical characteristics and operating regime, is limited to two types of buildings: school

¹¹ EC, Directive 2010/31/EC of the European Parliament and of the Council of 19 May 2010 on the Energy Performance of Buildings (recast), Official Journal of the European Union 18.06.2010, L 153, 13-35.

¹² Правилник о условима, садржини и начину издавања сертификата о енергетским својствима зграда, Сл. гласник РС, бр. 69/2012

¹¹ EC, Directive 2010/31/EC of the European Parliament and of the Council of 19 May 2010 on the Energy Performance of Buildings (recast), Official Journal of the European Union 18.06.2010, L 153, 13-35.

¹² Rulebook on the conditions, content and manner of issuing building energy performance certificates, Official Gazette of RS, no. 69/2012

(вртића)¹³. Предмет рада је одабран услед изузетно великог степена заступљености ових типова зграда у оквиру фонда јавних објеката, а нарочито оних којима се управља из државног буџета Републике Србије или буџета локалних самоуправа. Иницијално истраживање је обухватило искључиво школске и зграде предшколских установа а као следећа фаза, истраживање је проширено на објекте физкултурних сала школских зграда. Оне представљају саставни део школских комплекса, али су третиране као специфичне просторно-програмске целине. Анализом фонда школских зграда уочено је да физкултурне сале не постоје у свим школама те је претпоставка да ће ови сегменти школских објеката бити предмет доградње у наредном периоду у циљу унапређења наставног процеса те је њихов адекватан третман са аспекта примене ОИЕ од великог значаја.

Током истраживања школских објеката, предшколских установа и физкултурних сала, приликом процеса формирања типологије према дефинисаном методолошком оквиру¹⁴ утврђени су шири архитектонско урбанистички принципи карактеризације објеката. Закључено је да су зграде и комплекси позиционирани, у великом броју случајева, на парцелама великих просторних капацитета, што иницира разматрање њихове енергетске санације и унапређења изван стриктно грађевинских мера, кроз потенцијално искоришћење ресурса окружења а применом одговарајућих техничко-технолошких решења.

Позиционирање објеката школа и предшколских установа, који чине највећи део грађевинског фонда јавних зграда, а који су грађени у периоду након Другог светског рата, рефлектује тада

buildings and kindergarten buildings¹³. The subject of our work was selected due to the exceptionally high frequency of these buildings in the public building stock, and especially those managed from the state budget of the Republic of Serbia or from the budget of local governments. The initial research encompassed exclusively school and kindergarten buildings, and in the next phase, the study was extended so as to include school gym buildings. They represent an integral part of school complexes, however they were treated as specific spatial and programme sections. The analysis of the school buildings stock identified that gyms may not be found in all schools, therefore the assumption is that these segments of school buildings will become the subject of extension in the forthcoming period for the purpose of teaching and learning process improvement, so their adequate treatment from the perspective of RES application is of immense importance.

During the study of school, kindergarten and gym buildings, in the process of establishing typology based on the defined methodological framework¹⁴ broader architectural and urban planning principles of building categorisation were determined. It was concluded that in the large number of cases, buildings and complexes were positioned on lots of large spatial capacity, which initiated consideration of their energy efficient rehabilitation and improvement outside strictly construction measures, via potential use of resources in their surroundings, through application of appropriate technical and technological solutions.

Positioning of school and kindergarten buildings, accounting for the major part of the public buildings stock, constructed in the period after the World

¹³ У тексту ће се равноправно користити термини вртић и предшколска установа

¹⁴ Зграде школских и предшколских установа – методолошки оквир формирања типологије и побољшања енергетске ефикасности (2018), доступно на: <http://eeplatforma.arh.bg.ac.rs/publikacije/zgrade-%C5%A1kolskih-i-pred%C5%A1kolskih-ustanova-%E2%80%93-metodolo%C5%A1ki-okvir-formiranja-tipologije-i-pobolj%C5%A1anja-energetske-efikasnosti>

¹³ The terms kindergarten and preschool institution will be used to mean the same in this text.

¹⁴ School and Kindergarten Buildings- A methodological framework for the formation of typology and the improvement of energy efficiency (2018) available at: <http://eeplatforma.arh.bg.ac.rs/publikacije/zgrade-%C5%A1kolskih-i-pred%C5%A1kolskih-ustanova-%E2%80%93-metodolo%C5%A1ki-okvir-formiranja-tipologije-i-pobolj%C5%A1anja-energetske-efikasnosti>

актуелне приступе урбанизму и архитектури. Гдегод је то било могуће грађени су слободностојећи објекти на релативно пространим парцелама, а посебна пажња је посвећена утицајима инсолације и осветљења унутрашњих простора. Резултат оваквог приступа, представља чињеница да се већина зграда карактерише релативно великом површином кровова, јер се ради о комплексима већих капацитета. Ове кровне равни су реализоване било као равни или коси кровови (најчешће малих нагиба), што представља изузетан потенцијал за примену система ОИЕ. Приметно је да је код значајног броја зграда извршена адаптација равних кровова, као последица дотрајалости, изградњом косих кровова такође малих нагиба, чиме се не смањује потенцијал коришћења.

Анализа термо-техничких система је показала приметну дотрајалост, што изискује неопходну санацију, те се примена ОИЕ јавља као подстицај за коренитију промену постојећих решења и прелазак на савременије, ефикасније системе.

Законски основ за примену ОИЕ у Републици Србији чине сет закона, регулаторних докумената, правилника и стратегија. Тако, Стратегијом развоја енергетике Републике Србије за период до 2025. године са пројекцијом до 2030. године¹⁵ предвиђају се конкретне мере употребе ОИЕ у односу на постојеће стање. У домену ОИЕ од посебног значаја за истраживање су предвиђене мере које се тичу грађевинског фонда:

- Замена коришћења фосилних горива (угља, мазута, лож угља и природног гаса) за грејање,
- Замена коришћења електричне енергије за производњу санитарне топле воде,
- Увођење ОИЕ у сектор зградарства (примарно у јавном сектору).¹⁶

Шири оквир посматрања стратегије енергетике Србије, а посебно у сектору објеката јавне намене,

War II, reflects the approaches to urban planning and architecture of that time. Wherever possible, stand alone buildings were constructed on relatively large parcels, with the special attention being paid to the effects of insolation and lighting of indoor space. The result of such an approach is reflected in the fact that majority of buildings is characterised by a relatively large roof area, given that these are complexes of larger capacity. These roof planes are realised either as pitched or flat roofs (most frequently of minor slope), which represents an extraordinary potential for the RES system application. What is notable is that in the significant number of buildings retrofitting of flat roofs was undertaken, as a consequence of obsolescence, by installation of pitched roofs with slight tilt, which is not reducing the potential for use.

The analysis of HVAC systems has shown notable obsolescence, which requires necessary rehabilitation, therefore the application of RES is perceived as an incentive for a more thorough change of existing solutions and switch to more modern and more efficient systems.

Legislative framework for the application of RES in the Republic of Serbia includes the set of laws, regulatory documents, bylaws and strategies. So the Energy Sector Development Strategy in the Republic of Serbia for the period up to 2025, with projections up to 2030¹⁵ envisages specific measures for the use of RES against the current state of affairs. In the RES domain, particularly important for our study are the planned measures concerning the building stock:

- Switch from fossil fuels (coal, heavy fuel oil, fuel oil and natural gas) for heating,
- Switch from the use of electricity for domestic hot water production,
- Introducing RES in the building sector (primarily in public sector).¹⁶

The broader framework for consideration of Ser-

¹⁵ доступно на: http://www.parlament.gov.rs/upload/archive/files/lat/pdf/akta_procedura/2014/113-14Lat.pdf

¹⁶ Исто, стр. 38

¹⁵ Available at: http://www.parlament.gov.rs/upload/archive/files/lat/pdf/akta_procedura/2014/113-14Lat.pdf

¹⁶ The same, p. 38

који су такође и репрезентативни за развој модела изградње и управљања, представља основ спроведеног проучавања примене ОИЕ на предметним типовима зграда школа, предшколских установа и фискултурних сала.

Основни приступ примене ОИЕ је базиран на истраживању потенцијала самих зграда а потом и њихових парцела кроз варијантне приступе (по питању обима и технолошких карактеристика решења) уз одговарајуће енергетске и економске симулације. Испитујући само она решења која су примењива у нашој средини, уз премису да је највећи број објеката обрађених типова, по карактеристикама сличан другим објектима јавне намене, могуће је донети и шире закључке о утицају оваквих мера. Развијена методологија је применљива на појединачним објектима (без обзира на намену), на одређеном просторном нивоу (општина, округ, регион) али и на националном нивоу. На овај начин се, уз адекватну идентификацију и карактеризацију јавних зграда, могу испитати не само карактеристике унапређења енергетске ефикасности већ и примене ОИЕ, и смањења емисије CO₂.

bian energy sector strategy, and especially in the sector of public buildings which are also representative for the development of the construction and management model, represents the basis for the implemented study on the RES use in the respective types of school, kindergarten and gym buildings.

The fundamental approach to RES use is based on the study of the potential of those very buildings, and then of their lots via alternative approaches (in terms of scope and technological characteristics of solutions) with corresponding energy and economic simulations. By examining only the solutions applicable in our environment, with the premise that the largest number of buildings of studied types is by their characteristics similar to other public buildings, it was possible to come up with broader conclusions about the impact of such measures. The methodology developed is applicable to individual buildings (irrespective of their designated use), to specific spatial level (municipality, district, region), but also nationally. In this way, assuming adequate identification and characterisation of public buildings, not only the features of energy efficiency improvement and RES use may be examined, but also CO₂ emission reduction.

2. РЕГУЛАТИВА ЕУ

У циљу адекватнијег сагледавања могућности примене ОИЕ у зградарству неопходно је анализирати и одговарајући законски оквир како на нивоу Европе тако и у локалним, националним, условима.

Један од првих акционих планова Европске комисије за промовисање тема обновљиве енергије објављен је 7. децембра 2005. године као Акциони план за биомасу¹⁷. План је идентификовао кључне активности за јачање тржишта енергије произведене из биомасе уз констатацију да се већ око 50% обновљиве енергије у ЕУ добија на овај начин.

Недуго потом, у јануару 2007. године објављена је Мапа пута за обновљиву енергију¹⁸ која представља формулисану дугорочну стратегију Комисије за обновљиву енергију Европске уније. Циљ ове стратегије је да омогући ЕУ да испуни двоструке циљеве који се сматрају основним како за сигуран и неометани развој друштва тако и за смањење утицаја на окружење: повећања сигурности снабдевања енергијом и смањења емисије гасова стаклене баште. Процена удела обновљиве енергије у укупној производњи као и пракса у претходних 10 година указале су на то да постоји могућност већег коришћења обновљивих извора енергије.

У оквиру Мапе пута, Комисија је предложила постављање обавезујућег циља који подразумева учешће од 20% енергије из обновљивих извора у ЕУ до 2020. године уз, такође, обавезујућег минималног циља од 10% учешћа биогорива. Овим документом је предложено и стварање новог законодавног оквира за унапређење промовисања и коришћења

¹⁷ Commission Communication of 7 December 2005: "Biomass action plan", доступно на: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=CELEX%3A52005DC0628>

¹⁸ Commission Communication of 10 January 2007: "Renewable Energy Road Map. Renewable energies in the 21st century: building a more sustainable future", доступно на: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52006DC0848&from=EN>

2. EU LEGISLATION

In order to better understand the opportunities for RES use in buildings, it is necessary to analyse the appropriate legislative framework at the EU level, but also in local, national conditions.

One of the first action plans of the European Commission promoting the subject of renewable energy was published on 7 December 2005, as the Biomass Action Plan¹⁷. The plan identified key activities to strengthen the biomass energy market, with the conclusion that cca. 50% of renewable energy in the EU was being generated in this way.

Not long after, in January 2007, the Renewable Energy Road Map¹⁸ was published, which represented a formulated long-term strategy of the Commission for renewable energy in the European Union. The goal of this strategy was to ensure the EU to meet two-sided goals considered fundamental both for the safe and smooth development of the society and mitigation of environmental impact: to increase the energy supply security and reduce the greenhouse gas emission. The estimated share of renewable energy in the total production, same as the practice in the past 10 years, have shown that there are opportunities for increased use of renewable energy sources.

Within the Road Map, the Commission proposed setting a binding target implying the 20% share of energy from renewable energy sources in the EU by 2020, with the also binding target of minimum 10% share of biofuel. This document proposed creation of a new legislative framework to enhance the promotion and use of renewable energy.

Further incentive for RES use is represented in the regulatory package adopted in September 2008

¹⁷ Commission Communication of 7 December 2005: "Biomass action plan", available at: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=CELEX%3A52005DC0628>

¹⁸ Commission Communication of 10 January 2007: "Renewable Energy Road Map. Renewable energies in the 21st century: building a more sustainable future", available at: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52006DC0848&from=EN>

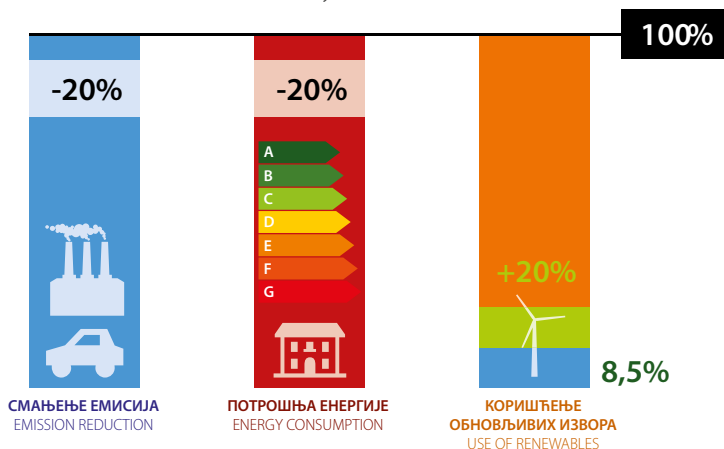
обновљиве енергије.

Даљи подстицај употреби ОИЕ представља пакет прописа усвојен септембра 2008. године, од стране Европског парламента посвећен климатским променама¹⁹ (познатији као 20/20/20). Циљ ових докумената је обезбеђивање смањења емисије гасова са ефектом стаклене баште за 20 %, побољшање енергетске ефикасности за 20% и учешће обновљиве енергије, у укупној потрошњи енергије у ЕУ, од 20 % до 2020. године, посматрано у односу на 1990. годину.

by the European Parliament dedicated to climate change¹⁹ (known as 20/20/20). The purpose of these documents was to ensure reduced greenhouse gases emission by 20%, energy efficiency improvement by 20% and share of renewable energy in the total energy consumption in the EU of 20% by 2020, compared to 1990.

БУДУЋНОСТ ЕНЕРГЕТСКЕ ПОЛИТИКЕ ЕУ 20-20-20 до 2020

THE FUTURE OF THE EU ENERGY POLICY 20-20-20 by 2020



Директива Европског парламента о климатским променама и енергији која има за циљ да обезбеди смањење емисија гасова са ефектом стаклене баште најмање 20%, унапређење енергетске ефикасности од 20% и учешће ОЕ од 20% у укупној потрошњи енергије у ЕУ до 2020.

Directive of the European Parliament on climate change and energy aimed to ensure reduction of greenhouse gases emission by minimum 20%, energy efficiency improvement of 20%, and share of RES of 20% in the total energy consumption in the EU by 2020.

Слика 2. Графички приказ циљева директиве “202020”

Figure 2. Graphic overview of “202020” Directive targets

Схватајући значај регулисања ове области Европска комисија недуго потом доноси и нову,

Realising the importance for regulation of this area, not long after that, European Commission

¹⁹ “2020 climate & energy package”, доступно на https://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2020_en

¹⁹ “2020 climate & energy package”, available at https://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2020_en

Директиву о промоцији коришћења енергије из обновљивих извора²⁰ која поставља обавезујуће националне циљеве које чланице Европске уније треба да достигну кроз промоцију обновљиве енергије у секторима производње електричне енергије, грејања и хлађења као и у сектору транспорта. Основни циљ ове Директиве је обезбеђивање учешћа обновљиве енергије од 20% у укупној потрошњи до 2020. на нивоу Европске уније. Директива такође поставља циљ у вези са коришћењем обновљиве енергије у транспорту (биогорива, електрична енергија и водоник произведен из обновљивих извора) који предвиђа учешће од најмање 10% укупне потрошње горива у Европској унији, до 2020. године.

Према овој директиви, државе чланице ЕУ су имале обавезу да израде националне акционе планове за коришћење обновљивих извора енергије до 30. јуна 2010. године, као и да дефинишу националне циљеве за удео енергије из обновљивих извора у бруто финалној потрошњи енергије у 2020. години. Усвојени циљеви се разликују од земље до земље будући да се узимају у обзир укупни потенцијали сваке земље као и различите полазне основе, тако да за Малту износе 10% а за Шведску чак 49%,²¹ односно на нивоу Европе, просечно узимајући у обзир све земље чланице, ово учешће би требало да износи 20%. У оквиру националних акционих планова државе су у обавези да наведу стратегије којим планирају да испуне задате циљеве као и да дефинишу општу политику према обновљивим изворима енергије. Директива предвиђа да се врши непрекидни мониторинг процеса те да се постигнути напредак објављује сваке две године у форми извештаја.

²⁰ EC, Directive 2009/28/EC of the European parliament and of the Council of 23 April 2009 on the Promotion of the use of energy from renewable sources and amending and subsequently repealing Directive 2001/77/EC and 2003/77/EC, Official Journal of the European Union 5.06.2009, L 140/16.

²¹ више информација доступно на: <https://www.emissions-euets.com/internal-electricity-market-glossary/331-directive-on-the-promotion-of-the-use-of-energy-from-renewable-sources>

passed a new Directive on the Promotion of the Use of Energy from Renewable Sources²⁰ setting forth binding national targets to be achieved by the European Union Member States through promotion of renewable energy in power generation, heating and cooling sectors, same as in transport. The basic goal of this Directive is to ensure the 20% share of renewable energy in the total consumption by 2020 in the European Union. The Directive also defines the goal related to the use of renewables in transport (biofuels, electricity and hydrogen produced from renewable sources) envisaging the minimum share of 10% in the total fuel consumption in the European Union by 2020.

According to this Directive, the EU Member States were obliged to develop national action plans for the use of renewable energy sources by 30 June 2010, and to define national targets for the energy share from renewable sources in the gross final energy consumption in 2020. The adopted targets differ by countries given that total potentials of each country are being taken into account, same as different baselines, so for Malta they amount to 10%, and for Sweden even 49%,²¹ therefore at the level of Europe, taking into account all Member States, this share is to amount to 20% on average. In their national action plans, the states are bound to specify strategies by which they plan to meet the set targets, and to define general policy towards renewable energy sources. The Directive envisages an ongoing monitoring process, and publishing of the achieved progress every two years in form of a report.

The problems faced by the European Commission in the implementation of adopted directives

²⁰ EC, Directive 2009/28/EC of the European parliament and of the Council of 23 April 2009 on the Promotion of the use of energy from renewable sources and amending and subsequently repealing Directive 2001/77/EC and 2003/77/EC, Official Journal of the European Union 5.06.2009, L 140/16.

²¹ More information available at: <https://www.emissions-euets.com/internal-electricity-market-glossary/331-directive-on-the-promotion-of-the-use-of-energy-from-renewable-sources>

Проблеми са којима се Европска комисија сусрела приликом имплементације донесених директива довели су до израде Нове мапе пута, усвојене 2011. године. Назив је дефинисан као Мапа пута за обновљиву енергију до 2050. године а дугорочни циљ је постављен у смислу смањења емисије гасова са ефектом стаклене баште за 80-95%, до 2050, у поређењу са нивоима из 1990. године. Констатована су четири основна пута за остварење оваквог циља: енергетска ефикасност, обновљива енергија, нуклеарна енергија и „хватање“ и складиштење угљеника.

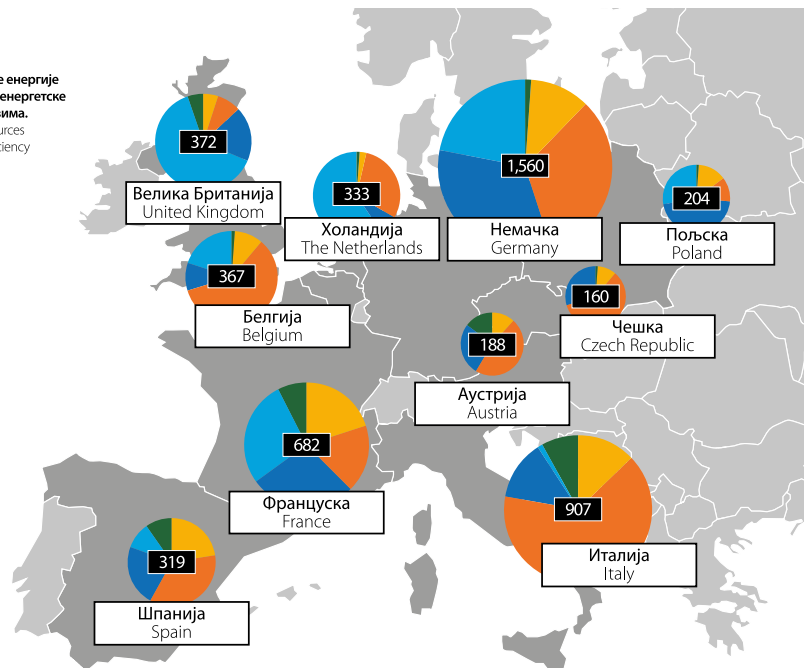
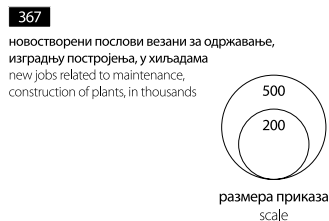
have led to development of a New Road Map, adopted in 2011. The title was defined as the Renewable Energy Road Map by 2050, with the long-term target of greenhouse gases emission reduction by 80-95% by 2050 compared to the 1990 levels. Four basic roads to achieve this target were defined: energy efficiency, renewable energy, nuclear energy and carbon capture and storage.

2050 СТРУКТУРА ЕНЕРГЕНАТА

2050 STRUCTURE OF ENERGY CARRIERS

Сценарио који приказује удео различитих видова обновљиве енергије након транзиције на 100% обновљиве изворе и побољшање енергетске ефикасности, у десет земаља ЕУ са најамбициознијим плановима.
Scenarios illustrating a share of different types of renewable energy sources following the transition to 100% of renewable sources and energy efficiency improvement, in ten EU countries with the most ambitious plans.

- соларни термални колектори (домаћинства, комерцијални и јавни објекти)
solar thermal collectors (households, commercial and public buildings)
- соларне електране
solar power plants
- копнене ветроелектране
ground wind power plants
- приобалне ветроелектране
coastal wind power plants
- други видови ОИЕ (енергија таласа, геотермална, хидроелектране и електране на плиму и осеку)
other types of RES (wave energy, geothermal, hydro power plants and high and low tide energy)



Слика 3. Пројекција производње обновљиве енергије у ЕУ 2050 године²²

Figure 3. Projection of renewable energy production in the EU by 2050²²

²² више информација доступно на: <https://gr.boell.org/en/2018/05/10/energy-atlas-nutshell>

²² More information available at: <https://gr.boell.org/en/2018/05/10/energy-atlas-nutshell>

Године 2016. предложени су пакети закона под заједничким називом Чиста енергија за све Европљане²³. Усвајање ових аката није текло једноставно нити брзо, већ су се током две године усаглашавали нацрти ових закона, а више њих је усвојено током 2018. године. Основни циљ је постављен тако да се на нивоу ЕУ до 2030. године учешће енергије из обновљивих извора повећа на 32%. Такође, годишње повећање учешћа енергије из обновљивих извора у грејању и хлађењу би требало да буде 1,3%, или 1,1 % ако се не узме у обзир отпадна топлота.²⁴ Процењено је да, када би се овако дефинисане политике у потпуности спровеле, резултат може бити и значајније смањење емисије гасова стаклене баште, на нивоу ЕУ од очекиваног, односно око 45% до 2030. имајући у виду 1990. годину као полазиште, што је за 5% више од постављеног циља.

Сектор зградарства је посебно третиран директивама о енергетској ефикасности зграда, познатијим као EPBD (Energy Performance of Buildings) директиве, од којих је прва донесена још 2002. године²⁵. Већ према EPBD 2 директиви из 2010. године²⁶, све нове зграде морају бити зграде готово нулте енергије (nearly zero energy buildings) до 31. децембра 2020. године (јавне зграде до 31. децембра 2018. године). Ови услови нису мењани ни директивом о енергетској ефикасности

In 2016, legislative packages jointly entitled Clean Energy for All Europeans were proposed²³. The adoption of these acts was neither simple nor fast, it took two years to harmonise the draft versions of these laws, with majority of them being adopted in 2018. The basic goal was set so as to by 2030 increase the share of energy from renewable sources to 32% at the EU level. Moreover, the annual share of energy from renewables in heating and cooling was supposed to reach 1.3% or 1.1% if waste heat was not to be taken into account.²⁴ It was estimated that, in case such policies were to be implemented in full, the result may be even more significant reduction in greenhouse gases emission at the EU level than expected, namely cca. 45% by 2030 bearing in mind 1990 as a baseline, which was by 5% more than the set target.

Building sector was particularly addressed in the Energy Performance of Buildings Directives (EPBD), first of which was passed in 2002²⁵. In the 2010 EPBD 2 Directive²⁶, all new buildings have to be nearly zero energy buildings by 31 December 2020 (public buildings by 31 December 2018). These requirements were not changed in the 2012 Energy Efficiency Directive²⁷, particularly focusing on the retrofitting of buildings, especially public ones, where in addition

²³ "Clean energy for all Europeans", више информација доступно на: <https://ec.europa.eu/energy/en/topics/energy-strategy-and-energy-union/clean-energy-all-europeans>

²⁴ "Renewable energy: Council confirms deal reached with the European Parliament", више информација доступно на: <https://www.consilium.europa.eu/en/press/press-releases/2018/06/27/renewable-energy-council-confirms-deal-reached-with-the-european-parliament/#>

²⁵ EC, Directive 2002/91/EC of the European Parliament and of the Council of 16 December 2002 on the Energy Performance of Buildings. Official Journal of European Communities 04.01.2003, L1/65-71.

²⁶ EC, Directive 2010/31/EU of the European Parliament and of the Council of 19 May 2010 on the Energy Performance of Buildings (recast), Official Journal of the European Union 18.06.2010, L 153, 13-35.

²³ "Clean energy for all Europeans", more information available at: <https://ec.europa.eu/energy/en/topics/energy-strategy-and-energy-union/clean-energy-all-europeans>

²⁴ "Renewable energy: Council confirms deal reached with the European Parliament", more information available at: <https://www.consilium.europa.eu/en/press/press-releases/2018/06/27/renewable-energy-council-confirms-deal-reached-with-the-european-parliament/#>

²⁵ EC, Directive 2002/91/EC of the European Parliament and of the Council of 16 December 2002 on the Energy Performance of Buildings. Official Journal of European Communities 04.01.2003, L1/65-71.

²⁶ EC, Directive 2010/31/EU of the European Parliament and of the Council of 19 May 2010 on the Energy Performance of Buildings (recast), Official Journal of the European Union 18.06.2010, L 153, 13-35.

²⁷ EC, Directive 2012/27/EU of the European Parliament and of the Council of 25 October 2012 on energy efficiency, amending Directives 2009/125/EC and 2010/30/EU and repealing Directives 2004/8/EC and 2006/32/EC, Official Journal of the European Union 14.11.2012, L 315/1.

(EED) из 2012. године²⁷, којом је посебан значај дат питању обнове зграда, нарочито јавних, где се поред обавезе израде базе јавних зграда уводи и обавеза доношења дугорочне стратегије њихове обнове. Доношењем најновије измене Директиве о енергетској ефикасности зграда – EPBD 3, која је ступила на снагу 9. јула 2018. године²⁸ земље ЕУ ће морати да успоставе јаче дугорочне стратегије обнове, са циљем да до 2050. године фонд стамбених зграда има нулту емисију CO₂ уз развој финансијских механизма који ће омогућити остварење овако амбициозног циља. Овом ревизијом претходно објављених директива уводе се измене и допуне важеће Директиве с циљем убрзања економски оправдане обнове постојећих зграда, с визијом декарбонизованог грађевинског фонда до 2050. године. Ревизија такође подржава постављање инфраструктуре за примену електричних аутомобила кроз обавезне прикључке на паркинзима и у гаражама зграда и уводи нове одредбе за побољшање „паметних“ технологија и техничких грађевинских система, укључујући аутоматизацију.

Једна од области коју нова директива обрађује је и регулисање методолошког оквира као и увођење заједничке европске методологије за оцену „паметних“ зграда. Тематика „паметних технологија“ се интензивно промовише кроз захтеве за инсталирање аутоматизованих система у зградама и система управљања а нарочито уређаја који омогућавају регулацију температуре на нивоу собе. Нова тема је и Е-мобилност, која ће бити подржана увођењем минималних захтева за обезбеђење прикључака на паркиралиштима и

²⁷ EC, Directive 2012/27/EU of the European parliament and of the Council of 25 October 2012 on energy efficiency, amending Directives 2009/125/EC and 2010/30/EU and repealing Directives 2004/8/EC and 2006/32/EC, Official Journal of the European Union 14.11.2012, L 315/1.

²⁸ EC, Directive (EU) 2018/844 of the European Parliament and of the Council of 30 May 2018 amending Directive 2010/31/EU on the energy performance of buildings and Directive 2012/27/EU on energy efficiency (Text with EEA relevance), Official Journal of the European Union 19.06.2018, L 156, 75.

to compulsory development of the public buildings database, an obligation was introduced to pass a long-term strategy for their rehabilitation. By passing of the latest recast of the Energy Efficiency Directive-EPBD 3, which became effective on 9 July 2018²⁸ EU Member States will have to establish stronger long-term rehabilitation strategies, aiming at the residential building stock to have zero CO₂ emissions by 2050, along with development of financial mechanisms enabling meeting of such an ambitious goal. This review of previously published directives introduced amendments and supplements to the applicable Directive so as to speed up economically justified rehabilitation of the existing buildings, with the vision of decarbonised building stock by 2050. The review also supports establishment of infrastructure for the use of electric cars with compulsory connections at parking lots and in the building garages, and introduces new provisions for improvement of “smart” technologies and technical construction systems, including automation.

One of the areas covered by the new directive pertains to regulation of methodological framework and introduction of common European methodology for evaluation of “smart” buildings. The subject of “smart technologies” is being intensively promoted via the requirements for installation of automated systems in buildings and management systems, and especially in devices enabling temperature regulation at the room level. A new topic is E-mobility, to be supported by introduction of minimum requirements to ensure connections in parking lots and building garages. The EU Member States will be obliged to present national requirements in the form which enables mutual comparison. In addition to other, mainly technical requirements, health and

²⁸ EC, Directive (EU) 2018/844 of the European Parliament and of the Council of 30 May 2018 amending Directive 2010/31/EU on the energy performance of buildings and Directive 2012/27/EU on energy efficiency (Text with EEA relevance), Official Journal of the European Union 19.06.2018, L 156, 75.

у гаражама зграда. Земље ЕУ ће бити у обавези да искажу националне захтеве у облику који омогућава међусобно поређење. Поред осталих, углавном техничко технолошких захтева, промовише се здравље и благостање корисника зграда, на пример кроз обраћања више пажње на разматрање квалитета ваздуха и вентилације.²⁹

wellbeing of building tenants are being promoted, by, for example, paying more attention to the quality of air and ventilation.²⁹

²⁹ више информација доступно на: <https://ec.europa.eu/energy/en/topics/energy-efficiency/buildings>

²⁹ More information available at: <https://ec.europa.eu/energy/en/topics/energy-efficiency/buildings>

3. РЕГУЛАТИВА СРБИЈЕ

Чланство у Енергетској заједници обавезује Републику Србију на примену регулативе Европске уније иако није њен пуноправни члан, доношењем Закона о ратификацији уговора о оснивању енергетске заједнице, из 2006. године³⁰. Енергетска заједница преузима у највећој мери целокупну важећу регулативу ЕУ са мањим изменама које се тичу техничких аспекта примене, првенствено кроз различитост постављених рокова као и промену обима и оквира појединих обавеза. На пример, Србији је кроз процес преговора, уважавајући специфичности државе, дефинисан критеријум обавезности обнове 1% укупне површине зграда које припадају и које користе државни органи, док је за чланице ЕУ тај критеријум успостављен на нивоу 3% према директиви о енергетској ефикасности из 2012. године (EED).

Сходно Уговору о приступању, Република Србија је преузела обавезу да имплементира Директиву о промовисању употребе енергије произведене из обновљивих извора енергије³¹ а одлуком Министарског савета Енергетске заједнице од 18. октобра 2012. године Република Србија је преузела обавезу да са 21,2% повећа на 27% учешће обновљивих извора енергије у њеној бруто финалној потрошњи енергије и најмање 10% потрошње горива у транспорту у 2020. години. Истом одлуком утврђена је обавеза за Републику Србију да имплементира Директиву из 2009. године која

³⁰ Закон о ратификацији Уговора о оснивању Енергетске заједнице између Европске заједнице и Републике Албаније, Републике Бугарске, Босне и Херцеговине, Републике Хрватске, Бивше Југословенске Републике Македоније, Републике Црне Горе, Румуније, Републике Србије и Привремене Мисије Уједињених нација на Косову у складу са Резолуцијом 1244 Савета безбедности Уједињених нација, "Службени гласник РС", број 62 од 19. јула 2006.

³¹ EC, Directive 2001/77/EC of the European Parliament and of the Council of 27 September 2001 on the promotion of electricity produced from renewable energy sources in the internal electricity market, Official Journal of the European Union 27.10.2001, L 283, p. 33–40.

3. SERBIAN LEGISLATION

The membership in the Energy Community bounds Republic of Serbia to apply European Union legislation, despite not being its full-fledged member, by passing the Law on the Ratification of the Treaty Establishing the Energy Community, from 2006³⁰. The Energy Community mostly took over the entire applicable EU legislation with minor amendments concerning technical aspects of implementation, primarily in the form of different set deadlines and the change in scope and frameworks of individual obligations. For example, in the negotiation process and taking into account specificities of the state, the criterion was defined for Serbia to rehabilitate 1% of the total surface of buildings owned and used by state authorities, whereas for the EU Member States this criterion was established at 3% in conformity with the 2012 Energy Efficiency Directive (EED).

In conformity with the Accession Agreement, Republic of Serbia has assumed the obligation to implement the Directive on the Promotion of Use of Energy Produced from the Renewable Energy Sources³¹, and by the Decision of the Council of Ministers of the Energy Community of 18 October 2012, Republic of Serbia has assumed the obligation to increase the share of renewable energy sources from 21.2% to 27% in its gross final energy consumption and minimum 10% of fuel consumption in transport in 2020. The same decision sets forth the obligation of the Republic of Serbia to implement the 2009 Directive relating to the promotion of the renewable energy

³⁰ Law on ratification of the Treaty establishing the Energy Community among the European Community and the Republic of Albania, Republic of Bulgaria, Bosnia and Herzegovina, Republic of Croatia, Former Yugoslav Republic of Macedonia, Republic of Montenegro, Romania, Republic of Serbia and Temporary Mission of the United Nations in Kosovo in line with 1244 Resolution of the United Nations Security Council, "Official Gazette of RS", no. 62 of 19 July 2006.

³¹ EC, Directive 2001/77/EC of the European Parliament and of the Council of 27 September 2001 on the promotion of electricity produced from renewable energy sources in the internal electricity market, Official Journal of the European Union 27.10.2001, L 283, p. 33–40.

се односи на промоцију коришћења обновљивих извора енергије³² као и друге Директиве из ове области.

Посебна пажња области ОИЕ је посвећена и током израде Акционих планова за енергетску ефикасност Републике Србије. До сада су урађена три плана и то: Први Акциони план за период од 2010. до 2012. године, други за период од 2013 до 2015. и трећи за период 2016. до 2018. године³³.

Посебан документ, који је искључиво посвећен овој тематици, је Национални акциони план за коришћење обновљивих извора енергије Републике Србије (НАПОИЕ)³⁴, којим се подстиче инвестирање у област обновљивих извора енергије, а у коме су утврђени циљеви коришћења обновљивих извора енергије до 2020. и начин њиховог остварења. НАПОИЕ је настао из међународне обавезе коју је Република Србија преузела 2006. Године Законом о ратификацији уговора о оснивању Енергетске заједнице између Европске заједнице и Републике Србије.

Према Стратегији Развоја Енергетике Републике Србије за период до 2025. године са пројекцијом до 2030. године³⁵ стратешки развој енергетике заснован је на успостављању баланса између производње енергије из доступних извора, потрошње енергије са тржишним и социјално одрживим карактером, и ефикасније производње и коришћења што „чистије“ енергије из обновљивих извора (ОИЕ). Другим речима, ефикаснијом производњом енергије из доступних и обновљивих извора, са планираним и исплативим пласманом, могуће је успоставити одрживи енергетски систем. С друге стране, стратешки приступ енергетици је пут смањења

sources use³², same as other directives in this are.

Special attention to the RES area was paid in the development of Energy Efficiency Action Plans of the Republic of Serbia. So far, three action plans were developed as follows: First Action Plan for the period 2010-2012, Second Action Plan for the period 2013-2015, and Third Action Plan for the period 2016-2018³³.

A separate document, exclusively dedicated to this subject matter, is the National Renewable Energy Sources Action Plan of the Republic of Serbia (NRESAP)³⁴, stimulating investments in the area of renewable energy sources, and at the same time determining targets for the renewable energy sources use by 2020 and the manner of their achievement. The NRESAP emerged from the international obligation assumed by the Republic of Serbia in 2006 under the Law on the Ratification of the Treaty Establishing the Energy Community between the European Community and the Republic of Serbia.

Pursuant to the Energy Sector Development Strategy in the Republic of Serbia for the period up to 2025, with projections by 2030³⁵ strategic development of energy sector is based on striking a balance between the energy generation from familiar sources, energy consumption with market and socially sustainable character, and more efficient production and use of ever “cleaner” energy from renewable sources (RES). In other words, via more efficient energy generation from available and renewable sources, with planned and cost-effective investments, it is possible to establish a sustainable energy system. On the other hand, strategic approach to energy sector is the road of reduced environmental threats and economic costs. In line with this strategy, the follow-

³² више информација доступно на: <http://bif.rs/2013/06/regulatorni-okvir-za-korisćenje-obnovljivih-izvora-energije-u-srbiji-sve-nijanse-zelenog/>

³³ доступно на: http://www.mre.gov.rs/doc/efikasnost-izvori/efikasnost/Treci_akcioni_plan_za_energetsku_efikasnost_Republike_Srbije_za_period_do_2018_godine.pdf

³⁴ од 28.06.2013.

³⁵ доступно на: http://www.parlament.gov.rs/upload/archive/files/lat/pdf/akta_procedura/2014/113-14Lat.pdf

³² more information available at: <http://bif.rs/2013/06/regulatorni-okvir-za-korisćenje-obnovljivih-izvora-energije-u-srbiji-sve-nijanse-zelenog/>

³³ Available at: http://www.mre.gov.rs/doc/efikasnost-izvori/efikasnost/Treci_akcioni_plan_za_energetsku_efikasnost_Republike_Srbije_za_period_do_2018_godine.pdf

³⁴ of 28.06.2013.

³⁵ Available at: http://www.parlament.gov.rs/upload/archive/files/lat/pdf/akta_procedura/2014/113-14Lat.pdf

еколошких претњи и економских трошкова. Према овој стратегији планирани су следећи приоритети:

1. обезбеђивање енергетске безбедности, смањивањем увозне зависности, обезбеђивањем енергетских резерви нафте и природног гаса и изградњом нових електроенергетских капацитета;
2. развој тржишта енергије у оквиру ЕУ енергетског тржишта у које је Република Србија интегрисана потписивањем Уговора о оснивању енергетске заједнице, што доприноси економском развоју и стабилности земље и изградњи модернизације електроенергетске и гасоводне инфраструктуре.
3. успостављање одрживе енергетике, кроз примену мера енергетске ефикасности, коришћење обновљивих извора енергије и примену норми за заштиту животне средине и смањење штетних утицаја на климу.

У корист очувања животне средине, тенденција развоја енергетике на глобалном нивоу је да се све више ослања на обновљиве изворе, а све мање на исцрпиве ресурсе. На основу статистике „зеленог“ енергетског система Србије, обновљиви енергетски потенцијали су највише коришћени у хидро токовима док су преостали обновљиви извори још увек у фази развоја. Увођењем принципа „чистије“ и штедљивије производње енергената, развија се и користи све ефикаснија опрема и технологија и подстичу се пројекти широког спектра примене, од малих домаћинстава који се прикључују на дистрибутивну мрежу до капацитета индустријских размера. Стратешки национални циљеви се постављају тако да се расположиви обновљиви ресурси користе у производњи електричне енергије, у топланама и финалној потрошњи, као и у саобраћају.

Ова стратегија потенцира да се одржива енергетика, између осталог, постиже стварањем економских, привредних и финансијских услова за повећање удела енергије из обновљивих извора енергије.

ing priorities are planned:

1. to ensure energy security, by reducing import dependence, ensuring energy reserves of oil and natural gas, and constructing new electrical power capacities;
2. energy market development within the EU energy market, in which Republic of Serbia was integrated by signing the Treaty Establishing the Energy Community, which contributes to economic development and stability of the country and construction and modernisation of electrical power and gas infrastructure.
3. establishing sustainable energy sector, through implementation of energy efficiency measures, use of renewable energy sources and implementation of environmental norms and reduced adverse effects on the climate.

To strengthen environmental protection, the tendency of the energy sector development at global level is to start increasingly relying on renewables, and less on non-renewable resources. Based on the statistics of the “green” energy system of Serbia, renewable energy potentials are mostly used in the hydro area, whereas the remaining renewable sources are still in the development phase. By introducing the principle of “cleaner” and more cost-effective production of fuels, more efficient equipment and technology are being developed, thus stimulating projects of broad range of application, from small households connected to distribution network to the industrial scale capacities. Strategic national targets are set so as for the available renewable resources to be used for electricity generation, in district heating plants and final consumption, and in transport.

This strategy fosters sustainable energy sector, inter alia, by creating economic, commercial and financial conditions for increased share of energy from renewable sources.

3.1 Законски акти

Важни циљеви енергетске политике Републике Србије су: обезбеђивање услова за унапређење енергетске ефикасности у обављању енергетских делатности и потрошњи енергије, стварање економских, привредних и финансијских услова за производњу енергије из ОИЕ и комбиновану производњу електричне и топлотне енергије, унапређење заштите животне средине у свим областима енергетских делатности.

До сада, област обновљивих извора енергије обрађена је кроз више закона и то:

- Законом о енергетици³⁶,
- Законом о заштити животне средине³⁷,
- Законом о планирању и изградњи³⁸, и
- Законом о ефикасном коришћењу енергије³⁹.

Изменама и допунама Закона о енергетици утврђени су, између осталог, циљеви енергетске политике, услови квалитетне испоруке енергије и енергената и сигурног снабдевања купаца, као и услови за изградњу нових енергетских објеката и обављања енергетских делатности, затим функционисање тржишта, заштита купаца, подстицаји за производњу енергије из обновљивих извора и комбиноване производње електричне и топлотне енергије, као и питања од утицаја на део енергетског биланса у вези са производњом, дистрибуцијом и снабдевањем топлотном енергијом.

Један од циљева закона о енергетици Републике Србије, који се односи на ОИЕ је имплементација Директиве о промоцији коришћења енергије из

³⁶ објављен у "Службени гласник РС", бр. 145/2014 од 29.12.2014. године, ступио на снагу 30.12.2014, осим одредаба члана 98. став 1. тач. 1) дп 3), члана 99. и члана 225. став 1. тач. 1) дп 3) и члана 225. став 4. овог закона које се примењују од 1. јуна 2016. године

³⁷ објављен у "Службени гласник РС", бр. 135/2004-29, 36/2009-144, 36/2009-115 (др. закон), 72/2009-164 (др. закон), 43/2011-88 (УС), 14/2016-3, 76/2018-3, 95/2018-267 (др. закон)

³⁸ објављен у "Службени гласник РС" бр.72/2009, 81/2009- испр., 64/2010 - одлука УС, 24/2011, 121/2012, 42/2013 -одлука УС, 98/2013 - одлука УС, 132/2014, 145/2014 и 83/2018

³⁹ објављен у "Службени гласник РС" бр. 25/13

3.1 Legislation

Important objectives of the energy policy of the Republic of Serbia are: to ensure conditions for energy efficiency improvement in performance of energy-related activities and energy consumption, to create economic, commercial and financial conditions for energy generation from RES and co-generation of power and heat, to enhance environmental protection in all areas of energy-related activities.

To date, the area of renewable energy sources was covered in multiple laws, as follows:

- the Energy Law³⁶,
- Law on Environmental Protection³⁷,
- Law on Planning and Construction³⁸, and
- Law on the Efficient Use of Energy³⁹.

The amendments and supplements to the Energy Law, inter alia, define the energy policy objectives, conditions for quality supply of energy and fuel and secure supply of consumers, same as the conditions for construction of new energy facilities and performance of energy activities, then market operation, consumer protection, incentives for production of energy from renewable energy sources, co-generation of power and heat, same as issues affecting the energy balance in relation to heat generation, distribution and supply.

One of the objectives of the Energy Law of the Republic of Serbia relating to RES is the implementation of the Directive on the Promotion of the Use of Energy from Renewable Energy Sources (2009/28).

³⁶ published in "Official Gazette of RS", no. 145/2014 of 29 December 2014, entered into force on 30 December 2014, except for provisions of Article 98, paragraph 1, item 1) indent 3), Article 99 and Article 225, paragraph 1, item 1) indent 3) and Article 225, paragraph 4 of this Law applicable as of 1 June 2016.

³⁷ published in "Official Gazette of RS", no. 135/2004-29, 36/2009-144, 36/2009-115 (other law), 72/2009-164 (other law), 43/2011-88 (CC), 14/2016-3, 76/2018-3, 95/2018-267 (other law)

³⁸ published in "Official Gazette of RS", no. 72/2009, 81/2009- corr., 64/2010 - Decision of CC, 24/2011, 121/2012, 42/2013 -Decision of CC, 98/2013 - Decision of CC, 132/2014, 145/2014 and 83/2018

³⁹ published in "Official Gazette of RS", no. 25/13

обновљивих извора енергије (2009/28). То такође подразумева подстицање коришћења обновљивих извора енергије, као и повећање енергетске ефикасности.

Према Закону о заштити животне средине обновљиве природне ресурсе треба користити под условима који обезбеђују њихову трајну и ефикасну обнову и стално унапређивање квалитета. Овим законом је за правна и физичка лица која примењују технологије и који користе ОИЕ, могу се утврдити пореске, царинске и друге олакшице или ослобађања од обавезе плаћања, под условима и на начин утврђен посебним законом.

Закон о планирању и изградњи дефинише унапређење енергетске ефикасности као смањење потрошње свих врста енергије, уштеда енергије и обезбеђење одрживе градње применом техничких мера, стандарда и услова планирања, пројектовања, изградње и употребе објеката. У овом закону енергетска својства објекта су описана као стварно потрошена или оцењена количина енергије која задовољава различите потребе које су у вези са прописаним коришћењем објекта (што укључује грејање, припрему топле воде, хлађење, вентилацију и осветљење). Према овом закону, грађевинску дозволу за изградњу објеката издаје министарство надлежно за послове грађевинарства, ако овим законом није другачије одређено. Министарство издаје грађевинску дозволу за изградњу објеката за производњу енергије из обновљивих извора енергије снаге 10 MW и више.

У складу са чланом 4. Закона о планирању и изградњи донет је Правилник о енергетској ефикасности зграда. Овим правилником ближе се прописују енергетска својства и начин израчунавања топлотних својстава објеката, као и енергетски захтеви за нове и постојеће објекте. Према Правилнику о енергетској ефикасности зграда, енергетска ефикасност једне зграде је остварена ако су испуњени следећи услови: обезбеђени минимални услови комфора (прописани у члану 5. и прилогу 5 овог правилника), потрошња енергије за грејање, хлађење, припрему топле санитарне воде, вентилацију и осветљење зграде не прелази дозвољене максималне вредности по m² (дате у прилогу 6 овог правилника).

This also implies incentives for the use of renewable energy sources, and increased energy efficiency.

Pursuant to the Environmental Protection Law, renewable natural resources are to be used under conditions ensuring their permanent and efficient renewal and ongoing quality improvement. This law also defined tax, customs and other reliefs or tax exemptions for legal entities and natural persons applying technologies and using RAS, under conditions and in the manner laid down in a separate law.

The Law on Planning and Construction defines energy efficiency improvement as reduced consumption of all types of energy, energy savings and ensuring sustainable building applying technical measures, standards and conditions for planning, design, construction and use of facilities. This law describes the energy performance of buildings as actually consumed or estimated quantity of energy meeting different needs in relation to prescribed use of such facilities (including heating, domestic hot water, cooling, ventilation and lighting). In accordance with this law, construction permit for construction of buildings is issued by the ministry in charge of construction, unless stipulated differently under this law. The Ministry issues construction permit for construction of facilities for energy generation from renewable energy sources of capacity 10 MW and more.

Pursuant to Article 4 of the Law on Planning and Construction, the Rulebook on Energy Efficiency in Buildings was passed. This rulebook defines in more detail energy performance and the manner of calculation of thermal properties of buildings, same as energy requirements for new and existing buildings. According to the Rulebook on Energy Efficiency in Buildings, energy efficiency of a building is achieved if the following requirements are met: ensured minimum comfort conditions (set forth in Article 5 and annex 5 to this rulebook), consumption of energy for building heating, cooling, domestic hot water, ventilation and lighting does not exceed permissible maximum values per m² (provided in Annex 6 to this Rulebook).

Законом о ефикасном коришћењу енергије се уређују услови и начин ефикасног коришћења енергије и енергената у сектору производње, преноса, дистрибуције и потрошње енергије, затим политика ефикасног коришћења енергије, систем енергетског менаџмента, означавање нивоа енергетске ефикасности производа који утичу на потрошњу енергије, минимални захтеви енергетске ефикасности у производњи, преносу и дистрибуцији електричне и топлотне енергије и испоруци природног гаса, финансирање, подстицајне и друге мере у овој области, као и друга питања од значаја за права и обавезе физичких и правних лица а у вези са ефикасним коришћењем енергије.

Интеграција обновљивих извора у кровове школских и предшколских објеката представља изградњу извора електричне енергије на страни потрошача и мора бити усаглашена са следећим законским актима, уредбама и прописима:

- Законом о облигационим односима⁴⁰,
- Законом о јавним предузећима⁴¹,
- Уредбом о испоруци електричне енергије⁴²,
- Правилима рада дистрибутивног система⁴³,
- Прописима којима се прецизирају услови за стицање статуса повлашћеног произвођача⁴⁴,
- Правилником о енергетској дозволи⁴⁵,и
- Уредбом о мерама подстицаја за производњу електричне енергије коришћењем обновљивих извора енергије и комбинованом производњом електричне и топлотне енергије⁴⁶.

⁴⁰ објављен у "Службени лист СФРЈ",бр. 29/78, 39/85, 45/89 - одлука УСЈ и 57/89, "Службени лист СРЈ",бр. 31/93 и "Службени лист СЦГ", бр. 1/2003 - Уставна повеља

⁴¹ објављен у "Службени гласник РС", бр. 15/2016

⁴² објављена у "Службени гласник РС", бр. 63/2013 и 98/2018

⁴³ објављена у "Службени гласник РС", бр. 71/2017

⁴⁴ објављени у "Службени гласник РС", бр.145/2014 и члана 17. став 1. и члана 42. став 1. Закона о Влади ("Службени гласник РС", бр. 55/2005, 71/2005 - исправка, 101/2007, 65/2008, 16/2011, 68/2012 - УС, 72/2012, 7/2014 - УС и 44/2014

⁴⁵ објављен у "Службени гласник РС", бр. 15/2015 и 44/2018

⁴⁶ објављена у "Службени гласник РС", бр. 56/2016). Важење ове уредбе је продужено до 31.12.2019. године.

The Law on Efficient Use of Energy regulates conditions and manner of efficient use of energy and fuels in the sector of energy generation, transmission, distribution and consumption, then the efficient energy use policy, energy management system, labeling the level of energy efficiency of products affecting energy consumption, minimum requirements for energy efficiency in generation, transmission and distribution of electricity and heat and natural gas supply, financing, incentives and other measures in this areas, and other issues relevant for the rights and obligations of natural persons and legal entities in relation to efficient use of energy.

Integration of renewable sources in roofs of school and kindergarten buildings represents construction of electricity sources on the side of consumers and it must be harmonised with the following laws, decrees and regulations:

- Law on Contracts and Torts⁴⁰,
- Law on Public Enterprises⁴¹,
- Decree on the Supply of Electricity⁴²,
- Rules on the distribution system operation⁴³,
- Regulations specifying conditions for obtaining the status of a privileged power producer⁴⁴,
- Rulebook on Energy Permit⁴⁵, and
- Decree on the incentive measures for power generation using renewable energy sources and heat and power co-generation⁴⁶.

According to the above mentioned decrees and

⁴⁰ published in the "Official Journal of SFRY", no. 29/78, 39/85, 45/89 - Decision of CCY and 57/89, "Official Journal of SRY", no. 31/93 and "Official Journal of SM", no. 1/2003 - Constitutional Charter

⁴¹ published in "Official Gazette of RS", no. 15/2016

⁴² published in "Official Gazette of RS", no. 63/2013 and 98/2018

⁴³ published in "Official Gazette of RS", no. 71/2017

⁴⁴ published in "Official Gazette of RS", no. 145/2014 and Article 17, paragraph 1 and Article 42, paragraph 1 of the Law on Government, ("Official Gazette of RS", No. 55/2005, 71/2005 - corr, 101/2007, 65/2008, 16/2011, 68/2012 - CC, 72/2012, 7/2014 - CC and 44/2014

⁴⁵ published in "Official Gazette of RS", no. 15/2015 and 44/2018

⁴⁶ published in "Official Gazette of RS", no. 56/2016). Validity of this Decree was extended by 31 December 2019.

Према наведеним уредбама и прописима привремени статус, односно статус повлашћеног произвођача електричне енергије дефинисан је за све произвођаче електричне енергије из ОИЕ. Рок важења привременог статуса повлашћеног произвођача електричне енергије сада износи три године, осим за соларне електране код којих тај рок износи једну годину и може се продужити за још једну годину.

Овим прописима и правилницима такође су посебно дефинисани услови за стицање статуса повлашћеног произвођача електричне енергије за електране које производе електричну енергију и електране које производе електричну и топлотну енергију, као и првенство произвођача електричне енергије из ОИЕ при преузимању укупно произведене електричне енергије у преносни или дистрибутивни систем, осим у случају када је угрожена сигурност рада тих система.

Неке од новина закона и прописа су да је банкарска гаранција у висини од 2% од укупне предрачунске вредности инвестиције потребна само за постројења инсталисане снаге 100 kW и више, у поступку стицања привременог статуса повлашћеног произвођача електричне енергије. Такође, укинут је преговор између јавног снабдевача и привременог повлашћеног произвођача.

Правилником о енергетској дозволи ближе се прописују услови за издавање енергетске дозволе, садржај захтева за издавање енергетске дозволе у зависности од врсте и намене енергетског објекта, начин издавања енергетске дозволе и садржај регистра издатих енергетских дозвола и регистра енергетских дозвола које су престале да важе.

Уредбом о мерама подстицаја за производњу електричне енергије ближе се прописују мере подстицаја за производњу електричне енергије коришћењем обновљивих извора енергије и за откуп те енергије - Feed-in tariff, балансирање и читавање, дефинишу енергетски објекти који производе електричну енергију из обновљивих извора, уређује садржина уговора о откупу електричне енергије по мерама подстицаја, као и накнада трошкова купцу тако произведене енергије.

regulations temporary status, namely the status of a privileged power producer, was envisaged for all power producers generating power from RES. The validity of a temporary privileged power producer status is now three years, save for solar power plants where this deadline amounts to one year, with the possibility of extension by one more year.

These decrees and regulations also separately define the conditions for obtaining the privileged power producer status for power plants generating electricity and heat and power co-generation plants, same as the priority of RES power producers in take over of the total generated power into the transmission or distribution system, except in the case when the security of operation of such systems is under threat.

Some of the novelties in laws and regulations entail a required bank guarantee amounting to 2% of the total estimated investment value only for the plants of installed capacity of 100 kW and above, in the procedure of obtaining the temporary status of a privileged power producer. In addition, the preliminary contract between the public supplier and temporary privileged power producer is abolished.

The Rulebook on Energy Permit stipulates in more detail the conditions for the energy permit issuance, content of the request for the energy permit issuance depending on the type and use of energy facility, the manner of energy permit issuance and the content of the register of issued energy permits and the register of terminated energy permits.

The Decree on the incentive measures for power generation defines in more detail the incentive measures for power generation using renewable energy sources and feed-in tariffs, balancing and reading, energy facilities producing power from renewables, content of the power purchase contract based on the incentive measures, same as the reimbursement of costs to the buyer of energy produced in such a way.

4.МЕТОДОЛОШКИ ПРИСТУП

Методологија примене обновљивих извора енергије у зградарству није директно везана за конкретне типове односно намену објеката већ се може применити за било који тип објекта. Одатле, у методолошком приступу, прво су дефинисани општи принципи коришћења ОИЕ и начини њихове примене па су тек потом аплицирани на зграде које су предмет овог истраживања. Зато те се резултати истраживања могу сматрати универзалним и применљивим на целокупан грађевински фонд.

Као што је већ речено, особености образовних институција се огледају у релативно великим кровним површинама и припадајућим парцелама, те су овде и потенцијали израженији него код зграда друге намене. Такође, сви ови објекти поседују одговарајуће техничке службе (лица) који се могу ефикасно обучити у адекватној примени и одржавању система, чиме се гарантује дуговечност и обезбеђује сврсисходност система.














Анализиране зграде школа, школских физкултурних сала и предшколских установа (Слике 4-6) су испитиване са аспеката примене ОИЕ првенствено кроз активацију расположивих кровних површина у смислу постављања колектора за припрему санитарне топле воде односно производњу електричне енергије фотонапонским системима. Истовремено су испитиване и могућности коришћења геотермалне енергије уз употребу топлотних пумпи на расположивим површинама на парцели, као и потенцијали коришћења биомасе.

4. METHODOLOGICAL APPROACH

Methodology of application of renewable energy sources in building sector is not directly linked with the specific types, or use of a building, but can be applied to any type of a building. Therefore, the methodological approach initially defined general principles of RES use and the manners of such use, and only then they have been applied to buildings subject to this study. This is why the results of this research may be considered universal and applicable to the entire building stock.



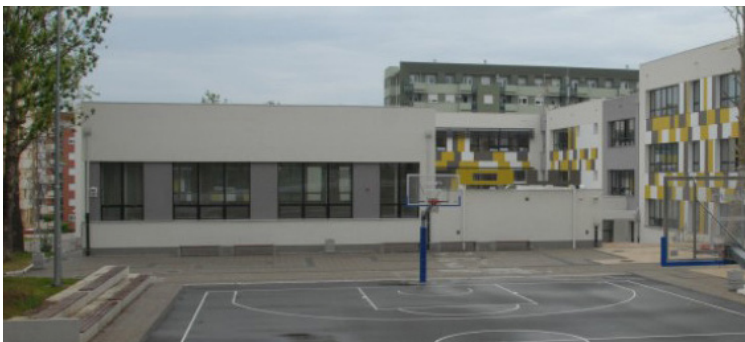
As already mentioned, the features of educational institutions are reflected in the relatively large roof surfaces and related lots, thus the potentials are more pronounced here than in buildings used for other purposes. Likewise, these buildings do have corresponding technical services (persons) that can be efficiently trained in adequate use and maintenance of the system, which in turn guarantees long-term and proper use of the entire system.

The analysed school, gym and kindergarten buildings (Figures 4-6) are examined from the RES application perspective, primarily through activation of available roof surfaces in a sense of installation of domestic hot water collectors, namely power generation by photovoltaic systems. At the same time, we also examined the opportunities for the use of geothermal energy using heat pumps in available lot areas, same as the potentials for the biomass use.

Мале школе (до 500м ²) Small schools (smaller than 500m ²)	Школе средње величине (500 - 2000м ²) Medium sized schools (500-2000m ²)	Велике школе (веће од 2000м ²) Large schools (larger than 2000m ²)	Период Period
	 	 	до 1945. before 1945
			1946-1970. 1946-1970
		 	1971-1990. 1971-1990
			после 1991. after 1991













Слика 4. Матрица типологије школских зграда (Национална типологија школских зграда Србије, стр.42)

Figure 4. School buildings typology matrix (National typology of school buildings in Serbia, p. 42)

Тип зграде школске физкултурне сале Building type school gyms	Период изградње Construction period
	<p>Израђене до 1960. Constructed before 1960</p>
	<p>Израђене у периоду 1960-2000. Constructed in the period 1960-2000</p>
	<p>Израђене након 2000. Constructed after 2000</p>

Слика 5. Матрица типологије зграда физкултурних сала школских зграда

Figure 5. Gym buildings typology matrix

Мале (до 500м2) Small (smaller than 500m2)	Средње (500 - 2000м2) Medium (500-2000m2)	Велике (веће од 2000м2) Large (larger than 2000m2)	Период Period
			до 1945. before 1945
  	 		1946-1970. 1946-1970
			1971-1990. 1971-1990
			после 1991. after 1991

Слика 6. Матрица типологије зграда предшколских установа (Национална типологија зграда предшколских установа Србије, стр.40)

Figure 6. Kindergarten buildings typology matrix (National typology of kindergarten buildings in Serbia, p. 42)

У наредном делу биће објашњена технологија примене анализираних система за искоришћење обновљивих извора енергије, као и методологија прорачуна потребних капацитета и енергетских добитака за анализираних школске и предшколске зграде, као и зграде школских физкултурних сала, за сваку од анализираних технологија. Такође, остварене уштеде на нивоу појединачних зграда, обрачунате су на нивоу Србије, у складу са подацима о заступљености анализираних типова зграда, публикованим у склопу претходних истраживања.⁴⁷

The following section will address the technology of implementation of the analysed systems for the renewable energy sources use, and methodology for calculation of required capacities and energy gains for the analysed school, gym and kindergarten buildings, for each of the analysed technologies. Moreover, the generated savings at the level of individual buildings were calculated at the level of Serbia, in line with the data on distribution of the analysed building types published in the previous research.⁴⁷

⁴⁷ Национална Типологија Школских зграда Србије и Национална Типологија зграда предшколских установа Србије, објављене 2018.године, доступно на: <http://eeplatforma.arh.bg.ac.rs/publikacije/nacionalna-tipologija-zgrada-pred%C5%A1kolskih-ustanova-srbije> и <http://eeplatforma.arh.bg.ac.rs/publikacije/nacionalna-tipologija-%C5%A1kolskih-zgrada-srbije>

⁴⁷ National Typology of School Buildings in Serbia and National Typology of Kindergartens in Serbia, published in 2018, available at: <http://eeplatforma.arh.bg.ac.rs/publikacije/nacionalna-tipologija-zgrada-pred%C5%A1kolskih-ustanova-srbije> и <http://eeplatforma.arh.bg.ac.rs/publikacije/nacionalna-tipologija-%C5%A1kolskih-zgrada-srbije>

5. ТОПЛОТНЕ ПУМПЕ

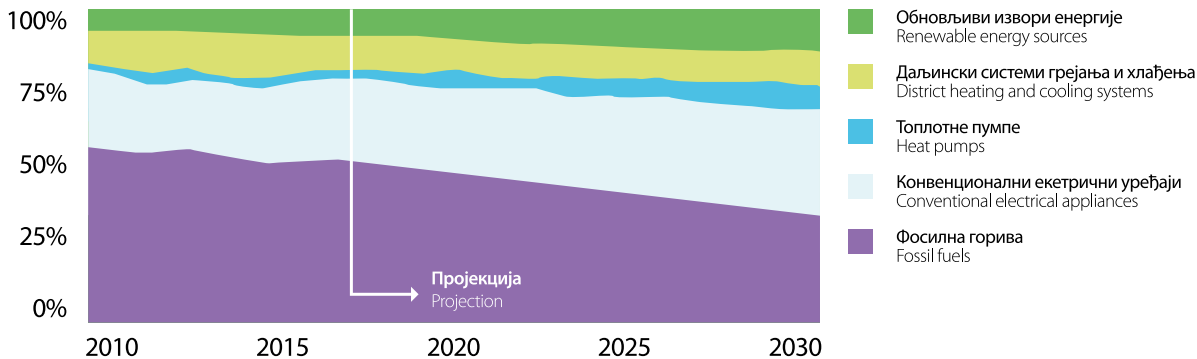
5.1 Примена у сектору зградарства

За потребе грејање и припреме санитарне топле воде у сектору зградарства, расподела начина снабдевања топлотном енергијом (технологија и ресурса), приказана је на Графикону 1, са пројекцијом за наредну декаду⁴⁸. Приметно је да постоји раст удела обновљивих извора енергије, где доминирају биогорива, али и благи раст удела топлотних пумпи.

5. HEAT PUMPS

5.1 Implementation in the building sector

For the needs of heating and domestic hot water preparation in the building sector, distribution of the heat supply methods (technology and resources), is presented in Chart 1, with the projection for the next decade⁴⁸. Notably there is an increase in the share of renewable energy sources, dominated by biofuels, and a slight increase in the share of heat pumps.



Графикон 1. Расподела начина снабдевања топлотном енергијом у сектору зградарства

Chart 1. Distribution of the heat supply methods in the building sector

Топлотне пумпе се могу дефинисати, према Директиви 2010/31/EU о енергетским перформансама зграда (EPBD II⁴⁹), као високоефикасни системи снабдевања енергијом, који топлоту преузету из околине (ваздух, земља,

Heat pumps may be defined, in line with the Directive 2010/31/EU on Energy Performance of Buildings (EPBD II⁴⁹), as highly efficient energy supply systems, transmitting the heat taken over from the environment (air, ground, water) at lower temperature, using the power-driven compressor (in com-

⁴⁸ International Energy Agency, 31-35 rue de la Fédération, 75739 Paris Cedex 15, France

⁴⁸ International Energy Agency, 31-35 rue de la Fédération, 75739 Paris Cedex 15, France

⁴⁹ Directive 2010/31/EU of the European Parliament and of the Council of 19 May 2010 on the Energy Performance of Buildings (Recast).

⁴⁹ Directive 2010/31/EU of the European Parliament and of the Council of 19 May 2010 on the Energy Performance of Buildings (Recast).

вода) на нижој температури, помоћу компресора погоњеног електричном енергијом (код компресорских топлотних пумпи), предају на вишој температури систему грејања, односно систему за припрему санитарне топле воде. Обзиром да се топлота одузима из околине, Директива о обновљивим изворима 2009/28/EZ⁵⁰ сврстава топлотне пумпе у обновљиве изворе енергије према сезонском фактору перформанси (енгл. SPF - Seasonal Performance Factor), који представља однос стварне произведене топлотне енергије топлотном пумпом током године и укупне годишње електричне енергије утрошене за погон топлотне пумпе (компресори, пумпе, вентилатори, систем одлеђивања испаривача, итд). Део топлотне енергије који се добија од топлотне пумпе и који се према споменутој Директиви сматра обновљивим, рачуна се према следећој једначини:

$$E_{\text{OIE}} = Q_{\text{КОРИСНО}} \cdot \left(1 - \frac{1}{\text{SPF}}\right)$$

где је $Q_{\text{корисно}}$ – корисна топлотна енергија коју је топлотна пумпа на кондензатору предала систему грејања и систему за припрему санитарне топле воде.

Према извору односно понору топлоте, за примену у разматраним школским и предшколским објектима, примерени су типови топлотних пумпи који као извор/понор топлоте користе спољни ваздух односно земљу а трансферишу је у објекат путем воде (за нпр. радијаторско грејање). Због тога се ови типови топлотних пумпи колоквијално називају тип топлотне пумпе „ваздух – вода“ и тип „земља – вода“.

⁵⁰ Directive 2009/28/EC of the European Parliament and of the Council of 23 April 2009 on the Promotion of the Use of Energy from Renewable Sources and Amending and Subsequently Repealing Directives 2001/77/EC and 2003/30/EC

pressor heat pumps) at higher temperature to the heating system, or the domestic hot water system. Given that the heat is being taken over from the environment, the Directive on the Promotion of the Use of Energy from Renewable Sources 2009/28/EZ⁵⁰ categorises heat pumps under renewable energy sources based on the Seasonal Performance Factor (SPF), which represents a ratio between the actual produced heat by a heat pump in a year and total annual electricity consumed to drive the heat pump (compressors, pumps, fans, vaporiser defrosting system, etc.). Part of the heat generated by the heat pump, considered renewable source in line with the mentioned Directive, is calculated applying the following equation:

$$E_{\text{RES}} = Q_{\text{GENERATED}} \cdot \left(1 - \frac{1}{\text{SPF}}\right)$$

where $Q_{\text{generated}}$ – means useful heat transmitted by the heat pump via condenser to the heating system or to the domestic hot water preparation system.

According to the heat source, for implementation in the considered school and kindergarten buildings, appropriate are the types of heat pumps using as a heat source outdoor air or ground, and transferring it to the building via water (for example for radiator-based heating). Due to this, these types of heat pumps are colloquially called heat pumps of “air-water” or “ground-water” type.

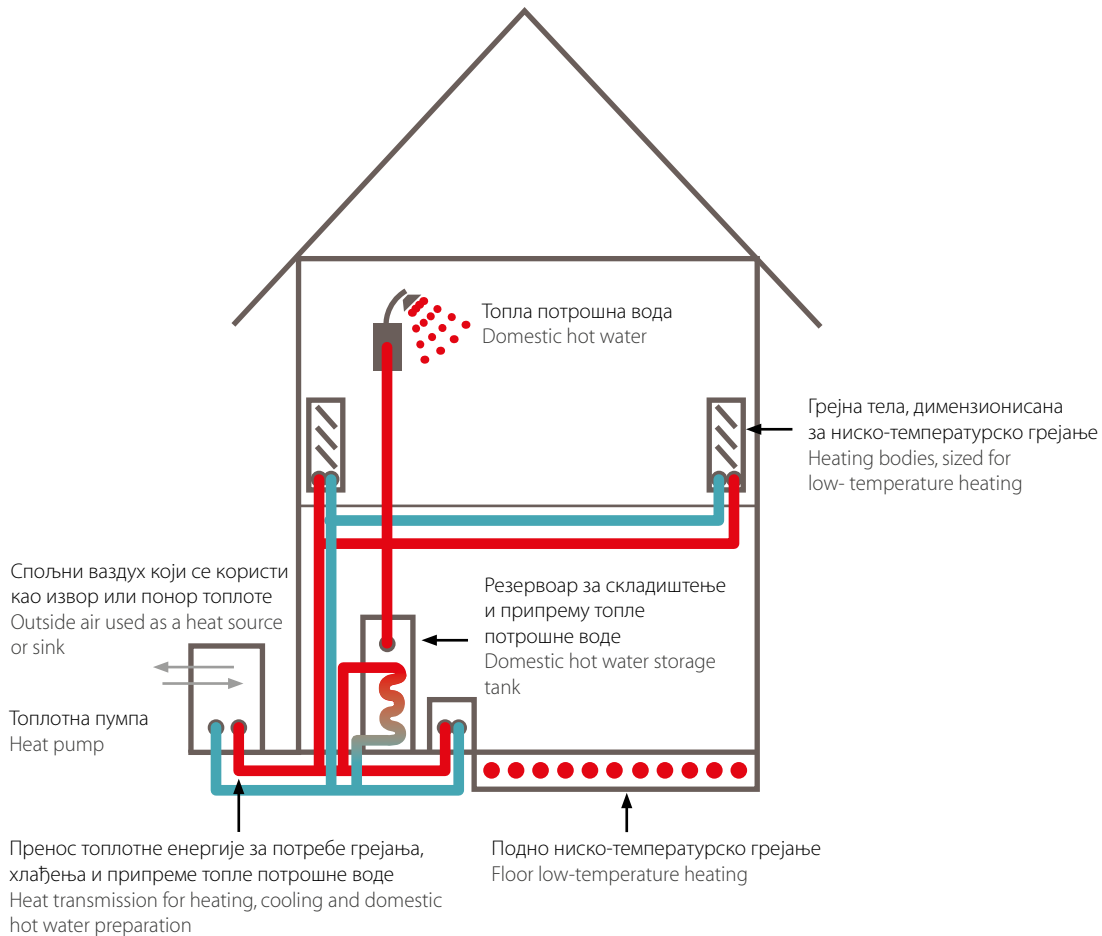
⁵⁰ Directive 2009/28/EC of the European Parliament and of the Council of 23 April 2009 on the Promotion of the Use of Energy from Renewable Sources and Amending and Subsequently Repealing Directives 2001/77/EC and 2003/30/EC

5.1.1 Топлотне пумпе типа „ваздух - вода“

Први разматран тип топлотних пумпи је тип „ваздух – вода“ (слика 7). Овај тип пумпи може бити погодно решење за грејање објеката типа школа и вртића, и то у две концепције, као помоћни систем у бивалентној концепцији система грејања (када паралелно постоји и функционише други извор топлоте) или као главни – једини извор енергије за грејање.

5.1.1 Heat pumps “air-water”

The first discussed type of heat pumps is the “air-water” type (Figure 7). This type of pumps may be suitable for heating of school and kindergarten buildings, in two concepts, as a supporting system in the bivalent concept of the heating system (when another heat source exists and functions in parallel) or as a main- only source of heating energy.



Слика 7. Топлотна пумпа типа „ваздух-вода“, намењена грејању и припреми санитарне топле воде

Figure 7. Heat pump “air-water” type, for heating and domestic hot water

Ова друга концепција је разматрана у предметној анализи и она је погодна за температуре спољног ваздуха до неколико степени испод нуле као и за прелазне периоде током године, конкретно месеце април-мај и септембар-октобар, када школе и вртићи иначе интензивно раде.

Спољни ваздух представља највећи и најприступачнији извор топлоте за топлотне пумпе овог типа. За коришћење ваздуха као извора или понора топлоте користи се посебан топлотни апарат (спољна јединица топлотне пумпе) која служи за размену енергије између радног (раскладног) флуида и ваздуха. Разлика температуре спољног ваздуха, као извора топлоте и радног флуида износи од 5 до 10°C. Код избора овог типа топлотне пумпе потребно је водити рачуна о промени температуре спољног ваздуха за дату локацију, јер варијација температуре утиче на перформансе топлотне пумпе. Смањивањем температуре ваздуха смањује се и топлотни капацитет. У зависности од температуре спољног ваздуха, степен корисности у режиму грејања (COP⁵¹) може да варира од 2,5 до 3,5.

5.1.2 Топлотна пумпа типа „земља - вода“

Други разматран тип топлотних пумпи су пумпе типа „земља – вода“ у изведби са хоризонталним и са вертикалним сондама за дворишта школа и вртића. Обзиром да су дворишта веома погодна за постављање сонди и обзиром да су ови типови топлотних пумпи већих капацитета, овакви системи могу у потпуности заменити постојеће системе грејања (и хлађења) и функционисати самостално на свим спољним температурама током читаве године. На Слици 8, приказана је принципијелна шема развода овог типа топлотне пумпе.

⁵¹ Енгл. „Coefficient of Performance“ или коефицијент учинка

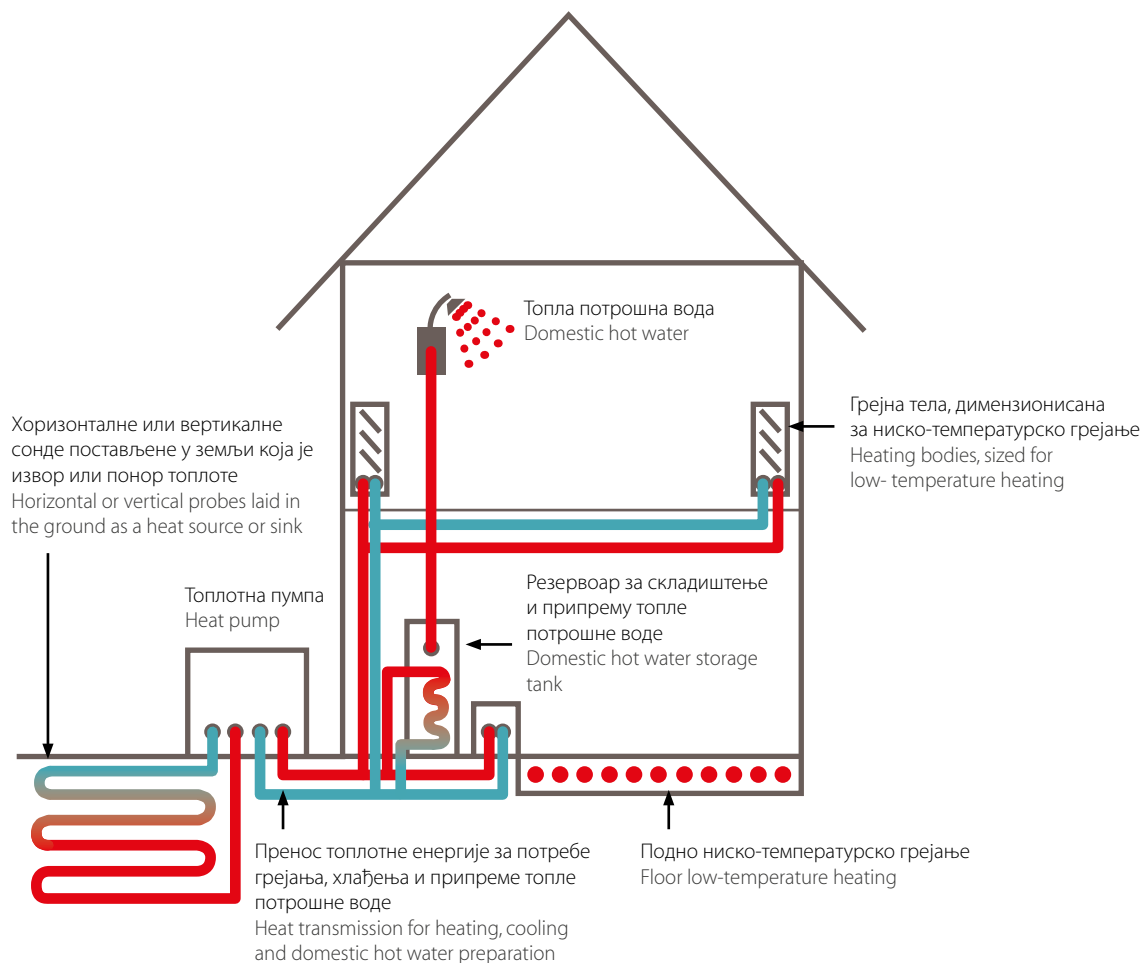
This other concept was the subject of the respective analysis and it is found suitable for outside air temperature of several degrees below zero, same as for transitional seasonal periods during the year, in particular for the months of April-May and September- October, when schools and kindergartens are intensively in operation.

The outside air represents the major and most accessible source of heat for the heat pumps of this type. To use the air as a source of heat, special heat device (external heat pump unit) is being used, which serves for the exchange of energy between the operating (cooling) fluid and air. Variations in the outside air temperatures, as a source of heat and operating fluid, are between 5 and 10°C. When selecting this type of a heat pump, one must take into account the outside air temperature variations for a given location, given that temperature variations affect the heat pump performance. Reduced air temperature reduces the thermal capacity. Depending on the outdoor air temperature, the coefficient of performance (COP⁵¹) may vary from 2.5 to 3.5.

5.1.2 Heat pumps “ground-water”

The second considered type of heat pumps are the “ground-water” type pumps, installed with horizontal and vertical probes for the school and kindergarten yards. Taking into account that yards are very suitable for installation of probes and that pumps of this type hold greater capacity, such systems may fully substitute the existing heating (and cooling) systems and operate independently at all outdoor temperatures throughout the year. Figure 8 shows the principal distribution scheme for this type of a heat pump.

⁵¹ Engl. „Coefficient of Performance“



Слика 8. Топлотна пумпа типа „земља-вода“, намењена грејању и припреми санитарне топле воде

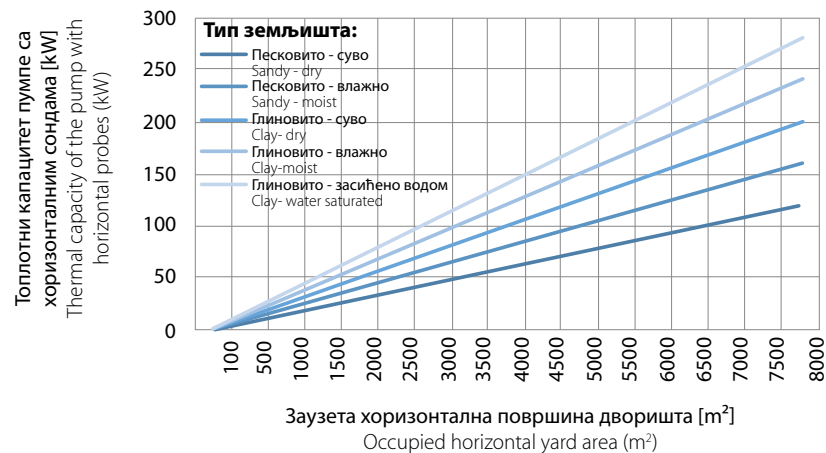
Figure 8. Heat pump “air-water” type, for heating and domestic hot water preparation

Изведба топлотних пумпи са хоризонталним сондама захтева нешто ниже почетне инвестиционе трошкове, али због недостатка потребне слободне површине често није примењива. Код школа и вртића ово није случај, доступна површина дворишта најчешће омогућава примену топлотне пумпе са хоризонталним сондама. Потребна слободна површина је приближно двоструко већа

Installation of heat pumps with horizontal probes requires somewhat lower initial investment costs, however it is not often applicable due to the lacking available area. This is not the case with schools and kindergartens, since the available yard area most often allows the implementation of a heat pump with horizontal probes. The required available area is approximately double in size than the heated build-

од грејне површине објекта. Приближно, на сваки m^2 грејног простора треба у земљу поставити 1,5 до 2 м цеви. Најчешће се сонде полажу у земљу у облику снопа хоризонталних цеви на дубини од 1,2 до 1,5 м, с међусобним размаком од 0,5 до 1 м, зависно од састава и врсте земљишта. Дужина једне секције сонди износи до 100 м. Специфични топлотни флуks хоризонталних сонди, зависи од својстава земљишта и креће се у границама од 15 до 35 W/m^2 за температуре помоћног флуида (расолине) од -3 до $5^{\circ}C$ (Графикон 2).

ing area. Approximately, each m^2 of heated area requires laying of 1.5 to 2 m of pipes in the ground. Most frequently, the probes are laid in the ground in the shape of a bundle of horizontal pipes at depth of 1.2 to 1.5 m, with space between them of 0.5 to 1 m, depending on the soil composition and type. The length of one section of probes amounts to 100 m. A specific heat flux of horizontal probes depends on the soil properties and varies between 15 to 35 W/m^2 for the auxiliary fluid temperature from -3 to $5^{\circ}C$ (Chart 2).



Графикон 2. Зависност топлотног капацитета пумпе од квалитета земљишта и коришћене површине

Chart 2. Dependence of the heat pump capacity on the soil quality and used area

Вертикалне сонде се полажу у тло на дубине од 60 до 150 м, што је често прихватљиво у густо насељеним срединама, поготово на местима где је околина уређена и где су дозвољене минималне промена спољашњег изгледа. Количина топлотне енергије која се може преузети од земље зависи од састава и влажности земљишта, али и од места полагања сонди. Досадашња истраживања, као и у пракси инсталисани системи показују да је температура земљишта на дубини од 2 м, 7 до $10^{\circ}C$, а на дубини до 100 м температура земљишта се креће између 12 и $15^{\circ}C$. Фабрички припремљене

Vertical probes are laid in the ground at depth of 60 to 150 m, which is often acceptable in densely inhabited environments, especially in places where the surrounding area is developed and allows minimum changes in the external appearance. The quantity of heat that can be taken over from the ground depends on the composition and humidity of soil, but also on the place where the probes are to be laid. The research so far, and the systems installed in practice, have demonstrated that the ground temperature at the depth of 2 m amounts to 7 to $10^{\circ}C$, whereas at 100 m, ground temperature varies between 12 and $15^{\circ}C$. Prefabricated and installed pipes

и монтиране сонде се полажу у земљиште у две основне изведбе, као двострука „У“ цев и као коаксијална цев при чему кроз унутрашњу цев струји хладни медијум, а спољну загрејани медијум.

are laid in the ground in two basic implementation scenarios, as a double “U” pipe and as a coaxial pipe, where cold medium runs through inner pipe, and heated medium through outer pipe.

5.2 Методологија прорачуна топлотних пумпи

5.2 Heat pumps calculation methodology

Методологија прорачуна подразумева установљивање зависности кључних променљивих величина, неопходних за процену ефеката примене топлотних пумпи на предметне објекте дефинисане националном типологијом.

Calculation methodology implies establishing dependence of key variables, necessary to assess the effects of heat pumps use in respective buildings defined under the national typology.

5.2.1 Топлотне пумпе типа „ваздух – вода“

5.2.1 Heat pumps “air-water”

Дијаграми на графиконима 3 и 4 приказују номинални топлотни и електрични капацитет топлотне пумпе типа „ваздух-вода“ у односу на грејну површину. Приказане зависности односе се на номиналне капацитете при температурским условима 7/45°C и на упросечене термичке карактеристике објекта односно специфичне топлотне потребе објекта од 75 W/m².

Diagrams in Charts 3 and 4 show a nominal heat and power capacity of the “ground-water” heat pump against the heated area. The shown dependencies refer to nominal capacities at temperature conditions of 7/45°C and average thermal properties of a building, namely specific heat demand of a building of 75 W/m².

Режим рада: ваздух +7°C / вода 40/45°C
Operating regime: air+7C / water 40/45C

Специфичне топлотне потребе објекта, 75 W/m²
Specific building heat demand, 75 W/m²

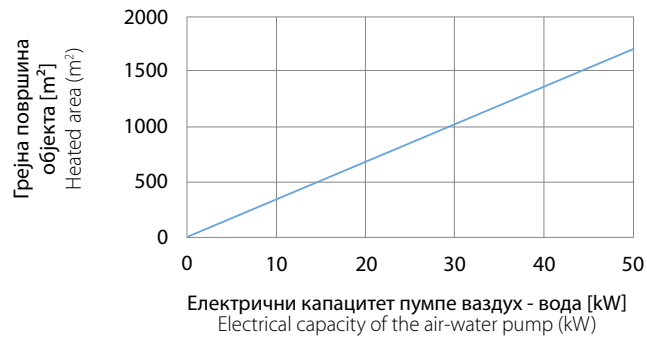


Графикон 3. Зависност топлотног капацитета пумпе и грејне површине

Chart 3. Dependence between the heat pump capacity and heated area

Режим рада: ваздух +7°C / вода 40/45°C
Operating regime: air+7°C / water 40/45°C

Специфичне топлотне потребе објекта, 75 W/m²
Specific building heat demand, 75 W/m²



Графикон 4. Зависност електричног капацитета пумпе и грејне површине

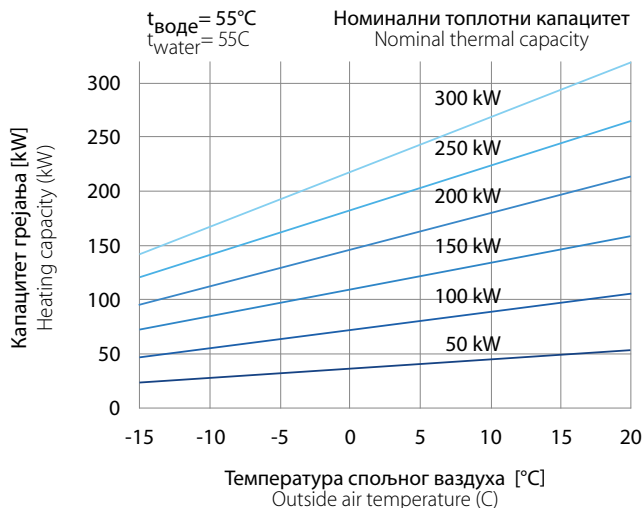
Chart 4. Dependence of between the electrical pump capacity and heated area

У примени за грејање у зградама, препорука је да се пумпе овог типа могу користити економски оправдано до - 5°C спољне температуре (максимално), а испод - 5°C пожељно је поседовати додатни извор грејања. Хлађењем ваздуха за 6 до 8°C добијају се оптимални односи између количине ваздуха, величине вентилатора, капацитета топлотних апарата саме пумпе и COP.

Како је назначено, приказане криве важе само за температурски режим ваздух +7°C и вода 45°C. Обзиром да у зимском периоду температуре често иду испод +7°C, а вода за радијаторско грејање треба да буде око 55°C, извршена је корекција топлотног капацитета за ове поменуе температуре. Будући да су најзаступљеније спољне температуре од -5°C до +5°C, а потребна температура воде за радијаторско грејање је 55°C, то чини режим рада овог типа пумпи неповољнијим од режима при приказаним номиналним условима. Коригован капацитет грејања и испоручена топлотна енергија биће мања од номиналне (Графикон 5).

When implemented in buildings for the purpose of heating, the recommendation is for the pumps of this type to be used in an economically viable manner up to - 5°C of outdoor temperature (maximum), whereas below - 5°C it is desirable to have an additional heating source. By cooling the air by 6 to 8°C optimum ratios are obtained between the air quantity, fan size, heat devices capacity in the pump and COP.

As indicated, the presented curves apply only for the temperature regime of air +7°C and water 45°C. Given that in winter period temperatures often drop below +7°C, and that water for radiator-based heating needs to be at cca. 55°C, correction of the thermal capacity was performed for these temperatures. Bearing in mind that the most common outdoor temperatures are those from -5°C to +5°C, and that the needed water temperature for radiator heating amounts to 55°C, this makes the operating regime for this type of pumps more unfavourable than the regime in the shown nominal conditions. The corrected heating capacity and heat supplied will be lower than the nominal ones (Chart 5).



Графикон 5. Зависност топлотног капацитета пумпе и спољне температуре

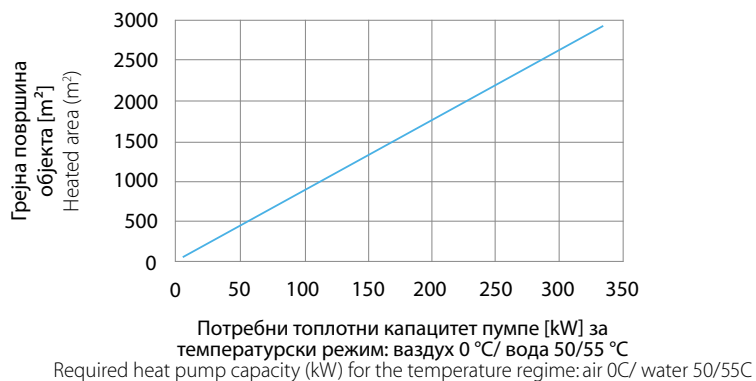
Chart 5. Dependence between the heat pump capacity and outdoor temperature

Имајући у виду коригован температурски режим према стварним условима и потребама, утврђена је зависност топлотног капацитета пумпе и грејне површине како је приказано на графикону 6.

Given the corrected temperature regime in relation to actual conditions and demand, the dependence between the pump thermal capacity and heated area was determined as illustrated in Chart 6.

Специфичне топлотне потребе објекта, 75 W/m^2
 Specific building heat demand, 75 W/m^2

Ефикасност система дистрибуције, 89%
 Distribution system efficiency, 89%



Графикон 6. Зависност топлотног капацитета пумпе и грејне површине

Chart 6. Dependence between the heat pump capacity and heated area

5.2.2 Топлотне пумпе типа „земља-вода“

5.2.2.1 Изведба са хоризонталним сондама

За потребе прорачуна испоручене топлотне енергије топлотне пумпе са хоризонталним сондама, а за дефинисање перформанси истих као и за одређивање грејне површине школа и вртића, следећи фактори и подаци су разматрани и усвојени:

1. Специфични топлотни флуks, који варира у зависности од квалитета земљишта у опсегу од 15 до 35 W/m². За потребе прорачуна усвојен је упросечен флуks од 25 W/m².
2. Режим грејања је дефинисан са температурама прилагођеним радијаторском грејању. За овај температурски режим рада топлотне пумпе (средње до високотемпературно грејање), усвојена је температура од 55°C (на излазу кондензатора топлотне пумпе).
3. За одређивање потребних топлотних капацитета пумпи у режиму грејања објеката школа (са физкултурним салама) и вртића, усвојене су специфичне топлотне потребе објеката од 75W/m², уз претпоставку да је на објектима извршено унапређење квалитета омотача првог нивоа. Износ је базиран на подацима читаве популације школа и вртића у Републици Србији и евиденције топлотних потреба али умањених након пројектованог унапређења омотача објеката, првог нивоа.
4. Корисна енергија испоручена објекту за потребе грејања, израчуната је узимањем у обзир ефикасности дистрибутивног дела система грејања школа и вртића, што укључује ефикасност дистрибутивне мреже унутар објекта и система за регулацију и контролу. Према препорукама степен корисности износи од 85% до 93%, а усвојен је просек од 89%.

Резултати прорачуна зависности кључних параметара, приказани су на графиконима 7 и 8.

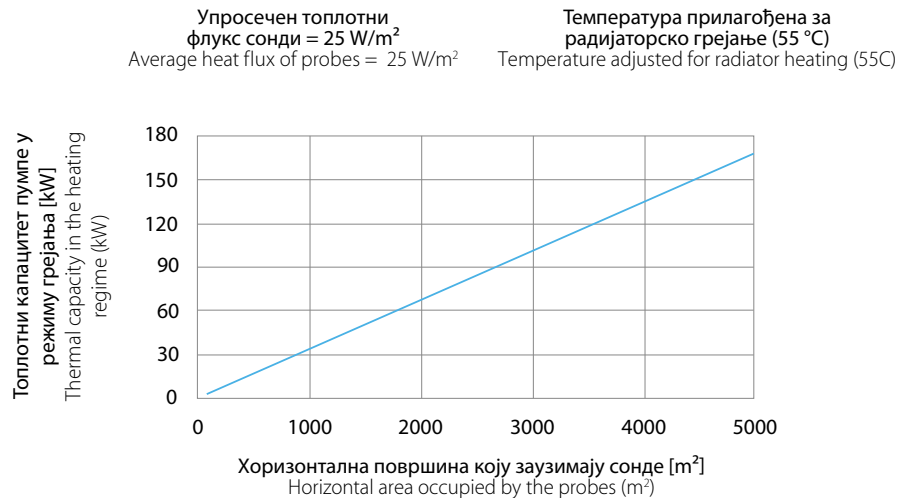
5.2.2 Heat pumps “ground-water”

5.2.2.1 Implementation with horizontal probes

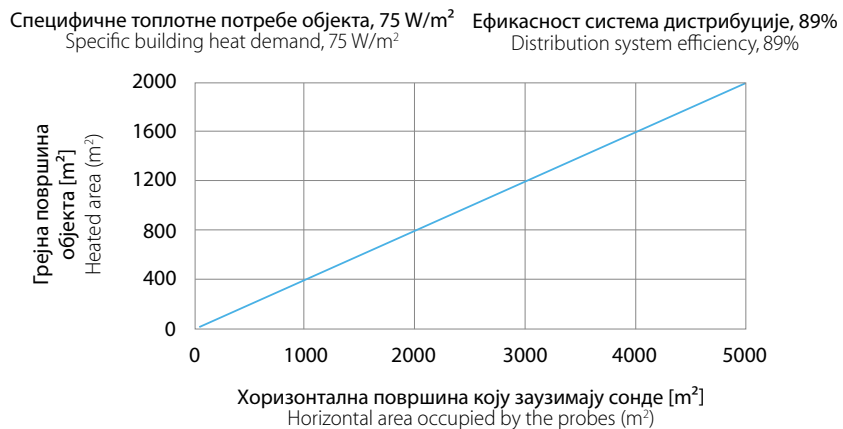
For the needs of calculation of the delivered heat of the heat pump with horizontal probes, and to define their performance and heated area in schools and kindergartens, the following factors and data were considered and adopted:

1. Specific heat flux, varying depending on the quality of soil in the range from 15 to 35 W/m². For the needs of calculation, the average flux of 25 W/m² was adopted.
2. Heating regime was defined using temperatures adapted to radiator heating. For this temperature regime of the heat pump operation (medium to high temperature heating), the temperature of 55°C was adopted (at the outlet from the heat pump condenser).
3. To determine the required heating pump capacity in the heating regime of school (including gyms) and kindergarten buildings, the specific building heat demand of 75W/m² was adopted, with the assumption that the first level envelope quality improvement was performed on the buildings. The value is based on the data for the entire population of schools and kindergartens in the Republic of Serbia and records on the heat demand, however reduced after the designed improvement of the building envelope of first level.
4. The useful energy supplied to the building for the needs of heating, was calculated taking into account the efficiency of distribution part of the school and kindergarten heating system, including the efficiency of distribution network inside the buildings and regulation and control systems. Based on the recommendations, the efficiency level varies from 85% to 93%, with the adopted average of 89%.

The results of the key parameters dependency calculation are shown in Charts 7 and 8.



Графикон 7. Топлотни капацитет пумпе у режиму грејања Chart 7. Pump heat capacity in the heating regime



Графикон 8. Грејна површина објекта у зависности од хоризонталне површине коју заузимају сонде Chart 8. Building heated area depending on the horizontal area occupied by the probes

5.2.2.2 Изведба са вертикалним сондама

За потребе прорачуна испоручене топлотне енергије топлотне пумпе са вертикалним сондама, дефинисања перформанси истих као и одређивање грејне површине школе, следећи кључни фактори и подаци су разматрани:

1. Специфични топлотни флуks варира у зависности од квалитета земљишта у опсегу од 25 до 85 W/m. Код инсталација са размењивачем у вертикалној изведби и код нормалних хидрогеолошких услова, узима се да је средњи специфични топлотни флуks размењивача са двоструком „У“ цеви = 50 W/m (према VDI 4640⁵²). За потребе прорачуна усвојена је та вредност (50 W/m). Поузданији и прецизнији подаци се могу добити само мерењима својстава земљишта на конкретној локацији.
2. Код постављања сонди ради избегавања међусобног утицаја прави се размак између две суседне сонде и исти је усвојен да буде 7 m.
3. Режим грејања је дефинисан са температурама прилагођеним радијаторском грејању. За овај температурски режим рада топлотне пумпе (средње до високотемпературно грејање), усвојена је температура од 55°C (на излазу кондензатора топлотне пумпе).
4. За одређивање потребних топлотних капацитета пумпи у режиму грејања објеката школа (са физкултурним салама) и вртића, усвојене су специфичне топлотне потребе објеката од 75 W/m², уз претпоставку да је на објектима извршено унапређење квалитета омотача првог нивоа. Износ је базиран на подацима читаве популације школа и вртића у Републици Србији и евиденције топлотних потреба али умањених након пројектованог унапређења омотача објеката, првог нивоа.
5. Корисна енергија испоручена објекту за потребе грејања, израчуната је узимањем

⁵² VDI - The Association of German Engineers, VDI-Standard 4640, Part 2: design and installation of heat pumps that use the ground as a heat source, 2015.

5.2.2.2 Implementation with vertical probes

For the needs of calculation of the delivered heat of the heat pump with vertical probes, and to define their performance and heated area in schools and kindergartens, the following factors and data were considered and adopted:

1. Specific heat flux, varying depending on the quality of soil in the range from 25 to 85 W/m². In installations with the exchanger in vertical concept and in normal hydro-geological conditions, the medium specific heat flux of the exchanger is taken into account with a double “U” pipe = 50 W/m (according to VDI 4640⁵²). For the needs of calculation, the average flux of 50 W/m² was adopted. More reliable and accurate data may be obtained only measuring soil properties in a particular location.
2. When installing probes, to avoid the mutual effect, the space is made between the two surrounding probes, adopted at 7 m.
3. Heating regime was defined using temperatures adapted to radiator heating. For this temperature regime of the heat pump operation (medium to high temperature heating), the temperature of 55°C was adopted (at the outlet from the heat pump condenser).
4. To determine the required heating pump capacity in the heating regime of school (including gyms) and kindergarten buildings, the specific building heat demand of 75 W/m² was adopted, with the assumption that the first level envelope quality improvement was performed on the buildings. The value is based on the data of the entire population of schools and kindergartens in the Republic of Serbia and records on the heat demand, however reduced after the designed improvement of the building envelope of first level.
5. The useful energy supplied to the building for the needs of heating, was calculated taking into account the efficiency of distribution part of the school and

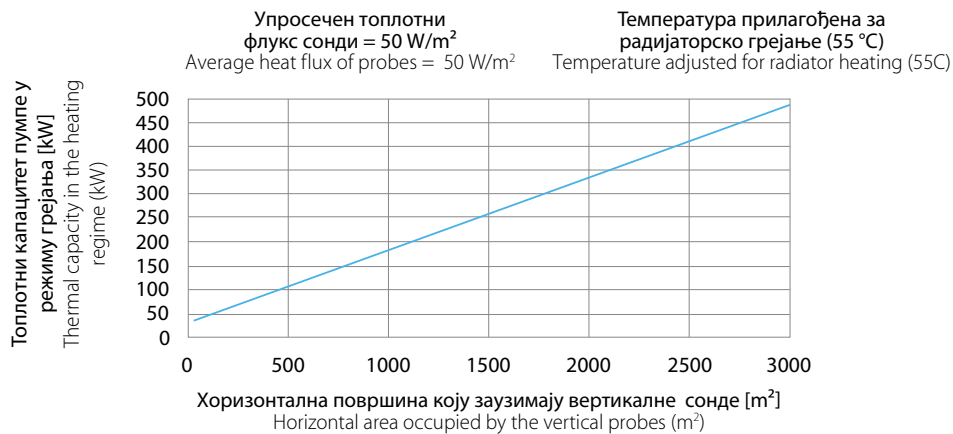
⁵² VDI - The Association of German Engineers, VDI-Standard 4640, Part 2: design and installation of heat pumps that use the ground as a heat source, 2015.

у обзир ефикасности дистрибутивног дела система грејања школа и вртића, што укључује ефикасност дистрибутивне мреже унутар објекта и система за регулацију и контролу. Према препорукама степен корисности износи од 85% до 93%, а усвојен је просек од 89%.

kindergarten heating system, including the efficiency of distribution network inside the buildings and regulation and control systems. Based on the recommendations, the efficiency level varies from 85% to 93%, with the adopted average of 89%.

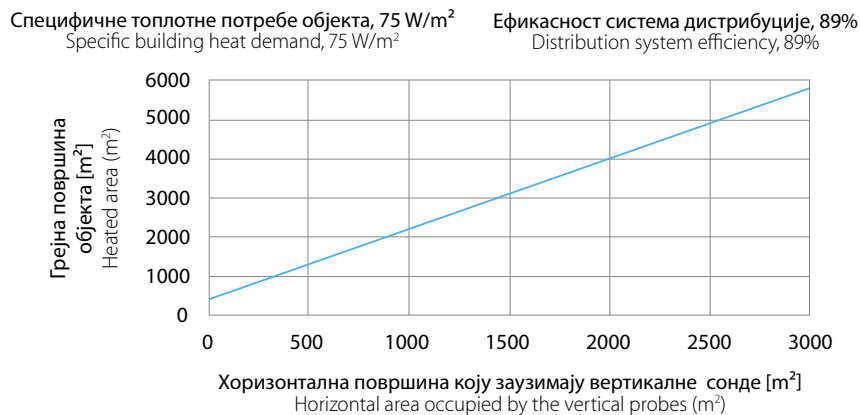
Резултати прорачуна зависности кључних параметара, приказани су на графиконима 9 и 10.

The results of the key parameters dependency calculation are shown in Charts 9 and 10.



Графикон 9. Топлотни капацитет пумпе у зависности од хоризонталне површине дворишта

Chart 9. Pump heating capacity depending on the horizontal yard area



Графикон 10. Грејна површина објекта у зависности од хоризонталне површине дворишта

Chart 10. Building heated area depending on the horizontal yard area

5.3. Примена топлотних пумпи у објектима школа и вртића

Топлотне пумпе су технологија која је погодна за примену у објектима типа школа (са школским физкултурним салама) и вртића и то за потребе и грејања и хлађења. У Републици Србији, готово занемарив број школа и вртића поседује топлотне пумпе као извор топлотне енергије за потребе грејања. Према томе, може се констатовати да постоји реалан потенцијал за примену ове технологије у објектима школа и вртића у Републици Србији.

Разматрана су два нивоа унапређења. Први ниво унапређења се односи на примену топлотних пумпи типа „ваздух-вода“ а друго унапређење на примену топлотних пумпи типа „земља- вода“. Разматрана унапређења нису конципирана по принципу надоградње или проширења, већ као две независне опције, од којих свака понаособ одговара потребама конкретног објекта. Опције су раздвојене у два нивоа јер, између осталог, захтевају различит ниво инвестиција и припрема, одређене карактеристике објекта и непосредног окружења као и топлотне снаге извора.

5.3.1 Прво унапређење

Прво унапређење подразумева инсталацију топлотних пумпи типа „ваздух-вода“ за подмиривање комплетних потреба за грејањем. То је решење које је мање захтевно по питању пројектовања и извођења, почетна инвестиција је мања, начин употребе, регулације и одржавања је једноставнији а систем је примењив без обзира на расположиву површину дворишта. Ова технологија може бити коришћена као самостални моновалентни извор топлотне енергије који обезбеђује температуру воде за грејни – радијаторски систем од 55°C (што је разматран случај при анализи могућности примене у наставку). Ефикасност рада топлотних пумпи типа „ваздух-вода“ у овом режиму је мања али то не угрожава економску оправданост примене у објектима школа и вртића.

5.3. Implementation of heat pumps in school and kindergarten buildings

Heat pumps are a technology suitable for implementation in school (including gyms) and kindergarten buildings for the needs of heating and cooling. In the Republic of Serbia, there is an almost negligible number of schools and kindergartens with heat pumps as a source of heat for the needs of heating. Therefore, it may be concluded that there is an actual potential for the implementation of this technology in school and kindergarten buildings in the Republic of Serbia.

Two improvement levels were considered. Improvement 1 refers to the implementation of heat pumps of “air-water” type, whereas the Improvement 2 implies implementation of heat pumps of “ground-water” type. The considered improvements were not designed based on the retrofitting or extension principle, but as two independent options, each of which corresponds to the demand of a particular building. These options were separated in two levels because, inter alia, they demand different level of investment and preparation, specific features of the building and direct environment, and thermal capacity of the source.

5.3.1 Improvement 1

Improvement 1 implies installation of heat pumps of “air-water” type to meet the entire heating demand. This is a less demanding solution in terms of design and construction, with lower initial investment, manner of use, regulation and maintenance is simpler, and the system is applicable regardless of the available yard area. This technology may be used as an independent monovalent source of heat ensuring temperature of water for the heating-radiator system of 55°C (which is the case considered when analysing possibilities for use in the follow-up). The efficiency of the “air-water” heat pumps in this regime is lower, however not jeopardising economic viability of their implementation in school and kin-

Прво унапређење се примењује на дефинисане типове и подтипове објеката школа и вртића а према националној типологији ових објеката у Републици Србији. У табелама 1А, 1Б и 1Ц приказани су подаци о потребном топлотном и електричном капацитету топлотних пумпи типа „ваздух-вода“ и емисији CO₂, за случај да оне самостално подмирују комплетне потребе објекта за грејањем. Табеле се односе на школе, школске фискултурне сала и на објекте вртића. Потребни капацитет топлотних пумпи типа „ваздух-вода“ рачунат је за температурски режим ваздух 0°C / вода 50/55°C.

dergarten buildings.

Improvement 1 is applied to the defined types and subtypes of school and kindergarten buildings, according to the national typology of these buildings in the Republic of Serbia. Tables 1A, 1B and 1C show the data on the required heat and power capacity of heat pumps of “air-water” type and CO₂ emission, in the case when they independently meet the entire heat demand of the building. The Tables refer to school, gym and kindergarten buildings. The required “air-water” heat pumps’ capacity is calculated for the temperature regime air 0°C / water 50/55°C.

Табела 1А. Карактеристике топлотних пумпи типа „ваздух-вода“ за објекте школа

Table 1A. Characteristics of “air-water” heat pumps for school buildings

Ознака објекта Building label	Површина објекта [m ²] Building area [m ²]	Потребан топлотни капацитет [kW] Heat demand [kW]	Потребан електрични капацитет [kW] Electricity demand [kW]	Електрична енергија [kWh/god] Electricity [kWh/p/a.]	Емисија CO ₂ [t/god] Emission of CO ₂ [t/p/a.]	Смањење емисије CO ₂ [t/god.] у односу на CO ₂ emission reduction [t/p/a.] against		
						СДГ ⁵³ / угаљ DHS ⁵³ / coal	Лож уље Light fuel oil	Пр. гас Natural gas
A1	260	29,6	10,2	22.053	11,7	2,2	0,1	-3,3
A2	675	76,9	26,5	57.253	30,3	5,7	0,3	-8,5
A2пт	1.055	120,1	41,4	89.484	47,4	9,0	0,4	-13,2
A3	2.115	240,9	83,1	179.393	95,1	18,0	0,9	-26,6
A3пт	2.305	262,5	90,5	195.509	103,6	19,6	0,9	-28,9
Б1	145	16,5	5,7	12.299	6,5	1,2	0,1	-1,8
Б2	840	95,7	33,0	71.248	37,8	7,1	0,3	-10,5
Б3	1.990	226,6	78,1	168.791	89,5	16,9	0,8	-25,0
Ц1	185	21,1	7,3	15.692	8,3	1,6	0,1	-2,3
Ц2	990	112,7	38,9	83.971	44,5	8,4	0,4	-12,4
Ц3	2.765	314,9	108,6	234.526	124,3	23,5	1,1	-34,7
Ц3пт	3.765	428,8	147,8	319.345	169,3	32,0	1,5	-47,3
Д3	4.600	523,8	180,6	390.169	206,8	39,1	1,9	-57,7

Табела 1Б. Карактеристике топлотних пумпи типа „ваздух-вода“ за објекте школских фискултурних сала

Table 1B. Characteristics of “air-water” heat pumps for school gym buildings

Ознака објекта Building label	Површина објекта [m ²] Building area [m ²]	Потребан топлотни капацитет [kW] Heat demand [kW]	Потребан електрични капацитет [kW] Electricity demand [kW]	Електрична енергија [kWh/god] Electricity [kWh/p/a.]	Емисија CO ₂ [t/god] Emission of CO ₂ [t/p/a.]	Смањење емисије CO ₂ [t/god.] у односу на CO ₂ emission reduction [t/p/a.] against		
						СДГ ⁵³ / угаљ DHS / coal	Лож уље Light fuel oil	Пр. гас Natural gas
Сала 1	330	37,6	13,0	27.990	14,8	2,8	0,1	-4,1

⁵³ Систем даљинског грејања, скраћено СДГ

⁵³ District heating system, abbrev. DHS

Сала 2	864	98,4	33,9	73.284	38,8	7,3	0,4	-10,8
Сала 3	707	80,5	27,8	59.967	31,8	6,0	0,3	-8,9

Табела 1Ц. Карактеристике топлотних пумпи типа „ваздух-вода“ за објекте вртића

Table 1C. Characteristics of “air-water” heat pumps for kindergarten buildings

Ознака објекта Building label	Површина објекта [m ²] Building area [m ²]	Потребан топлотни капацитет [kW] Heat demand [kW]	Потребан електрични капацитет [kW] Electricity demand [kW]	Електрична енергија [kWh /god.] Electricity [kWh/p/a.]	Емисија CO ₂ [t/god.] Emission of CO ₂ [t/p/a.]	Смањење емисије CO ₂ [t/god.] у односу на CO ₂ emission reduction [t/p/a.] against		
						СДГ или угаљ DHS or coal	Лож уље Light fuel oil	Пр. гас Natural gas
A1	300	34,2	11,8	25.446	13,5	2,6	0,1	-3,8
A2	380	43,3	14,9	32.231	17,1	3,2	0,2	-4,8
B1	170	19,4	6,7	14.419	7,6	1,4	0,1	-2,1
B2a	575	65,5	22,6	48.771	25,8	4,9	0,2	-7,2
B2b	1.130	128,7	44,4	95.846	50,8	9,6	0,5	-14,2
Ц1	255	29,0	10,0	21.629	11,5	2,2	0,1	-3,2
Ц2	1.530	174,2	60,1	129.774	68,8	13,0	0,6	-19,2
Ц3	1.915	218,1	75,2	162.429	86,1	16,3	0,8	-24,0
Д2	1.450	165,1	56,9	122.988	65,2	12,3	0,6	-18,2
Д3	2.165	246,5	85,0	183.634	97,3	18,4	0,9	-27,2

Емисија CO₂ за случај примене топлотних пумпи је повољнија у односу на друге начине снабдевања топлотном енергијом (преко система даљинског грејања (СДГ) или котлова на лож уље и угаљ), али не и за случај котлова на природни гас (зато су вредности у табели негативне).

CO₂ emission in the case of heat pumps implementation is more favourable compared to other heat supply sources (via district heating system (DHS) or fuel oil or coal fired boilers), but not in the case of natural gas boilers (which is why the values presented in the table are negative).

5.3.2 Друго унапређење

Друго унапређење подразумева инсталацију топлотних пумпи типа „земља-вода“, и то у две варијанте, са хоризонталним и вертикалним сондама. Која ће варијанта бити примењена зависи од расположиве површине дворишта и од потребног капацитета грејања, како је приказано у табелама 2А и 2Б односно 3А и 3Б. Ово унапређење јесте захтевно по питању пројектовања и извођења а инвестиција може бити знатно већа у односу на унапређење 1. Такође, начин употребе, регулације и одржавања су сложенији. Али уколико се примени ова технологија, она ће функционисати као самосталан систем грејања уз повољне техноекономске показатеље.

5.3.2 Improvement 2

Improvement 2 implies installation of “ground-water” heat pumps, in two options, with horizontal and vertical probes. Which option will be applied depends on the available yard area and required heating capacity, as shown in Tables 2A and 2B, and 3A and 3B. This improvement is demanding in terms of design and construction, and investment may be significantly higher compared to Improvement 1. In addition, the manner of use, regulation and maintenance are much more complex. But, in case this technology is applied, it will function as an independent heating system with favourable thermal and economic indicators.

5.3.2.1 Топлотне пумпе са хоризонталним сондама

У табелама 2А и 2Б, приказани су подаци о потребној тоplotној снази тоplotних пумпи типа „земља- вода“ са хоризонталним сондама, примењено на типовима школа и вртића дефинисаним у националној типологији. Табеле 2А и 2Б (као и графикони 11 и 12) садрже податке о расположивој површини дворишта, могућем грејном капацитету тоplotне пумпе као и потребној електричној енергији током функционисања грејања.

Имајући у виду реалне потребе објеката као и расположиве површине дворишта, утврђено је да није свако двориште довољно велике површине за покривање потреба грејања са тоplotним пумпама типа „земља – вода“. У табелама 2А и 2Б дат је приказ у којим случајевима овај тип тоplotних пумпи може задовољити реалне тоplotне потребе а у којима не.

Табела 2А. Примена тоplotне пумпе са хоризонталним сондама на објекте школа

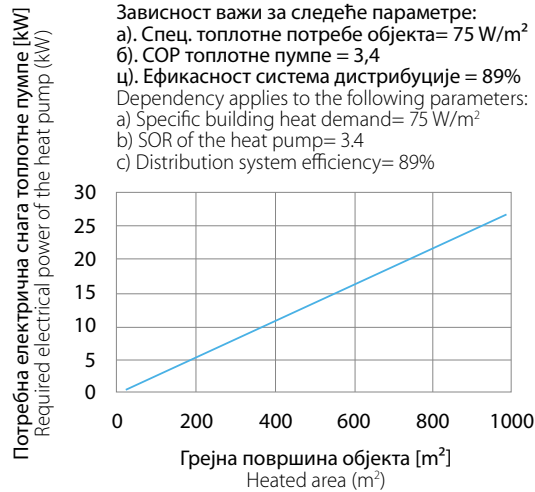
Ознака објекта Building label	Грејна површина [m ²] Heated area [m ²]	Потребан грејни капацитет пумпе [kW] Required pump thermal capacity [kW]	Површина дворишта [m ²] Yard area [m ²]	Могући грејни капацитет пумпе [kW] Potential pump thermal capacity [kW]	Електрична енергија [kWh/god.] Electricity [kWh/p/a.]	Емисија CO ₂ [t/god.] Emission of CO ₂ [t/p/a.]	Смањење емисије CO ₂ [t/god.] у односу на CO ₂ emission reduction [t/p/a.] in relation to		
							СДГ или угаљ DHS or coal	Лож уље Light fuel oil	Пр. рас Natural gas
A1	260	24,1	2.193	74,0	15.311	8,1	5,8	3,7	0,3
A2	675	62,6	2.938	99,1	39.750	21,1	15,0	9,6	0,8
A2пт	1055	97,8	2.267	76,5	Недовољна површина дворишта Insufficient yard area				
A3	2115	196,1	75	2,5	Недовољна површина дворишта Insufficient yard area				
A3пт	2305	213,7	553	18,6	Недовољна површина дворишта Insufficient yard area				
Б1	145	13,4	3.893	131,4	8.539	4,5	3,2	2,1	0,2
Б2	840	77,9	4.160	140,4	49.467	26,2	18,7	11,9	1,0
Б3	1990	184,5	936	31,6	Недовољна површина дворишта Insufficient yard area				
Ц1	185	17,1	2.240	75,6	10.895	5,8	4,1	2,6	0,2
Ц2	990	91,8	8.044	271,5	58.301	30,9	22,0	14,0	1,2
Ц3	2765	256,3	6.269	211,6	Недовољна површина дворишта Insufficient yard area				
Ц3пт	3765	349,0	6.445	217,5	Недовољна површина дворишта Insufficient yard area				
Д3	4600	426,4	5.580	188,3	Недовољна површина дворишта Insufficient yard area				

5.3.2.1 Heat pumps with horizontal probes

Tables 2A and 2B show the data on the required thermal capacity of “ground-water” heat pumps with horizontal probes, applied to the types of schools and kindergartens defined in the national typology. Tables 2A and 2B (same as Charts 11 and 12) present data on the available yard area, potential heat pump thermal capacity and required electricity for the heating operation.

Having in mind actual needs of the buildings and available yard areas, it was determined that not all yards have sufficiently large areas to cover the heating demand using the “ground-water” heat pumps. Tables 2A and 2B show an overview of cases in which this type of heat pumps may meet the actual heat demand, and in which this would not be possible.

Table 2A. Implementation of heat pump with horizontal probes in school buildings



Графикон 11. Ефекти примене топлотне пумпе са хоризонталним сондама на објекте школа

Табела 2Б. Примена топлотне пумпе са хоризонталним сондама на објекте вртића

Ознака објекта Building label	Грејна површина [m ²] Heated area [m ²]	Потребан грејни капацитет пумпе [kW] Required pump thermal capacity [kW]	Површина дворишта [m ²] Yard area [m ²]	Могући грејни капацитет пумпе [kW] Potential pump thermal capacity [kW]	Електрична енергија [kWh/god.] Electricity [kWh/p/a.]	Емисија CO ₂ [t/god.] Emission of CO ₂ [t/p/a.]	Смањење емисије CO ₂ [t/god.] у односу на CO ₂ emission reduction [t/p/a.] in relation to		
							СДГ или угалј DHS or coal	Лож уље Light fuel oil	Пр. рас Natural gas
A1	300	27,8	6.645	224,3	17.667	9,4	6,7	4,2	0,4
A2	380	35,2	0	0,0	Недовољна површина дворишта Insufficient yard area				
Б1	170	15,8	1.317	44,4	10.011	5,3	3,8	2,4	0,2
Б2а	575	53,3	2.610	88,1	33.862	17,9	12,8	8,1	0,7
Б2б	1130	104,7	956	32,3	Недовољна површина дворишта Insufficient yard area				
Ц1	255	23,6	1.680	56,7	15.017	8,0	5,7	3,6	0,3
Ц2	1530	141,8	2.012	67,9	Недовољна површина дворишта Insufficient yard area				
Ц3	1915	177,5	172	5,8	Недовољна површина дворишта Insufficient yard area				
Д2	1450	134,4	9.782	330,1	85.390	45,3	32,3	20,5	1,7
Д3	2165	200,7	633	21,4	Недовољна површина дворишта Insufficient yard area				

Смањење емисије CO₂ приликом супституције фосилних горива електричном енергијом путем топлотних пумпи
CO₂ emission reduction by electricity by heat pumps

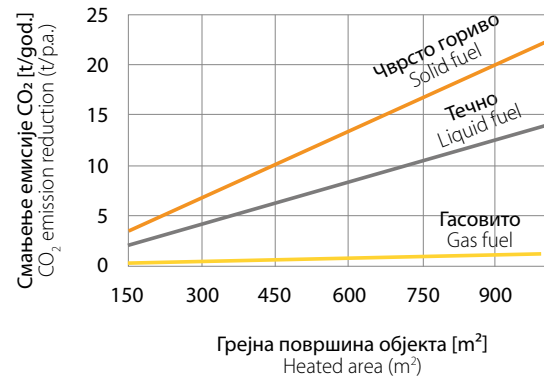
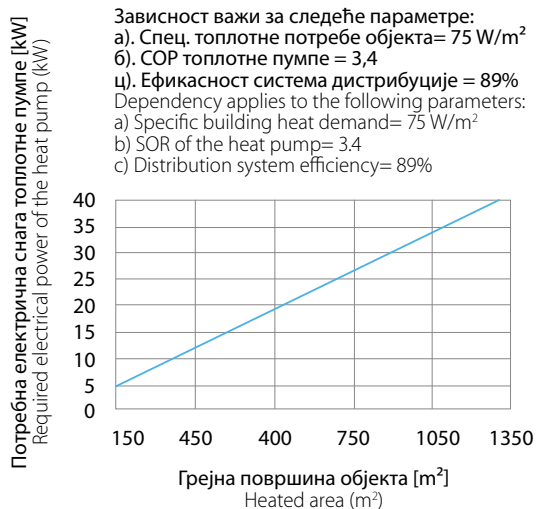
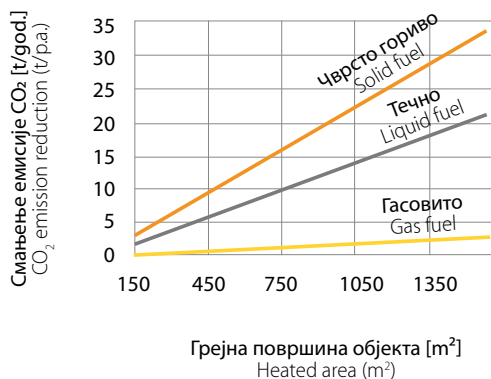


Chart 11. The effects of implementation of the heat pump with horizontal probes in school buildings

Table 2B. Implementation of the heat pump with horizontal probes in kindergarten buildings



Смањење емисије CO₂ приликом супституције фосилних горива електричном енергијом путем топлотних пумпи
CO₂ emission reduction in substitution of fossil fuels by electricity by heat pumps



Графикон 12. Ефекти примене топлотне пумпе са хоризонталним сондама на објекте вртића

Chart 12. The effects of implementation of the heat pump with horizontal probes in kindergarten buildings

Приликом прорачуна усвојено је следеће:

- Површина дворишта која је усвојена за постављање сонди је умањена за 15% од максималне, јер технички није могуће користити сву површину дворишта.
- Специфични топлотни флуks земљишта је упросечен на вредност од 25 W/m²,
- Специфичне топлотне потребе објекта су упросечене на вредност од 75 W/m²,
- Температура воде на излазу кондензатора пумпе је 55°C, што је прилагођено радијаторском грејању које постоји у предметним објектима.

The calculation took into account the following:

- Yard area adopted for installation of probes was reduced by 15% compared to the maximum, since the entire yard area can not be used technically.
- Specific heat flux of the soil was taken as an average at 25 W/m²,
- Specific building heat demand was taken as an average at 75 W/m²,
- Water temperature at the pump condenser outlet is 55°C, which is adjusted to radiator heating found in the respective buildings.

5.3.2.2 Топлотне пумпе са вертикалним сондама

5.3.2.2 Heat pumps with vertical probes

Као и у претходној варијанти, у табелама 3А и 3Б, приказани су подаци о потребној топлотној снази топлотних пумпи типа „земља- вода“ са вертикалним сондама, примењено на типовима школа и вртића дефинисаним у националној типологији. Табеле 3А и 3Б (као и графикони 13 и 14) садрже податке о површини дворишта, могућем грејном капацитету конкретне варијанте топлотне

Same as in the previous option, Tables 3A and 3B show the data on the required thermal capacity of “ground-water” heat pumps with vertical probes, applied to the types of schools and kindergartens defined in the national typology. Tables 3A and 3B (same as Charts 13 and 14) present the data on the available yard area, potential heat pump thermal capacity and required electricity for the heating operation.

пумпе као и потребној електричној енергији током функционисања грејања.

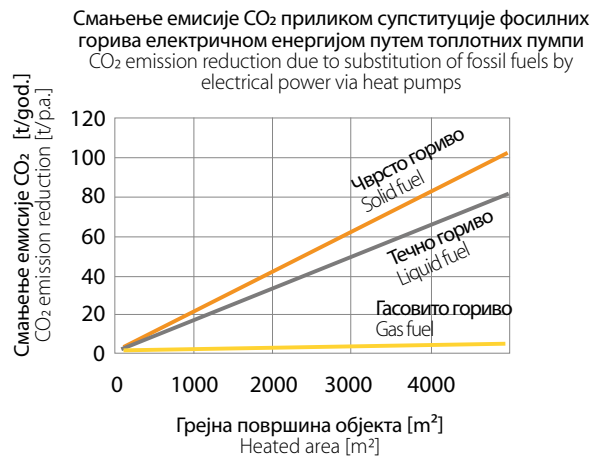
Имајући у виду реалне потребе објеката као и расположиве површине дворишта, није свако двориште довољно за покривање потреба грејања са топлотним пумпама „земља – вода“ у варијанти са вертикалним сондама. У табелама 3А и 3Б дат је приказ у којим случајевима овај тип топлотних пумпи може задовољити реалне топлотне потребе а у којима не.

Having in mind actual needs of the buildings and available yard areas, it was determined that not all yards have sufficiently large areas to cover the heating demand using the “ground-water” heat pumps with vertical probes. Tables 2A and 3B show an overview of cases in which this type of heat pumps may meet the actual heat demand, and in which this would not be possible.

Табела 3А. Примена топлотне пумпе са вертикалним сондама на објекте школа

Table 3A. Implementation of the heat pump with vertical probes in school buildings

Ознака објекта Building label	Грејна површина [m ²] Heated area [m ²]	Потребан грејни капацитет пумпе [kW] Required pump thermal capacity [kW]	Површина дворишта [m ²] Yard area [m ²]	Могући грејни капацитет пумпе [kW] Potential pump thermal capacity [kW]	Електрична енергија [kWh/god.] Electricity [kWh/p/a.]	Емисија CO ₂ [t/god.] Emission of CO ₂ [t/p/a.]	Смањење емисије CO ₂ [t/god.] у односу на CO ₂ emission reduction [t/p/a.] against		
							СДГ или угљь DHS or coal	Лож уље Light fuel oil	Пр. гас Natural gas
A1	260	24,1	2.193	358,4	15.311	8,1	5,8	3,7	0,3
A2	675	62,6	2.938	473,9	39.750	21,1	15,0	9,6	0,8
A2пт	1055	97,8	2.267	370,6	62.129	32,9	23,5	14,9	1,3
A3	2115	196,1	75	30,4	Недовољна површина дворишта Insufficient yard area				
A3пт	2305	213,7	553	115,4	Недовољна површина дворишта Insufficient yard area				
B1	145	13,4	3.893	607,5	8.539	4,5	3,2	2,1	0,2
B2	840	77,9	4.160	654,8	49.467	26,2	18,7	11,9	1,0
B3	1990	184,5	936	182,3	117.190	62,1	44,3	28,2	2,4
Ц1	185	17,1	2.240	364,5	10.895	5,8	4,1	2,6	0,2
Ц2	990	91,8	8.044	607,5	58.301	30,9	22,0	14,0	1,2
Ц3	2765	256,3	6.269	607,5	162.830	86,3	61,5	39,1	3,3
Ц3пт	3765	349,0	6.445	607,5	221.719	117,5	83,8	53,3	4,5
Д3	4600	426,4	5.580	607,5	270.892	143,6	102,3	65,1	5,5



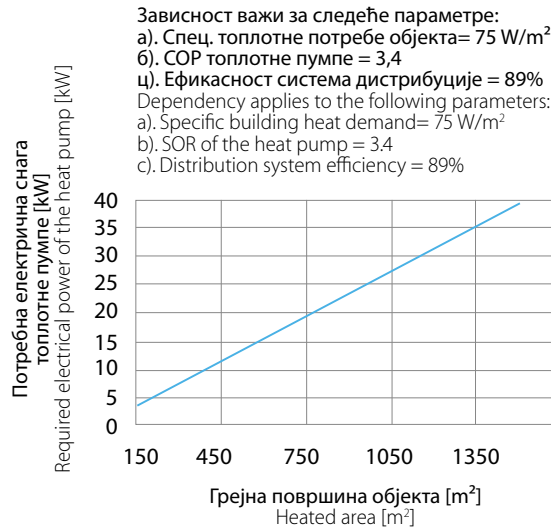
Графикон 13. Ефекти примене топлотне пумпе са вертикалним сондама на објекте школа

Chart 13. The effects of implementation of the heat pump with vertical probes in school buildings

Табела 3Б. Примена топлотне пумпе са вертикалним сондама на објекте вртића

Table 3B. Implementation of the heat pump with vertical probes in kindergarten buildings

Ознака објекта Building label	Грејна површина [m ²] Heated area [m ²]	Потребан грејни капацитет пумпе [kW] Required pump thermal capacity [kW]	Површина дворишта [m ²] Yard area [m ²]	Могући грејни капацитет пумпе [kW] Potential pump thermal capacity [kW]	Електрична енергија [kWh/god.] Electricity [kWh/p.a.]	Емисија CO ₂ [t/god.] Emission of CO ₂ [t/p.a.]	Смањење емисије CO ₂ [t/god.] у односу на CO ₂ emission reduction [t/p.a.] against		
							СДГ или угаљ DHS or coal	Лож уље Light fuel oil	Пр. гас Natural gas
A1	300	27,8	6.645	607,5	17.667	9,4	6,7	4,2	0,4
A2	380	35,2	0	0,0	Недовољна површина дворишта Insufficient yard area				
Б1	170	15,8	1.317	230,9	10.011	5,3	3,8	2,4	0,2
Б2а	575	53,3	2.610	394,9	33.862	17,9	12,8	8,1	0,7
Б2б	1130	104,7	956	182,3	66.545	35,3	25,1	16,0	1,3
Ц1	255	23,6	1.680	273,4	15.017	8,0	5,7	3,6	0,3
Ц2	1530	141,8	2.012	334,1	90.101	47,8	34,0	21,6	1,8
Ц3	1915	177,5	172	48,6	Недовољна површина дворишта Insufficient yard area				
Д2	1450	134,4	9.782	607,5	85.390	45,3	32,3	20,5	1,7
Д3	2165	200,7	633	121,5	Недовољна површина дворишта Insufficient yard area				



Графикон 14. Ефекти примене топлотне пумпе са вертикалним сондама на објекте вртића

Приликом прорачуна усвојено је следеће:

- Површина дворишта која је усвојена за постављање сонди је умањена за 15% од максималне, јер технички није могуће користити сву површину дворишта.
- Дубина појединачне вертикалне сонде је 90 m,
- Специфични топлотни флуks земљишта је усвојена на вредност од 50 W/m²,
- Размак између две суседне сонде је 7 m,
- Специфичне топлотне објекта су упросечене на вредност од 75 W/m²,
- Температура воде на излазу кондензатора пумпе је 55°C, што је прилагођено радијаторском грејању које постоји у предметним објектима.

5.4 Екстраполација резултата на укупан фонд зграда

Методологија прорачуна примењена је на читав фонд школских и предшколских објеката у Републици Србији, како би се проценио енергетски потенцијал на националном нивоу. Приступ подразумева претпоставку да се на сваком објекту

Смањење емисије CO₂ приликом супституције фосилних горива електричном енергијом путем топлотних пумпи
 CO₂ emission reduction due to substitution of fossil fuels by electrical power via heat pumps

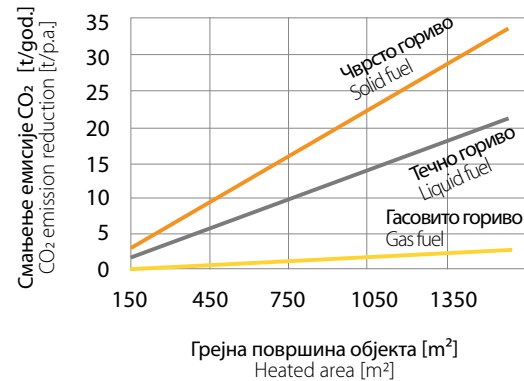


Chart 14. The effects of implementation of the heat pump with vertical probes in kindergarten buildings

The calculation took into account the following:

- Yard area adopted for installation of probes was reduced by 15% compared to the maximum, since the entire yard area technically can not be used.
- The depth of each individual vertical probe is 90 m.
- Specific heat flux of the soil was taken as an average at 50 W/m²,
- Space between the two neighbouring probes is 7 m,
- Specific building heat demand was taken as an average at 75 W/m²,
- Water temperature at the pump condenser outlet is 55°C, which is adjusted to radiator heating found in the respective buildings.

5.4 Extrapolation of results to the total building stock

Calculation methodology was applied to the entire school and kindergarten building stock in the Republic of Serbia, so as to assess energy potential at national level. This approach implies the assumption that heat pump technology would be implemented in each building, including those where principal-

имплементира технологија топлотних пумпи, укључујући и оне објекте где начелно површина дворишта не дозвољава примену топлотних пумпи типа „земља-вода“ са хоризонталним сондама. Прорачун претпоставља да се технички може реализовати идеја примене топлотних пумпи за потребе грејања.

ly yard area does not allow implementation of the “ground-water” heat pumps with horizontal probes. The calculation assumes that the idea of heat pumps implementation may be realised for the needs of heating.

5.4.1 Топлотне пумпе типа „ваздух – вода“

5.4.1 Heat pumps “air-water”

Табела 4А. Примена топлотне пумпе типа „ваздух-вода“ на објекте школа

Table 4A. Implementation of “air -water” heat pumps in school buildings

Ознака објекта Label of the building	Грејна површина [m ²] Heated area [m ²]	Грејни капацитет пумпе [MW] Thermal capacity of the pump [MW]	Електрични капацитет пумпе [MW] Electrical capacity of the pump [MW]	Испоручена ел. енергија [MWh/year] Supplied electricity [MWh/p/a.]	Примарна енергија [GWh/year] Primary energy [GWh/p/a.]	Емисија CO ₂ [t/year] Emission of CO ₂ [t/p/a.]	Смањење емисије CO ₂ [t/year] у односу на CO ₂ emission reduction [t/p/a.] against		
							СДГ или угаљ DHS or coal	Лож уље Light fuel oil	Пр. рас Natural gas
A1	98.340	11,2	3,9	8.341	20,9	4.421	836	40	-1.235
A2	217.350	24,8	8,5	18.436	46,1	9.771	1.849	88	-2.729
A3	555.148	63,2	21,8	47.087	117,7	24.956	4.722	225	-6.969
B1	67.728	7,7	2,7	5.745	14,4	3.045	576	27	-850
B2	390.630	44,5	15,3	33.133	82,8	17.560	3.323	158	-4.904
B3	1.295.504	147,5	50,9	109.884	274,7	58.238	11.019	526	-16.264
C1	64.367	7,3	2,5	5.460	13,6	2.894	547	26	-808
C2	352.912	40,2	13,9	29.934	74,8	15.865	3.002	143	-4.431
C3	1.287.321	146,6	50,6	109.190	273,0	57.871	10.950	522	-16.161
D3	405.790	46,2	15,9	34.419	86,0	18.242	3.452	165	-5.094
Σ	4.735.090	539,2	185,9	401.628	1.004,1	212.863	40.275	1.921	-59.446

Табела 4Б. Примена топлотне пумпе типа „ваздух-вода“ на објекте вртића

Table 4B. Implementation of “air-water” heat pumps in kindergarten buildings

Ознака објекта Label of the building	Грејна површина [m ²] Heated area [m ²]	Грејни капацитет пумпе [MW] Thermal capacity of the pump [MW]	Електрични капацитет пумпе [MW] Electrical capacity of the pump [MW]	Испоручена ел. енергија [MWh/year] Supplied electricity [MWh/p/a.]	Примарна енергија [GWh/year] Primary energy [GWh/p/a.]	Емисија CO ₂ [t/year] Emission of CO ₂ [t/p/a.]	Смањење емисије CO ₂ [t/year] у односу на CO ₂ emission reduction [t/p/a.] against		
							СДГ или угаљ DHS or coal	Лож уље Light fuel oil	Пр. рас Natural gas
A1	38.704	4,4	1,5	3.283	8,2	1.740	329	16	-486
A2	55.000	6,3	2,2	4.665	11,7	2.472	468	22	-690
B1	49.680	5,7	2,0	4.214	10,5	2.233	423	20	-624
B2a	76.800	8,7	3,0	6.514	16,3	3.452	653	31	-964
B2b	140.400	16,0	5,5	11.909	29,8	6.312	1.194	57	-1.763
C1	58.140	6,6	2,3	4.931	12,3	2.614	495	24	-730
C2	1.089.855	124,1	42,8	92.441	231,1	48.994	9.270	442	-13.682
C3	684.435	77,9	26,9	58.053	145,1	30.768	5.822	278	-8.593

D2	187.000	21,3	7,3	15.861	39,7	8.406	1.591	76	-2.348
D3	253.000	28,8	9,9	21.459	53,6	11.373	2.152	103	-3.176
Σ	2.633.014	299,8	103,4	223.331	558,3	118.365	22.396	1.068	-33.056

5.4.2 Топлотне пумпе типа „земља-вода“

5.4.2 Heat pumps “ground-water”

Табела 5А. Примена топлотне пумпе типа „земља-вода“ на објекте школа

Table 5A. Implementation of “ground-water” heat pumps in school buildings

Ознака објекта Label of the building	Грејна површина [m ²] Heated area [m ²]	Грејни капацитет пумпе [MW] Thermal capacity of the pump [MW]	Електрични капацитет пумпе [MW] Electrical capacity of the pump [MW]	Испоручена ел. енергија [MWh/god.] Supplied electricity [MWh/p.a.]	Примарна енергија [GWh/god.] Primary energy [GWh/p.a.]	Емисија CO ₂ [t/god.] Emission of CO ₂ [t/p.a.]	Смањење емисије CO ₂ [t/god.] у односу на CO ₂ emission reduction [t/p/a.] against		
							СДГ или угљаљ DHS or coal	Лож уље Light fuel oil	Пр. рас Natural gas
A1	98.340	9,1	2,7	5.791	14,5	3.069	2.188	1.391	117
A2	217.350	20,1	5,9	12.800	32,0	6.784	4.836	3.075	258
A3	555.148	51,5	15,1	32.692	81,7	17.327	12.351	7.855	660
B1	67.728	6,3	1,8	3.988	10,0	2.114	1.507	958	80
B2	390.630	36,2	10,7	23.004	57,5	12.192	8.691	5.527	464
B3	1.295.504	120,1	35,3	76.292	190,7	40.435	28.823	18.329	1.540
C1	64.367	6,0	1,8	3.791	9,5	2.009	1.432	911	77
C2	352.912	32,7	9,6	20.783	52,0	11.015	7.852	4.993	419
C3	1.287.321	119,3	35,1	75.810	189,5	40.179	28.641	18.214	1.530
D3	405.790	37,6	11,1	23.897	59,7	12.665	9.028	5.741	482
Σ	4.735.090	438,9	129,1	278.848	697,1	147.789	105.349	66.994	5.628

Табела 5Б. Примена топлотне пумпе типа „земља-вода“ на објекте вртића

Table 5B. Implementation of “ground-water” heat pumps in kindergarten buildings

Ознака објекта Label of the building	Грејна површина [m ²] Heated area [m ²]	Грејни капацитет пумпе [MW] Thermal capacity of the pump [MW]	Електрични капацитет пумпе [MW] Electrical capacity of the pump [MW]	Испоручена ел. енергија [MWh/god.] Supplied electricity [MWh/p.a.]	Примарна енергија [GWh/god.] Primary energy [GWh/p.a.]	Емисија CO ₂ [t/god.] Emission of CO ₂ [t/p.a.]	Смањење емисије CO ₂ [t/god.] у односу на CO ₂ emission reduction [t/p/a.] against		
							СДГ или угљаљ DHS or coal	Лож уље Light fuel oil	Пр. рас Natural gas
A1	38.704	3,6	1,1	2.279	5,7	1.208	861	548	46
A2	55.000	5,1	1,5	3.239	8,1	1.717	1.224	778	65
B1	49.680	4,6	1,4	2.926	7,3	1.551	1.105	703	59
B2a	76.800	7,1	2,1	4.523	11,3	2.397	1.709	1.087	91
B2b	140.400	13,0	3,8	8.268	20,7	4.382	3.124	1.986	167
C1	58.140	5,4	1,6	3.424	8,6	1.815	1.294	823	69
C2	1.089.855	101,0	29,7	64.181	160,5	34.016	24.248	15.420	1.295
C3	684.435	63,4	18,7	40.306	100,8	21.362	15.228	9.684	813
D2	187.000	17,3	5,1	11.012	27,5	5.837	4.160	2.646	222
D3	253.000	23,5	6,9	14.899	37,2	7.897	5.629	3.580	301
Σ	2.633.014	244,1	71,8	155.057	387,6	82.180	58.581	37.253	3.129

6. БИОМАСА

6.1 Примена у сектору зградарства

У Републици Србији, објекти школа (са фискултурним салама) и вртића поседују котлове на угаљ, природни гас или лако лож уље, постоје случајеви где су у примени котлови на електричну енергију или су објекти прикључени на даљински систем грејања. У свим случајевима прелазак на коришћење обновљивих извора енергије (првенствено биомасе или биогорива), не доноси видљиве (техничке или економске) позитивне ефекте. То нарочито важи за економске ефекте јер постојећи системи у односу на обновљиве изворе имају ниже оперативне трошкове (због неповољних паритета цена на тржишту), као и трошкове одржавања. Такође и почетне инвестиције су ниже у односу на биомасу. То се односи и на прво и на друго предложено унапређење.

Међутим постоје ефекти који су вредни и које није могуће економски директно изразити. Са приказаним унапређењем врши се прелазак на еколошки прихватљива горива, утиче се на развој тржишта биомасе и развој нових пословних могућности, смањује се увозна зависност земље, ученици шире своја сазнања о другим видовима енергије и сл. Оно што је посебно важно да уз поменути два унапређења долази до неминовне и неопходне смене генерација када је технологија и инфраструктура у објектима овог типа у питању.

У топоводним котловима за снабдевање објеката типа школа и вртића, као гориво може да се користи биомаса, и то са коректним техноекономским показатељима. На слици 9 приказана је принципијелна шема система грејања и припреме санитарне топле воде применом биомасе.

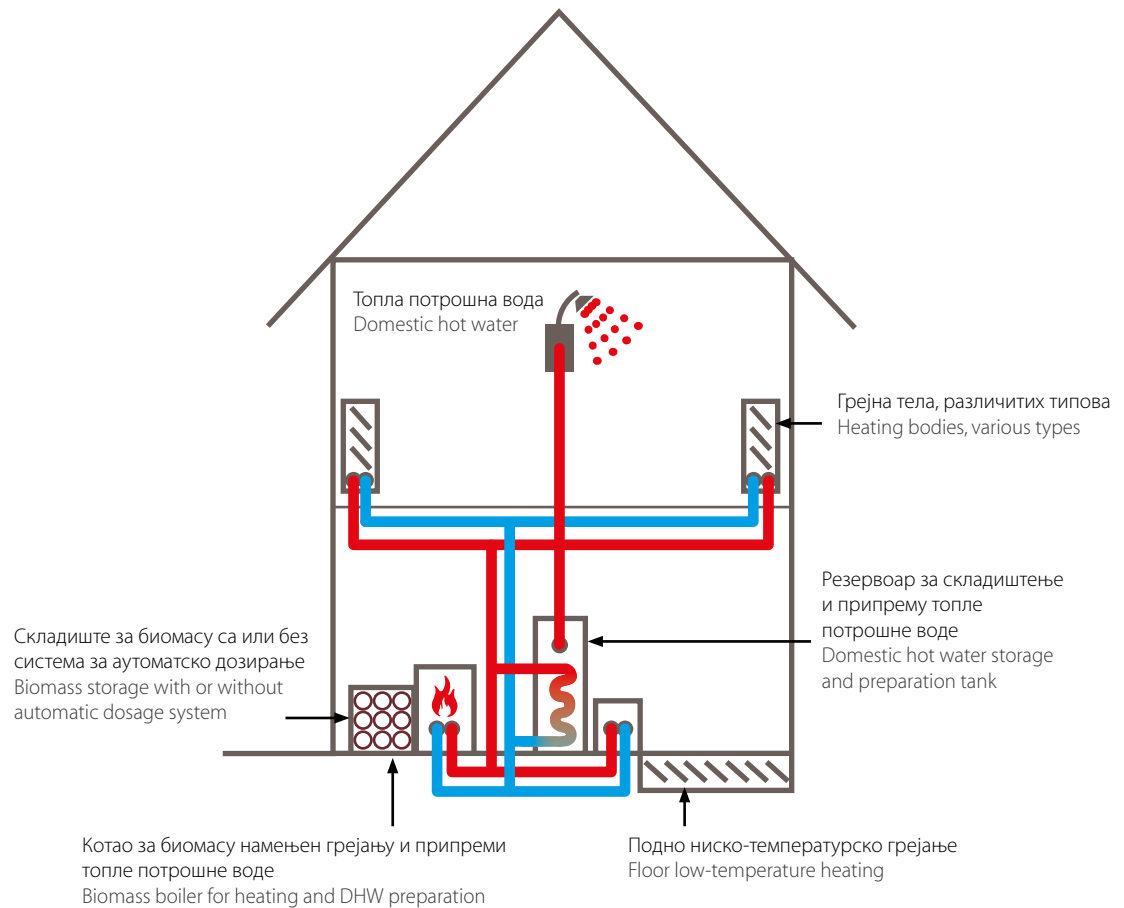
6. BIOMASS

6.1 Implementation in the building sector

In the Republic of Serbia, school (including gyms) and kindergarten buildings have coal, natural gas or light fuel oil fired boilers, and there are cases where electrical boilers may be found or where buildings are connected to the district heating system. In all case, switch to renewable energy sources (primarily biomass or biofuels), does not bring about visible (technical or economic) positive effects. This especially applies to economic effects given that in comparison with renewable sources, existing systems have lower operating costs (due to unfavourable price parity in the market), same as maintenance costs. Initial investments are also lower compared with biomass. This also pertains to proposed Improvement 1 and Improvement 2.

However, there are other worthy effects which can not be directly economically expressed. The presented improvements imply a switch to environmentally- friendly fuels, they affect the biomass market development and development of new business opportunities, reduce import dependency of our country, and helps students broaden their knowledge on other types of energy, etc. Especially important is that the mentioned two improvement scenarios lead to the unavoidable and necessary generation switch in terms of technology and infrastructure in buildings of this kind.

Biomass can be used in hot water boilers used for the supply of school and kindergarten type buildings, with adequate technical and economic indicators. Figure 9 shows a general scheme of the heating and domestic hot water systems using biomass.



Слика 9. Систем грејања и припреме санитарне топле воде применом биомасе

Figure 9. Heating and domestic hot water systems using biomass

Као биомаса може се користити шумска биомаса од сече стабала из природне шуме или плантаже, и биомаса као отпад из дрвне индустрије. На тржишту се биомаса појављује у облику џепанице, сечке, брикета или пелета. Сечка се производи на самом месту сече. Она се након сушења на ваздуху, складишти или одмах користи у котловима прилагођеним за сечку. Влажност сечке може бити висока, од 15 до 50%. Брикети се производе процесом пресовања (згушњавања)

The biomass that can be used is the forest biomass generated by harvesting trees in natural forests or plantations, and wood processing industry waste biomass. In the market, biomass may be found in the form of logs, chips, briquette or pellet. Chips are produced where the tree is being harvested. After being air dried, it is stored or used right away in the chips-adjusted boilers. The humidity of wood chips may be high, from 15 to 50%. Briquettes are produced by pressing (compacting) wood biomass. Pellet is

дрвне биомасе. Пелет се производи згушњавањем ситнијих комадића дрвне биомасе (пиљевине или брушевине) без додатка средстава за везивање или хемијских синтетичких примеса. Поступак израде пелета обухвата процес уситњавања дрвне биомасе, сушење у сушари до влажности од 8 до 10%, компримовање сировине (пелетирање), хлађење готових пелета ваздухом и паковање. Пелети су нарочито погодни за аутоматско ложење котлова за централно грејање уз одговарајуће складиштење. Коришћењем савремених котлова и побољшаним вођењем процеса сагоревања, постиже се мала емисија CO и пепела.

6.2 Методологија прорачуна

Методологија прорачуна подразумева установљавање зависности кључних променљивих величина, неопходних за процену ефеката примене биомасе на предметне објекте дефинисане националном типологијом.

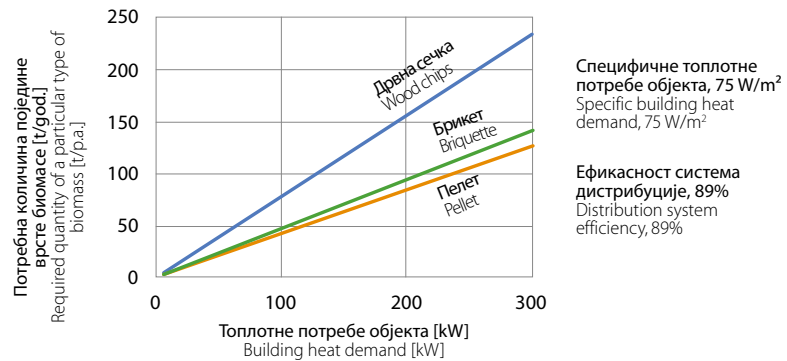
На графиконима 15 до 17 приказана је потребна количина поједине биомасе у зависности од потребне енергије за грејање објекта и грејне површине, као и утицај на животну средину (базирано на смањењу емисије CO₂ у атмосферу). Ове криве су погодне за анализу енергетских и економских пројекција примене биомасе за потребе грејања. Криве се разликују због различите топлотне моћи а рачунате су у односу на средњи квалитет конкретне биомасе.

produced by compacting smaller pieces of wood biomass (sawdust or groundwood) without adding adhesives or chemical synthetic additions. Pellet production process entails a process of the wood biomass milling, drying in a drier to reach humidity of 8 to 10%, compression of the raw material (pelletting), cooling of finished pellets by air and packaging. Pellets are particularly suitable for automatic firing of boilers for district heating with adequate storage. The use of modern boilers and improved combustion process result in small CO and ash emission.

6.2 Calculation methodology

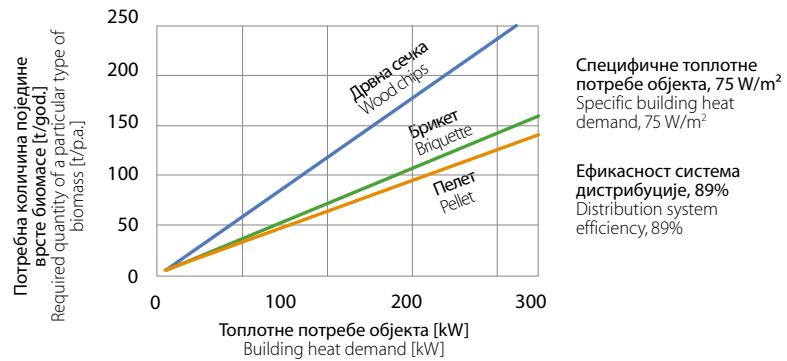
Calculation methodology implies establishing dependence of the key variables, necessary to assess the effects of biomass use in respective buildings defined under the national typology.

Charts 15 thru 17 show the required quantity of certain biomass depending on the energy demand for heating of buildings and heated area, same as environmental impact (based on the CO₂ emission to atmosphere). These curves are suitable for the analysis of energy and economic forecasts of biomass use for the needs of heatings. The curves differ due to different thermal capacity, and are calculated based on the average quality of a particular biomass.



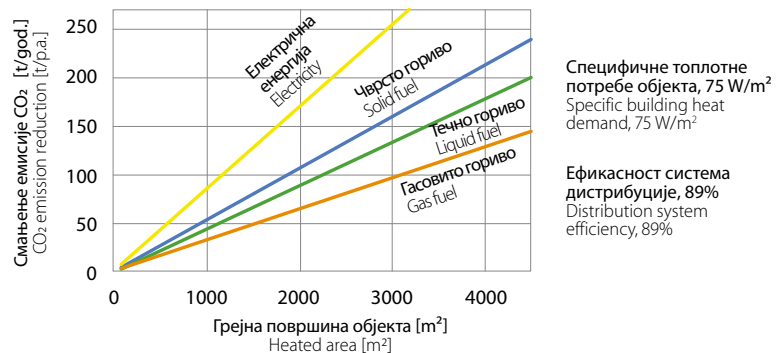
Графикон 15. Потребна количина поједине биомасе у зависности од топлотних потреба објекта

Chart 15. Required quantity of particular biomass depending on the building heating demand



Графикон 16. Потребна количина поједине биомасе у зависности од грејне површине објекта

Chart 16. Required quantity of particular biomass depending on the building heated area



Графикон 17. Смањење емисије CO₂ услед супституције појединих горива / енергије са биомасом средњег квалитета

Chart 17. CO₂ emission reduction due to substitution of certain fuels/energy by average quality biomass

Приказане криве су одређене на бази карактеристика објеката и на основу следећих улазних параметара и њихових варијација:

- Границе квалитета биомасе вариране су од 2,3 до 3,5 kWh/kg (MWh/t) за дрвну сечку, за брикет од 4,3 до 4,7 kWh/kg (MWh/t) и за дрвни пелет од 4,7 до 5,1 kWh/kg (MWh/t).
- Укупан степен корисности система за производњу и дистрибуцију топлотне енергије је 76% за дрвну сечку, за брикет 77% и за пелет 79%, а само за производњу енергије 85%, 87% и 89% респективно (у питању је очекивани сезонски степен корисности котла).
- Фактори емисије CO₂ рачунати су са вредностима за електричну енергију 0,53 kg/kWh, за чврсто гориво 0,33 kg/kWh, за течено гориво 0,28 kg/kWh и за гасовито 0,20 kg/kWh. Биомаса се сматра за тзв. CO₂ неутрално гориво.

6.3. Примена на објектима школа и вртића

Котлови на биомасу су технологија која је погодна за примену у објектима типа школа (са физкултурним салама) и вртића а за потребе грејања. У Србији мали број школа и вртића поседује котлове на биомасу као извор топлотне енергије за потребе грејања и може се констатовати да постоји реалан потенцијал за примену ове технологије у објектима типа школа и вртића у Србији.

Разматрана су два нивоа унапређења. Први ниво унапређења би се односио на примену котлова мање снаге на пелет или брикет и веће еластичности док би се друго унапређење односило на примену котлова веће снаге на дрвну сечку. Унапређења нису конципирана по принципу надоградње или проширења, већ као две независне опције, од којих свака понаособ одговара потребама конкретног објекта. Опције су раздвојене у два нивоа јер, између осталог, захтевају различит ниво инвестиција и припрема, одређене карактеристике објекта и непосредног окружења као и топлотне снаге извора.

The shown curves are set based on the building characteristics and the following inputs and their variations:

- The biomass quality limits vary from 2.3 to 3.5 kWh/kg (MWh/t) for wood chips, for briquette from 4.3 to 4.7 kWh/kg (MWh/t) and for wood pellet from 4.7 to 5.1 kWh/kg (MWh/t).
- The total efficiency level of heat production and distribution system amounts to 76% for wood chips, 77% for briquette and 79% for pellet, and for power generation only 85%, 87% and 89% respectively (this is the expected seasonal boiler efficiency level).
- CO₂ emission factors are calculated with the following values: 0.53 kg/kWh for electricity, 0.33 kg/kWh for solid fuel, 0.28 kg/kWh for liquid fuel and 0.20 kg/kWh for gas fuel. Biomass is considered the so called CO₂ neutral fuel.

6.3. Implementation in school and kindergarten buildings

Biomass boilers represent a technology suitable for implementation in school (including gyms) and kindergarten buildings for the needs of heating. There is a small number of schools and kindergartens in Serbia that have biomass boilers as a source of thermal energy for heating, and it may be concluded that there is a real potential for implementation of this technology in school and kindergarten buildings in Serbia.

Two improvement levels were considered. First improvement level would relate to implementation of pellet or briquette- fired lower capacity boilers, and greater flexibility, whereas Improvement 2 would imply implementation of wood chips boilers of larger capacity. The improvements were not designed based on the retrofitting or extension principle, but as two independent options, each of which corresponds to the demand of a particular building. These options were separated in two levels because, inter alia, they demand different level of investment and preparation, specific features of the building and direct environment, and source thermal capacity.

6.3.1 Прво унапређење

Први ниво унапређења се односи на примену котлова на дрвни пелет или брикет, мање снаге и веће еластичности (бољим могућностима рада на променљивим и мањим оптерећењима). Ово су котлови и гориво намењени мањим објектима са променљивим оптерећењем, са већим прекидима у грејању, односно школама које раде нпр. у једној смени и где викендом или током распуста / празника нема допунских активности или ваннаставних догађаја. Овде се ради о мањим капацитетима и мањем броју радних сати током грејне сезоне.

6.3.1.1 Примена котлова на дрвни пелет и брикет

У табелама 6А, 6Б и 6Ц, приказани су основни енергетски подаци за случај примене котлова на дрвни пелет за објекте школа, физкултурних сала и вртића, ради подмиривања комплетних потреба за грејањем. Подаци се односе на све типове школа, физкултурних сала и вртића, дефинисаних према националној типологији школских и предшколских објеката у Србији. У табелама 7А, 7Б и 7Ц приказани су исти показатељи, само за дрвни брикет.

Табела 6А. Основни енергетски подаци за случај примене котлова на дрвни пелет за школе

Ознака објекта Building label	Површина објекта Building area	Потребе објекта Building demand	Капацитет котла Boiler capacity	Испоручена енергија ⁵⁴ Energy supplied ⁵⁴	ДРВНИ ПЕЛЕТ, различитог квалитета WOOD PELLEТ, varying quality		
					нижи low	виши high	средњи medium
	m ²	kW	kW	MWh/god. MWh/p/a	t/god. t/p/a	t/god. t/p/a	t/god. t/p/a
A1	260	19,5	24,6	40,6	8,6	8,0	8,3
A2	675	50,6	63,9	105,5	22,4	20,7	21,6
A2пт	1055	79,1	99,9	164,8	35,1	32,3	33,7
A3	2115	158,6	200,3	330,4	70,3	64,8	67,5
A3пт	2305	172,9	218,2	360,1	76,6	70,6	73,6
Б1	145	10,9	13,7	22,7	4,8	4,4	4,6
Б2	840	63,0	79,5	131,2	27,9	25,7	26,8

⁵⁴ Испоручена енергија је енергија горива потребна за грејање, укључујући све губитке у трансформацији и преносу унутар објекта.

6.3.1 Improvement 1

Improvement 1 implies implementation of wood pellet or briquette boilers, of smaller capacity and greater flexibility (better operation options at variable and lower load). These boilers and fuel are intended for smaller buildings with variable load, longer interruptions in heating, namely schools working in one shift, with no extracurricular activities over weekend or during breaks. This entails smaller capacities and smaller number of working hours during the heating season.

6.3.1.1 Implementation of wood pellet/ briquette boilers

Tables 6A, 6B and 6C present basic energy data in the case of implementation of wood pellet boilers in school, gym and kindergarten buildings, to meet the entire demand for heating. The data pertains to all types of schools, gyms and kindergartens defined according to the national typology of school and kindergarten buildings in the Republic of Serbia. Tables 7A, 7B and 7C show same indicators, but for wood briquette only.

Table 6A. Basic energy data in the case of implementation of wood pellet boilers in schools

⁵⁴ Energy supplied is the energy from the fuel needed for heating, including all losses in conversion and transmission within the building.

БЗ	1990	149,3	188,4	310,9	66,1	61,0	63,6
Ц1	185	13,9	17,5	28,9	6,1	5,7	5,9
Ц2	990	74,3	93,7	154,7	32,9	30,3	31,6
Ц3	2765	207,4	261,8	432,0	91,9	84,7	88,3
Ц3пт	3765	282,4	356,5	588,2	125,2	115,3	120,2
ДЗ	4600	345,0	435,6	718,7	152,9	140,9	146,9

Табела 6Б. Примена котлова на дрвни пелет на физкултурне салe Table 6B. Implementation of wood pellet boilers in gyms

Ознака објекта Building label	Површина објекта Building area	Потребе објекта Building demand	Капацитет котла Boiler capacity	Испоручена енергија Energy supplied	ДРВНИ ПЕЛЕТ, различитог квалитета WOOD PELLEТ, varying quality		
					нижи low	виши high	средњи medium
					m2	kW	kW
Сала 1	330	24,8	31,2	51,6	11,0	10,1	10,5
Сала 2	864	64,8	81,8	135,0	28,7	26,5	27,6
Сала 3	707	53,0	66,9	110,5	23,5	21,7	22,6

Табела 6Ц. Примена котлова на дрвни пелет за вртиће Table 6C. Implementation of wood pellet boilers in kindergartens

Ознака објекта Building label	Површина објекта Building area	Потребе објекта Building demand	Капацитет котла Boiler capacity	Испоручена енергија Energy supplied	ДРВНИ ПЕЛЕТ, различитог квалитета WOOD PELLEТ, varying quality		
					нижи low	виши high	средњи medium
					m2	kW	kW
A1	300	22,5	28,4	46,9	10,0	9,2	9,6
A2	380	28,5	36,0	59,4	12,6	11,6	12,1
Б1	170	12,8	16,1	26,6	5,7	5,2	5,4
Б2а	575	43,1	54,4	89,8	19,1	17,6	18,4
Б2б	1130	84,8	107,0	176,5	37,6	34,6	36,1
Ц1	255	19,1	24,1	39,8	8,5	7,8	8,1
Ц2	1530	114,8	144,9	239,0	50,9	46,9	48,9
Ц3	1915	143,6	181,3	299,2	63,7	58,7	61,2
Д2	1450	108,8	137,3	226,5	48,2	44,4	46,3
Д3	2165	162,4	205,0	338,2	72,0	66,3	69,1

Табела 7А. Примена котлова на дрвни брикет за школе Table 7A. Implementation of wood briquette boilers in schools

Ознака објекта Building label	Површина објекта Building area	Потребе објекта Building demand	Капацитет котла Boiler capacity	Испоручена енергија Energy supplied	ДРВНИ БРИКЕТ, различитог квалитета WOOD BRIQUETTE, varying quality		
					нижи low	виши high	средњи medium
					m2	kW	kW
A1	260	19,5	25,2	41,6	9,7	8,8	9,3
A2	675	50,6	65,4	107,9	25,1	23,0	24,0

A2пт	1055	79,1	102,2	168,6	39,2	35,9	37,5
A3	2115	158,6	204,9	338,0	78,6	71,9	75,3
A3пт	2305	172,9	223,3	368,4	85,7	78,4	82,0
B1	145	10,9	14,0	23,2	5,4	4,9	5,2
B2	840	63,0	81,4	134,3	31,2	28,6	29,9
B3	1990	149,3	192,8	318,0	74,0	67,7	70,8
Ц1	185	13,9	17,9	29,6	6,9	6,3	6,6
Ц2	990	74,3	95,9	158,2	36,8	33,7	35,2
Ц3	2765	207,4	267,8	441,9	102,8	94,0	98,4
Ц3пт	3765	282,4	364,7	601,7	139,9	128,0	134,0
Д3	4600	345,0	445,6	735,2	171,0	156,4	163,7

Табела 7Б. Примена котлова на дрвни брикет на физкултурне сале Table 7B. Implementation of wood briquette boilers in gyms

Ознака објекта Building label	Површина објекта Building area	Потребе објекта Building demand	Капацитет котла Boiler capacity	Испоручена енергија Energy supplied	ДРВНИ БРИКЕТ, различитог квалитета WOOD BRIQUETTE, varying quality		
					нижи low	виши high	средњи medium
					m2	kW	kW
Сала 1	330	24,8	32,0	52,7	12,3	11,2	11,7
Сала 2	864	64,8	83,7	138,1	32,1	29,4	30,7
Сала 3	707	53,0	68,5	113,0	26,3	24,0	25,2

Табела 7Ц. Примена котлова на дрвни брикет за вртиће Table 7C. Implementation of wood briquette boilers in kindergartens

Ознака објекта Building label	Површина објекта Building area	Потребе објекта Building demand	Капацитет котла Boiler capacity	Испоручена енергија Energy supplied	ДРВНИ БРИКЕТ, различитог квалитета WOOD BRIQUETTE, varying quality		
					нижи low	виши high	средњи medium
					m2	kW	kW
A1	300	22,5	29,1	47,9	11,2	10,2	10,7
A2	380	28,5	36,8	60,7	14,1	12,9	13,5
B1	170	12,8	16,5	27,2	6,3	5,8	6,0
B2a	575	43,1	55,7	91,9	21,4	19,6	20,5
B2b	1130	84,8	109,5	180,6	42,0	38,4	40,2
Ц1	255	19,1	24,7	40,8	9,5	8,7	9,1
Ц2	1530	114,8	148,2	244,5	56,9	52,0	54,4
Ц3	1915	143,6	185,5	306,1	71,2	65,1	68,1
Д2	1450	108,8	140,4	231,7	53,9	49,3	51,6
Д3	2165	162,4	209,7	346,0	80,5	73,6	77,0

6.3.2 Друго унапређење

Други ниво унапређења се односи на примену котлова на дрвну сечку, већих снага, са ефикасним системима за контролу утицаја на околину и са високим степеном аутоматизације. Ово су котлови и гориво намењени већим топлотним оптерећењима и већим објектима који функционишу са малим прекидима у грејању, односно школама које раде нпр. у две смене и где викендом или током распуста / празника има допунских активности и ваннаставних догађаја (спортске, културне, рекреативне или уметничке активности и догађаји). У таквим условима коришћења система грејања, економски и технички је оправдано изградити и користити један сложенији систем већих капацитета на гориво са нижим степеном обраде и са нижом топлотном моћи.

Ова технологија може бити коришћена као јединствен систем грејања и може обезбеђивати температуру потребну за различите температурске режиме грејања и припреме санитарне топле воде, уз потребну и довољну резерву топлотне снаге.

6.3.2.1 Примена котлова на дрвну сечку

У табелама 8А, 8Б и 8Ц, приказани су основни енергетски подаци за случај примене котлова на дрвну сечку за објекте школа, физкултурних сала и вртића, ради подмиривања комплетних потреба за грејањем. Подаци се односе на све типове школа, физкултурних сала и вртића, дефинисаних према националној типологији школских и предшколских објеката у Републици Србији.

6.3.2 Improvement 2

Improvement 2 refers to the implementation of wood chips boilers of larger capacity, with efficient systems for environmental impact control and high level of automation. These boilers and fuel are intended for higher load and larger buildings operating with short interruptions in heating, namely, for schools working in e.g. two shifts, with extracurricular activities and events (sports, cultural, recreational or art activities and events) during the school breaks / holidays. Under such conditions of the heating system use, it is technically and economically viable to construct and use a more complex system of larger capacity, using fuel with lower processing level and lower calorific value.

This technology may be used as a single heating system and may ensure temperature needed for different temperature heating regimes and domestic hot water preparation, with the needed and sufficient reserve of calorific value.

6.3.2.1 Implementation of wood chips boilers

Tables 8A, 8B and 8C present basic energy data in the case of implementation of wood chips boilers in school, gym and kindergarten buildings, to meet the entire demand for heating. The data pertains to all types of schools, gyms and kindergartens defined according to the national typology of school and kindergarten buildings in the Republic of Serbia.

Табела 8А. Примена котлова на дрвну сечку за школске објекте

Table 8A. Implementation of wood chips boilers in school buildings

Ознака објекта Building label	Површина објекта Building area	Потребе објекта Building demand	Капацитет котла Boiler capacity	Испоручена енергија ⁵⁵ Energy supplied ⁵⁵	ДРВНА СЕЧКА, различитог квалитета WOOD CHIPS, varying quality		
					нижи low	виши high	средњи medium
	m ²	kW	kW	MWh/god. MWh/p/a	t/god. t/p/a	t/god. t/p/a	t/god. t/p/a
A1	260	19,5	25,8	42,5	18,5	12,2	15,3
A2	675	50,6	66,9	110,4	48,0	31,5	39,8
A2пт	1055	79,1	104,6	172,6	75,0	49,3	62,2
A3	2115	158,6	209,7	346,0	150,4	98,9	124,6
A3пт	2305	172,9	228,5	377,1	163,9	107,7	135,8
B1	145	10,9	14,4	23,7	10,3	6,8	8,5
B2	840	63,0	83,3	137,4	59,7	39,3	49,5
B3	1990	149,3	197,3	325,5	141,5	93,0	117,3
Ц1	185	13,9	18,3	30,3	13,2	8,6	10,9
Ц2	990	74,3	98,1	161,9	70,4	46,3	58,3
Ц3	2765	207,4	274,1	452,3	196,7	129,2	162,9
Ц3пт	3765	282,4	373,3	615,9	267,8	176,0	221,9
Д3	4600	345,0	456,0	752,5	327,2	215,0	271,1

Табела 8Б. Примена котлова на дрвну сечку за физкултурне сале

Table 8B. Implementation of wood chips boilers in gyms

Ознака објекта Building label	Површина објекта Building area	Потребе објекта Building demand	Капацитет котла Boiler capacity	Испоручена енергија Energy supplied	ДРВНА СЕЧКА, различитог квалитета WOOD CHIPS, varying quality		
					нижи low	виши high	средњи medium
	m ²	kW	kW	MWh/god. MWh/p/a	t/god. t/p/a	t/god. t/p/a	t/god. t/p/a
Сала 1	330	24,8	32,7	54,0	23,5	15,4	19,4
Сала 2	864	64,8	85,7	141,3	61,5	40,4	50,9
Сала 3	707	53,0	70,1	115,7	50,3	33,0	41,7

Табела 8Ц. Примена котлова на дрвну сечку за вртиће

Table 8C. Implementation of wood chips boilers in kindergartens

Ознака објекта Building label	Површина објекта Building area	Потребе објекта Building demand	Капацитет котла Boiler capacity	Испоручена енергија Energy supplied	ДРВНА СЕЧКА, различитог квалитета WOOD CHIPS, varying quality		
					нижи low	виши high	средњи medium
	m ²	kW	kW	MWh/god. MWh/p/a	t/god. t/p/a	t/god. t/p/a	t/god. t/p/a
A1	300	22,5	29,7	49,1	21,3	14,0	17,7
A2	380	28,5	37,7	62,2	27,0	17,8	22,4
B1	170	12,8	16,9	27,8	12,1	7,9	10,0

⁵⁵ Испоручена енергија је енергија горива потребна за грејање, укључујући све губитке у трансформацији и преносу унутар објекта.

⁵⁵ Energy supplied is the energy from the fuel needed for heating, including all losses in conversion and transmission within the building.

Б2а	575	43,1	57,0	94,1	40,9	26,9	33,9
Б2б	1130	84,8	112,0	184,8	80,4	52,8	66,6
Ц1	255	19,1	25,3	41,7	18,1	11,9	15,0
Ц2	1530	114,8	151,7	250,3	108,8	71,5	90,2
Ц3	1915	143,6	189,9	313,3	136,2	89,5	112,9
Д2	1450	108,8	143,8	237,2	103,1	67,8	85,4
Д3	2165	162,4	214,6	354,2	154,0	101,2	127,6

6.3.3 Утицај на животну средину

Утицај на животну средину се између осталог вреднује кроз смањење емисије CO₂ услед супституције појединих горива / енергије са биомасом, а за исти ново испоручене енергије. Како је напоменуто, вредности су израчунате за средњи квалитет биомасе и средњи очекивани ново потребне енергије за грејање предметних објеката. Резултати су приказани у табелама 9А, 9Б и 9Ц.

Табела 9А. Смањење емисије CO₂ услед супституције појединих горива / енергије са биомасом за школске објекте

6.3.3 Environmental impact

Inter alia, environmental impact is evaluated via CO₂ emission reduction due to substitution of certain fuels/ energy by biomass, and for the same level of supplied energy. As already mentioned, the values are calculated for the average quality of biomass and average expected level of the required energy for heating of respective buildings. The results are presented in Tables 9A, 9B and 9C.

Table 9A. CO₂ emission reduction due to substitution of certain fuels/energy by biomass for schools

Ознака објекта Building label	Површина објекта Building area m ²	Потребе објекта Building demand kW	Испоручена топлотна енергија Heat supplied MWh/god. MWh/p/a	Смањење емисије CO ₂ у односу на гориво/енергију CO ₂ emission reduction against fuel/energy			
				Чврсто Solid t/god. t/p/a	Течно Liquid t/god. t/p/a	Гасовито Gas t/god. t/p/a	Електрична енергија Electricity t/god. t/p/a
А1	260	19,5	45,3	13,7	11,6	8,3	22,0
А2	675	50,6	117,7	35,6	30,2	21,6	57,2
А2пт	1055	79,1	183,9	55,6	47,2	33,7	89,4
А3	2115	158,6	368,8	111,5	94,6	67,6	179,2
А3пт	2305	172,9	401,9	121,6	103,1	73,7	195,2
Б1	145	10,9	25,3	7,6	6,5	4,6	12,3
Б2	840	63,0	146,5	44,3	37,6	26,9	71,2
Б3	1990	149,3	347,0	105,0	89,1	63,6	168,6
Ц1	185	13,9	32,3	9,8	8,3	5,9	15,7
Ц2	990	74,3	172,6	52,2	44,3	31,6	83,9
Ц3	2765	207,4	482,1	145,8	123,7	88,4	234,2
Ц3пт	3765	282,4	656,4	198,6	168,5	120,3	318,9
Д3	4600	345,0	802,0	242,6	205,9	147,0	389,6

Табела 9Б. Смањење емисије CO₂ услед супституције појединих горива / енергије са биомасом за физкултурне сале

Ознака објекта Building label	Површина објекта Building area	Потребе објекта Building demand	Испоручена топлотна енергија Heat supplied	Смањење емисије CO ₂ у односу на гориво/енергију CO ₂ emission reduction against fuel/energy			
				Чврсто Solid	Течно Liquid	Гасовито Gas	Електрична енергија Electricity
				m ²	kW	MWh/god. MWh/p/a	t/god. t/p/a
Сала 1	330	24,8	57,5	17,4	14,8	10,5	28,0
Сала 2	864	64,8	150,6	45,6	38,7	27,6	73,2
Сала 3	707	53,0	123,3	37,3	31,6	22,6	59,9

Table 9B. CO₂ emission reduction due to substitution of certain fuels/energy by biomass for gymsТабела 9Ц. Смањење емисије CO₂ услед супституције појединих горива / енергије са биомасом за вртиће

Ознака објекта Building label	Површина објекта Building area	Потребе објекта Building demand	Испоручена топлотна енергија Heat supplied	Смањење емисије CO ₂ у односу на гориво/енергију CO ₂ emission reduction against fuel/energy			
				Чврсто Solid	Течно Liquid	Гасовито Gas	Електрична енергија Electricity
				m ²	kW	MWh/god. MWh/p/a	t/god. t/p/a
A1	300	22,5	52,3	15,8	13,4	9,6	25,4
A2	380	28,5	66,3	20,0	17,0	12,1	32,2
B1	170	12,8	29,6	9,0	7,6	5,4	14,4
B2a	575	43,1	100,3	30,3	25,7	18,4	48,7
B2b	1130	84,8	197,0	59,6	50,6	36,1	95,7
Ц1	255	19,1	44,5	13,4	11,4	8,2	21,6
Ц2	1530	114,8	266,8	80,7	68,5	48,9	129,6
Ц3	1915	143,6	333,9	101,0	85,7	61,2	162,2
Д2	1450	108,8	252,8	76,5	64,9	46,3	122,8
Д3	2165	162,4	377,5	114,2	96,9	69,2	183,4

Table 9C. CO₂ emission reduction due to substitution of certain fuels/energy by biomass for kindergartens

6.4 Екстраполација резултата на укупан фонд зграда школа и вртића

Као и у претходном случају, методологија екстраполације ефеката супституције горива примењена је на све школске и предшколске објекте у Републици Србији, како би се проценио енергетски потенцијал на националном нивоу. Приступ подразумева претпоставку да се на сваком објекту имплементира технологија за директно спаљивање биомасе и то три врсте дрвне биомасе. Прорачун претпоставља да се технички може реализовати замена котловске јединице у постојећем систему грејања.

6.4 Extrapolation of results to the total school and kindergarten building stock

As in the previous case, the methodology for extrapolation of the fuel substitution effects was applied to all school and kindergarten buildings in the Republic of Serbia, so as to assess energy potential at national level. The approach implies the assumption that in each building technology for direct combustion of biomass is to be implemented, for three types of wood biomass. The calculation assumes that the switch of boiler unit may be technically implemented in the existing heating system.

6.4.1 Енергетски ефекти супституције горива

6.4.1 Energy effects of fuel substitution

Табела 10А. Примена биомасе на све зграде школа у Републици Србији

Table 10A. Implementation of biomass in all school buildings in the Republic of Serbia

Ознака објекта Building type	Површина објекта [m ²] Building area [m ²]	ДРВНА СЕЧКА WOOD CHIPS			ДРВНИ ПЕЛЕТ WOOD PELLET			ДРВНИ БРИКЕТ WOOD BRIQUETTE		
		Потребна снага котлова [MW] Boiler capacity demand [MW]	Топлотне потребе [GWh/god.] Heat demand [GWh/p/a]	Потребна биомаса [1000 × t/god.] Biomass demand [1000 × t/p/a]	Потребна снага котлова [MW] Boiler capacity demand [MW]	Топлотне потребе [GWh/god.] Heat demand [GWh/p/a]	Потребна биомаса [1000 × t/god.] Biomass demand [1000 × t/p/a]	Потребна снага котлова [MW] Boiler capacity demand [MW]	Топлотне потребе [GWh/god.] Heat demand [GWh/p/a]	Потребна биомаса [1000 × t/god.] Biomass demand [1000 × t/p/a]
A1	98.340	9,7	16,1	5,8	9,3	15,4	3,1	9,5	15,7	3,5
A2	217.350	21,5	35,6	12,8	20,6	34,0	6,9	21,1	34,7	7,7
A3	555.148	55,0	90,8	32,7	52,6	86,7	17,7	53,8	88,7	19,8
B1	67.728	6,7	11,1	4,0	6,4	10,6	2,2	6,6	10,8	2,4
B2	390.630	38,7	63,9	23,0	37,0	61,0	12,5	37,8	62,4	13,9
B3	1.295.504	128,4	211,9	76,3	122,7	202,4	41,4	125,5	207,0	46,1
C1	64.367	6,4	10,5	3,8	6,1	10,1	2,1	6,2	10,3	2,3
C2	352.912	35,0	57,7	20,8	33,4	55,1	11,3	34,2	56,4	12,6
C3	1.287.321	127,6	210,6	75,9	121,9	201,1	41,1	124,7	205,7	45,8
D3	405.790	40,2	66,4	23,9	38,4	63,4	13,0	39,3	64,9	14,4
Σ	4.735.090	469,4	774,6	279,0	448,3	739,8	151,2	458,6	756,8	168,5

Табела 10Б. Примена биомасе на све објекте вртића у Републици Србији

Table 10B. Implementation of biomass in all kindergarten buildings in the Republic of Serbia

Ознака објекта Building type	Површина објекта [m ²] Building area [m ²]	ДРВНА СЕЧКА WOOD CHIPS			ДРВНИ ПЕЛЕТ WOOD PELLET			ДРВНИ БРИКЕТ WOOD BRIQUETTE		
		Потребна снага котлова [MW] Boiler capacity demand [MW]	Топлотне потребе [GWh/god.] Heat demand [GWh/p/a]	Потребна биомаса [1000 × t/god.] Biomass demand [1000 × t/p/a]	Потребна снага котлова [MW] Boiler capacity demand [MW]	Топлотне потребе [GWh/god.] Heat demand [GWh/p/a]	Потребна биомаса [1000 × t/god.] Biomass demand [1000 × t/p/a]	Потребна снага котлова [MW] Boiler capacity demand [MW]	Топлотне потребе [GWh/god.] Heat demand [GWh/p/a]	Потребна биомаса [1000 × t/god.] Biomass demand [1000 × t/p/a]
A1	38.704	3,8	6,3	2,3	3,7	6,0	1,2	3,7	6,2	1,4
A2	55.000	5,5	9,0	3,2	5,2	8,6	1,8	5,3	8,8	2,0
B1	49.680	4,9	8,1	2,9	4,7	7,8	1,6	4,8	7,9	1,8
B2a	76.800	7,6	12,6	4,5	7,3	12,0	2,5	7,4	12,3	2,7
B2b	140.400	13,9	23,0	8,3	13,3	21,9	4,5	13,6	22,4	5,0
C1	58.140	5,8	9,5	3,4	5,5	9,1	1,9	5,6	9,3	2,1
C2	1.089.855	108,0	178,3	64,2	103,2	170,3	34,8	105,6	174,2	38,8
C3	684.435	67,9	112,0	40,3	64,8	106,9	21,9	66,3	109,4	24,4
D2	187.000	18,5	30,6	11,0	17,7	29,2	6,0	18,1	29,9	6,7
D3	253.000	25,1	41,4	14,9	24,0	39,5	8,1	24,5	40,4	9,0
Σ	2.633.014	261,0	430,7	155,2	249,3	411,4	84,1	255,0	420,8	93,7

6.4.2 Еколошки ефекти супституције горива

6.4.2 Environmental effects of fuel substitution

Табела 11А. Смањење емисије CO₂ услед супституције горива за све зграде школа у Републици СрбијиTable 11A. CO₂ emission reduction due to fuel substitution for all school buildings in the Republic of Serbia

Ознака објекта Building label	Површина свих објеката [m ²] All buildings area [m ²]	Смањење емисије CO ₂ [1000 × t/god.] услед супституције постојећих типова горива/енергије CO ₂ emission reduction [1000 × t/p/a.] due to the existing fuel/ energy substitution			
		Чврсто Solid	Течно Liquid	Гасовито Gas	Електрична енергија Electricity
A1	98.340	5,2	4,4	3,1	8,3
A2	217.350	11,5	9,7	6,9	18,4
A3	555.148	29,3	24,8	17,7	47,0
B1	67.728	3,6	3,0	2,2	5,7
B2	390.630	20,6	17,5	12,5	33,1
B3	1.295.504	68,3	58,0	41,4	109,7
Ц1	64.367	3,4	2,9	2,1	5,5
Ц2	352.912	18,6	15,8	11,3	29,9
Ц3	1.287.321	67,9	57,6	41,1	109,0
Д3	405.790	21,4	18,2	13,0	34,4
Σ	4.735.090	249,7	211,9	151,4	401,1

Табела 11Б. Смањење емисије CO₂ услед супституције горива за све објекте зграде вртића у Републици СрбијиTable 11B. CO₂ emission reduction due to fuel substitution for all kindergarten buildings in the Republic of Serbia

Ознака објекта Building label	Површина свих објеката [m ²] All buildings area [m ²]	Смањење емисије CO ₂ [1000 × t/god.] услед супституције постојећих типова горива/енергије CO ₂ emission reduction [1000 × t/p/a.] due to the existing fuel/ energy substitution			
		Чврсто Solid	Течно Liquid	Гасовито Gas	Електрична енергија Electricity
A1	38.704	2,0	1,7	1,2	3,3
A2	55.000	2,9	2,5	1,8	4,7
B1	49.680	2,6	2,2	1,6	4,2
B2a	76.800	4,1	3,4	2,5	6,5
B2b	140.400	7,4	6,3	4,5	11,9
Ц1	58.140	3,1	2,6	1,9	4,9
Ц2	1.089.855	57,5	48,8	34,8	92,3
Ц3	684.435	36,1	30,6	21,9	58,0
Д2	187.000	9,9	8,4	6,0	15,8
Д3	253.000	13,3	11,3	8,1	21,4
Σ	2.633.014	138,9	117,8	84,2	223,0

6.5 Упоредна анализа примене топлотних пумпи и биомасе

Код разматраних објеката школа (са школским фискултурним салама) и вртића могуће је користити различите опције обновљивих извора енергије, које су као супституција извора енергије за потребе грејања оправдани како са техничког тако и са економског становишта. Ипак, поједини параметри су повољнији код појединих технологија и извора енергије. Из тог разлога извршена је упоредна анализа два обновљива извора енергије која у потпуности могу бити супституција фосилним горивима у систему грејања, тј. у потпуности могу покрити потребе грејања објеката на економски оправдан начин. Параметри који су разматрани за потребе поређења су потрошња годишње примарне енергије за грејање и емисија CO₂. Овај избор је у складу са препорукама ЕУ у вези обавезног смањења коришћења примарних извора енергије као и емисије CO₂. Коришћени фактори конверзије су преузети из Правилника о енергетској ефикасности зграда, док је коришћен фактор за емисију CO₂ за дрвну биомасу (0,039 kgCO₂/kWh) базиран на извору Energy and carbon conversions⁵⁶. Резултати упоредне анализе приказани су у табели 12 (за објекте школа) и 13 (за објекте вртића).

Резултати показују да је биомаса повољнији извор енергије у односу на топлотне пумпе, и то значајно. Разлог томе је фактор конверзије за електричну енергију који је у Републици Србији неповољан због доминантне употребе нискокалоричног угља у производњи електричне енергије. Када су у питању топлотне пумпе, тип „земља-вода“ је повољнија технологија од типа „ваздух-вода“ и то за око 30%. Разлог за овако значајну разлику налази се у природи извора топлоте јер земља обезбеђује већи топлотни флуks у односу на ваздух.

⁵⁶ Energy and carbon conversions, The Carbon Trust, Data based on Defra / DECC's GHG Conversion Factors, 2011 update, UK.

6.5 Comparative analysis of heat pumps and biomass implementation

In considered school (including gym) and kindergarten buildings it is possible to use different options of renewable sources and energy, justified as energy source substitution for the needs of heating both from technical and economic perspective. Still, individual parameters are more favourable with particular technologies and energy sources. Due to this reason, comparative analysis was conducted of two renewable energy sources that can be regarded as full substitution of fossil fuels in the heating system, namely that they can in full cover building heating demand in an economically justified manner. The parameters considered for the needs of comparison are consumption of annual primary heating energy and CO₂ emission. Such a selection is in line with the EU recommendations regarding the reduced use of primary energy sources and CO₂ emission. The used conversion factors are taken over from the Rulebook on Energy Efficiency in Buildings, while the used factor for CO₂ emission for wood biomass (0.039 kgCO₂/kWh) is based on the source Energy and carbon conversions⁵⁶. The results of comparative analysis are shown in Table 12 (for school buildings) and 13 (for kindergarten buildings).

The results demonstrate that biomass is more favourable energy source in relation to heat pumps, significantly. The underlying reason is the conversion factor for electricity which is not favourable in the Republic of Serbia due to the dominant use of coal of low calorific value in power generation. When it comes to the heat pumps, "ground-water" type is more favourable technology than the "air-water" type by cca. 30%. The reason for such a considerable difference lies in the nature of the heat source, given that ground provides higher heat flux in comparison to air.

⁵⁶ Energy and carbon conversions, The Carbon Trust, Data based on Defra / DECC's GHG Conversion Factors, 2011 update, UK.

Табела 12. Потрошња годишње примарне енергије за грејање и емисија CO₂ за школеTable 12. Annual primary heating energy consumption and CO₂ emissions for schools

Ознака објекта Building type	Површина објекта [m ²] Building area [m ²]	Примарна енергија [kWh/god.] Primary energy [kWh/p/a.]			Емисија CO ₂ [t/god.] CO ₂ emission [t/p/a.]		
		Топлотне пумпе Heat pumps		Котао Boiler	Топлотне пумпе Heat pumps		Котао Boiler
		ваздух-вода air-water	земља-вода ground-water	биомаса biomass	ваздух-вода air-water	земља-вода ground-water	биомаса biomass
A1	260	55.133	38.278	4.157	11,7	8,1	1,6
A2	675	143.133	99.376	10.792	30,3	21,1	4,2
A2pt	1055	223.711	155.321	16.867	47,4	32,9	6,6
A3	2115	448.483	311.379	33.814	95,1	66,0	13,2
A3pt	2305	488.772	339.351	36.852	103,6	71,9	14,4
B1	145	30.747	21.347	2.318	6,5	4,5	0,9
B2	840	178.121	123.668	13.430	37,8	26,2	5,2
B3	1990	421.977	292.976	31.816	89,5	62,1	12,4
C1	185	39.229	27.236	2.958	8,3	5,8	1,2
C2	990	209.928	145.752	15.828	44,5	30,9	6,2
C3	2765	586.314	407.075	44.206	124,3	86,3	17,2
C3pt	3765	798.363	554.299	60.194	169,3	117,5	23,5
D3	4600	975.423	677.231	73.544	206,8	143,6	28,7

Табела 13. Потрошња годишње примарне енергије за грејање и емисија CO₂ за вртићеTable 13. Annual primary heating energy consumption and CO₂ emissions for kindergartens

Ознака објекта Building type	Површина објекта [m ²] Building area [m ²]	Примарна енергија [kWh/god.] Primary energy [kWh/p/a.]			Емисија CO ₂ [t/god.] CO ₂ emission [t/p/a.]		
		Топлотне пумпе Heat pumps		Котао Boiler	Топлотне пумпе Heat pumps		Котао Boiler
		ваздух-вода air-water	земља-вода ground-water	биомаса biomass	ваздух-вода air-water	земља-вода ground-water	биомаса biomass
A1	300	63.615	44.167	4.796	13,5	9,4	1,9
A2	380	80.578	55.945	6.075	17,1	11,9	2,4
B1	170	36.048	25.028	2.718	7,6	5,3	1,1
B2a	575	121.928	84.654	9.193	25,8	17,9	3,6
B2b	1130	239.615	166.363	18.066	50,8	35,3	7,0
C1	255	54.072	37.542	4.077	11,5	8,0	1,6
C2	1530	324.434	225.253	24.461	68,8	47,8	9,5
C3	1915	406.073	281.934	30.617	86,1	59,8	11,9
D2	1450	307.470	213.475	23.182	65,2	45,3	9,0
D3	2165	459.085	318.740	34.614	97,3	67,6	13,5

7. ТЕРМАЛНИ СОЛАРНИ КОЛЕКТОРИ

Технологије које користе енергију Сунца већ се користе за унапређење животног стандарда. Оне пре свега представљају логичан избор у објектима на удаљеним подручјима где је могућност прикључења на електродистрибутивну мрежу само отежан или уопште не постоји. Соларни системи омогућавају такође и енергетску независност од електродистрибутивне мреже у објектима са већ постојећим прикључком. Коришћењем ове енергије може се обезбедити добијање топле воде и струје из обновљивог извора енергије који не емитује гасове са ефектом стаклене баште, а тиме се такође утиче на ублажавање насталих климатских промена.

7.1 Соларни плочасти колектори – основне карактеристике

Соларни колектори су посебна врста измењивача топлоте који претварају енергију Сунчевог зрачења у унутрашњу енергију радног флуида. То је уређај који апсорбује Сунчево зрачење, претвара га у топлоту и предаје ту топлоту флуиду који протиче кроз систем. Постоји више врста подела соларних колектора, према карактеристикама и намени. Према начину пријема и апсорпције Сунчевог зрачења деле се на: нефокусирајуће и фокусирајуће. Нефокусирајући соларни колектори имају исту површину за пријем и апсорпцију Сунчеве енергије, док фокусирајући колектори обично имају конкавне рефлектујуће површине за пријем Сунчеве енергије, коју затим фокусирају на мање апсорпционе површине, чиме повећавају флуks Сунчевог зрачења. Према покретности се деле на: непокретне, покретне у правцу једне осе и покретне у правцу две осе.

Непокретни (стационарни) соларни колектори су уређаји који претварају енергију Сунчевог зрачења у топлоту ниских температура (максимално до 100 °C + температура околине), која се користи за добијање санитарне топле воде, грејање воде

7. THERMAL SOLAR COLLECTORS

Technologies using solar energy are already being used for improvement of the living standard. They primarily represent a logical choice in buildings located in remote areas where it is difficult to get connected to the power supply grid or such an option does not exist at all. Solar systems also enable energy independence from the power supply grid in buildings already having a connection. The use of this energy may ensure provision of hot water and electricity from a renewable energy source not emitting greenhouse gases, and thus affect climate change mitigation.

7.1 Solar panel collectors- basic characteristics

Solar collectors are a special type of heat exchangers converting solar energy into inner working fluid energy. This is a device absorbing solar radiation, converting it into heat, and transferring such heat to the fluid flowing through the system. There are several divisions of solar collectors, according to their features and use. According to the manner of reception and absorption of solar radiation they are divided into: non-concentrating and concentrating. Non-concentrating solar collectors have the same surface for reception and absorption of solar energy, while concentrating collectors usually have concave reflexive areas for reception of solar energy, which is then concentrated onto smaller absorptive surfaces, thus increasing the solar radiation flux. According to their mobility, they are divided into: stationary, moving in direction of a single axis and moving in direction of two axes.

Stationary solar collectors are devices converting solar radiation energy into low temperature heat (maximum up to 100 °S + outdoor temperature), used for domestic hot water, heating water in indoor and outdoor swimming pools and to heat premises. They collect direct and diffuse solar radiation from all directions, therefore they do not need to turn towards the Sun at all times, and their maintenance

у отвореним и затвореним базенима и загревање просторија. Они прикупљају директно и дифузно Сунчево зрачење из свих праваца, не морају се стално окретати према Сунцу, а трошкови њиховог одржавања нису велики. Због своје намене, они су и најинтересантнији за загревање санитарне топле воде.

У групу стационарних соларних колектора спадају плочасти колектори и вакуумски колектори. За колекторе је веома битна површина која дефинише колектор, а користе се различите дефиниције за карактеристичне површине. Једна од њих је укупна површина, која дефинише спољашње димензије колектора. Веома битна је и апсорпциона површина (назива се још и ефективна површина колектора) која представља површину апсорбера. Затим, дефинише се и референтна површина, која представља површину према којој су одређене карактеристике колектора. На Слици 10. су приказани примери монтирања равног плочастиг колектора на равном и косом крову.

costs are not high. Due to their designated use, they are most interesting for domestic hot water heating.

The group of stationary collectors includes flat plate collectors and vacuum collectors. Highly important for the collector is the surface defining it, with different definitions being used for typical areas. One of them is total area, defining external collector dimensions. Another very important feature is the absorption surface (also called effective collector surface) representing the absorber surface. Reference surface is also being defined, and it represents a surface collector features are being defined against. Figure 10 shows the examples of the flat plate collector installation on a flat and pitched roof.

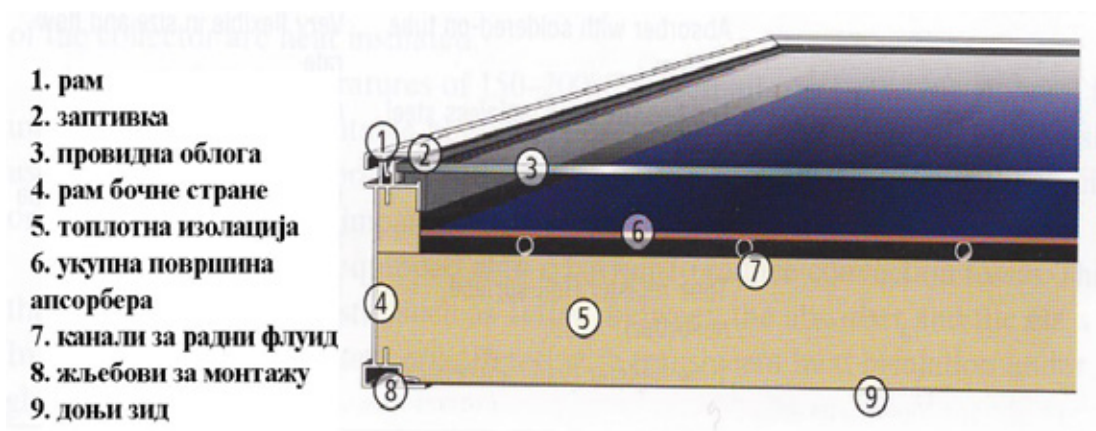


Слика 10. Соларни термални колектори на равном и косом крову

Figure 10. Solar thermal collectors on a flat and pitched roof

Већина плочастих равних колектора доступних на тржишту, састоји се од металног апсорбера у равном кућишту правоугаоног попречног пресека. Колектор је топлотно изолован са доње стране и са крајева, а снабдевен је и провидном облогом на горњој површини. Са стране колектора су постављене две сабирне цеви, које омогућавају довод и одвод радног флуида. Величина ових колектора се креће у опсегу од 1 m² до 12,5 m². Шематски приказ дат је на Слици 11.

The majority of flat plate collectors available in the market consist of a metal absorber in the flat casing of rectangular cross-section. The collector is thermally insulated at the bottom and end sides, and is also supplied with a transparent liner on the upper surface. There are two collection pipes installed on the sides of the collector, enabling intake and outlet of the working fluid. The size of these collectors varies in the range of 1 m² to 12.5 m². Schematic overview is presented in Figure 11.



Слика 11. Попречни пресек равног плочастиг колектора

Figure 11. Cross-section of a flat plate collector

Главни део плочастиг колектора је апсорбер. Састоји се од металне плоче добре топлотне проводности (израђена је од бакра или алуминијума на пример, изједна или састављена од трака), које су покривене тамним премазом. Цеви, кроз које пролази радни флуид и које су обично израђене од бакра, су причвршћене за апсорбер. Када сунчево зрачење падне на апсорбер, оно се већим делом апсорбује и делимично рефлектује. Топлота се преноси апсорпцијом и кондукцијом кроз металну плочу до цеви радног флуида. У цевима се обично налази флуид, који даље преноси ту топлоту.

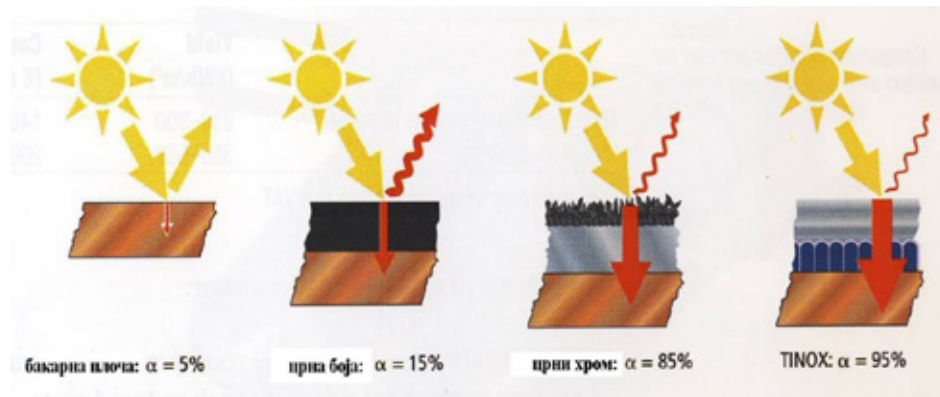
Main part of the flat plate collector is the absorber. It consists of a metal plate of sound heat conductivity (made of copper or aluminum, for example, in one piece or made of strips), covered by dark coating. The pipes, the working fluid is passing through, are usually made of copper and affixed to the absorber. Once the solar radiation reaches the absorber, it is being absorbed in a major part, and partly reflected. The heat is transferred by absorption and conduction via a metal plate to the working fluid tube. The tubes usually contain fluid, which further transfers the heat.

Задатак соларног колектора ја да обезбеди највећу могућу топлотну добит. Зато апсорбер

The task of a solar collector is to ensure the maximum possible heat gain. This is why the absorber

треба да има што већи капацитет апсорпције Сунчеве светлости и што је мање могућу топлотну емисивност. То се постиже коришћењем поменутих премаза, а у последње време се користе специјални спектрално-селективни премази. За разлику од црне боје, ови премази имају слојевиту структуру, која оптимизује конверзију енергије краткоталасног сунчевог зрачења у топлоту, а у исто време одржава одавање топлоте на најнижем могућем нивоу. На Слици 12. је приказан однос апсорбоване и рефлектоване количине Сунчевог зрачења у зависности од врсте премаза.

needs to have the greatest possible capacity of the solar radiation absorption, and the least possible thermal emission. This is achieved by using the said coatings, with special spectrally selective coating being mostly used lately. Unlike the black colour, these coating are layered in structure, which optimises energy conversion of the short-waved solar radiation into heat, and at the same time maintains heat radiation at the lease level possible. Figure 12 shows the ration between the absorbed and reflected solar radiation quantity depending on the type of coating



Слика 12. Утицај врсте премаза на степен апсорпције и рефлексије Сунчевог зрачења.

Figure 12. The effect of the type of coating on the absorption and reflection level of solar radiation

Већина спектрално селективних премаза има степен апсорпције од 90% до 95%, а емисиони флуks од 5% до 15%. Најчешће се селективни премаз састоји од црног хрома и црног никла. Развој селективних премаза побољшаних оптичких карактеристика је показао да се добијају много боље карактеристике премаза ако се они наносе у вакууму или распршивањем. Ови процеси се

Majority of the spectrally selective coatings have the absorption level from 90% to 95%, and emission flux of 5% to 15%. Most often, the selective coating consists of black chromium and black nickel. Development of the selective coatings of enhanced optical characteristics has shown that much better coating features are being obtained if applied in vacuum or by spraying. These processes are characterised

одликују знатним смањењем потрошње енергије и мањим загађењем околине током производње у поређењу са премазима од црног бабра и црног никла. Додатно, енергетски добитак ових апсорбера је већи на вишим температурама или на нижим нивоима соларног озрачивања него апсорбери са премазима од црног бабра и црног никла. Један од таквих је TINOX.

Бакар има добре карактеристике топлотног провођења, па је веома погодан као материјал за апсорпциону плочу. Размена топлоте између апсорпционе плоче и цеви је условљена добрим кондукционо-топлотним повезивањем.

Ради смањења топлотних губитака, доња страна и бочне стране колектора су топлотно изоловане. Како је максимално могуће достићи температуре од 150 °C до 200 °C, минерална вуна је најпогоднија као изолатор. Изолација не сме да испарава на датим температурама, иначе се може десити да се наталожи на стакленој облози, чиме се умањује светлосна пропустљивост облоге.

У неким колекторима се налазе баријере које смањују губитке услед конвекције. Оне могу бити у облику танке пластичне фолије, као што је тефлон, а смештају се између апсорбера и стаклене плоче.

Карактеристичне вредности које представљају критеријуме за поређење квалитета колектора:

- Добри плочасти колектори са спектрално селективним апсорберима имају оптичку ефикасност η_0 већу од 0,8 и вредности коефицијента топлотних губитака k мање од 3,5 W/m²K.
- Средња годишња ефикасност комплетног система са плочастим колекторима је 35% до 40%.

Предности плочастих колектора:

- јефтинији су од колектора са вакуумским цевима,
- омогућавају различите врсте монтаже (на кров, интегрисани у кров, монтажа на фасади или слободна инсталација),
- имају добар однос између цене и карактеристика.

by the significant reduction in energy consumption and lesser environmental protection in the course of production in comparison to black copper and black nickel coatings. In addition, energy gain from these absorbers is higher at higher temperatures or at lower levels of solar radiation than it is the case with absorbers with black copper and black nickel coatings. One of those is TINOX.

Copper has good thermal conductivity features, therefore it is very suitable as the absorption plate material. The heat exchange between the absorption plate and the pipe is conditioned by good conduction-thermal connections.

For the purpose of reducing heat losses, the bottom and lateral sides of the collector are thermally insulated. Given that it is possible to reach temperatures from 150 °S to 200 °S, mineral wool is the most suitable insulator. Insulation must not evaporate at given temperatures, otherwise it may deposit on the glass liners, thus reducing its solar permeability.

Some collectors have barriers reducing losses due to convection. They may come in the form of a thin plastic foil, like Teflon, and are located between the absorber and glass plate.

Typical values representing the criteria for the collector quality comparison are:

- Good plate collectors with spectrally selective absorbers have the optical efficiency η_0 greater than 0.8 and thermal losses coefficient value k under 3.5 W/m²K.
- The average annual efficiency of the entire flat plate collector system is 35% to 40%.

The benefits of the flat plate collectors are as follows:

- they are less expensive than the vacuum tube collectors,
- they enable different types of installation (on the roof, roof integrated, mounting on the facade or free-standing installation),
- they have a good value for money characteristics.

7.2 Методологија прорачуна производње топлотне енергије из термалних колектора на крововима

Као што је познато на тржишту постоје различити типови колектора. За израду ове студије разматрани су равни плочасти колектори, који се најчешће налазе на крововима стамбених и јавних објеката. Техничке карактеристике раванских колектора последње генерације се у малој мери разликују од њиховог произвођача.

У студији је анализирана производња топлотне енергије на крововима школских објеката и физкултурних сала, као и предшколских установа оријентисаних ка Југу (S), Југоистоку (SE), Југозападу (SW), Истоку (E), Западу (W), односно по азимуту $0^\circ, \pm 45^\circ, \pm 90^\circ$. Ове оријентације кровова су најприхватљивије са становишта добитака од Сунчевог зрачења, док нису узимане у обзир површине кровова оријентисане ка Северу обзиром да су добици од Сунчевог зрачења на овим површинама знатно мањи у односу на остале оријентације кровова.

Са гледишта практичног коришћења Сунчеве енергије, уместо тренутних вредности, од важности је укупна количина енергије која доспева на јединицу површине (ирадијација, енергија зрачења) у одређеном интервалу времена (сат, дан, месец, година). Та количина зависи од географске ширине, годишњег доба, оријентације и нагиба површине и метеоролошких прилика. Постоје методе њеног израчунавања за разне услове, али пошто је стварна енергија веома зависна од метеоролошких услова, поуздани и најтачнији подаци могу се добити мерењем помоћу одговарајућих инструмената – пиранометара. С обзиром да је Сунчево зрачење предмет многих утицаја, процене енергије зрачења само на основу теоријско-емпиријских једначина не могу имати довољну математичку прецизност. Ови утицаји морају да се одреде анализом дугопериодских (вишегодишњих) мерења да би се дошло до јаснијих закључака.

За израду ове студије није постојала база података

7.2 Calculation methodology of thermal energy generation by roof thermal collectors

As already known, there are different types of collectors out there in the market. For the purpose of this study, flat plate collectors were observed, that are most frequently found on the roofs of residential and public buildings. Technical characteristics of flat plate collectors of the latest generation slightly differ from manufacturer to manufacturer.

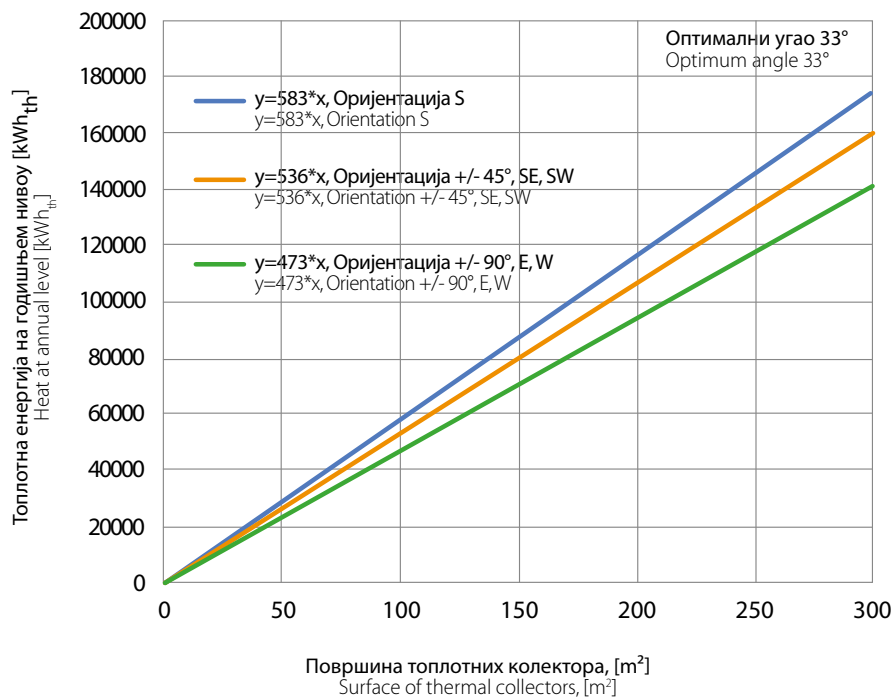
The study has analysed the heat generation on the roofs of school, gym and kindergarten buildings, oriented towards the South (S), Southeast (SE), Southwest (SW), East (E), West (W), actually according to the azimuth of $0^\circ, \pm 45^\circ, \pm 90^\circ$. These roof orientations are most acceptable from the perspective of solar radiation gains, while roof surfaces facing North were not taken into account given that solar radiation gains in these surfaces are significantly lower compared to other roof orientations.

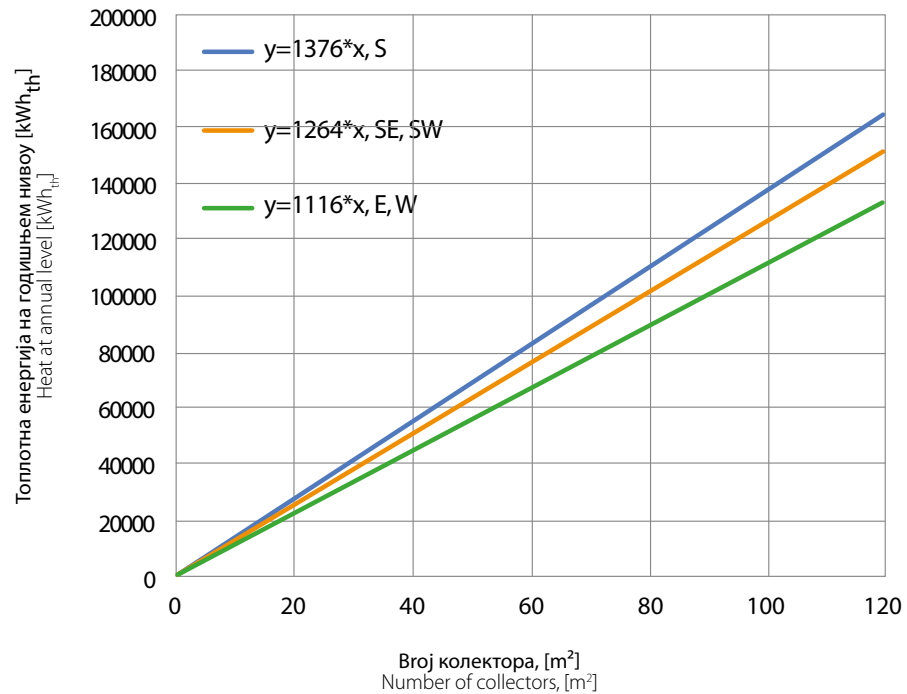
From the aspect of practical solar energy use, instead of the current values, what matters is the total quantity of energy reaching the surface unit (irradiation, radiation energy) in a particular interval of time (hour, day, month, year). This quantity depends on the latitude, season, orientation and inclination of the surface and weather conditions. There are methods for its calculation against various conditions, however since actual energy is very much dependent on weather condition, reliable and most accurate data can be obtained by measuring using appropriate instruments- pyranometer. Given that solar radiation is subject to various effects, average radiation energy based only on theoretical and empirical equations can not produce sufficient mathematical accuracy. These effects have to be defined by analysing multi-annual measurements so as to come to clearer conclusions.

In developing this study, there was no solar radiation database available for a typical meteorolog-

Сунчевог зрачења за типичну метеоролошку годину за град Београд. Уколико би се користила оваква база показало би се да нема одступања добитак Сунчеве енергије у правцима SW и SE, односно E и W. Из овог разлога у овој методологији приказани су добици од Сунчевог зрачења у правцима S (0°), SE=SW (±45°) и E=W (±90°). На графикону 18. приказана је производња топлотне енергије у овим правцима у зависности од површине колектора, односно броја колектора.

ical year for the City of Belgrade. If such a database would be used, it would turn out that there are no deviations from the solar energy gains in directions SW and SE, namely E and W. This is the reason why this methodology shows solar radiation gains in S (0°), SE=SW (±45°) and E=W (±90°) directions. Chart 18 presents the heat generation in these directions depending on the collector surface, namely the number of collectors.



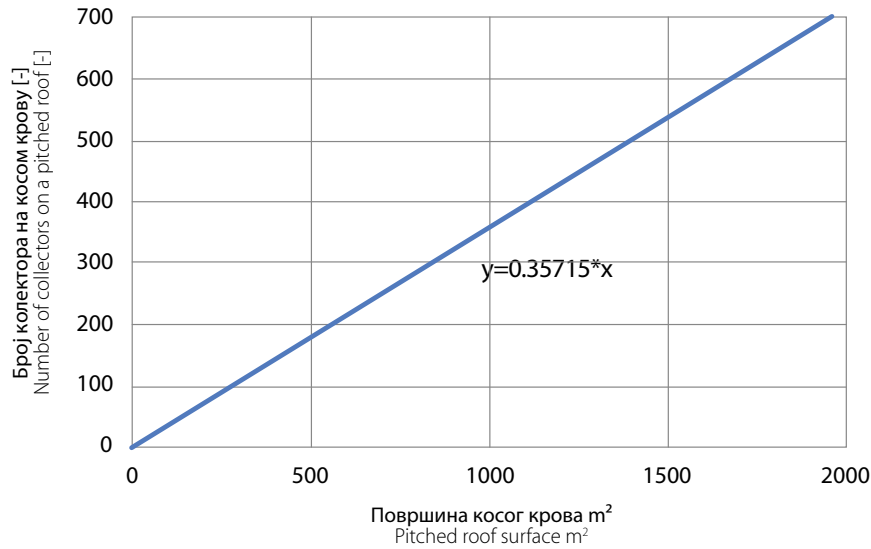


Графикон 18. Очекивана производња топлотне енергије на годишњем нивоу у зависности од азимута и површине колектора (горње), односно броја равних плочастих колектора (доле)

Колектори могу да буду монтирани на равним површинама или на косим крововима. Уколико се колектори монтирају на равним крововима мора да се води рачуна о растојању између редова колектора да би се избегла појава засенчења. На графиконима 18. и 19. приказана је зависност постављања могућег броја колектора на косим и равним крововима. Дијаграми на графиконима 19. и 20. су добијени на основу препоруке произвођача приликом монтирања колектора на косим и равним крововима. Површина колектора је 2,36 m².

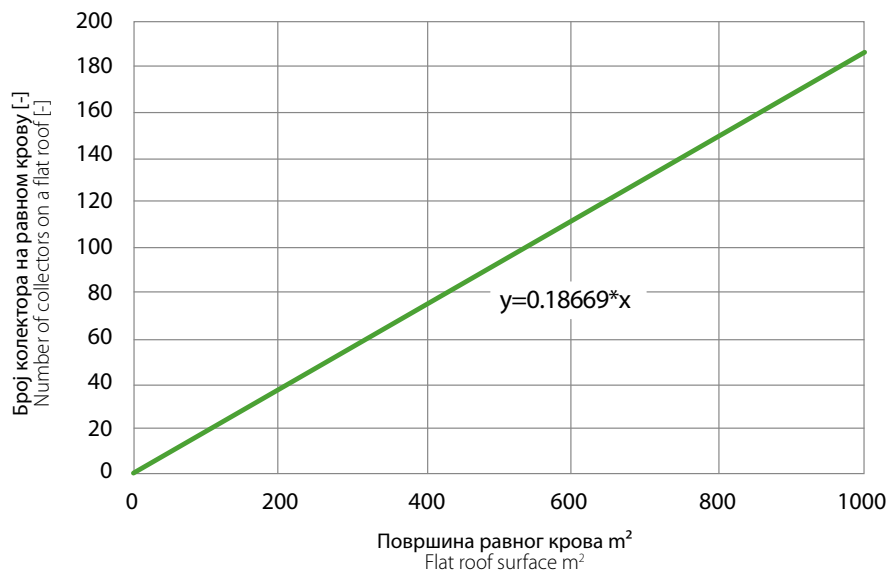
Chart 18. The expected annual heat generation depending on the azimuth and (upper) collector surface, i.e. the number of flat plate collectors (down)

The collectors can be installed on flat surfaces or on pitched roofs. If the collectors are installed on flat roofs, one must bear in mind the distance between the collector lines so as to avoid shading. Charts 18 and 19 show the dependence between the potential collector number installation on pitched and flat roofs. Diagrams in Charts 19 and 20 are based on the manufacturer's recommendation for installing collectors on pitched and flat roofs. The collector surface is 2.36 m².



Графикон 19. Зависност броја инсталираних колектора у односу на површину косог крова

Chart 19. Dependence between the number of installed collectors against the pitched roof area



Графикон 20. Број инсталираних колектора у односу на површину равнoг крова

Chart 20. The number of installed collectors against the flat roof area

Кровови објеката могу бити изграђени и под одређеним углом. Најчешће у тим случајевима колектори прате косину крова. Постављање колектора на косим крововима, који прате косину крова, има за последицу смањење ефикасности рада колектора уколико се не постигне оптимални угао колектора. У Табели 14. дат је коефицијент умањења добитака колектора у зависности од азимута и угла косине крова.

Табела 14. Промена коефицијента k од азимута и угла крова

Угао крова Roof angle	Азимут Azimuth		
	0° (S)	±45° (SE, SW)	±90° (E,W)
0°	0,818	0,878	1,065
10°	0,904	0,940	1,060
15°	0,937	0,964	1,054
20°	0,963	0,982	1,051
25°	0,982	0,994	1,031
30°	0,994	0,999	1,012
35°	0,999	0,999	0,990
40°	0,992	0,992	0,964
45°	0,988	0,980	0,933

The roof of the buildings may be constructed at a certain angle. Most often in such cases collectors follow the roof slope. Installation of collectors on pitched roofs, following the roof slope, results in a reduced collector efficiency unless the optimum collector slope is achieved. Table 14 presents the coefficient of the collector gain reduction depending on the bearing and roof slope angle.

Table 14. Change in the coefficient k depending on the azimuth and roof angle

Тако да изрази за могућу добијену топлотну енергију, у правцима S, SE=SW, E=W, за кровове под нагибом гласе:

$$\begin{aligned} Q_t &= 583 \text{ k A за S,} \\ Q_t &= 536 \text{ k A за SE или SW,} \\ Q_t &= 473 \text{ k A за E или W,} \end{aligned}$$

где је A површина колектора, односно:

$$\begin{aligned} Q_t &= 1376 \text{ k N за S,} \\ Q_t &= 1264 \text{ k N за SE или SW,} \\ Q_t &= 1116 \text{ k N за E или W,} \end{aligned}$$

где је N број колектора.

Неопходан саставни део енергетског система базираног на примени соларних колектора је

So as for the equations for the potential gained heat, in S, SE=SW, E=W directions for pitched roofs to read as follows:

$$\begin{aligned} Q_t &= 583 \text{ k A for S,} \\ Q_t &= 536 \text{ k A for SE or SW,} \\ Q_t &= 473 \text{ k A for E or W,} \end{aligned}$$

where A is collector area, namely:

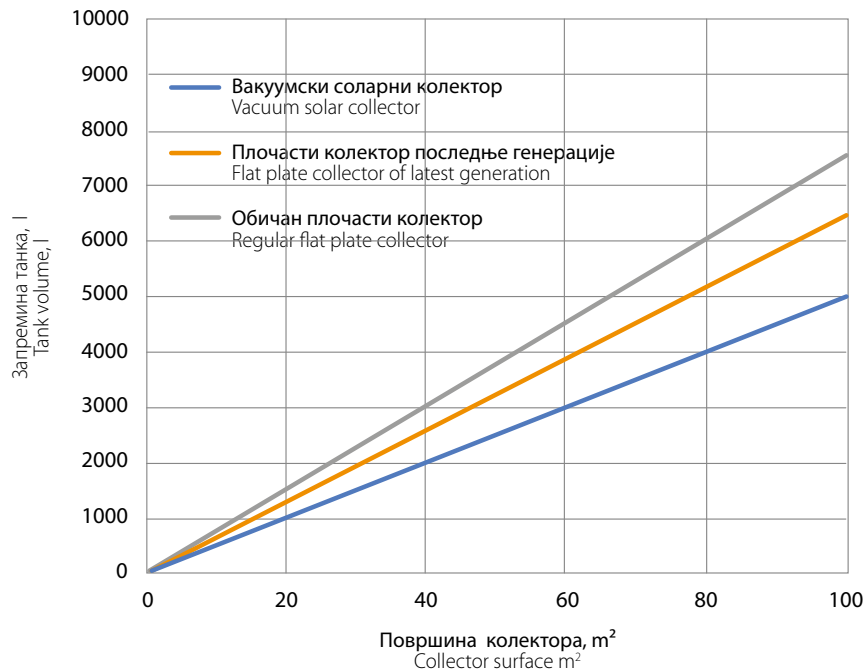
$$\begin{aligned} Q_t &= 1376 \text{ k N for S,} \\ Q_t &= 1264 \text{ k N for SE or SW,} \\ Q_t &= 1116 \text{ k N for E or W,} \end{aligned}$$

where N is the number of collectors.

A necessary integral part of the energy system based on the solar collector application is the hot

резервоар за складиштење топле воде (storage tank, енгл.). Основна карактеристика соларних термалних система је да се произведена топлотна енергија често не користи одмах. Већина топлотне енергије потребна је увече или ујутру било за грејање у просторијама или за припрему топле воде. Оваква динамика енергетског система захтева чување произведене топлотне енергије у резервоарима (танковима). Величина танка је сразмерна са површином инсталисаних колектора. Ако је капацитет резервоара превелик, у резервоару се не постиже корисна температура, а ако је резервоар сувише мали, расположива соларна енергија се не користи ефикасно. Из тог разлога је потребно знати зависности између површине колектора и величине резервоара, за различите типове соларних колектора, које су приказане на графикану 21.

water storage tank. Basic characteristic of the solar thermal systems is that generated heat is often not being used right away. A major part of the heat is needed in the evening or in the morning, whether for heating the premises or domestic hot water preparation. Such a dynamics of the energy system requires storage of produced heat in tanks. The tank size is proportionate to the installed collectors' surface. If the tank capacity is oversized, the tank can not reach the efficient temperature, however if the tank is too small, the available solar energy is not being used efficiently. This is the reason why one needs to be familiar with the dependence between the collector surface and tank size, for different types of solar collectors, presented in Chart 21.



Графикон 21. Зависност запремине танка од површине и врсте колектора

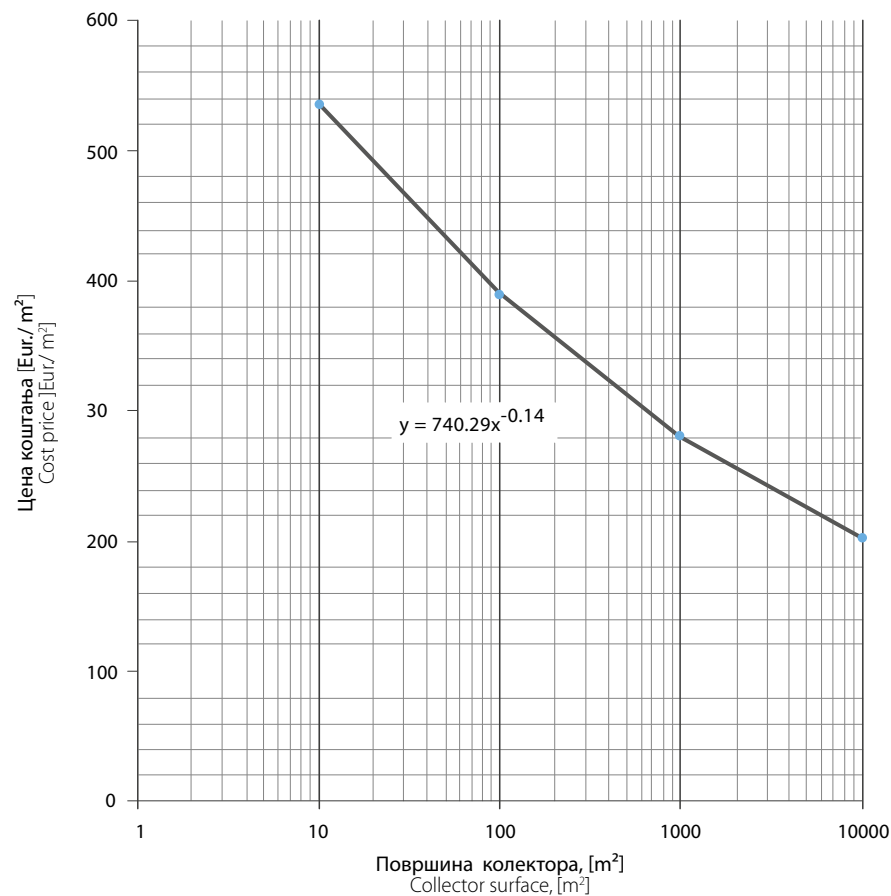
Chart 21. Dependence between the tank volume and collector type

За потребе ове студије, усвојено је да величина танка буде 50 литара по m² инсталисане површине колектора, што је у складу са препорукама произвођача колектора.

На графикану 22. приказана је цена коштања инсталисања раванских соларних панела укључујући пратећу опрему и танк. Цена коштања је добијена на основу цене коштања у EU-27. Овде је битно уочити да, како величина енергетског система базираног на примени соларне енергије расте, његов степен корисности такође расте.

For the needs of this study, it was adopted that the tank size should be 50 l/m² of the installed collector surface, which is in line with the collector manufacturer recommendations.

Chart 22 shows the cost price of installing flat solar panels including supporting equipment and a tank. The cost price is obtained based on the cost price in EU-27. It is important to note here that, as the size of the solar energy based energy system size grows, so does its efficiency level.



Графикон 22. Цена коштања соларног енергетског система

Chart 22. Cost price of the solar energy system

Применом обновљивих извора енергије врши се супституција фосилних горива, односно смањује се емисија гасова са ефектом стаклене баште. У Табели 15. приказан је фактор претварања у примарну енергију за поједине изворе енергија, док је у Табели 16. приказан фактор емисије CO₂ за поједине врсте енергената.

The implementation of the renewable energy sources entails the substitution of fossil fuels, namely it reduces the greenhouse gases emission. Table 15 shows the conversion factor into primary energy for specific energy sources, whilst Table 16 shows the CO₂ emission factor for particular types of fuels.

Табела 15. Фактори претварања у примарну енергију за поједине врсте извора енергије

Table 15. Primary energy conversion factor for certain types of energy sources

Извор енергије Energy source	Фактор претварања Conversion factor
Уље за ложење Fuel oil	1,2
Гас Gas	1,1
Угаљ Coal	1,3
Електрична енергија Electricity	2,5
Даљинско грејање на фосилна горива Fossil fuel district heating	1,8

Табела 16. Специфична емисија CO₂ за поједине врсте енергената

Table 16. Specific CO₂ emission for specific types of fuel

Енергент Fuel	По јединици горива Per fuel unit	По јединици енергије Per energy unit
Земни гас Natural gas	1,9 kg/m ³	0,20 kg/kWh
Течни нафтни гас Liquid petroleum gas	2,9 kg/kg	0,215 kg/kWh
Екстра лако лож уље Extra light fuel oil	2,6 kg/l	0,265 kg/kWh
Лако уље за ложење Light fuel oil	3,2 kg/kg	0,28 kg/kWh
Даљинска топлота District heating	0,33 kg/kWh	0,33 kg/kWh
Електрична енергија Electricity	0,53 kg/kWh	0,53 kg/kWh
Мрки угаљ Dark coal	1,5 kg/kg	0,32 kg/kWh
Лигнит Lignite	1,0 kg/kg	0,33 kg/kWh

На основу података из Табела 15. и 16. могуће је израчунати смањење емисије CO₂ по kWhт топлотне енергије добијене из соларног енергетског система (Табела 17).

Based on the data from Tables 15 and 16 it is possible to calculate the reduction in CO₂ emission per kWh of heat obtained from the solar energy system (Table 17).

Табела 17. Фактор емисије CO₂ за поједине врсте енергената по kWh топлотне енергије из енергетског соларног система

Table 17. CO₂ emission factor for specific types of fuel per kWh of heat from energy solar system

Извор енергије Energy source	Фактор претварања Conversion factor
Уље за ложење Fuel oil	0,336 kg/kWh
Гас Gas	0,220 kg/kWh

Угаљ Coal	0,416 kg/kWh
Електрична енергија Electricity	0,429 kg/kWh
Даљинско грејање на фосилна горива Fossil fuel district heating	1,325 kg/kWh
Даљинско грејање на фосилна горива	0,594 kg/kWh

7.3 Мере унапређења производње топлотне енергије из соларних колектора у школским објектима у Србији

7.3.1 Постојеће стање

Примена соларних енергетских система на јавним објектима практично је занемарљива у нашој пракси, па је то случај и са зградама школа, школских физкултурних сала и зградама вртића.

7.3.2 Прво унапређење

Прво унапређење подразумева изградњу соларног енергетског система базираног на примени термалних колектора на расположивим кровним површинама које имају најбољу просторну оријентацију са аспекта укупног годишњег Сунчевог зрачења. То су равне површине кровова и површине чија је просторна оријентација ка Југу, Југоистоку и Југозападу. Топлотна енергија из соларних термалних колектора може да служи поред покривања потреба за санитарну топлу воду и за подршку грејању. Из тог разлога разматран је максимални могући добитак топлотне енергије из термалних колектора, када су све површине покривене соларним колекторима.

7.3.3. Друго унапређење

Друго унапређење подразумева изградњу енергетског система базираних на соларним колекторима на осталним кровним површинама. То су источно и западно оријентисане површине кровова (просторна оријентација у опсегу азимутног угла -45° до -90° и 45° до 90°).

7.3 Improvement measures of heat generation from solar collectors in school buildings in Serbia

7.3.1 State of affairs

The application of solar energy systems in public buildings is practically negligible in our practice, so this is also the case with school, gym and kindergarten buildings.

7.3.2 Improvement 1

Improvement 1 implies the construction of a solar energy system based on the implementation of solar collectors in available roof surfaces with the best spatial orientation from the aspect of total annual solar radiation. These are flat roof surfaces and surfaces facing South, Southeast and Southwest. The heat from solar thermal collectors may serve as support to heating, along with covering domestic hot water demand. This is the reason why we have considered the maximum potential heat gain from thermal collectors, when all surfaces are covered by solar collectors.

7.3.3. Improvement 2

Improvement 2 implies construction of energy system based on solar collectors in other roof surfaces. These are East and West oriented roof surfaces (spatial orientation in the azimuth angle range of -45° do -90° and 45° to 90°).

7.3.4 Процена ефеката изградње енергетског система са соларним колекторима у школским објектима у Србији

У националној типологији школских објеката у Републици Србији дефинисани су типови и подтипови школа. Типологија није обухватила параметре који су битни за изградњу енергетског система са соларним термалним колекторима, тако да се не може узети као репрезентативна за сагледавање погодности школских објеката у погледу изградње енергетског система са соларним колекторима. У табели 18. приказани су геометријски параметри битни за сагледавање капацитета за изградњу енергетског система базираног на примени соларних термалних колектора, на типовима школа дефинисаних у националној типологији. Табела је проширена са три школске фискултурне сале.

Табела 18. Геометријски параметри битни за сагледавање капацитета за изградњу енергетског система са термалним колекторима на типовима школа дефинисаних у националној типологији проширеној са три типа школских фискултурних сала

7.3.4 Impact assessment of construction of solar collector energy systems in school buildings in Serbia

The national typology of school buildings in the Republic of Serbia defines types and subtypes of schools. The typology did not take into account the parameters relevant for the construction of an energy system with solar thermal collectors, so it can not be perceived as representative for grasping the advantages of school buildings in regard to solar collector energy system construction. Table 18 shows geometric parameters relevant for understanding the capacity for the construction of energy system based on implementation of solar thermal collectors, on the types of schools defined in the national typology. The Table is extended by three school gyms.

Table 18. Geometric parameters relevant for understanding the capacity for construction of energy system with thermal collectors on types of schools defined in the national typology extended by three types of school gyms

ШКОЛЕ SCHOOLS	Укупна површина косог крова (m ²) Total pitched roof area (m ²)	Нагибни угао Tilt angle	Површина равнор крова (m ²) Flat roof area (m ²)	Расположиве површине по оријентацијама (m ²) Available areas by orientation (m ²)				
				E	SE	S	SW	W
Разматрано у унапређењу 2 Considered in Improvement 2								
A1	325	30°		47,5		115		47,5
A2	768	35°			266		94	
A2pt	2.095	35°		1.095		50		900
A3	890	42°			293		152	
A3pt	1.300	35°		425		212		425
B1	189	42°				93		
B2	515	6°					280	
B3	300	10°	766	150		581		150
C1	211	30°					70	
C2	214	30°	506	140		506		74
C3	1.790	18°				605		

C3pt			1.700			1.615		
D3			1.760			1.760		
САЛЕ GYMS								
01			371			371		
02	972	24°(W) 16°(E)		731				214
03	538	6°	260		269	260	269	

7.3.4.1. Процена ефеката унапређења 1 - изградње енергетског система са соларним термалним колекторима

У табели 19. приказана је могућа инсталисана површина соларних термалних колектора на крововима одабраних школа и спортских хала, са минималном величином танка. У овоме унапређењу разматране су површине кровова просторно оријентисане ка Југу, Југоистоку и Југозападу. Сви прорачуни су рађени са претпоставком да се школе налазе у региону Београда.

Табела 19. Могућа инсталисана површина колектора на крововима школа и спортских сала

ШКОЛЕ SCHOOLS	Укупна површина косог крова (m ²) Total pitched roof area (m ²)	Нагибни угао Tilt angle	Површина равног крова (m ²) Flat roof area (m ²)	Површина колектора (m ²) Collector area (m ²)				
				E	SE	S	SW	W
					Разматрано у унапређењу 1 Considered in Improvement 1			
				Разматрано у унапређењу 2 Considered in Improvement 2				
A1	325	30°				96,75		
A2	768	35°			224,18		77,87	
A2pt	2.095	35°				40,17		
A3	890	42°			245,42		127,43	
A3pt	1.300	35°				176,98		
B1	189	42°				77,87		
B2	515	6°					235,98	
B3	300	10°	766			254,86		
C1	211	30°					58,99	
C2	214	30°	506			221,82		
C3	1.790	18°				509,72		
C3pt			1.700			710,30		

7.3.4.1. Impact assessment of Improvement 1- construction of solar thermal collector energy system

Table 19 shows the potential installed surface of solar thermal collectors on roofs of selected schools and gyms, with minimum tank size. In this Improvement scenario, roof surfaces spatially oriented towards the South, Southeast and Southwest were considered. All calculations were done on the assumption that schools are located in the Belgrade region.

Table 19. Potential installed collector surface on school and gym roofs

D3			1.760			774,01		
САЛЕ GYMS								
01			371			162,83		
02	972	24° (W) 16° (E)						
03	538	6°	260		226,54	113,27	226,54	

У табели 20. на основу приказане методологије у претходним поглављима, израчуната је очекивана производња топле воде на годишњем нивоу, као и могуће смањење емисије CO₂ у зависности од супституције врсте фосилног горива, док је у табели 21. приказана цена коштања енергетског система из унапређења 1. У цену енергетског система укључена је цена опреме (колектори, танк и пратећа опрема) као и цена инсталационе опреме.

Based on the methodology presented in the previous sections, Table 20 shows the calculated expected annual domestic hot water production, same as potential CO₂ emission reduction depending on the fossil fuel substitution, whereas Table 21 shows the cost price of energy system referred to in the Improvement 1 scenario. The energy system price includes the cost of equipment (collectors, tank and supporting equipment) and the equipment installation cost.

Табела 20. Производња топлотне енергије и могуће смањење емисије CO₂

Table 20. Heat generation and potential CO₂ emission reduction

ШКОЛЕ SCHOOLS	Укупна производња топлотне енергије (kWh/p/a) Total generation of heat (kWh/p/a)	Врста енергента који се супституише Type of fuel being substituted		
		Угаљ (kgCO ₂ /god) Coal (kgCO ₂ /p/a)	Гас (kgCO ₂ /god) Gas (kgCO ₂ /p/a)	Мазут (kgCO ₂ /god) Heavy oil (kgCO ₂ /p/a)
A1	56.068	24.053	12.335	18.839
A2	161.739	69.386	35.583	54.344
A2pt	23.365	10.023	5.140	7.850
A3	198.248	85.048	43.615	66.611
A3pt	103.079	44.221	22.677	34.635
B1	45.037	19.321	9.908	15.132
B2	119.023	51.061	26.185	39.992
B3	148.583	63.742	32.688	49.924
C1	31.590	13.552	6.950	10.614
C2	129.321	55.479	28.451	43.452
C3	286.170	122.767	62.957	96.153
C3pt	414.105	177.651	91.103	139.139
D3	451.248	193.585	99.275	151.619
САЛЕ GYMS				
01	94.928	40.724	20.884	31.896
02				
03	284.603	122.095	62.613	95.627

Табела 21. Цена коштања енергетског система, Table 21. Energy system cost price, Improvement 1
унапређење 1

ШКОЛЕ SCHOOLS	Површина колектора (m ²) Collector area (m ²)	Запремина танка (l) Tank volume (l)	Цена коштања енергетског система (EUR) Cost price of energy system (EUR)
A1	96,75	4.840	37.751
A2	301,98	15.102	100.474
A2pt	40,17	2.006	17.727
A3	372,85	18.642	120.446
A3pt	176,98	8.849	63.458
B1	77,87	3.884	31.322
B2	235,98	11.799	81.272
B3	254,86	12.743	86.834
C1	58,99	2.950	24.668
C2	221,82	11.091	77.061
C3	509,72	25.486	157.608
C3pt	710,30	35.515	209.659
D3	774,01	38.701	225.733
САЛЕ GYMS			
01	162,83	8.142	59.070
02			
03	566,35	28.318	172.554

7.3.4.2. Процена ефеката унапређења 2 - изградње енергетског система са соларним термалним колекторима

У табели 22. приказана је могућа инсталисана површина соларних термалних колектора на крововима одабраних школа и спортских хала, са минималном величином танка. У овоме унапређењу разматране су површине кровова просторно орјентисане ка Југу, Југоистоку, Југозападу, Истоку и Западу.

Табела 22. Могућа инсталисана површина колектора на крововима школа и сала

ШКОЛЕ SCHOOLS	Укупна површина косог крова (m ²) Total pitched roof area (m ²)	Нагибни угао Tilt angle	Површина равнoг крова (m ²) Flat roof area (m ²)	Површина колектора (m ²) Collector area (m ²)					
				E	SE	S	SW	W	
				Разматрано у унапређењу 1 Considered in Improvement 1					Разматрано у унапређењу 2 Considered in Improvement 2

7.3.4.2. Impact assessment of Improvement 2 - construction of solar thermal collector energy system

Table 22 shows the potential installed surface of solar thermal collectors on roofs of selected schools and gyms, with minimum tank size. In this Improvement scenario, roof surfaces spatially oriented towards the South, Southeast, Southwest, East and West were considered.

Табела 22. Potential installed collector area on school and gym roofs

A1	325	30°		37,76		96,75		37,76
A2	768	35°			224,18		77,87	
A2pt	2.095	35°		922,68		40,17		757,49
A3	890	42°			245,42		127,43	
A3pt	1.300	35°		356,33		176,98		356,33
B1	189	42°				77,87		
B2	515	6°					235,98	
B3	300	10°	766	125,1		254,86		125,1
C1	211	30°					58,99	
C2	214	30°	506	118		221,82		61,35
C3	1.790	18°				509,72		
C3pt			1.700			710,30		
D3			1.760			774,01		
САЛЕ GYMS								
O1			371			162,83		
O2	972	24° (W) 16° (E)		615,91				179,34
O3	538	6°	260		226,54	113,27	226,54	

У табели 23. на основу приказане методологије у претходним поглављима израчуната је очекивана производња топле воде на годишњем нивоу као и могуће смањење емисије CO₂ у зависности од супституције врсте фосилног горива, док је у табели 24. приказана цена коштања енергетског система из унапређења 2. У цену енергетског система укључена је цена опреме (колектори, танк и пратећа опрема) као и цена инсталисања опреме.

Based on the methodology presented in the previous sections, Table 23 shows the calculated expected annual domestic hot water production, same as potential CO₂ emission reduction depending on the fossil fuel substitution, whereas Table 24 shows the cost price of energy system referred to in the Improvement 2 scenario. The energy system price includes the cost of equipment (collectors, tank and supporting equipment) and the equipment installation cost.

Табела 23. Производња топлотне енергије и могуће смањење емисије CO₂

Table 23. Heat generation and potential CO₂ emission reduction

ШКОЛЕ SCHOOLS	Укупна производња топлотне енергије (kWh/god) Total generation of heat (kWh/p/a)	Врста енергента који се супституише Type of fuel being substituted		
		Угаљ (kgCO ₂ /god) Coal (kgCO ₂ /p/a)	Гас (kgCO ₂ /god) Gas (kgCO ₂ /p/a)	Мазут (kgCO ₂ /god) Heavy oil (kgCO ₂ /p/a)
A1	92.214	39.560	20.287	30.984
A2	161.739	46.619	23.907	36.513
A2pt	810.141	347.551	178.231	272.207
A3	198.247	85.048	43.615	66.611
A3pt	436.796	358.016	183.598	280.404
B1	45.037	15.223	7.806	11.923

B2	119.023	51.061	26.185	39.992
B3	273.998	117.545	60.280	92.063
C1	31.590	13.552	6.950	10.614
C2	215.169	92.308	47.337	72.297
C3	286.170	122.767	62.957	96.153
C3pt	414.105	177.651	91.103	139.139
D3	451.248	193.585	99.275	151.619
САЛЕ GYMS				
O1	94.928	40.724	20.884	31.896
O2	389.766	167.210	85.749	130.961
O3	284.603	93.765	48.084	73.438

Табела 24. Цена коштања енергетског система, Table 24. Energy system cost price, Improvement 2
унапређење 2

ШКОЛЕ SCHOOLS	Површина колектора (m ²) Collector area (m ²)	Запремина танка (l) Tank volume (l)	Цена коштања енергетског система (EUR) Cost price of energy system (EUR)
A1	172,26	8.613	62.002
A2	301,98	15.103	100.474
A2pt	1.720,29	86.015	448.633
A3	372,85	18.642	120.446
A3pt	889,64	44.482	254.448
B1	77,87	3.894	31.322
B2	235,98	11.799	81.272
B3	504,99	25.250	156.351
C1	58,99	2.950	24.668
C2	401,16	20.058	128.272
C3	509,72	25.486	157.607
C3pt	710,30	35.515	209.659
D3	774,01	38.701	225.733
САЛЕ GYMS			
O1	162,83	8.141	59.068
O2	795,25	39.763	231.051
O3	566,35	28.318	172.555

7.4 Мере унапређења производње топлотне енергије из енергетског система са соларним колекторима у објектима предшколских установа у Србији

7.4.1 Постојеће стање

Примена соларних енергетских система на јавним објектима практично је занемарљива, што је случај и са предшколским установама.

7.4.2 Прво унапређење

Прво унапређење подразумева изградњу соларног енергетског система базираног на примени термалних колектора на расположивим кровним површинама које имају најбољу просторну оријентацију са аспекта укупног годишњег Сунчевог зрачења. То су равне површине кровова и површине чија је просторна оријентација ка Југу, Југоистоку и Југозападу. Разматран је максимални могући добитак топлотне енергије из термалних колектора, када су све површине покривене соларним колекторима.

7.4.3 Друго унапређење

Друго унапређење подразумева изградњу енергетског система базираних на соларним колекторима на осталним кровним површинама. То су источно и западно оријентисане површине кровова, просторна оријентација у опсегу азимутног угла (-90° и 90°). У овоме унапређењу соларни колектори су постављени на свим расположивим површинама кровова.

7.4.4 Процена ефеката изградње енергетског система са соларним колекторима у предшколским објектима у Србији

У националној типологији предшколских објеката у Републици Србији дефинисани су типови и подтипови предшколских објеката.

7.4 Improvement measures of heat generation by solar collector energy system in kindergarten buildings in Serbia

7.4.1 State of affairs

The solar energy system implementation in public buildings is practically negligible, which is also the case with kindergartens.

7.4.2 Improvement 1

Improvement 1 implies the construction of a solar energy system based on the implementation of solar collectors on available roof surfaces with the best spatial orientation from the aspect of total annual solar radiation. These are flat roof surfaces and surfaces facing South, Southeast and Southwest. We have considered the maximum potential heat gain from thermal collectors, when all surfaces are covered by solar collectors.

7.4.3 Improvement 2

Improvement 2 implies construction of energy systems based on solar collectors on other roof surfaces. These are East and West oriented roof surfaces, spatial orientation in the azimuth angle range (-90° i 90°). Under this Improvement, solar collectors are installed on all available roof surfaces.

7.4.4 Impact assessment of construction of solar collector energy systems in kindergarten buildings in Serbia

The national typology of kindergarten buildings in the Republic of Serbia defines types and subtypes of kindergarten buildings. The typology did not take into account the parameters relevant for the construction of an energy system with solar thermal collectors, so it can not be perceived as representative for grasping the advantages for kindergarten buildings in regard to solar collector energy system

Типологија није обухватила параметре који су битни за изградњу енергетског система са соларним термалним колекторима, тако да се не може узети као репрезентативна за сагледавање погодности предшколских објеката у погледу изградње енергетског система са соларним колекторима. У табели 25. приказани су геометријски параметри битни за сагледавање капацитета за изградњу енергетског система базираног на примени соларних термалних колектора, на типовима предшколских објеката дефинисаним у националној типологији.

Табела 25. Геометријски параметри битни за сагледавање капацитета за изградњу енергетског система са термалним колекторима на предшколским установама дефинисаним у националној типологији

ВРТИЋ KINDERGARTEN	Укупна површина косог крова (m ²) Total pitched roof area (m ²)	Нагибни угао Tilt angle	Површина равног крова (m ²) Flat roof area (m ²)	Површине по оријентацијама (m ²) Areas by orientation (m ²)				
				E	SE	S	SW	W
				Разматрано у унапређењу 1 Considered in Improvement 1				
Разматрано у унапређењу 2 Considered in Improvement 2								
A1	989	30°		208		35		200
A2	278	25°			52		103	
B1	230	20°			85		30	
B2a	646	20°		104	47	122	116	135
B2b	587	15° (W) 10° (E)		362				225
C1	281	16°				146		
C2	1.160	18°					305	
C3	1.402	30°			571			
D2			1.002			1.002		
D3			1.435			1.355		

construction. Table 25 shows geometric parameters relevant for understanding the capacity for the construction of energy system based on implementation of solar thermal collectors, on the types of kindergartens defined in the national typology.

Table 25. Geometric parameters relevant for understanding the capacity for construction of energy system with thermal collectors on types of kindergartens defined in the national typology

7.4.4.1. Процена ефеката унапређења 1 - изградње енергетског система са соларним термалним колекторима

У табели 26. приказана је могућа инсталисана површина соларних термалних колектора на крововима одабраних предшколских установа. У овоме унапређењу разматране су површине

7.4.4.1. Impact assessment of Improvement 1- construction of solar thermal collector energy system

Table 26 shows the potential installed surface of solar thermal collectors on roofs of selected kindergartens. In this Improvement scenario, roof surfaces spatially oriented towards the South, Southeast and Southwest were considered. All calculations were

кровова просторно орјентисаних ка југу, југоистоку и југозападу. Сви прорачуни су рађени са претпоставком да се предшколске установе налазе у региону Београда.

done on the assumption that kindergartens are located in the Belgrade region.

Табела 26. Могућа инсталисана површина колектора на крововима предшколских установа

Table 26. Potential installed collector area on kindergarten roofs

ВРТИЋ KINDERGARTEN	Укупна површина косог крова (m ²) Total pitched roof area (m ²)	Нагибни угао Tilt angle	Површина равног крова (m ²) Flat roof area (m ²)	Површина колектора (m ²) Collector area (m ²)				
				E	SE	S	SW	W
				Разматрано у унапређењу 1 Considered in Improvement 1				
Разматрано у унапређењу 2 Considered in Improvement 2								
A1	989	30°				30,68		
A2	278	25°			44,84		87,31	
B1	230	20°			70,79		25,96	
B2a	646	20°			40,12	103,83	96,75	
B2b	587	15° (W) 10° (E)						
C1	281	16°				123,05		
C2	1.160	18°					257,05	
C3	1.402	30°			481,40			
D2			1.002			441,43		
D3			1.435			597,03		

У табели 27. на основу приказане методологије у претходним поглављима дата је очекивана производња топле воде на годишњем нивоу као и могуће смањење емисије CO₂ у зависности од супституције врсте фосилног горива, док је у табели 28. приказана цена коштања енергетског система из унапређења 1. У цену енергетског система укључена је цена опреме (колектори, танк и пратећа опрема) као и цена инсталисања опреме.

Based on the methodology presented in the previous sections, Table 27 shows the calculated expected annual domestic hot water production, same as potential CO₂ emission reduction depending on the fossil fuel substitution, whereas Table 28 shows the cost price of energy system referred to in the Improvement 1 scenario. The energy system price includes the cost of equipment (collectors, tank and supporting equipment) and the equipment installation cost.

Табела 27. Производња топлотне енергије и могуће смањење емисије CO₂

Table 27. Heat generation and potential CO₂ emission reduction

ВРТИЋ KINDERGARTEN	Укупна производња топлотне енергије (kWh/god) Total generation of heat (kWh/p/a)	Врста енергента који се супституише Type of fuel being substituted		
		Угаљ (kgCO ₂ /god) Coal (kgCO ₂ /p/a)	Гас (kgCO ₂ /god) Gas (kgCO ₂ /p/a)	Мазут (kgCO ₂ /god) Heavy oil (kgCO ₂ /p/a)
A1	17.779	7.627	3.911	5.974
A2	70.407	30.205	15.489	23.657

B1	50.925	21.847	11.203	17.111
B2a	130.335	55.914	28.674	66.611
B2b				
C1	67.362	28.898	14.820	22.634
C2	135.023	57.925	29.705	45.368
C3	257.772	110.584	56.710	86.611
D2	257.354	110.405	56.618	86.471
D3	348.069	149.322	76.575	116.951

Табела 28. Цена коштања енергетског система, Table 28. Energy system cost price, Improvement 1
унапређење 1

ВРТИЋ KINDERGARTEN	Укупна површина инсталираних колектора (m ²) Total installed collectors area (m ²)	Минимална запремина танка (l) Minimum tank volume (l)	Цена коштања енергетског система (EUR) Cost price of energy system (EUR)
A1	30,68	1.534	14.058
A2	132,15	6.607	49.361
B1	96,75	4.838	37.752
B2a	240,70	12.035	82.669
B2b			
C1	123,05	6.153	46.424
C2	257,05	1.286	87.477
C3	481,40	24.070	150.047
D2	441,43	22.072	139.269
D3	597,03	29.852	180.563

7.4.4.2. Унапређење 2

Друго унапређење подразумева изградњу енергетског система базираног на соларним колекторима на осталним кровним површинама. То су источно и западно оријентисане површине кровова, просторна оријентација у опсегу азимутног угла (-90° и 90°). У овом унапређењу соларни колектори су постављени на свим расположивим површинама кровова. У табели 29. приказана је могућа инсталисана површина соларних термалних колектора на крововима одабраних предшколских установа. Сви прорачуни су рађени са претпоставком да се предшколске установе налазе у региону Београда.

У табели 30. на основу приказане методологије у претходним поглављима, дата је очекивана производња топле воде на годишњем нивоу као

7.4.4.2. Improvement 2

Improvement 2 implies construction of energy systems based on solar collectors on other roof surfaces. These are East and West oriented roof surfaces, spatial orientation in the azimuth angle range (-90° i 90°). Under this Improvement, solar collectors are installed on all available roof surfaces. Table 29 shows the potential installed surface of solar thermal collectors on roofs of selected kindergartens. All calculations were done on the assumption that kindergartens are located in the Belgrade region.

Based on the methodology presented in the previous sections, Table 30 shows the calculated expected annual domestic hot water production, same as potential CO₂ emission reduction depending on the fossil fuel substitution, whereas Table 31 shows the cost price of energy system referred to in the

и могуће смањење емисије CO₂ у зависности од супституције врсте фосилног горива, док је у табели 31. приказана цена коштања енергетског система из унапређења 2. У цену енергетског система укључена је цена опреме (колектори, танк и пратећа опрема) као и цена инсталације опреме.

Improvement 2 scenario. The energy system price includes the cost of equipment (collectors, tank and supporting equipment) and the equipment installation cost.

Табела 29. Могућа инсталисана површина колектора на крововима предшколских установа

Table 29. Potential installed collector surface on kindergarten roofs

ВРТИЋ KINDERGARTEN	Укупна површина косог крова (m ²) Total pitched roof area (m ²)	Нагибни угао Tilt angle	Површина равнoг крова (m ²) Flat roof area (m ²)	Површина колектора (m ²) Collector area (m ²)				
				E	SE	S	SW	W
					Разматрано у унапређењу 1 Considered in Improvement 1			
Разматрано у унапређењу 2 Considered in Improvement 2								
A1	989	30°		174,63		30,68		167,55
A2	278	25°			44,84		87,31	
B1	230	20°			70,79		25,96	
B2a	646	20°		87,65	40,12	103,83	96,75	113,27
B2b	587	15° (W) 10° (E)		304,41				188,78
C1	281	16°				123,05		
C2	1.160	18°					257,05	
C3	1.402	30°			481,4			
D2			1.002			441,43		
D3			1.435			597,03		

Табела 30. Производња топлотне енергије и могуће смањење емисије CO₂

Table 30. Heat generation and potential CO₂ emission reduction

ВРТИЋ KINDERGARTEN	Укупна производња топлотне енергије (kWh/god) Total generation of heat (kWh/p/a)	Врста енергента који се супституише Type of fuel being substituted		
		Угаљ (kgCO ₂ /god) Coal (kgCO ₂ /p/a)	Гас (kgCO ₂ /god) Gas (kgCO ₂ /p/a)	Мазут (kgCO ₂ /god) Heavy oil (kgCO ₂ /p/a)
A1	181.568	77.893	39.945	61.007
A2	70.407	30.205	15.490	23.657
B1	50.925	21.847	11.203	17.111
B2a	230.218	98.764	50.648	77.353
B2b	246.416	105.712	54.212	82.796
C1	67.362	28.898	14.820	22.634
C2	135.023	57.925	29.705	45.368
C3	257.772	110.584	56.710	86.612
D2	257.354	110.405	56.618	86.471
D3	348.069	149.321	76.575	116.951

Табела 31. Цена коштања енергетског система, унапређење 2 Table 31. Energy system cost price, Improvement 2

ВРТИЋ KINDERGARTEN	Укупна површина инсталисних колектора (m ²) Total installed collectors area (m ²)	Минимална запремина танка (l) Minimum tank volume (l)	Цена коштања енергетског система (EUR) Cost price of energy system (EUR)
A1	372,85	18.642	120.446
A2	132,15	6.607	49.361
B1	96,75	4.838	37.752
B2a	441,62	22.081	139.321
B2b	493,20	24.660	153.204
C1	123,05	6.152	46.424
C2	257,06	12.853	87.477
C3	481,40	24.070	150.047
D2	441,43	22.072	139.269
D3	597,03	29.851	180.563

7.5 Процена ефеката изградње енергетског система са соларним термалним колекторима на школским објектима на нивоу Србије

На основу прорачуна производње на крововима типских школских објеката у претходним поглављима извршена је процена ефеката изградње енергетског система са соларним термалним колекторима на нивоу свих школских објеката у Србији. С обзиром да нису били доступни статистички подаци о геометријским елементима и расположивим површинама за кровове школских објеката, процене производње су извршене уз уважавање следеће претпоставке, да су расположиве површине и нагибни углови кровова свих објеката у оквиру једне категорије исти, као и оријентација кровова.

Поред наведених претпоставки, усвојено је да је соларне колекторе погодно поставити на 80% објеката у свакој од категорија дефинисаних националном типологијом. Преосталих 20% објеката се сматра непогодним за инсталацију термалних колектора због нерасположивости кровне површине, комплексне геометрије или присуства сенке од околних објеката. У табели 32 дати су подаци прорачуна ефеката инсталације соларних колектора на школским објектима у

7.3.7.5 Impact assessment of construction of solar thermal collector energy systems in school buildings in Serbia

Based on the production calculation on the roofs of typical school buildings presented in previous sections, the assessment of the energy system with solar thermal collectors was performed at the level of all school buildings in Serbia. Given that not all statistical data on geometric elements and available surfaces for roofs of school buildings was available, the production estimation was done taking into account the following assumptions, that available surfaces and roof slope angles in all buildings within a single category were the same, same as roof orientation.

In addition to said assumptions, it was adopted that solar collectors were to be installed in 80% of the buildings in each category defined by the national typology. The remaining 20% of buildings are considered unsuitable for installation of thermal collectors due to unavailability of roof area, complex geometry or shading from surrounding buildings. Table 32 shows the data referring to calculation of effects of installation of solar collectors in school buildings in Serbia after implementing Improvement 1 measures, and Table 33 after implementing Improvement 2 measures.

Србији након примене мере унапређења 1, а у табели 33 након примене мере унапређења 2.

Табела 32. Основни параметри ефеката изградње соларних колектора на одабраним школским објектима према унапређењу 1

Table 32. Basic parameters of the effect of solar collector construction in selected school buildings based on the Improvement 1

ТИП ШКОЛЕ TYPE OF SCHOOL	Број школа Number of schools	Годишња производња топлотне енергије (GWhт/god) Annual heat generation (GWhт/p/a)	Укупна инвестиција за изградњу енергетског система (милиона Евра) Total investment in energy system construction (In mil. EUR)	Врста енергетнта који се супституише Type of fuel being substituted		
				Угаљ (tCO ₂ /god) Coal (tCO ₂ /p/a.)	Гас (tCO ₂ /god) Gas (tCO ₂ /p/a.)	Мазут (tCO ₂ /god) Heavy oil (tCO ₂ /p/a.)
A1	596	26,73	17,99	11.468	5.881	8.982
A2	300	38,82	24,11	16.652	8.539	13.042
A3	242	38,38	23,32	16.465	8.443	12.895
B1	664	23,92	16,64	10.263	5.263	8.038
B2	449	42,75	29,19	18.341	9.405	14.365
B3	538	63,95	37,37	27.434	14.068	21.487
C1	337	8,52	6,65	3.653	1.873	2.861
C2	274	28,35	16,89	12.160	6.236	9.524
C3	413	94,55	52,07	40.562	20.800	31.768
D3	77	27,80	13,91	11.924	6.115	9.339
Укупно	3.890	393,77	238,16	168.927	86.629	132.000

Табела 33. Основни параметри ефеката изградње соларних колектора на одабраним школским објектима према унапређењу 2

Table 33. Basic parameters of the effect of solar collector construction in selected school buildings based on the Improvement 2

ТИП ШКОЛЕ TYPE OF SCHOOL	Број школа Number of schools	Годишња производња топлотне енергије (GWhт/god) Annual heat generation (GWhт/p/a)	Укупна инвестиција за изградњу енергетског система (милиона Евра) Total investment in energy system construction (In mil. EUR)	Врста енергетнта који се супституише Type of fuel being substituted		
				Угаљ (tCO ₂ /god) Coal (tCO ₂ /p/a.)	Гас (tCO ₂ /god) Gas (tCO ₂ /p/a.)	Мазут (tCO ₂ /god) Heavy oil (tCO ₂ /p/a.)
A1	596	43,97	29,56	18.862	9.672	14.773
A2	300	38,82	24,11	11.188	5.737	8.763
A3	242	38,38	23,32	16.465	8.443	12.895
B1	664	23,92	16,64	8.086	4.146	6.333
B2	449	42,75	29,19	18.341	9.405	14.365
B3	538	118,00	67,29	50.591	25.944	39.623
C1	337	8,57	6,65	3.653	1.873	2.861
C2	274	47,16	28,12	20.233	10.376	15.847
C3	413	94,55	52,07	35.491	18.201	27.797
D3	77	27,80	13,90	11.924	6.115	9.339
Укупно	3.890	483,80	290,86	194.839	99.917	153.000

7.6 Процена ефеката изградње енергетског система са соларним термалним колекторима на предшколским објектима на нивоу Србије

На основу прорачуна производње на крововима типских предшколских објеката у претходним поглављима, извршена је процена ефеката изградње енергетског система са соларним термалним колекторима на нивоу свих предшколских објеката у Србији. С обзиром да нису били доступни статистички подаци о геометријским елементима и расположивим површинама за кровове предшколских објеката, процене производње су извршене уз уважавање следеће претпоставке, да су расположиве површине и нагибни углови кровова свих објеката у оквиру једне категорије исти, као и оријентација кровова.

Поред наведених претпоставки, усвојено је да је соларне колекторе погодно поставити на 75% објеката у свакој од категорија дефинисаних националном типологијом. Преосталих 25 % објеката се сматра непогодним за инсталацију термалних колектора због нерасположивости кровне површине, комплексне геометрије или присуства сенке од околних објеката.

У табели 34 дати су подаци прорачуна ефеката инсталације соларних колектора на предшколским објектима у Србији након примене мере унапређења 1, а у табели 35 након примене мера из унапређења 2.

Табела 34. Основни параметри ефеката изградње соларних колектора на одабраним предшколским објектима према унапређењу 1

ТИП ВРТИЋА TYPE OF KINDERGARTEN	Број вртића Number of kindergartens	Годишња производња топлотне енергије (GWh/t/god) Annual heat generation (GWh/t/p/a)	Укупна инвестиција за изградњу енергетског система (милиона Евра) Total investment in energy system construction (In mil. EUR)	Врста енергетна који се супституише Type of fuel being substituted		
				Угаљ (tCO ₂ /god) Coal (tCO ₂ /p/a.)	Гас (tCO ₂ /god) Gas (tCO ₂ /p/a.)	Мазут (tCO ₂ /god) Heavy oil (tCO ₂ /p/a.)
A1	236	3,15	2,49	1.350	692	1.057
A2	100	5,28	3,70	2.265	1.161	1.774
B1	184	7,03	5,21	3.014	1.546	2.361

7.3.7.5 Impact assessment of construction of solar thermal collector energy systems in kindergarten buildings in Serbia

Based on the production calculation on the roofs of typical kindergarten buildings presented in previous sections, the assessment of the energy system with solar thermal collectors was performed at the level of all kindergarten buildings in Serbia. Given that not all statistical data on geometric elements and available surfaces for roofs of kindergarten buildings was available, the production estimation was done taking into account the following assumptions, that available surfaces and roof slope angles in all buildings within a single category were the same, same as roof orientation.

In addition to said assumptions, it was adopted that solar collectors were to be installed in 75% of the buildings in each category defined by the national typology. The remaining 25 % of buildings are considered unsuitable for installation of thermal collectors due to unavailability of roof area, complex geometry or shading from surrounding buildings.

Table 34 shows the data referring to calculation of effects of installation of solar collectors in kindergarten buildings in Serbia after implementing Improvement 1 measures, and Table 35 after implementing Improvement 2 measures.

Table 34. Basic parameters of the effect of solar collector construction in selected kindergarten buildings based on the improvement 1

B2a	128	12,51	7,94	5.367	2.752	6.394
B2b	117					
C1	323	16,32	11,25	7.000	3.590	5.483
C2	897	90,84	58,85	38.969	19.984	30.521
C3	309	59,74	34,77	25.627	1.314	20.072
D2	187	36,09	19,53	15.484	7.940	12.127
D3	110	28,71	14,90	12.319	6.317	9.648
Укупно	2.591	259,67	158,63	111.398	42.068	89.440

Табела 35. Основни параметри ефекта изградње соларних колектора на одабраним предшколским објектима према унапређењу 2

Table 35. Basic parameters of the effect of solar collector construction in selected kindergarten buildings based on the Improvement 2

ТИП ВРТИЋА TYPE OF KINDERGARTEN	Број вртића Number of kindergartens	Годишња производња топлотне енергије (GWhт/god) Annual heat generation (GWhт/p/a)	Укупна инвестиција за изградњу енергетског система (милиона Евра) Total investment in energy system construction (In mil. EUR)	Врста енергетна који се супституише Type of fuel being substituted		
				Угаљ (tCO ₂ /god) Coal (tCO ₂ /p/a.)	Гас (tCO ₂ /god) Gas (tCO ₂ /p/a.)	Мазут (tCO ₂ /god) Heavy oil (tCO ₂ /p/a.)
A1	236	32,14	21,32	13.787	7.070	10.798
A2	100	5,28	3,70	2.265	1.161	1.774
B1	184	7,03	5,21	3.014	1.546	2.361
B2a	128	22,10	13,37	9.481	4.862	7.425
B2b	117	21,62	13,44	9.276	4.757	7.265
C1	323	16,32	11,25	7.000	3.590	5.483
C2	897	90,84	58,85	38.969	19.984	30.521
C3	309	59,74	34,77	25.627	13.142	20.072
D2	187	36,09	19,53	15.484	7.940	12.127
D3	110	28,72	14,89	12.318	6.317	9.648
Укупно	2.591	319,87	196,35	137.225	69.326	107.477

8. ФОТОНАПОНСКИ СИСТЕМИ

Школски и предшколски објекти представљају значајан потенцијал за изградњу фотонапонских панела, који би били интегрисани у кровове ових објеката. С обзиром да су кровне површине пасивне, изградња фотонапонских система не нарушава функционалност објекта, нити на било који начин негативно утиче на околину. Инсталацијом фотонапонских система на крововима објеката у максимално могућој мери се приближавају производња и потрошња електричне енергије, па овакви системи обезбеђују значајно смањење губитака електричне енергије у преносној и дистрибутивној мрежи. Количина електричне енергије која се може добити из фотонапонских система пре свега зависи од дозрачене соларне енергије на локацији објекта који се анализира.

8.1 Соларни потенцијал србије

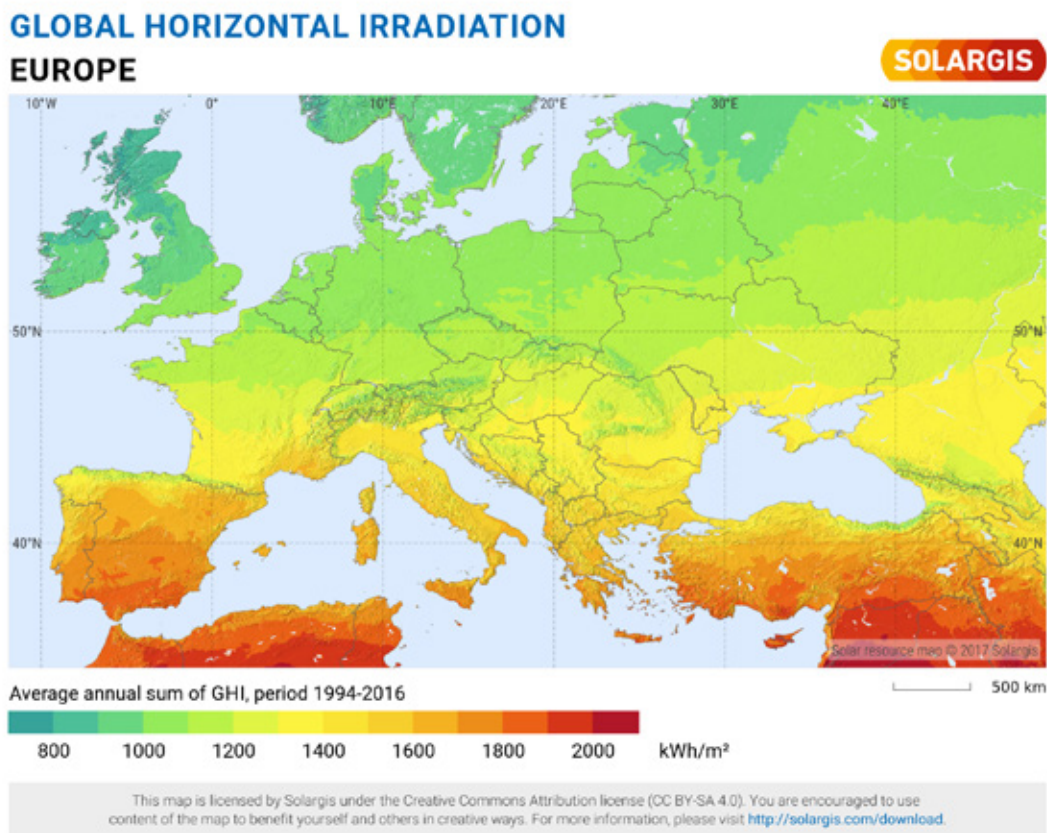
Снага соларног зрачења на површини Земље зависи од више фактора, а то су: географска ширина, облачност, годишње доба и доба дана. Реална слика просечне годишње инсолације на хоризонталној површини (Global Horizontal Irradiation – GHI) за Европу приказана је на слици 13.

8. PHOTOVOLTAIC SYSTEMS

School and kindergarten buildings represent a relevant potential for construction of photovoltaic panels, to be integrated into roofs of these buildings. Given that roof structures are passive, construction of photovoltaic systems does not interfere with the building functionality, not does it in any way adversely affect the environment. Installation of photovoltaic systems on building roofs brings the production and consumption of electricity closest possible, therefore such systems ensure significant reduction in electricity losses in transmission and distribution grids. The quantity of electricity that can be gained from the photovoltaic systems primarily depends on the radiated solar energy at the location of the building analysed.

8.1 SOLAR POTENTIAL IN SERBIA

The capacity of solar radiation on the Earth surface depends on multiple factors, such as: latitude, cloud cover, season and the time of the day. The actual picture of global horizontal irradiation- GHI for Europe is shown in Figure 13.



Слика 13. Соларни потенцијал Европе (преузето са <https://solargis.com/>)

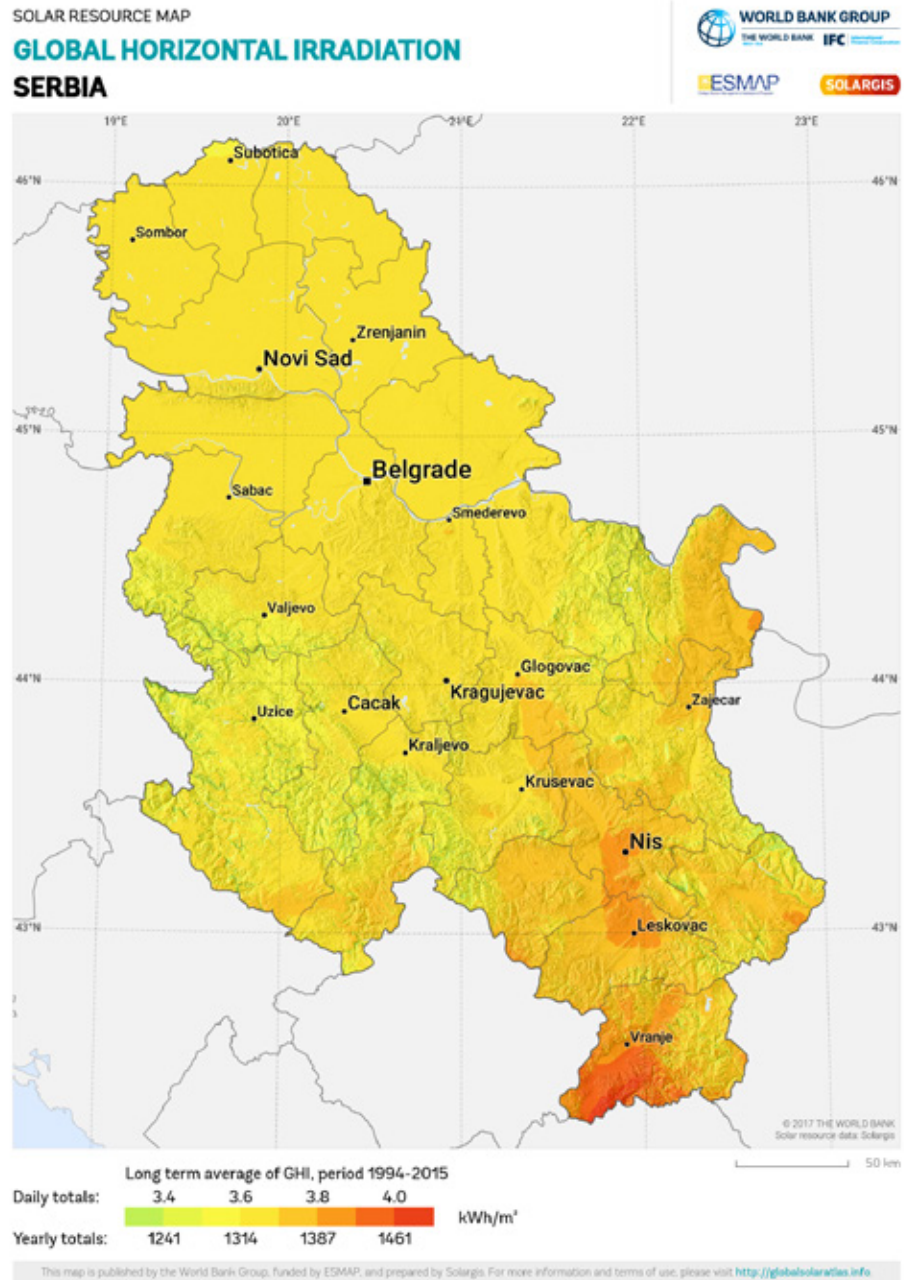
На основу слике 13 може се извести закључак да Србија има енергетски потенцијал соларног зрачења који је преко 30% већи од енергетског потенцијала соларног зрачења у Немачкој, која је лидер у производњи електричне енергије из фотонапонских система у Европи.

На слици 14. приказана је мапа глобалног потенцијала соларног зрачења на територији Републике Србије. Може се закључити да просечна годишња дозрачена енергија сунца по јединици хоризонталне површине на отвореном терену износи од 1450 kWh/m² на југу, до око 1250 kWh/m² на северу Србије.

Figure 13. Solar potential in Europe (taken from <https://solargis.com/>)

Figure 13 leads to the conclusion that Serbia has solar radiation energy potential which is over 30% higher than the energy potential of solar radiation in Germany, which is the leader in power generation from photovoltaic systems in Europe.

Figure 14 presents the map of solar radiation global potential in the territory of the Republic of Serbia. It may be concluded that average annual radiated solar energy per horizontal surface unit in the open terrain amounts to 1450 kWh/m² in the South, and up to cca. 1250 kWh/m² in the North of Serbia.



Слика 14. Соларни потенцијал Србије (преузето са <https://solargis.com/>)

Figure 14. Solar potential in Serbia (taken from <https://solargis.com/>)

8.2 Математички модел за процену производње електричне енергије кровно интегрисаних фотонапонских панела

8.2.1 Модел за процену дневног дијаграма производње електричне енергије кровно интегрисаних фотонапонских панела

Просечна електрична снага коју фотонапонски панел ињектира у дистрибутивну мрежу () у сваком сату i је дефинисана следећом релацијом:

$$P_{PVi} = \eta P_{PVSTC} \frac{I_{PVi}}{I_{STC}} \cdot (1 + \alpha_{TPV}(T_{PVi} - T_{STC}))$$

где су:

P_{PVSTC} – декларисана снага фотонапонских панела при стандардним тест условима (*Standard Test Conditions - STC*);

I_{PVi} – соларна ирадијација на површини фотонапонског панела у сату i ;

$I_{STC} = 1000 \text{ W/m}^2$ – соларна ирадијација која одговара STC;

η – степен искоришћења система;

α_{TPV} – температурни коефицијент промене ефикасности фотонапонског панела, типично износи $\alpha_{TPV} = -0.5 \text{ \%/}^\circ\text{C}$;

$T_{STC} = 25^\circ\text{C}$ – температура фотонапонског панела при STC;

T_{PVi} – температура панела у сату i .

Инсолација на површини панела у сату i зависи од географске позиције објекта, азимутног и алтитудног угла фотонапонског панела, облачности и сенке коју могу стварати околни објекти и брда. Укупни степен искоришћења система η уважава губитке услед запрљања панела, неупарености модула у стрингу, деградацију ефикасности панела у току експлоатације, губитака на инвертору и губитака у електричним везама. Типична вредност ефикасности система у просечној години експлоатације фотонапонског панела износи $\eta = 0,85\%$.

8.2 Mathematical model for the assessment of power generation by roof integrated photovoltaic panels

8.2.1 Model for assessment of a daily diagram of electrical power generation by roof integrated photovoltaic panels

The average power injected by the solar panel in distribution grid () in every hour i is defined by the following relation:

$$P_{PVi} = \eta P_{PVSTC} \frac{I_{PVi}}{I_{STC}} \cdot (1 + \alpha_{TPV}(T_{PVi} - T_{STC}))$$

where:

P_{PVSTC} – declared capacity of photovoltaic panels at Standard Test Conditions- STC;

I_{PVi} – solar irradiation on the photovoltaic panel surface in hour i ;

$I_{STC} = 1000 \text{ W/m}^2$ – solar irradiation corresponding to STC;

η – system efficiency level;

α_{TPV} – temperature coefficient of the photovoltaic panel efficiency change typically amounts to

$\alpha_{TPV} = -0.5 \text{ \%/}^\circ\text{C}$;

$T_{STC} = 25^\circ\text{C}$ – photovoltaic panel temperature at STC;

T_{PVi} – panel temperature in hour i .

Insolation at the panel surface in hour i depends on the geographic position of the building, azimuth and altitude angle of photovoltaic panel, cloud cover and shadow which may be cast by the surrounding buildings and hills. The total system efficiency level η takes into account losses due to fowling of the panel, mismatch between the string modules, degradation of the panel efficiency in the course of exploitation, losses at inverter and losses in electrical connections. Typical system efficiency value in an average year of the photovoltaic panel exploitation equals to $\eta = 0,85\%$.

Смањење ефикасности фотонапонске конверзије са порастом температуре је обухваћено са коефицијентом α_{TPV} . Процена температуре фотонапонског панела се обично врши на основу амбијенталне температуре према следећој релацији:

$$T_{PVi} = T_{ambi} + \left(\frac{NOCT-20}{800} \right) \cdot I_{PVi}$$

где је T_{ambi} - амбијентална температура у анализираном сату i .

Параметар *NOCT* (*Normal Operation Cell Temperature*) је температура соларног модула при амбијенталној температури од 20°C, соларној ирадијацији од 800 W/m² и брзини ветра од 1 m/s. Овај параметар се стандардно добија од произвођача фотонапонског модула. Његова типична вредност је NOCT=47°C.

За прецизне прорачуне производње фотонапонских панела и естимацију њихових дневних дијаграма производње потребно је поседовати податке о компонентама соларне ирадијације (директној и дифузионој) на циљној локацији, амбијенталној температури на месту анализираног објекта, гометријским елементима конструкције, засенчењу околних објеката, техничким параметрима фотонапонских модула и инвертора и експлоатационим условима.

8.2.2 Модел за процену укупне годишње производње електричне енергије кровно интегрисаних фотонапонских панела

Процена укупне годишње производње електричне енергије кровно интегрисаних фотонапонских панела може се извршити на основу доступних података о укупној инсолацији на хоризонталној површини, амбијенталној температури и просторној оријентацији фотонапонских панела. Развијено је више софтвера, који имају вишегодишње базе мерних података,

Reduction in the photovoltaic conversion efficiency with the temperature increase is covered by the coefficient α_{TPV} . The estimation of the photovoltaic panel temperature is usually performed based on the ambient temperature based on the following relation:

where T_{ambi} - is ambient temperature in analysed hour i .

The *NOCT* (*Normal Operation Cell Temperature*) parameter is the temperature of a solar module at ambient temperature of 20°C, solar irradiation of 800 W/m² and wind speed of 1 m/s. This parameter is generally provided by the photovoltaic module manufacturer. Its typical value is NOCT=47°C.

Accurate calculation of the photovoltaic panel production and estimation of their daily production diagrams requires data on the solar irradiation components (direct and diffuse) on the targeted location, ambient temperature in the analysed building position, geometric structure elements, shading by nearby buildings, technical parameters of photovoltaic modules and inverter and exploitation conditions.

8.2.2 Model for assessment of total annual electricity generation by roof integrated photovoltaic panels

The estimation of the total annual electricity generation by the roof integrated photovoltaic panels may be undertaken based on the available data on the total insolation on horizontal surface, ambient temperature and spatial orientation of photovoltaic panels. There are several softwares developed that include multiannual measuring data databases, which can be used to calculate annual production

помоћу којих је могуће извршити прорачун годишње производње фотонапонских панела. Један од често коришћених софтвера је PVGIS, чији је развој финансиран од стране Европска комисије. То је бесплатни онлине програм за прорачун Сунчевог потенцијала као и производње енергије самосталних или мрежно повезаних фотонапонских панела у Европи или Африци. Прорачун потенцијала и производње електричне енергије из фотонапонских система, на месечном или годишњем нивоу, врши се на основу задатог броја модула и њихове просторне оријентације.

Програм врши процену директне, дифузионе и рефлектоване компоненте соларног зрачења комбинујући модел при ведром дану (clear-day model) и реалне податке о укупној инсолацији, мерене под угловима од 0°, 15°, 25° и 40°. Програм садржи сателитски снимак терена који се анализира, тако да се приликом прорачуна ирадијације на површини фотонапонског панела узима у обзир и ефекат сенки које потичу од околних објеката и рељефа терена. Програм даје информације о средњој ирадијацији за сваки месец, као и за читаву годину.

8.3 Методологија за процену производње фотонапонских панела интегрисаних у кровове школских објеката у Србији

Школски објекти поседују значајан потенцијал за изградњу фотонапонских панела на својим крововима. С обзиром да су кровне површине пасивне, изградња фотонапонских система не нарушава функционалност објекта, нити на било који начин негативно утиче на околину. Осим локалне производње електричне енергије, изградњом фотонапонских система на крововима школских објеката постиже се и едукативан ефекат. У том погледу, препоручује се инсталација мерно-аквизиционог система који би мерне податке о параметрима производње фотонапонске електране и потрошње електричне енергије школе укључили у школске лабораторије и на тај начин приближили ђацима технологије и могућности подмиривања

of photovoltaic panels. One of the frequently used softwares is PVGIS, whose development was funded by the European Commission. This is a free-of-charge online software for calculation of solar potential and energy production from individual or photovoltaic panel network in Europe and Africa. Calculation of potentials and production of electricity from photovoltaic systems, on a monthly or annual level, is conducted based on the set number of modules and their spatial orientation.

The software assesses direct, diffuse and reflected components of solar radiation by combining the clear-day model and actual data on the total insolation measured at 0°, 15°, 25° and 40° angles. The software contains satellite imaging of the terrain subject to analysis, so when calculating irradiation on the photovoltaic panel surface it takes into account the effect of shadows cast by the nearby buildings and terrain relief. The software provides information on average irradiation for each month, and for the entire year as well.

8.3 Methodology for the assessment of photovoltaic panels production integrated in the roofs of school buildings in the republic of Serbia

School buildings hold a significant potential for construction of photovoltaic panels on their roofs. Given that roof structures are passive, construction of photovoltaic systems does not interfere with the building functionality, nor does it in any way adversely affect the environment. In addition to locally produced electricity, construction of photovoltaic systems on the school buildings' roofs produces an educational effect as well. To that end, it is recommended to install a measuring and acquisition system which would include the measuring data on the photovoltaic power plant production parameters and school electricity consumption into school labs, and thereby introduce its pupils with the technology and possibilities to meet the demand for electricity

електричне енергије из овог основног обновљивог извора енергије.

Прорачун електричне енергије која се може добити из фотонапонских система интегрисаних у кровове школских објеката је извршена на основу: потенцијала соларне енергије на претпостављеној локацији објеката, расположиве кровне површине и њене просторне оријентације и ефикасности фотонапонских модула.

У табели 36. приказани су основни подаци о соларном потенцијалу и могућностима производње електричне енергије кровно интегрисаних фотонапонских панела на различитим локацијама у Србији. Приказане су прорачунате вредности оптималних нагибних и азимутних углова фотонапонских панела при којима је годишња производње електричне енергије максимална. Дати су подаци о годишњој инсолацији и процени нето годишње производње електричне енергије фотонапонских панела постављених под прорачунатим оптималним нагибним и азимутним углом. Прорачуни су дати за све веће градове у Србији, тако да практично покривају целу територију Републике Србије. Прорачуни очекиване нето годишње производње, који су приказани у последњој колони у табели 36, урађени су под следећим претпоставкама:

1. Површина на којој је инсталиран фотонапонски панел се налази на отвореном терену без сенки,
2. Фотонапонски панел је реализован са силицијумским фотонапонским ћелијама чија називна (STC) ефикасност износи 17%.

Подаци приказани у табели 36 омогућавају оријентациону процену очекиване годишње производње електричне енергије која се може добити из фотонапонског панела у различитим регионима у Србији. У колони „Оптимална оријентација панела“ дат је податак о нагибном и азимутном углу фотонапонског панела при којем ће годишња производња електричне енергије бити максимална. У последњој колони у датој табели дат је податак о очекиваној просечној

from this renewable energy source.

Calculation of electricity that can be obtained from photovoltaic systems integrated in the roofs of school buildings is performed based on: solar energy potential at the assumed building location, available roof surface and its spatial orientation and efficiency of photovoltaic modules.

Table 36 presents basic data on the solar potential and possibilities for electricity generation by roof integrated photovoltaic panels in different locations across Serbia. It shows calculated values of optimum tilt and azimuth angles of photovoltaic panels for maximum annual electricity production. It also provides data on the annual insolation and estimated net annual electricity production of photovoltaic panels installed at the calculated optimum tilt and azimuth angle. Calculations are given for all larger cities in Serbia, so as to practically cover the entire territory of the Republic of Serbia. Calculations of the expected net annual production, presented in the last column of Table 36, are done based on the following assumptions:

1. The surface the photovoltaic panel is installed on is located in the open terrain without shadows,
2. Photovoltaic panel is implemented with silicon photovoltaic cells whose STC efficiency amounts to 17%.

The data shown in Table 36 enables provisional estimation of annual electricity production that can be obtained from the photovoltaic panel in different regions in Serbia. The column “optimum panel orientation” provides data on the photovoltaic panel tilt and azimuth angle providing for the maximum annual production of electricity. The last column gives a piece of data on the expected average annual electricity production that can be achieved per photovoltaic panel surface unit when it is optimally spatially oriented. It may be concluded that the value-for-money of investments into construction of photovoltaic panels may be achieved in the South of Serbia where cca. 218 kWh/m²/p.a. may be expected, while lowest production is found in the North where it amounts to 182 kWh/m²/p.a. The use of photovol-

годишњој производњи електричне енергије која се може постићи по јединици површине фотонапонског панела када је он оптимално просторно оријентисан. Може се закључити да се најбоље искоришћење инвестиције у изградњу фотонапонских панела може остварити на југу Србије, где се може очекивати око 218 kWh/m²/god, док је најмања производња на северу, где износи 182 kWh/m²/god. Употребом фотонапонских панела са већом ефикасношћу (>17%), специфична производња по јединици кровне површине се може пропорционално повећати. Закључак спроведене анализе да је варијација соларног потенцијала на територији Србије релативно мала и да је изградња фотонапонских панела са аспекта потенцијала оправдана у свим регионима у Србији.

taic systems of greater efficiency (>17%) allows for a proportionate increase in the specific production per roof surface unit. The conclusion of the undertaken analysis is that solar potential variations in the territory of Serbia are relatively small, therefore construction of photovoltaic panels is justified from the potential perspective in all regions in Serbia.

Табела 36. Прорачунате вредности инсолације и могуће производње електричне енергије фотонапонских панела за више локације у Србији, добијени на основу прорачуна у PVGIS софтверу

Table 36. Calculated insolation values and potential electricity production by photovoltaic panels for several locations across Serbia, obtained based on the PVGIS software calculation

	Координате WGS 84 Coordinates WGS 84	Репрезентативни град Representative city	Околни градови Surrounding cities	Оптимална оријентација панела Optimum panel orientation		Средња годишња ирадијација (Wh/m ² /dan) Medium annual irradiation (Wh/m ² /day)		Нето годишња производња ФН система E1 (kWh/m ² /god) Net annual PV system generation E1 (kWh/m ² /p/a)
				Нагибни угао Tilt angle	Азимут Azimuth	На хоризонталну раван Onto horizontal plane	На оптимално оријентисану раван Onto optimum oriented plane	На оптимално оријентисану раван Onto optimum oriented plane
1	46°05'36"N 19°40'05"E	Суботица	Хоргош, Палић, Сента	35,0°	-1,0°	3428	3908	186
2	45°46'09"N 19°07'21"E	Сомбор	Црвенка, Кула	34,0°	-1,0°	3372	3816	182
3	45°46'09"N 19°07'21"E	Нови Сад	Б. Паланка, Рума, Зрењанин	34,0°	0,0°	3549	4034	192
4	45°06'59"N 21°17'59"E	Вршац	Зрењанин, Бела Црква, Ковин	35,0°	0,0°	3644	4166	198
5	44°44'05"N 20°33'21"E	Београд	Земун, Панчево, Обреновац	33,0°	2,0°	3616	4104	195
6	44°37'26"N 21°11'28"E	Пожаревац	Смедереву, В. Плана, Свијалнац	34,0°	0,0°	3643	4140	196
7	44°16'14"N 19°53'53"E	Ваљево	Лозница, Љиг, Аранђеловац	34,0°	-1,0°	3649	4167	198
8	44°00'59"N 20°54'59"E	Крагујевац	Лапово, Топола, Туприја, Праћин	34,0°	-1,0°	3708	4214	200
9	43°53'22"N 20°21'22"E	Чачак	Г.Милоновац, Ужице, Краљево	35,0°	-3,0°	3752	4286	204

10	43°53'59"N 22°16'59"E	Зајечар	Бор, Књажевац, Неготин	32,0°	-3,0°	3641	4070	192
11	43°34'59"N 21°19'59"E	Крушевац	Трстеник, Сталаћ, Александровац	33,0°	-3,0°	3771	4259	202
12	43°27'59"N 19°47'59"E	Нова Варош	Пријепоље, Прибој	36,0°	-3,0°	3792	4406	214
13	43°18'59"N 21°53'59"E	Ниш	Алексинач, Блаце, Прокупље	32,0°	-3,0°	3696	4136	196
14	43°08'59"N 22°34'59"E	Пирот	Димитровград, Б.Паланка	32,0°	-1,0°	3598	4001	190
15	43°08'30"N 20°31'22"E	Нови Пазар	Рашка, Тутин, Сјеница	35,0°	3,0°	3894	4457	213
16	42°58'59"N 21°56'59"E	Лесковац	Власотинце, Лебане, Ц.Трава	32,0°	-3,0°	3744	4189	198
17	42°53'02"N 20°52'31"E	Косовска Митровица	Приштина, Лепосавић	34,0°	-3,0°	3885	4425	211
18	42°33'21"N 21°54'37"E	Врање	Бујановац, Ѓиљане, Прешево	33,0°	-2,0°	3676	4140	198
19	42°22'59"N 20°24'59"E	Ђаковица	Дечани, Ораховац	33,0°	0,0°	4007	4587	218
20	42°12'48"N 20°44'53"E	Призрен	Драгаш, Сува Река	34,0°	4,0°	3961	4500	214

8.3.1 Методологија прорачуна производње фотонапонских панела инсталираних на конструкцијама на равним крововима

Значајан број школа, припадајућих физкултурних сала и предшколских објекта у Србији има равне кровове. Коси кровови чији је нагиб мањи од 100 се могу третирали као равни кровови. Равни кровови омогућавају да се на њима може поставити носећа конструкција са оптималном оријентацијом (азимутним и нагибним углом). Оптимални азимутни угао се може усвојити да је 00, односно да је фотонапонски модул јужно оријентисан. За оптимални нагибни угао може се усвојити 330. Код изградње конструкције мора се водити рачуна о међусобном растојању редова фотонапонских панела тако да не долази до међусобног засенчења. На слици 15 приказан је пример инсталације фотонапонске електране на равном крову зграде Електротехничког факултета Универзитета у Источном Сарајеву (БиХ).

8.3.1 Methodology for calculation of generation of photovoltaic panels installed on flat roof structure

A significant number of schools, their gyms and kindergarten buildings in Serbia have flat roofs. Pitched roofs with slope under 100 may be treated as flat roofs. Flat roofs enable mounting of a load-bearing structure with optimum orientation (azimuth and tilt angle). Optimum azimuth angle may be said to be 00, namely that the photovoltaic module is facing South. The adopted optimum tilt angle is 330. When constructing the structure, one must bear in mind the space between the photovoltaic panels' strings so as to avoid mutual shading. Figure 15 shows the example of the photovoltaic power plant installation on the flat roof of the Faculty of Electrical Engineering, University of Eastern Sarajevo (BH).



Слика 15. Пример инсталације фотонапонске електране на равном крову (Зграда Електротехничког факултета у Источном Сарајеву – БиХ).

Figure 15. The example of the photovoltaic power plant installation on the flat roof (Building of the Faculty of Electrical Engineering, University of Eastern Sarajevo- BH).

На графикону 23. приказани су резултати прорачуна максимално могућег капацитета за инсталацију фотонапонских панела на равној кровној површини. Претпостављено је да се модули постављају под оптималним нагибним углом. Модули се постављају у редове (слика 15), који су на минималном потребном међусобном растојању при којем је међусобно засенчење панела прихватљиво. Разматране су опције реализације фотонапонских панела са модулима високе (20%), средње (17%)

Chart 23 presents the results of calculation of the maximum possible capacity for installation of photovoltaic panels on the flat roof surface. It was assumed that the modules are being mounted at the optimum tilt angle. The modules are installed in strings (Figure 15), at the minimum required mutual distance with acceptable mutual shading of the panels. Considered were the alternatives of the photovoltaic panels installation with modules of high (20%), medium (17%) and low (15%) efficiency. The

и ниске (15%) ефикасности. Инсталисана снага се односи на једносмерну снагу на прикључцима панела (DC снагу) при стандардним (STC) условима. У анализама које следе процена специфичне снаге и производње фотонапонских панела је вршена уз претпоставку да се инсталирају фотонапонски панели ефикасности 17%.

Уз ову претпоставку, процена снаге фотонапонских панела (PPV), која се може инсталирати на одређеној равној кровној површини, може се извршити на основу следеће релације:

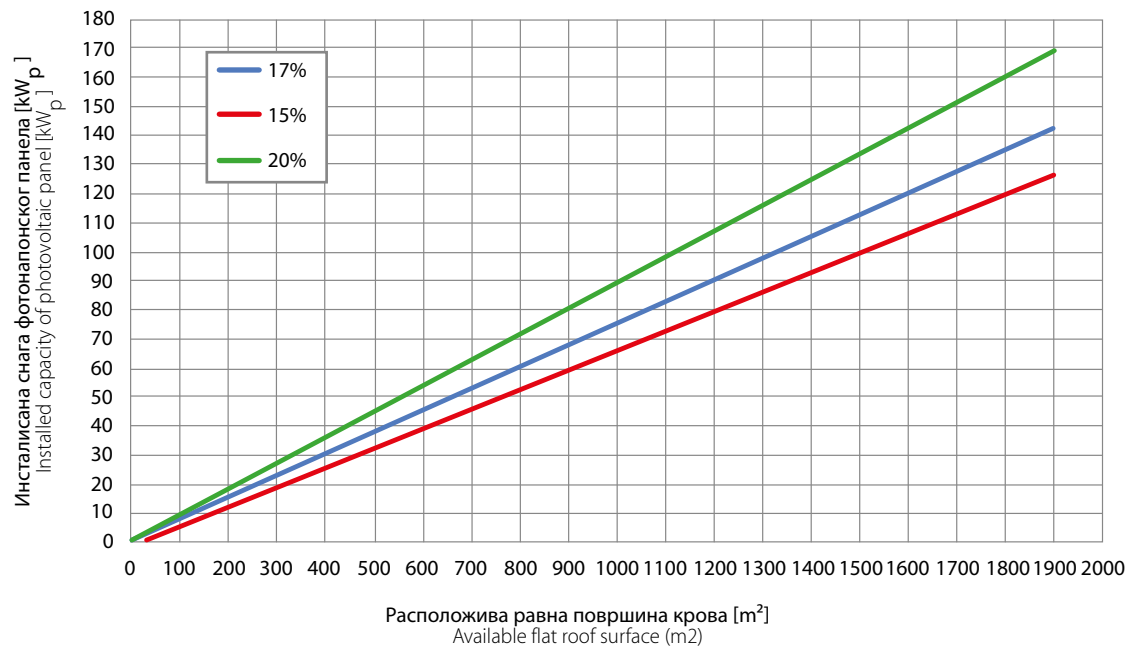
$$P_{PV} (\text{kW}_p) = 0.0765 * A(\text{m}^2),$$

где је $A(\text{m}^2)$ – расположива равна површина крова на којој се постављају фотонапонски панели.

installed capacity refers to the DC power at panel connections at standard (STC) conditions. The following analyses the specific power and photovoltaic panel output were estimated on the assumption that photovoltaic panels of efficiency of 17% are being installed.

Under this assumption, the estimated power of photovoltaic panels (PPV), that can be installed on a specific flat roof surface may be performed based on the following relation:

where $A(\text{m}^2)$ – is the available flat roof surface where photovoltaic panels are being installed.



Графикон 23. Максимална инсталисана снага фотонапонских панела са модулима високе (20%), средње (17%) и ниске (15%) ефикасности на равној површини крова

Chart 23. The maximum installed capacity of photovoltaic panels with modules of high (20%), medium (17%) and low (15%) efficiency on the flat roof surface

Процена годишње производње електричне енергије (E) фотонапонских панела инсталираних на носећим конструкцијама на равним крововима објеката може се извршити према следећој релацији:

$$E(\text{kWh}) = 0,45 * E_1\left(\frac{\text{kWh}}{\text{m}^2}\right) * A(\text{m}^2),$$

где су: $E_1\left(\frac{\text{kWh}}{\text{m}^2}\right)$ - бројни податак приказан у последњој колони табеле 36,

$A(\text{m}^2)$, – расположива хоризонтална површина крова на којој се постављају фотонапонски панели,
0,45 – коефицијент који уважава неопходно минимално растојање између редова панела.

Претходна релација је изведена под претпоставком да је фотонапонски панел изведен у редовима који су оптимално просторно оријентисани.

На пример, ако се школски објекат са равним кровом налази на отвореном простору у региону Београда, годишња производња фотонапонског панела инсталираног на конструкцији постављеној на крову овог објекта би била:

$$E(\text{kWh}) = 0,45 * E_1\left(\frac{\text{kWh}}{\text{m}^2}\right) * A(\text{m}^2) = 0,45 * 195\left(\frac{\text{kWh}}{\text{m}^2}\right) * A(\text{m}^2) = 87,75\left(\frac{\text{kWh}}{\text{m}^2}\right) * A(\text{m}^2)$$

Добијена аналитичка релација је илустрована графиком на графикау 24.

The estimation of the annual electricity production (E) of photovoltaic panels installed on the load-bearing structures on the flat roofs of buildings may be carried out based on the following relation:

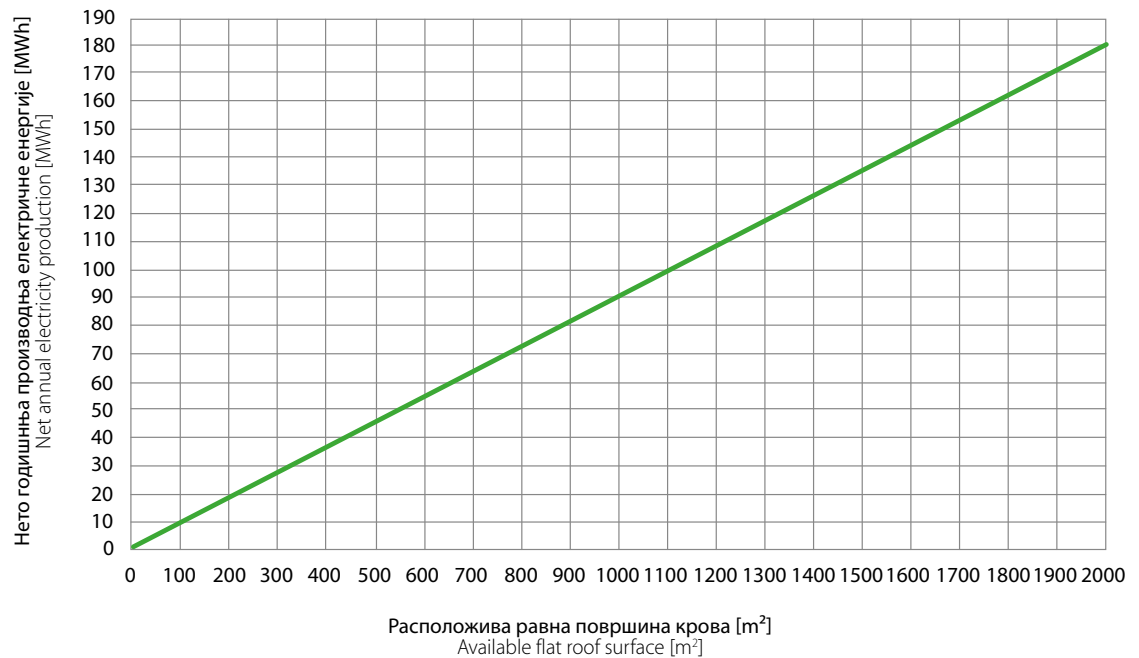
where: $E_1\left(\frac{\text{kWh}}{\text{m}^2}\right)$ - numerical data is shown in the last column in Table 36,

$A(\text{m}^2)$, – available horizontal roof surface where photovoltaic panels are being installed,
0.45- coefficient taking into account the necessary minimum distance between the strings of panels.

The relation above was performed on the assumption that photovoltaic panel was installed in optimal spatially oriented strings.

For example, if the school building with flat roof is located in an open space in the Belgrade region, annual production of the photovoltaic panel installed on the structure mounted on the roof of such a building would be:

This analytical relation is illustrated in Chart 24.



Графикон 24. Процена годишње производње фотонапонског система инсталираног на равној површини крова школског објекта на отвореном терену у региону Београда на конструкцији која обезбеђује оптималан азимутни и нагибни угао фотонапонског система

Chart 24. The estimation of annual photovoltaic panel production installed on the flat roof surface of a school building in open terrain in the region of Belgrade on a structure ensuring optimum azimuth and tilt angle of the photovoltaic system

8.3.2 Методологија прорачуна производње фотонапонских панела инсталираних на косим крововима

Кровови чији је нагиб већи од 10° се третирају као коси кровови и на њима се фотонапонски панел формира тако што се фотонапонски модули полажу на конструкцији по површини крова (прате нагиб и азимутни угао крова). На слици 16. приказан је пример инсталације фотонапонске електране на косом крову на згради Техничке школе у Пироту.

8.3.2 Methodology for output calculation of photovoltaic panels installed on pitched roofs

The roofs with tilt angle above 10° are treated as pitched roofs, and on them photovoltaic panel is formed by mounting photovoltaic modules on the roof surface structure (following the roof tilt and azimuth angle). Figure 16 shows the example of the photovoltaic power plant installation on the pitched roof of the Technical School in Pirot.



Слика 16. Пример инсталације фотонапонске електране на косом крову (Зграда Техничке школе у Пироту)

Figure 16. The example of the photovoltaic power plant installation on the pitched roof (Technical School in Pirot).

На графикону 25. приказани су резултати прорачуна максимално могућег капацитет за инсталацију фотонапонског панела на произвољној косој површини крова. Разматране су опције реализације фотонапонских панела са модулима високе (20%), средње (17%) и ниске (15%) ефикасности. Инсталисана снага се односи на DC снагу на прикључцима панела при стандардним (STC) условима.

У табели 36 дати су подаци о оптималној оријентацији (нагибном и азимутном углу) површине при којој се постиже максимална годишња производња електричне енергије фотонапонских панела. Свако одступање од назначених вредности доводи до смањења годишње производње електричне енергије по јединици површине крова, односно по јединици инсталисане снаге фотонапонског панела. Носеће конструкције

Graph 25 presents the results of calculation of the maximum possible capacity for installation of photovoltaic panels on the provisional pitched roof surface. Considered were the alternatives of the photovoltaic panels installation with modules of high (20%), medium (17%) and low (15%) efficiency. The installed capacity refers to the DC power at panel connections at standard (STC) conditions.

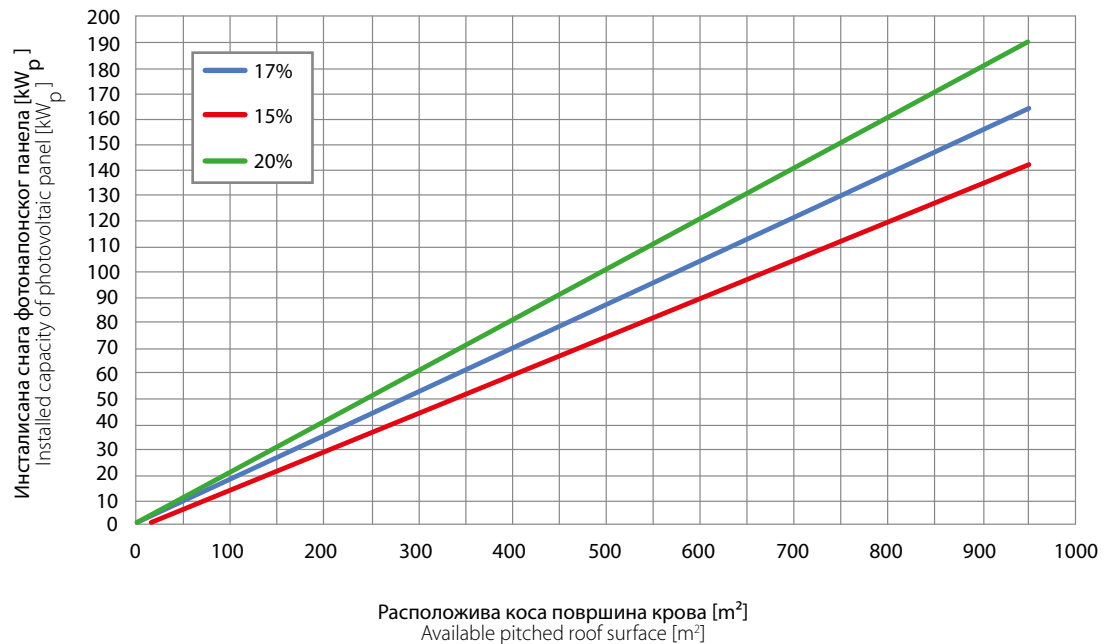
Table 36 shows the data on optimum orientation (tilt and azimuth angle) of the surface to achieve maximum annual electricity production of photovoltaic panels. Any deviation from the specified values leads to reduced annual electricity production per roof surface unit, i.e. per unit of installed capacity of the photovoltaic panel. The load-bearing structures of photovoltaic panels could be installed so as to ensure optimum orientation, however this has proved unpractical and most often economically not viable.

фотонапонских панела би се могле поставити тако да обезбеђују оптималну оријентацију али су се показале у пракси непрактичним и најчешће нису економски оправдане. У анализама које следе, процена специфичне снаге и пороизводње фотонапонских панела је вршена уз претпоставку да се инсталирају фотонапонски панели ефикасности 17%. Уз ову претпоставку, процена снаге фотонапонског панела (PPV) која се може инсталирати на одређеној косој кровној површини се може извршити на основу следеће релације:

$$P_{PV}(\text{kW}_p) = 0,17 * A(\text{m}^2),$$

где је А – расположива површина крова на коју је постављен ФН панел.

where A – is the available roof surface where PV panel is installed.



Графикон 25. Максимална инсталисана снага ФН панела на косој кровној површини

Chart 25. The maximum installed capacity of PV panels on the pitched roof surface

Процена годишње производње електричне енергије фотонапонских панела () инсталираних на косим крововима школских објеката може се извршити према следећој релацији:

$$E(\text{kWh}) = k * E_1\left(\frac{\text{kWh}}{\text{m}^2}\right) * A(\text{m}^2)$$

где су: $E_1\left(\frac{\text{kWh}}{\text{m}^2}\right)$ - бројни податак дат у последњој колони табеле 24.

$A(\text{m}^2)$, – расположива коса површина крова,
 k – коефицијент који уважава редукцију производње фотонапонског панела због одступања азимутног и нагибног угла од оптималних вредности.

Вредности коефицијента за различите нагибне и азимутне углове анализираних кровне површине су дати у табели 37. У обзир су узети само азимутни углови у опсегу исток-југ-запад пошто на северно оријентисаним кровним површинама не постоји економска оправданост за постављање фотонапонских панела.

Табела 37. Вредности корекционог коефицијента за различите просторне оријентације ФН система панела

The estimation of the annual electricity production () of photovoltaic panels installed on the pitched roofs of school buildings may be carried out based on the following relation:

where: $E_1\left(\frac{\text{kWh}}{\text{m}^2}\right)$ - numerical data is shown in the last column in Table 24.

$A(\text{m}^2)$, - available pitched roof surface,
 k - coefficient taking into account the reduced photovoltaic panel production due to deviations from the optimum azimuth and tilt angle.

Coefficient values for different tilt and azimuth angles of analysed roof surface are given in Table 37. We have considered only the azimuth angles in the range East-South-West given that there is no economic viability to install photovoltaic panels on the roof surfaces facing North.

Table 37. Values of correction coefficient for different spatial orientations of the PV panel system

		Азимутни угао кровне површине																			
		-90	-80	-70	-60	-50	-40	-30	-20	-10	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	
Нагибни угао кровне површине	0	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	
	5	0,88	0,89	0,89	0,90	0,91	0,91	0,91	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,91	0,91	0,90	0,90	0,89	0,89	0,88	
	10	0,88	0,89	0,90	0,91	0,92	0,93	0,94	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,94	0,94	0,93	0,92	0,91	0,90	0,88	0,88
	15	0,88	0,89	0,91	0,92	0,94	0,95	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,95	0,93	0,92	0,90	0,88	0,87	
	20	0,87	0,88	0,91	0,93	0,95	0,96	0,97	0,97	0,98	0,98	0,98	0,97	0,96	0,96	0,94	0,92	0,90	0,88	0,86	
	25	0,86	0,88	0,91	0,93	0,95	0,96	0,98	0,99	0,99	0,99	0,99	0,98	0,97	0,96	0,94	0,92	0,89	0,87	0,85	
	30	0,84	0,88	0,90	0,93	0,95	0,96	0,98	0,99	1,00	1,00	1,00	0,99	0,97	0,96	0,94	0,92	0,89	0,86	0,83	
	35	0,83	0,86	0,89	0,92	0,95	0,96	0,98	0,99	1,00	1,00	1,00	0,99	0,97	0,96	0,94	0,91	0,88	0,85	0,82	
	40	0,81	0,85	0,88	0,91	0,94	0,96	0,97	0,98	0,99	0,99	0,99	0,98	0,97	0,95	0,93	0,90	0,87	0,84	0,80	
	45	0,79	0,83	0,87	0,90	0,93	0,95	0,96	0,98	0,98	0,99	0,98	0,97	0,96	0,94	0,91	0,88	0,85	0,82	0,78	
	50	0,77	0,81	0,85	0,88	0,91	0,94	0,96	0,96	0,97	0,97	0,96	0,96	0,95	0,92	0,89	0,87	0,83	0,80	0,76	

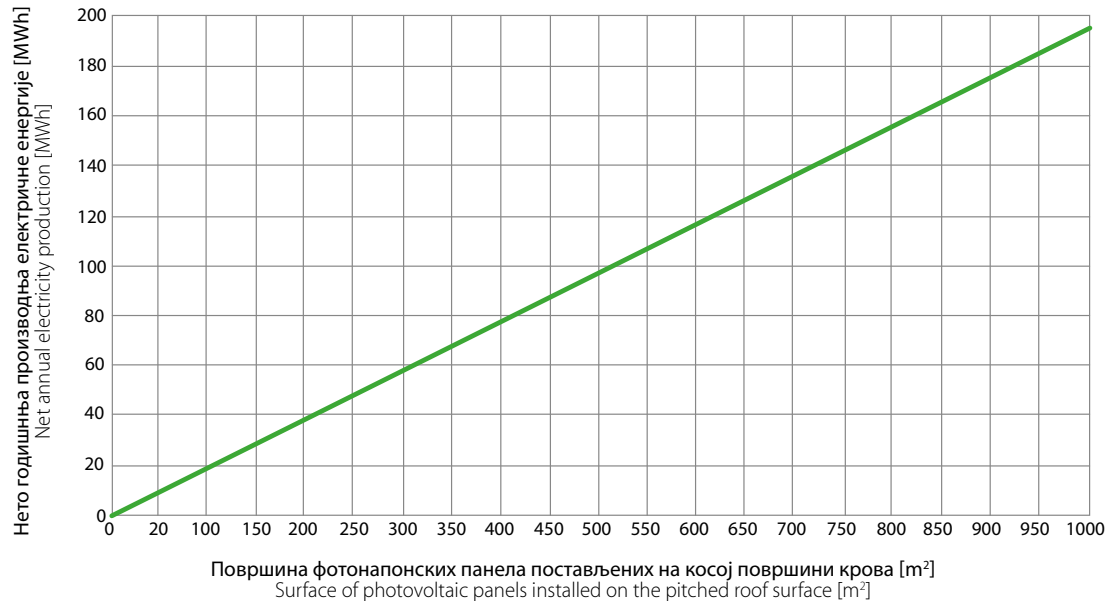
На пример, ако се школски објекат са косим кровом, оптималне просторне оријентације (јужно оријентисан са нагибним углом од 33°), налази на отвореном простору у региону Београда, годишња производња фотонапонског панела инсталираног на крову анализираниог објекта би била:

$$E(\text{kWh}) = k * E_1\left(\frac{\text{kWh}}{\text{m}^2}\right) * A(\text{m}^2) = 1 * 195\left(\frac{\text{kWh}}{\text{m}^2}\right) * A(\text{m}^2) = 195\left(\frac{\text{kWh}}{\text{m}^2}\right) * A(\text{m}^2)$$

Добијена математичка релација је илустрована графиком на графикаону 26.

For example, if the pitched roof school building, with optimum orientation (facing South with tilt angle of 33°), is located in the open terrain in the region of Belgrade, annual production of photovoltaic panel installed on the roof of analysed building would be:

This analytical relation is illustrated in Chart 26.



Графикон 26: Процена годишње производње фотонапонског панела инсталираног на косој оптимално просторно оријентисаној површини крова школског објекта у Београду

Chart 26: The estimated annual production of photovoltaic panel installed on the optimum spatially oriented pitched roof surface of a school building in Belgrade

8.4 Мере за интеграцију фотонапонских система у крововима школских и предшколских објекта у Србији

Изградња фотонапонских система представља значајну инвестицију с обзиром на цену коштања компоненти овог система. Са друге стране, предност фотонапонског система је што су они модуларни, тако да је могућа њихова фазна изградња, односно проширивање капацитета. Кровови школа и вртића често имају површине различите оријентације и нагиба, па изградња фотонапонских система на свим површинама нема исте енергетске и економске показатеље. Из тог разлога приоритет изградње имају површине са најбољом годишњом инсолацијом, које ће обезбедити најбржи повраћај инвестиције и највећу специфичну производњу енергије.

Предложене мере интеграције фотонапонских система у кровове школских и предшколских објекта су оријентисане ка покривању дела или целокупне потрошње електричне енергије ових објекта из овог обновљивог извора. Због лоше сезонске и дневне корелисаности потреба за електричном енергијом и производњом енергије фотонапонских панела покривање потрошње се може посматрати само кроз годишњи енергетски биланс. При дефинисању потребних инсталираних снага фотонапонских система за постизање задатих мера претпостављено је постојеће стање у погледу потрошње електричне енергије школских и предшколских објекта. Спровођењем мера унапређења енергетске ефикасности, потребе за електричном енергијом ће бити смањене, тако да би и потребе за инсталираним фотонапонским системима биле пропорционално смањене.

8.4.1 Постојеће стање

Према анкетама које су спроведене закључује се да свега неколико школа у Србији има инсталисане фотонапонске системе на својим крововима, а да нема инсталираних фотонапонских системе на

8.4 Measures for integration of photovoltaic systems into the roofs of school and kindergarten buildings in the republic of serbia

Construction of photovoltaic systems represents a considerable investment given the cost price of this system's components. On the other hand, the advantage of the photovoltaic system is its modular nature, allowing for phased construction, or extension of the capacity. The roofs of schools and kindergartens often have surfaces of varying orientation and tilt, therefore construction of photovoltaic systems on such surfaces does not imply same energy and economic indicators. Due to this reason, the priority in construction is given to surfaces with best annual insolation, that would ensure fastest return on investment and largest specific energy generation.

The proposed measures for integration of photovoltaic systems in the roofs of school and kindergarten buildings are focused on covering a part or the entire electricity consumption of these buildings from this renewable source. Due to the poor seasonal and daily correlation of electricity demand and production of electricity from photovoltaic panels, covering consumption may only be observed through the annual energy balance. When defining the required installed capacity of photovoltaic systems for achieving the set parameters the existing situation was assumed in terms of school and kindergarten buildings electricity consumption. Implementation of energy efficiency improvement measures will result in reduced electricity demand, therefore proportionally reducing the demand for the installed photovoltaic systems.

8.4.1 State of affairs

According to the conducted surveys, it may be concluded that only a few schools in Serbia have installed photovoltaic systems on their roofs, with no installed photovoltaic systems on the roofs of kindergarten buildings. Since this is a negligible num-

крововима предшколских објеката. Пошто се ради о занемарљивом броју школа, за постојеће стање може се претпоставити да не постоје инсталирани ФН системи, нити било какви други извори електричне енергије у школским и предшколским објектима у Србији.

8.4.2 Прво унапређење

Прво унапређење подразумева изградњу фотонапонских система на расположивим кровним површинама које имају најбољу просторну оријентацију са аспекта укупне годишње инсолације. Инсталисана снага фотонапонског система треба да обезбеди годишњу производњу електричне енергије која покрива до 50% укупне годишње потрошње електричне енергије у анализираном школском, односно предшколском објекту. Расположиве површине су по претпоставци равне површине кровова, као и косе кровне површине чија је оријентација у границама $\pm 90^\circ$ у односу на југ. Биће претпостављено да се може прекрити фотонапонским панелима максимално 90% ових кровних површина.

8.4.3 Друго унапређење

Друго унапређење подразумева изградњу фотонапонских система на расположивим кровним површинама које имају најбољу просторну оријентацију са аспекта укупне годишње инсолације. Инсталисана снага фотонапонског система треба да обезбеди годишњу производњу електричне енергије која покрива 100% укупне годишње потрошње електричне енергије у анализираном школском, односно предшколском објекту. Уколико укупна расположива кровна површина објекта не може обезбедити довољну инсталисану снагу ФН панела за покривање 100% годишње потрошње електричне енергије објекта, онда ова мера подразумева инсталацију фотонапонског система на целој расположивој кровној површини. Расположиве површине су по претпоставци равне

бер of schools, speaking about the current state of affairs it may be assumed that there are no installed PV systems, nor any other sources of electricity in school and kindergarten buildings in the Republic of Serbia.

8.4.2 Improvement 1

Improvement 1 implies construction of photovoltaic systems on available roof surfaces with best possible spatial orientation from the perspective of total annual insolation. The installed photovoltaic system capacity needs to ensure annual power generation covering up to 50% of the total annual power consumption in the analysed school or kindergarten building. It was assumed that the available surfaces are flat roof surfaces, same as pitched roof surfaces with orientation in the range of $\pm 90^\circ$ against South. It will be assumed that maximum 90% of these roof surfaces can be covered by photovoltaic panels.

8.4.3 Improvement 2

Improvement 2 implies construction of photovoltaic systems on available roof surfaces with best possible spatial orientation from the perspective of total annual insolation. The installed photovoltaic system capacity needs to ensure annual power generation covering 100% of the total annual power consumption in the analysed school or kindergarten building. If the total available building roof surface can not ensure the sufficient installed capacity of PV panels to cover 100% of the annual electricity consumption of the building, then this measure implies installation of the photovoltaic system on the entire available roof surface. It was assumed that the available surfaces are flat roof surfaces, same as pitched roof surfaces with orientation in the range of $\pm 90^\circ$ in relation to the South. It will be assumed that maximum 90% of these roof surfaces can be covered by photovoltaic panels.

површине кровова, као и косе кровне површине чија је оријентација у границама ± 900 у односу на југ. Биће претпостављено да се може прекрити фотонапонским панелима максимално 90% ових кровних површина.

8.5 Процена ефеката изградње фотонапонских система у школским објектима у Србији

Према националној типологији школских објеката у Републици Србији дефинисани су типови и подтипови школа. Типологија није обухватила параметре који су битни за изградњу фотонапонских система, тако да се не може узети као репрезентативна за сагледавање погодности и капацитета школских објеката у погледу интеграције фотонапонских система.

У табели 38. приказани су геометријеки елементи битни за сагледавање капацитета за изградњу фотонапонских система на типовима школа дефинисаних у националној типологији. Табела је проширена са три спортске школске сале.

Табела 38: Геометријски елементи битни за сагледавање капацитета за изградњу фотонапонских система на типовима школа дефинисаних у националној типологији која је проширена са три спортске школске сале

8.5 Impact assessment of the photovoltaic systems construction in school buildings in Serbia

The national typology of school buildings in the Republic of Serbia defines types and subtypes of schools. The typology did not take into account the parameters relevant for the construction of a photovoltaic systems, so it can not be perceived as representative for understanding the advantages and capacities of school buildings in regard to integration of photovoltaic systems.

Tale 38 presents the geometric data relevant for understanding capacities for construction of photovoltaic systems on the types of schools defined in the national typology. The Table was extended by three gyms.

Table 38: Geometric data relevant for understanding capacities for construction of photovoltaic systems in the types of schools defined in the national typology, extended by three gyms

ШКОЛЕ SCHOOLS	Укупна површина косог крова [m ²] Total pitched roof area (m ²)	Нагибни угао Tilt angle	Површина равног крова [m ²] Flat roof area (m ²)	Површине косог крова [m ²] и њихове оријентације Pitched roof surfaces [m ²] and their orientations				
				E	SE	S	SW	W
A1	325	30°		47,5		115		47,5
A2	768	35°			266		94	
A2pt	2.095	35°		1.095		50		900
A3	890	42°			293		152	
A3pt	1.300	35°		425		212		425
B1	189	42°				93		
B2	515	6°					280	
B3	300	10°	581	150				150
C1	211	30°					70	
C2	214	30°	505	140				74
C3	1.790	18°				531		
C3pt			1.615					

D3			1.760				
САЛЕ GYMS							
01			371				
02	972	24° (W) 16° (E)		731			214
03	538	6°	260		269		269

8.5.1 Процена ефеката унапређења 1 интеграције фотонапонских система

У табели 39. приказани су основни параметри ефеката изградње фотонапонских система на одабраним школским објектима и спортским салама. Подаци о укупној потрошњи електричне енергије школских објеката су добијени анкетирањем, осим за школе А2, В1, В2, С1, С3 и Д3, које овај податак нису дале или је податак био нелогичан. За ове школе процена годишње потрошње електричне енергије је извршена на основу просечне специфичне потрошње електричне енергије у школама у Републици Србији, која износи 16,36 kWh/m². Сви прорачуни су рађени са претпоставком да се школе налазе у региону Београда. Укупни инвестициони трошкови се односе на пројектовање, куповину опреме, израду носеће конструкције и изградњу фотонапонских панела.

Табела 39: Основни параметри ефеката изградње фотонапонских система на одабраним школским објектима и спортским салама према унапређењу 1

ШКОЛЕ SCHOOLS	Укупна нето површина (m ²) Total net area (m ²)	Укупна годишња потрошња електричне енергије (MWh/god) Total annual electricity consumption (MWh/p/a)	Укупна инсталисана снага ФН система на крову објекта (kW _p) Total installed capacity of PV system on the building roof (kW _p)	Годишња производња електричне енергије ФН система (MWh/god) Annual PV system power generation (MWh/p/a)	Укупна инвестиција за изградњу ФН система (Euro) Total investment for PV system construction (EUR)	Смањење емисије CO ₂ (tona/god) CO ₂ emission reduction (tons/p/a)
A1	260	8,4	3,7	4,2	3.700	4,557
A2	675	20,3	9,4	10,2	9.400	11,067
A2pt	1.055	17,3	7,6	8,7	7.600	9,439
A3	2.115	57,4	26,5	28,7	25.200	31,139
A3pt	2.305	40,0	17,5	20,0	17.500	21,700
B1	145	2,4	1,1	1,2	1.100	1,302
B2	840	13,8	6,1	6,9	6.100	7,486
B3	1.990	48,8	21,3	24,4	20.200	26,474

8.5.1 Impact assessment of photovoltaic systems integration in Improvement 1

Table 39 gives basic parameters of the effects of construction of photovoltaic systems in selected school and gym buildings. The data on the total electricity consumption in school buildings is collected by survey, save for the schools A2, B1, B2, C1, C3 and D3, not providing this piece of data or such data was illogical. For these schools the estimation of annual electricity consumption was performed based on the average specific electricity consumption in schools in the Republic of Serbia, amounting to 16.36 kWh/m². All calculations were done on the assumption that schools are located in the Belgrade region. The total investment costs refer to design, purchase of equipment, construction of the load-bearing structure and construction of photovoltaic panels.

Table 39: Basic parameters of the effect of photovoltaic system construction in selected school and gym buildings based on the Improvement 1

C1	185	3,0	1,4	1,5	1.400	1,627
C2	990	33,6	14,7	16,8	14.700	18,228
C3	2.765	45,3	20,2	22,7	19.200	24,629
C3pt	3.765	48,0	21,0	24,0	19.900	26,040
D3	4.600	75,3	32,9	37,7	31.200	40,904
САЛЕ GYMS						
01	330	5,4	2,4	2,7	2.400	2,929
02	864	18,7	9,6	9,4	9.600	10,199
03	707	15,3	6,7	7,7	6.700	8,354

Може се закључити да на свим школским објектима постоји могућност инсталација фотонапонских панела који би у потпуности покрили половину укупне годишње потрошње електричне енергије школских објеката и спротских сала. Треба истаћи да су дијаграми потрошње електричне енергије и производње фотонапонских панела у оваквим објектима слабо корелисани како на сезонском, тако и на дневном нивоу.

8.5.2 Процена ефеката унапређења 2 интеграције фотонапонских система

У табели 40. приказани су основни параметри ефеката изградње фотонапонских система на одабраним школским објектима и спортским салама. Сви прорачуни су рађени са претпоставком да се школе налазе у региону Београда. Укупни инвестициони трошкови се односе на пројектовање, куповину опреме, израду носеће конструкције и изградњу фотонапонских панела.

Табела 40: Основни параметри ефеката изградње фотонапонских система на одабраним школским објектима и спортским салама према унапређењу 2

ШКОЛЕ SCHOOLS	Укупна нето површина (m ²) Total net area (m ²)	Укупна годишња потрошња електричне енергије (MWh/god) Total annual electricity consumption (MWh/p/a)	Укупна инсталисана снага ФН система на крову објекта (kW _p) Total installed capacity of PV system on the building roof (kW _p)	Годишња производња електричне енергије ФН система (MWh/god) Annual PV system power generation (MWh/p/a)	Укупна инвестиција за изградњу ФН система (Euro) Total investment for PV system construction (EUR)	Смањење емисије CO ₂ (tona/god) CO ₂ emission reduction (tons/p/a)
A1	260	8,4	7,5	8,4	7.500	9,114
A2	675	20,3	18,7	20,3	18.700	22,026

It may be concluded that there is a possibility to install photovoltaic panels on all school buildings, which would entirely cover 50% of the total annual electricity consumption in school and gym buildings. It should be stressed that the diagrams of electricity consumption and photovoltaic panels production in such buildings are poorly correlated both at seasonal and daily levels.

8.5.2 Impact assessment of integration of photovoltaic systems in Improvement 2

Table 40 shows basic parameters of the effects of construction of photovoltaic systems in selected school and gym buildings. All calculations were done on the assumption that schools are located in the Belgrade region. The total investment costs refer to design, purchase of equipment, construction of the load-bearing structure and construction of photovoltaic panels.

Table 40: Basic parameters of the effect of photovoltaic system construction in selected school and gym buildings based on the Improvement 2

A2pt	1.055	17,3	16,5	17,3	16.500	18,771
A3	2.115	57,4	52,7	57,4	47.400	62,279
A3pt	2.305	40,0	35,0	40,0	33.200	43,400
B1	145	2,4	2,2	2,4	2.200	2,604
B2	840	13,8	12,1	13,8	12.100	14,973
B3	1.990	48,8	42,6	48,8	40.400	52,948
C1	185	3,0	2,8	3,0	2.800	3,255
C2	990	33,6	29,3	33,6	27.800	36,456
C3	2.765	45,3	40,3	45,3	38.300	49,151
C3pt	3.765	48,0	41,9	48,0	39.800	52,080
D3	4.600	75,3	65,8	75,3	59.200	81,701
САЛЕ GYMS						
01	330	5,4	4,7	5,4	4.700	5,859
02	864	18,7	19,2	18,7	19.200	20,289
03	707	15,3	13,4	15,3	13.400	16,601

Може се закључити да на свим школским објектима постоји могућност инсталација фотонапонских панела који би у потпуности покрили годишњу потрошњу електричне енергије школског објекта и спротских сала. Треба истаћи да су дијаграми потрошње електричне енергије и производње фотонапонских панела у оваквим објектима слабо корелисани како на сезонском, тако и на дневном нивоу.

8.6 Процена ефеката изградње фотонапонских система у предшколским објектима у Србији

Према националној типологији предшколских објеката у Србији дефинисани су типови и подтипови вртића. Типологија није обухватила параметре који су битни за изградњу фотонапонских система, тако да се не може узети као репрезентативна за погодности и сагледавање капацитета предшколских објеката у погледу интеграције фотонапонских система. У табели 41. приказани су геометријски елементи битни за сагледавање капацитета за изградњу фотонапонских система на типовима вртића дефинисаних у националној типологији. У анализама је претпостављено да на расположивим површинама нема сенки околних

It may be concluded that there is a possibility to install photovoltaic panels in all school buildings, which would entirely cover annual electricity consumption in school and gym buildings. It should be stressed that the diagrams of electricity consumption and photovoltaic panels production in such buildings are poorly correlated both at seasonal and daily levels.

8.6 Impact assessment of the photovoltaic system construction in kindergartens in Serbia

The national typology of kindergarten buildings in the Republic of Serbia defines types and subtypes of kindergartens. The typology did not take into account the parameters relevant for the construction of a photovoltaic systems, so it can not be perceived as representative for understanding the advantages and capacities of kindergarten buildings in regard to integration of photovoltaic systems. Table 41 shows geometric elements relevant for understanding the capacity for construction of photovoltaic systems on types of kindergartens defined in the national typology. The analyses have assumed that all available surfaces are free from shadows cast by surrounding buildings, same as that kindergarten building is located in the open terrains.

објекта, као и да се предшколска установа налази на отвореном терену.

Табела 41: Геометријеки елементи битни за сагледавање капацитета за изградњу фотонапонских система на типовима вртића дефинисаних у националној типологији

Table 41: Geometric elements relevant for understanding the capacity for construction of photovoltaic systems on types of kindergartens defined in the national typology

ВРТИЋИ KINDERGARTENS	Укупна површина косог крова [m ²] Total pitched roof area (m ²)	Нагибни угао Tilt angle	Површина равнор крова [m ²] Flat roof area (m ²)	Расположиве косе кровне површине и њихова оријентацијама [m ²] Available pitched roof areas and their orientation (m ²)				
				E	SE	S	SW	W
A1	989	30°		208		35		200
A2	278	25°			52		103	
B1	230	20°			85		30	
B2a	646	20°		104	47	122	116	135
B2b	587	15° (W) 10° (E)	129	362				225
C1	281	16°				146		
C2	1.160	18°					305	
C3	1.402	30°			571			
D2			1.002					
D3			1.355					

8.6.1 Процена ефеката унапређења 1 интеграције фотонапонских система

У табели 42. приказани су основни параметри ефеката изградње фотонапонских система на одабраним предшколским објектима. Подаци о укупној потрошњи електричне енергије предшколских објеката су добијени анкетањем, осим за вртић А1 за који је овај податак процењен на основу просечне специфичне потрошње електричне енергије у вртићама у Србији која износи 41,65 kWh/m². Сви прорачуни су рађени са претпоставком да се вртићи налазе у региону Београда. Претпостављено је да се вртићи налазе на отвореној површини без засенчења околних објеката. Укупни инвестициони трошкови се односе на пројектовање, куповину опреме, израду носеће конструкције и изградњу фотонапонских панела.

8.6.1 Impact assessment of integration of photovoltaic systems in Improvement 1

Table 42 gives basic parameters of the effects of construction of photovoltaic systems in selected kindergarten buildings. The data on the total electricity consumption in kindergarten buildings is collected by survey, save in the case of kindergarten A1 for which this piece of data was estimated based on the average specific electricity consumption in kindergartens in Serbia, amounting to 41.65 kWh/m². All calculations were done on the assumption that kindergartens are located in the Belgrade region. It was assumed that kindergartens are located in an open space without shading from the surrounding buildings. The total investment costs refer to design, purchase of equipment, construction of the load-bearing structure and construction of photovoltaic panels.

Табела 42: Основни параметри ефеката изградње фотонапонских система на одабраним предшколским објектима према унапређењу 1

ВРТИЋИ KINDERGARTENS	Укупна нето површина (m ²) Total net area (m ²)	Укупна годишња потрошња електричне енергије (MWh/god) Total annual electricity consumption (MWh/p/a)	Укупна инсталисана снага ФН система на крову објекта (kW _p) Total installed capacity of PV system on the building roof (kW _p)	Годишња производња електричне енергије ФН система (MWh/god) Annual PV system power generation (MWh/p/a)	Укупна инвестиција за изградњу ФН система (Euro) Total investment for PV system construction (EUR)	Смањење емисије CO ₂ (tona/god) CO ₂ emission reduction (tons/p/a)
A1	297	12,4	5,4	6,2	5.400	6,711
A2	632	24,0	10,9	12,0	10.900	13,020
B1	170	12,9	5,9	6,5	5.900	6,978
B2a	575	20,2	9,0	10,1	9.000	10,990
B2b	1.128	47,2	22,8	23,6	21.600	25,606
C1	255	4,5	1,9	2,3	1.900	2,304
C2	1.147	58,7	27,0	29,4	25.600	31,884
C3	1.914	143,3	64,9	71,7	58.400	77,759
D2	1.446	65,6	28,7	32,8	27.200	35,577
D3	2.163	157,7	68,8	78,9	61.900	85,567

Може се закључити да на свим предшколским објектима постоји могућност инсталација ФН панела који би покрили 50% годишње потрошње електричне енергије предшколског објекта.

8.6.2 Процена ефеката унапређења 2 интеграције фотонапонских система

У табели 43. приказани су основни параметри ефеката изградње фотонапонских система на одабраним предшколским објектима. Подаци о укупној потрошњи електричне енергије предшколских објеката су добијени анкетањем, осим за вртић А1 за који је овај податак процењен на основу просечне специфичне потрошње електричне енергије у вртићама у Србији која износи 41,65 kWh/m². Сви прорачуни су рађени са претпоставком да се вртићи налазе у региону Београда. Претпостављено је да се вртићи налазе на отвореној површини без засенчења околних објеката. Укупни инвестициони трошкови се односе на пројектовање, куповину опреме, израду носеће конструкције и изградњу фотонапонских панела.

Table 42: Basic parameters of the effect of photovoltaic system construction in selected kindergarten buildings based on the Improvement 1

It may be concluded that there is a possibility to install photovoltaic panels in all kindergarten buildings, which would cover 50% of annual electricity consumption in kindergarten buildings.

8.6.2 Impact assessment of integration of photovoltaic systems in Improvement 2

Table 43 gives basic parameters of the effects of construction of photovoltaic systems in selected kindergarten buildings. The data on the total electricity consumption in kindergarten buildings is collected by survey, save in the case of kindergarten A1 for which this piece of data was estimated based on the average specific electricity consumption in kindergartens in Serbia, amounting to 41.65 kWh/m². All calculations were done on the assumption that kindergartens are located in the Belgrade region. It was assumed that kindergartens are located in an open space without shading from the surrounding buildings. The total investment costs refer to design, purchase of equipment, construction of the load-bearing structure and construction of photovoltaic panels.

Табела 43: Основни параметри ефеката изградње фотонапонских система на одабраним предшколским објектима према унапређењу 2

ВРТИГИ KINDERGARTENS	Укупна нето површина (m ²) Total net area (m ²)	Укупна годишња потрошња електричне енергије (MWh/god) Total annual electricity consumption (MWh/p/a)	Укупна инсталисана снага ФН система на крову објекта (kW _p) Total installed capacity of PV system on the building roof (kW _p)	Годишња производња електричне енергије ФН система (MWh/god) Annual PV system power generation (MWh/p/a)	Укупна инвестиција за изградњу ФН система (Euro) Total investment for PV system construction (EUR)	Смањење емисије CO ₂ (tona/god) CO ₂ emission reduction (tons/p/a)
A1	297	12,4	11,9	12,4	11.900	13,421
A2	632	24,0	21,8	24,0	21.000	26,040
B1	170	12,9	11,8	12,9	11.800	13,955
B2a	575	20,2	18,0	20,2	18.000	21,979
B2b	1.128	47,2	47,4	47,2	45.000	51,212
C1	255	4,5	3,8	4,3	3.800	4,607
C2	1.147	58,7	46,8	51,0	44.400	55,274
C3	1.914	143,3	87,4	95,2	78.600	103,311
D2	1.446	65,6	57,3	65,6	51.500	71,154
D3	2.163	157,7	93,3	107	83.900	116,149

Table 43: Basic parameters of the effect of photovoltaic system construction in selected kindergarten buildings based on the Improvement 2

Може се закључити да на већини предшколских објекта постоји могућност инсталација ПВ панела који би у потпуности покрили годишњу потрошњу електричне енергије предшколског објекта. Једино на објектима C2, C3 и D3 не постоји довољна расположива кровна површина да би се могли инсталирати потребна снага фотонапонских панела да покрије целокупну годишњу потрошњу електричне енергије ових објеката. Треба истаћи да су дијаграми потрошње електричне енергије и производње фотонапонских панела у оваквим објектима слабо корелисани и на сезонском и дневном нивоу, те је би размена енергије са дистрибутивном мрежом била двосмерна.

8.7 Процена ефеката изградње фотонапонских система на школским објектима на нивоу Србије

На основу прорачуна производње фотонапонских система на крововима типских школских објеката извршена је процена ефеката изградње фотонапонских система на нивоу свих школских објеката у Србији. С обзиром да нису били доступни статистички подаци о геометријским

It may be concluded that there is a possibility to install photovoltaic panels in the majority of kindergarten buildings, which would entirely cover annual electricity consumption in kindergarten buildings. Only in buildings C2, C3 and D3 there is no sufficient roof surface so as to install the required capacity of photovoltaic panels to cover the entire annual electricity consumption of these buildings. It should be stressed that the diagrams of electricity consumption and photovoltaic panels production in such buildings are poorly correlated both at seasonal and daily levels, thus implying two-way energy exchange with distribution network.

8.7 Impact assessment of the photovoltaic system construction in school buildings at the level of Serbia

Based on the production calculation of photovoltaic systems on the roofs of typical school buildings, the assessment of the photovoltaic system construction was performed at the level of all school buildings in Serbia. Since not all statistical data on geometric elements and available surfaces for the

елементима и расположивим површинама за кровове школских објеката, процене производње су извршене уз уважавање следећих претпоставки:

- Расположиве површине и нагибни углови кровова свих објеката у оквиру једне категорије су исти;
- Соларни потенцијал на просечном школском објекту у Србији износи 3600 kWh/m²/dan на хоризонталној површини;
- Оријентација кровова школских објеката са косим крововима може бити подједнако вероватна за сваки правац.

Поред наведених претпоставки, усвојено је да је фотонапонске панеле погодно поставити на 80% објеката у свакој од категорија дефинисаних националном типологијом. Преосталих 20 % објеката се сматра непогодним за инсталацију фотонапонских система због нерасположивости кровне површине, комплексне геометрије или присуства сенке од околних објеката.

У табели 44 дати су подаци прорачуна ефеката инсталације фотонапонских система на школским објектима у Србији након примене мере унапређења 1, а у табели 45 након примене мере унапређења 2.

Табела 44: Основни параметри ефеката изградње фотонапонских система на школским објектима у Србији према унапређењу 1

ТИП ШКОЛЕ TYPE OF SCHOOLS	Број школа Number of schools	Укупна годишња потрошња електричне енергије (MWh/god) Total annual electricity consumption (MWh/p/a)	Укупна инсталисана снага ФН система на крову објекта (kW _p) Total installed capacity of PV system on the building roof (kW _p)	Годишња производња електричне енергије ФН система (MWh/god) Annual PV system power generation (MWh/p/a)	Укупна инвестиција за изградњу ФН система (Euro) Total investment for PV system construction (EUR)	Смањење емисије CO ₂ (tona/god) CO ₂ emission reduction (tons/p/a)
A1	596	5,0	2,07	2,3	1,97	2.489
A2	300	6,1	2,52	2,8	2,39	3.030
A3	242	3,9	1,62	1,8	1,54	1.948
B1	664	1,6	0,63	0,7	0,60	758
B2	449	6,2	2,52	2,8	2,39	3.030
B3	538	26,3	10,61	11,8	10,08	12.771
C1	337	1,0	0,45	0,5	0,43	541

roofs of school buildings was available, the production estimation was done taking into account the following assumptions:

- Available surfaces and tilt angles of roofs of all buildings within a single category are the same;
- Solar potential on an average school building in Serbia amounts to 3600 kWh/m²/day on a horizontal surface;
- Roof orientation of pitched roof school buildings may be equally probable for each direction.

In addition to said assumptions, it was adopted that photovoltaic systems are suitable to be installed in 80% of the buildings in each category defined by the national typology. The remaining 20 % of buildings are considered unsuitable for installation of photovoltaic systems due to unavailability of roof surface, complex geometry or shading from surrounding buildings.

Table 44 shows the data referring to calculation of effects of installation of photovoltaic systems in school buildings in Serbia after implementing Improvement 1 measures, and Table 45 after implementing Improvement 2 measures.

Table 44: Basic parameters of the effect of photovoltaic system construction in school buildings based on the Improvement 1

C2	274	9,2	3,78	4,2	3,59	4.546
C3	413	18,7	7,55	8,4	7,17	9.091
D3	77	5,8	2,34	2,6	2,22	2.814
Укупно	3.890	84	34	38	32	41.018

Табела 45: Основни параметри ефеката изградње фотонапонских система на школским објектима у Србији према унапређењу 2

Table 45: Basic parameters of the effect of photovoltaic system construction in school buildings based on the Improvement 2

ТИП ШКОЛЕ TYPE OF SCHOOLS	Број школа Number of schools	Укупна годишња потрошња електричне енергије (MWh/god) Total annual electricity consumption (MWh/p/a)	Укупна инсталисана снага ФН система на крову објекта (kW _p) Total installed capacity of PV system on the building roof (kW _p)	Годишња производња електричне енергије ФН система (MWh/god) Annual PV system power generation (MWh/p/a)	Укупна инвестиција за изградњу ФН система (Euro) Total investment for PV system construction (EUR)	Смањење емисије CO ₂ (tona/god) CO ₂ emission reduction (tons/p/a)
A1	596	5,0	3,67	4,0	3,30	4.330
A2	300	6,1	4,50	4,9	4,05	5.300
A3	242	3,9	2,85	3,1	2,57	3.360
B1	664	1,6	1,19	1,3	1,07	1.410
B2	449	6,2	4,59	5,0	4,13	5.410
B3	538	26,3	19,36	21,1	17,42	22.840
C1	337	1,0	0,73	0,8	0,66	870
C2	274	9,2	6,79	7,4	6,11	8.010
C3	413	18,7	13,77	15,0	12,39	16.240
D3	77	5,8	4,31	4,7	3,88	5.090
Укупно	3.890	84	62	67	56	72.860

8.8 Процена ефеката изградње фотонапонских система на предшколским објектима на нивоу Србије

8.8 Impact assessment of the photovoltaic system construction in kindergarten buildings at the level of serbia

На основу прорачуна производње фотонапонских система на крововима типских предшколских објеката извршена је процена ефеката изградње фотонапонских система на нивоу свих предшколских објеката у Србији. С обзиром да нису били доступни статистички подаци о геометријским елементима и расположивим површинама за кровове школских објеката, процене производње су извршене уз уважавање следећих претпоставки:

- Расположиве површине и нагибни углови кровова свих објеката у оквиру једне категорије су исти;

Based on the production calculation of photovoltaic systems on the roofs of typical kindergarten buildings, the assessment of the photovoltaic system construction was performed at the level of all kindergarten buildings in Serbia. Since not all statistical data on geometric elements and available surfaces for the roofs of kindergarten buildings was available, the production estimation was done taking into account the following assumptions:

- Available surfaces and tilt angles of roofs of all buildings within a single category are the same;
- Solar potential on an average school building in Serbia amounts to 3600 kWh/m²/day on a horizontal

- Соларни потенцијал на просечном школском објекту у Србији износи 3600 kWh/m²/dan на хоризонталној површини;
- Оријентација кровова предшколских објеката са косим крововима може бити подједнако вероватна за сваки правац.

Поред наведених претпоставки, усвојено је да је фотонапонске панеле погодно поставити на 75% објеката у свакој од категорија дефинисаних националном типологијом. Преосталих 25 % објеката се сматра непогодним за инсталацију фотонапонских система због нерасположивости кровне површине, комплексне геометрије или присуства сенке од околних објеката.

У табели 46 дати су подаци прорачуна ефеката инсталације фотонапонских система на предшколским објектима у Србији након примене мере унапређења 1, а у табели 47 након примене мере унапређења 2.

Табела 46: Основни параметри ефеката изградње фотонапонских система на предшколским објектима у Србији према унапређењу 1

ТИП ВРТИЋА TYPE OF KINDERGARTEN	Број вртића Number of kindergartens	Укупна годишња потрошња електричне енергије (MWh/god) Total annual electricity consumption (MWh/p/a)	Укупна инсталисана снага ФН система на крову објекта (kW _p) Total installed capacity of PV system on the building roof (kW _p)	Годишња производња електричне енергије ФН система (MWh/god) Annual PV system power generation (MWh/p/a)	Укупна инвестиција за изградњу ФН система (Euro) Total investment for PV system construction (EUR)	Смањење емисије CO ₂ (tona/god) CO ₂ emission reduction (tons/p/a)
A1	236	2,93	1,08	1,20	1,02	1.299
A2	100	2,40	0,93	1,04	0,88	1.126
B1	184	2,37	0,92	1,03	0,87	1.115
B2a	128	2,59	0,98	1,09	0,93	1.180
B2b	117	5,52	2,27	2,53	2,16	2.739
C1	323	1,45	0,52	0,58	0,50	628
C2	897	52,65	20,57	22,89	19,54	24.778
C3	309	44,28	17,05	18,97	16,20	20.535
D2	187	12,27	4,56	5,08	4,33	5.499
D3	110	17,35	6,43	7,16	6,11	7.751
Укупно	2.591	144	55	62	53	66.650

- surface;
- Roof orientation of pitched roof kindergarten buildings may be equally probable for each direction.

In addition to said assumptions, it was adopted that photovoltaic systems are suitable to be installed in 75% of the buildings in each category defined by the national typology. The remaining 25 % of buildings are considered unsuitable for installation of photovoltaic systems due to unavailability of roof surface, complex geometry or shading from surrounding buildings.

Table 46 shows the data referring to calculation of effects of installation of photovoltaic systems in kindergarten buildings in Serbia after implementing Improvement 1 measures, and Table 47 after implementing Improvement 2 measures.

Table 46: Basic parameters of the effect of photovoltaic system construction in kindergarten buildings in Serbia based on the Improvement 1

Табела 47: Основни параметри ефеката изградње фотонапонских система на предшколским објектима у Србији према унапређењу 2

Table 47: Basic parameters of the effect of photovoltaic system construction in kindergarten buildings in Serbia based on the Improvement 2

ТИП ВРТИЋА TYPE OF KINDERGARTEN	Број вртића Number of kindergartens	Укупна годишња потрошња електричне енергије (MWh/god) Total annual electricity consumption (MWh/p/a)	Укупна инсталисана снага ФН система на крову објекта (kW _p) Total installed capacity of PV system on the building roof (kW _p)	Годишња производња електричне енергије ФН система (MWh/god) Annual PV system power generation (MWh/p/a)	Укупна инвестиција за изградњу ФН система (Euro) Total investment for PV system construction (EUR)	Смањење емисије CO ₂ (tona/god) CO ₂ emission reduction (tons/p/a)
A1	236	2,93	2,11	2,30	1,90	2.490
A2	100	2,40	1,64	1,78	1,47	1.927
B1	184	2,37	1,63	1,78	1,47	1.927
B2a	128	2,59	1,73	1,88	1,56	2.035
B2b	117	5,52	4,16	4,53	3,74	4.904
C1	323	1,45	0,92	1,00	0,83	1.083
C2	897	52,65	31,49	34,31	28,34	37.141
C3	309	44,28	20,26	22,07	18,23	23.891
D2	187	12,27	8,04	8,76	7,23	9.483
D3	110	17,35	7,70	8,39	6,93	9.082
Укупно	2.591	144	80	87	72	93.963

9. ПРИКАЗИ МОГУЋНОСТИ ПРИМЕНЕ АНАЛИЗИРАНИХ ТЕХНОЛОГИЈА НА ЗГРАДАМА ШКОЛА, ФИКСУЛТУРНИХ САЛА И ВРТИЋА

У наредном делу ће кроз графиконе бити илустровани прорачуни и подаци из табела у поглављима 5, 6, 7 и 8, везани за конкретне објекте школа, школских фискултурних сала и зграда предшколских установа.

За сваки анализирани објекат, који представља репрезент у типологији, на првој страни су илустроване карактеристике зграде и локације на којој се налази, тј. парцеле. Дате су расположиве површине на парцели, површине кровних равни као и илустративни приказ анализираних технологија примене обновљивих извора.

Затим следи сумарна табела у којој су за све анализираних технологије примене обновљивих извора приказане вредности које подмирују тренутне потребе објекта (капацитети топлотних пумпи, количине биомасе и површина кровова под фотонапонским панелима), као и потенцијали у виду максималних остваривих потенцијала производње електричне енергије (путем фотонапонских система и топлотних колектора) и максималних грејних капацитета за расположиву површину дворишта коришћењем топлотних пумпи типа „земља – вода“.

Тамо где нема расположивих капацитета за примену одређене технологије, као што је случај са расположивом површином дворишта за постављање хоризонталних и/или вертикалних сонди, нису приказане табеле ни сумарне вредности за ову технологију. То је случај код неких објеката школа и предшколских установа, као и код типова зграда фискултурних сала.

Затим следе табеле и графикони који илуструју међузависност података о расположивим површинама и осталим релевантим карактеристикама конкретног објекта, и прорачунатих вредности остварених капацитета приликом примене одређене технологије коришћења обновљивих извора енергије, у складу са методологијом дефинисаном у претходним поглављима.

9. OVERVIEW OF OPPORTUNITIES FOR THE IMPLEMENTATION OF ANALYSED TECHNOLOGIES IN SCHOOL, GYM AND KINDERGARTEN BUILDINGS

The charts in the following part illustrate calculations and data from Tables under Sections 5, 6, 7 and 8 related to specific types of schools, school gym and kindergarten buildings.

For each analysed building, which represents a reference in the typology, first page illustrates building characteristics and locations (lots) they are located in. What is presented are available lot areas, roof plane surfaces and illustrative overview of analysed technologies for the implementation of renewable sources.

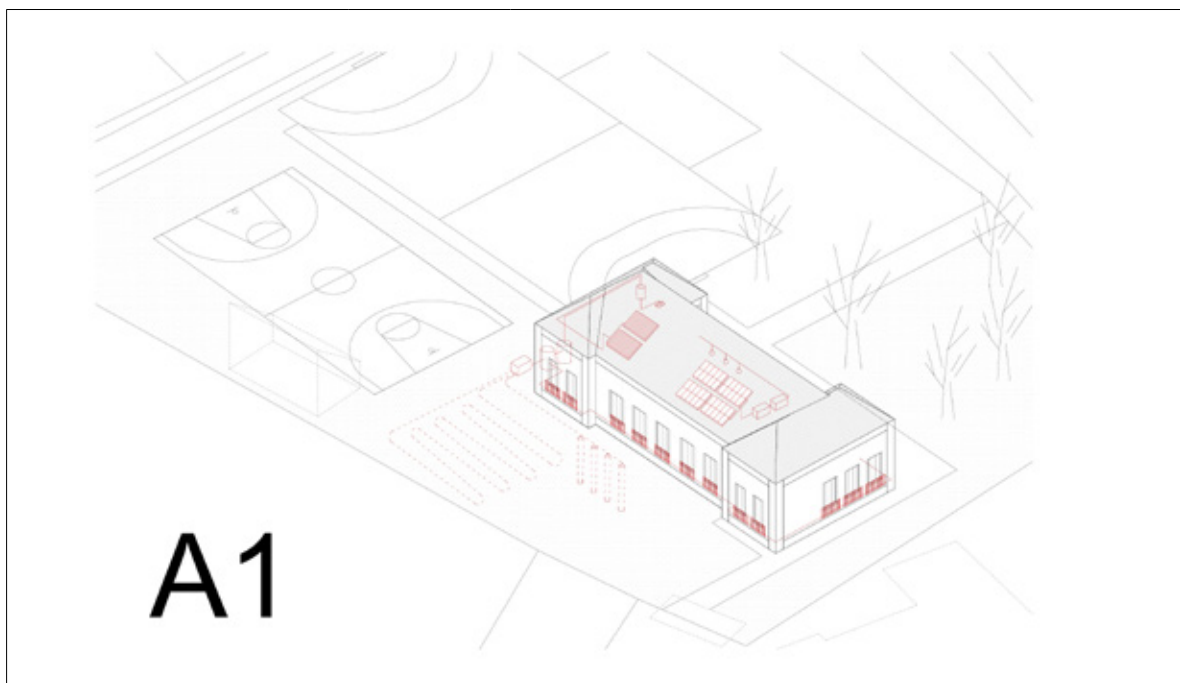
This is followed by a summary table showing values for all analysed technologies of renewable sources implementation that meet current building demand (heat pumps capacities, biomass quantities and roof surface under photovoltaic panels), same as potentials in terms of maximum achievable potential of electricity production (via photovoltaic systems and thermal collectors) and maximum heating capacities for the available yard area using “ground-water” heat pumps.

Where the data was not available for the implementation of a particular technology, as it was the case with the available yard area for installation of horizontal and/or vertical probes, neither tables nor summary values for this technology were presented. This is the case with some of the school and kindergarten buildings, same as with gym building types.

What follows are tables and charts illustrating inter-dependence of data on the available surfaces and other relevant characteristics of a particular building, and calculation of values of realised capacities in implementation of a specific technology of renewable energy sources use, in line with the methodology defined in previous chapters.

9.1 Зграде школских објеката

9.1 School buildings










<p>Основни подаци о објекту Basic building data</p>		<p>Ситуациони приказ Layout</p>
<p>Површина парцеле Lot area</p>	<p>4.798 m²</p>	
<p>Слободна површина парцеле за примену ОИ Available lot area for RES implementation</p>	<p>2.580 m²</p>	
<p>Површина објекта Building area</p>	<p>260 m²</p>	
<p>Укупна површина равног крова Total flat roof area</p>	<p>/</p>	
<p>Укупна површина косог крова Total pitched roof area</p>	<p>325 m²</p>	
<p>Организациона шема објекта Organisational scheme of the building</p>		

ПОТЕНЦИЈАЛ ЗА КОРИШЋЕЊЕ ОБНОВЉИВИХ ИЗВОРА POTENTIAL FOR THE USE OF RENEWABLE SOURCES

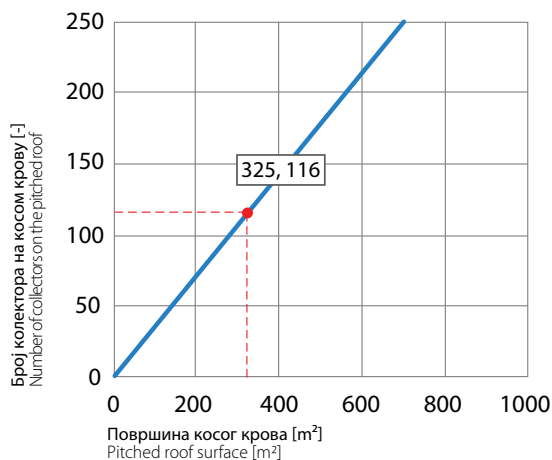
			
ФОТОНАПОНСКИ ПАНЕЛИ PHOTOVOLTAIC PANELS	СОЛАРНИ КОЛЕКТОРИ SOLAR COLLECTORS	ТОПЛОТНЕ ПУМПЕ, тип "земља - вода" HEAT PUMPS "ground-water"	
		Хоризонталне сонде (колектори)	Вертикалне сонде (колектори)
Максимални потенцијал производње електричне енергије за оптимално расположиве површине крова [MWhе/god] Maximum potential for power generation for optimum available roof surfaces [MWhе/p/a]	Максимални потенцијал производње топлотне енергије за оптимално расположиве површине крова [MWh/god] Maximum potential for heat generation for optimum available roof surfaces [MWhе/p/a]	Максимални грејни капацитет за расположиву површину дворишта [kW] Maximum heating capacity for the available yard area [kW]	
32,2	92,2	74,0	358,4

КОРИШЋЕЊЕ ОБНОВЉИВИХ ИЗВОРА – подмирење потреба објекта USE OF RENEWABLE SOURCES- meeting building demand

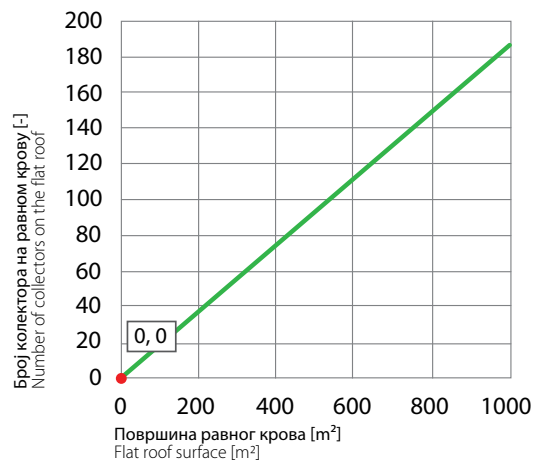
						
ФОТОНАПОНСКИ ПАНЕЛИ PHOTOVOLTAIC PANELS	ТОПЛОТНЕ ПУМПЕ HEAT PUMPS		БИОМАСА BIOMASS			
	тип "ваздух - вода" "air-water" type	тип "земља - вода" "ground-water" type	пелет pellet	брикет briquette	сечка chips	
Производње електричне енергије [MWh/god] / Ангажована површина крова [m ²] Power production [MWh/p/a] / Deployed roof surface [m ²]	Потребни топлотни капацитет пумпе [kW] / Потрошња електричне енергије за погон топлотне пумпе [MWh/god] Required thermal pump capacity [kW] / Electricity consumption for the heat pump drive [MWh/p/a]		Количине поједине дрвне биомасе средњег квалитета, које подмирују потребе објекта за грејањем [t/god] Quantities of specific biomass of average quality, meeting the building heating demand [t/p/a]			
8,4 / 44	29,6 / 22,1	7,1 / 15,3	8,3	9,3	15,3	

ПОТЕНЦИЈАЛ ЗА КОРИШЋЕЊЕ СОЛАРНИХ КОЛЕКТОРА POTENTIAL FOR THE USE OF SOLAR COLLECTORS

Максималан број инсталираних колектора по површини косог крова у зависности од површине крова
Maximum number of installed collectors per pitched roof surface depending on the roof area



Максималан број инсталираних колектора по површини равног крова у зависности од површине крова
Maximum number of installed collectors per flat roof surface depending on the roof area



A1	Оптимально расположива површина косог крова [m²] Optimum available pitched roof area (m²)	Нагибни угао [°] Tilt angle [°]	Оптимально расположива површина равног крова [m²] Optimum available flat roof area (m²)	Површина колектора [m²] Collector surface [m²]	Минимална запремина танка [l] Minimum tank volume [l]	Производња топлотне енергије на годишњем нивоу [kWh/god] Annual heat generation [kWh/gp/5]	Могуће смањење емисије CO ₂ у зависности од енергента који се супституише [kgCO ₂] Potential CO ₂ emission reduction depending on the substituted fuel [kgCO ₂]		
							угаљ coal	гас gas	мазут heavy oil
Y1 I1	115	30	-	96,75	4.838	56.068	24.053	12.335	18.839
Y2 I2	210	30	-	172,27	8.613	92.214	39.560	20.287	30.984

Y1: Унапређење 1 – Покривеност 100% површине кровова јужне, југоисточне и југозападне оријентације.

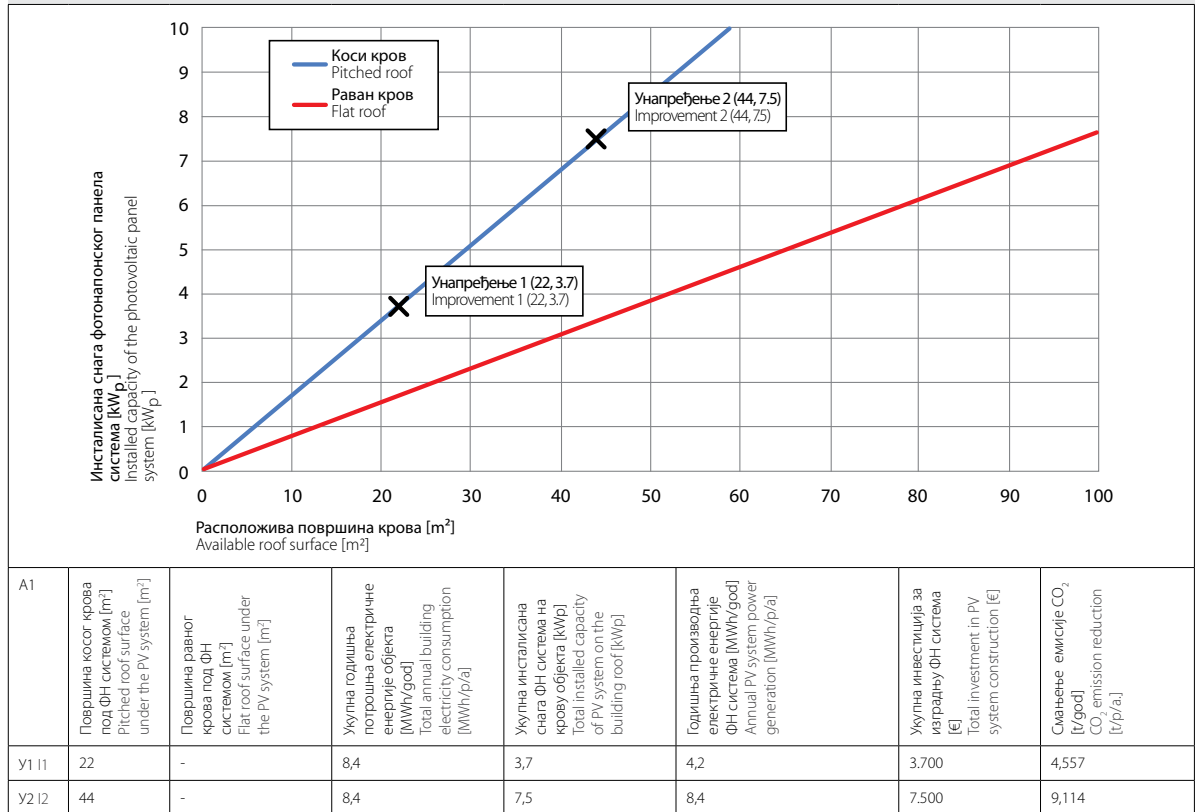
Y2: Унапређење 2 – Покривеност 100% површине кровова јужне, југоисточне, југозападне, источне и западне оријентације.

I1: Improvement 1 - 100% coverage of the roof surface of South, Southeast and Southwest orientation.

I2: Improvement 2 - 100% coverage of the roof surface of South, Southeast, Southwest, East and West orientation.

ПОТЕНЦИЈАЛ ЗА КОРИШЋЕЊЕ СОЛАРНИХ ФОТОНАПОНСКИХ СИСТЕМА

POTENTIAL FOR THE USE OF SOLAR PHOTOVOLTAIC SYSTEMS



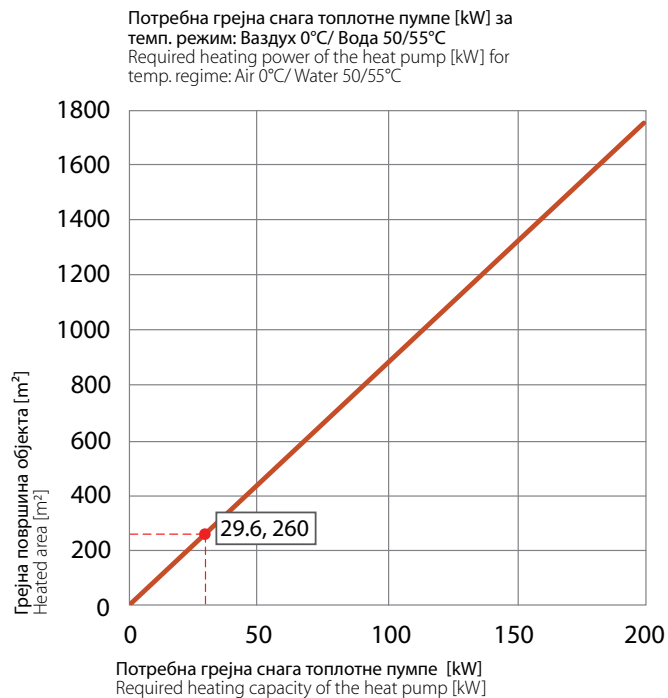
У1: Унапређење 1 – Прво унапређење подразумева изградњу фотонапонских система на расположивим кровним површинама које имају најбољу просторну оријентацију са аспекта укупне годишње инсолације. Инсталисана снага фотонапонског система треба да обезбеди годишњу производњу електричне енергије која покрива до 50% укупне годишње потрошње електричне енергије у анализираном школском објекту.

У2: Унапређење 2 – Друго унапређење подразумева изградњу фотонапонских система на расположивим кровним површинама које имају најбољу просторну оријентацију са аспекта укупне годишње инсолације. Инсталисана снага фотонапонског система треба да обезбеди годишњу производњу електричне енергије која покрива 100% укупне годишње потрошње електричне енергије у анализираном школском објекту.

I1: Improvement 1- Improvement 1 implies construction of photovoltaic systems with available roof surfaces with best possible spatial orientation from the perspective of total annual insolation. The installed photovoltaic system capacity needs to ensure annual power generation covering up to 50% of the total annual power consumption in the analysed school building.

I2: Improvement 2- Improvement 1 implies construction of photovoltaic systems with available roof surfaces with best possible spatial orientation from the perspective of total annual insolation. The installed photovoltaic system capacity needs to ensure annual power generation covering 100% of the total annual power consumption in the analysed school building.

ПОТЕНЦИЈАЛ ЗА КОРИШЋЕЊЕ ТОПЛОТНИХ ПУМПИ ТОПЛОТНЕ ПУМПЕ ВАЗДУХ-ВОДА POTENTIAL FOR THE USE OF HEAT PUMPS HEAT PUMPS "AIR- WATER"

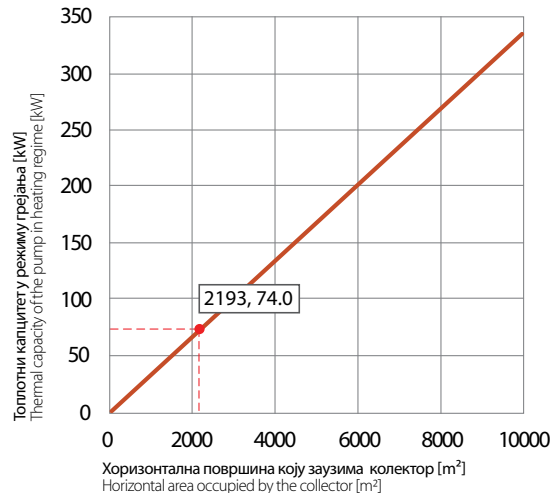


A1	Потребан капацитет пумпе [kW] Required pump capacity [kW]	Ангажована електрична снага [kW] Deployed power [kW]	Електрична енергија [kWh/god] Electricity [kWh/p/a.]	Емисија CO ₂ [t/god] Emission of CO ₂ [t/p/a.]	Смањење емисије CO ₂ [t/god] у односу на CO ₂ emission reduction [t/p/a.] in relation to		
					СДГ или угаљ DHS or coal	лож уље fuel oil	природни гас natural gas
	29,6	10,2	22,1	11,7	2,2	0,1	-3,3

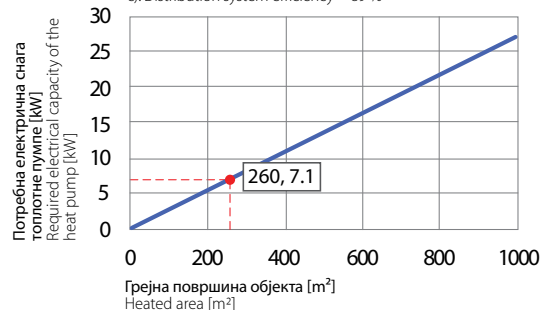
ТОПЛОТНЕ ПУМПЕ ЗЕМЉА-ВОДА: ХОРИЗОНТАЛНЕ СОНДЕ

HEAT PUMPS "GROUND-WATER" HORIZONTAL PROBES

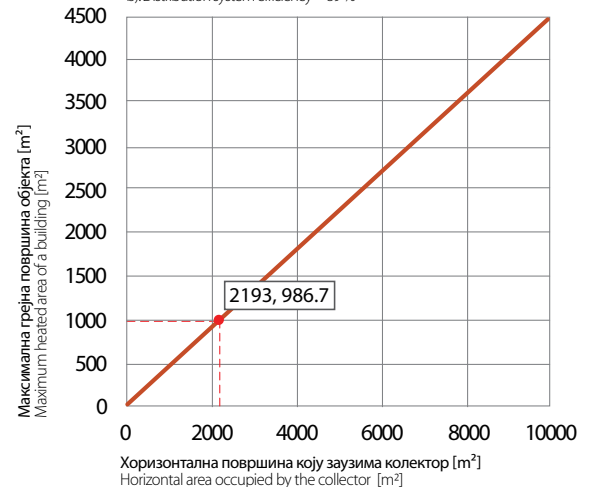
Топлотни капацитет пумпе у режиму грејања за усвојено:
 а). Топлотни флуks колектора = 25W/ m²
 б). Температура прилагођена за радијаторско грејање = 55°C
 Thermal capacity of the pump in the heating regime for the adopted:
 а). Heat flux of the collector = 25 W/m²
 б). Temperature adjusted for radiator heating = 55°C



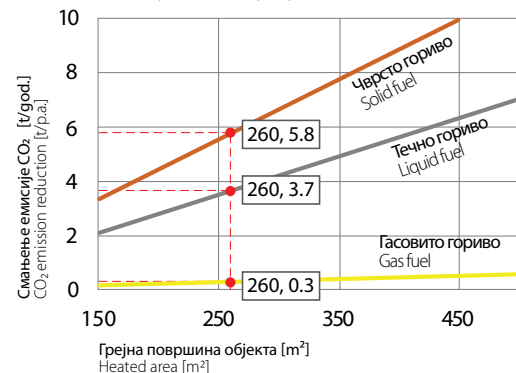
Зависност потребне електричне снаге и грејне површине објекта за усвојено:
 а). Специфичне топлотне потребе = 75 W/ m²
 б). COP топлотне пумпе = 3,4
 ц). Ефикасност система дистрибуције = 89 %
 Dependency between the required electrical capacity and building heated area for the adopted:
 а). Specific heat demand = 75 W/m²
 б). Heat pump SOR = 3.4
 ц). Distribution system efficiency = 89 %



Максимална грејна површина објекта у зависности од површине коју заузима колектор за усвојено:
 а). Специфична топлотна потреба објекта = 75 W/m²
 б). Ефикасност система дистрибуције = 89 %
 Maximum heated area depending on the area occupied by the collector for the adopted:
 а). Specific building heat demand = 75 W/m²
 б). Distribution system efficiency = 89 %



Смањење емисије CO₂ приликом супституције фосилних горива електричном енергијом путем топлотних пумпи
 CO₂ emission reduction due to substitution of fossil fuels by electrical power via heat pumps

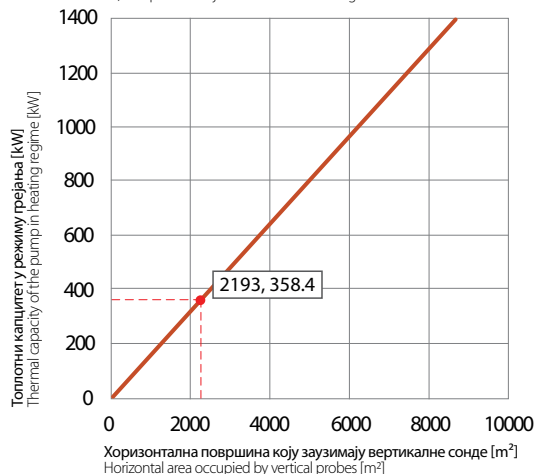


A1	Потребан капацитет пумпе [kW] Required pump capacity [kW]	Расположива површина дворишта [m ²] Available yard area [m ²]	Могући грејни капацитет [kW] Potential heating capacity [kW]	Електрична енергија [kWh/god] Electricity [kWh/p.a.]	Емисија CO ₂ [t/god] Emission of CO ₂ [t/p.a.]	Смањење емисије CO ₂ [t/god] у односу на CO ₂ emission reduction [t/p.a.] in relation to		
	7,1	2.193	74,0	15.31	8,1	СДГ или угља DHS or coal	лож уље fuel oil	природни гас natural gas
						5,8	3,7	0,3

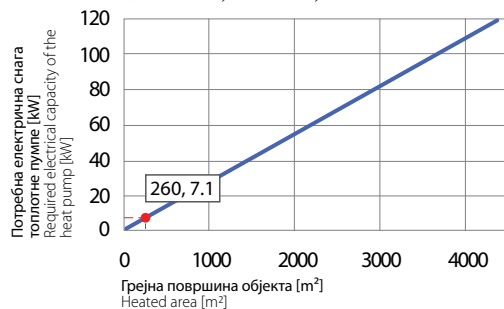
ТОПЛОТНЕ ПУМПЕ ЗЕМЉА-ВОДА: ВЕРТИКАЛНЕ СОНДЕ HEAT PUMPS "GROUND-WATER" VERTICAL PROBES

Топлотни капацитет пумпе са вертикалним сондама у зависности од хоризонталне површине дворишта за усвојено:

- а). Топлотни флуks колектора = 50W/m²
 б). Температура прилагођена за радијаторско грејање = 55°C
 Thermal capacity of the pump with vertical probes depending on the horizontal yard surface for the adopted:
 а). Heat flux of the collector = 50W/m²
 б). Temperature adjusted for radiator heating = 55°C

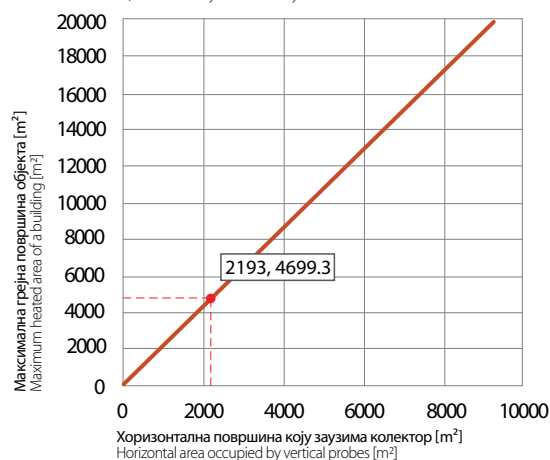


- Зависност потребне електричне снаге и грејне површине објекта за усвојено:
- а). Специфичне топлотне потребе = 75 W/m²
 б). COP топлотне пумпе = 3,4
 ц). Ефикасност система дистрибуције = 89 %
 Dependency between the required electrical capacity and building heated area for the adopted:
 а). Specific heat demand = 75 W/m²
 б). Heat pump SOR = 3.4
 ц). Distribution system efficiency = 89 %

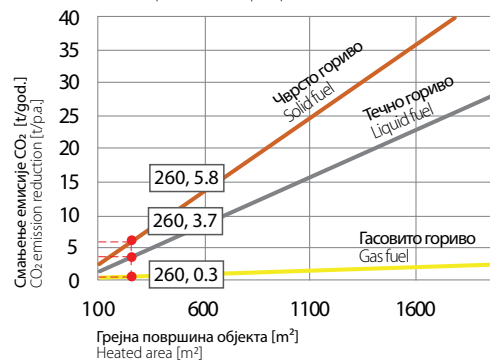


Максимална грејна површина објекта узависности од хоризонталне површине дворишта за усвојено:

- а). Специфична топлотна потреба објекта = 75 W/m²
 б). Ефикасност система дистрибуције = 89 %
 Maximum heated area depending on the horizontal yard surface for the adopted:
 а). Specific building heat demand = 75 W/m²
 б). Distribution system efficiency = 89 %



Смањење емисије CO₂ приликом супституције фосилних горива електричном енергијом путем топлотних пумпи
 CO₂ emission reduction due to substitution of fossil fuels by electrical power via heat pumps

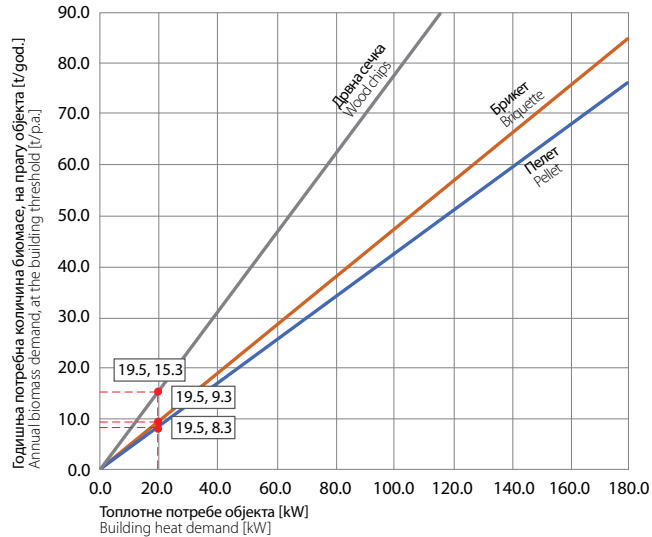


A1	Потребан капацитет пумпе [kW] Required pump capacity [kW]	Расположива површина дворишта [m ²] Available yard area [m ²]	Могући грејни капацитет [kW] Potential heating capacity [kW]	Електрична енергија [kWh/god] Electricity [kWh/p.a.]	Емисија CO ₂ [t/god] Emission of CO ₂ [t/p.a.]	Смањење емисије CO ₂ [t/god] у односу на CO ₂ emission reduction [t/p.a.] in relation to		
						СДГ или угаљ DHS or coal	лож уље fuel oil	природни гас natural gas
	7,1	2.193	358,4	15.311	8,1	5,8	3,7	0,3

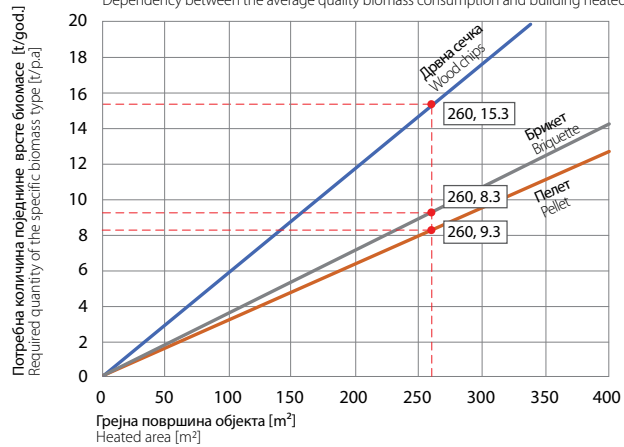
ПОТЕНЦИЈАЛ ЗА КОРИШЋЕЊЕ БИОМАСЕ

POTENTIAL FOR THE USE OF BIOMASS

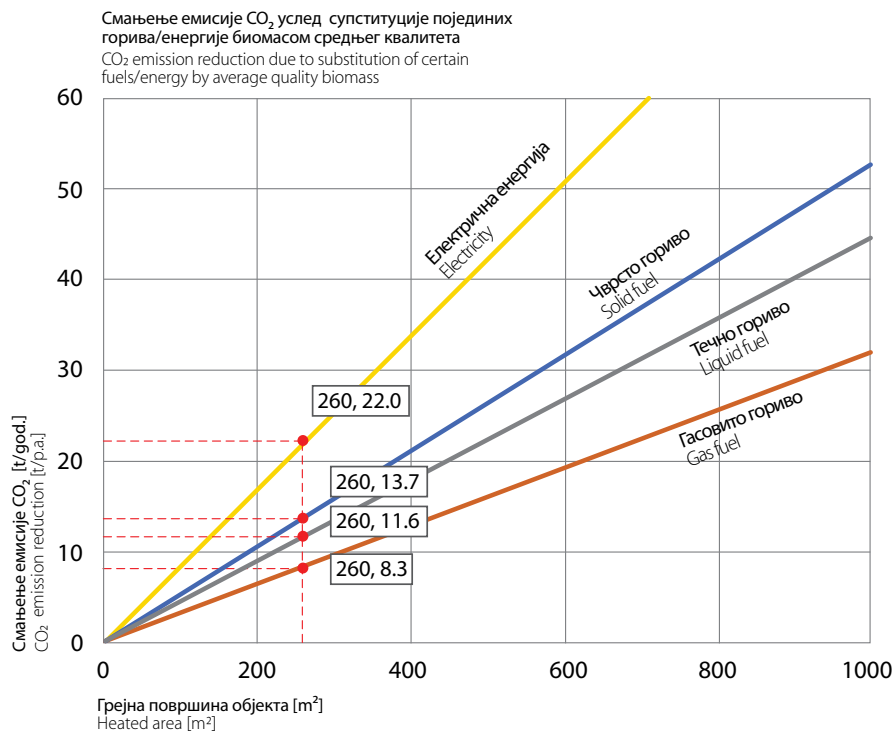
Зависност потрошње биомасе средњег квалитета од топлотних потреба објекта (рачунато 75 W/m^2)
Dependency between the average quality biomass consumption and building heat demand (calculated 75 W/m^2)



Зависност потрошње биомасе средњег квалитета од грејне површине објекта
Dependency between the average quality biomass consumption and building heated area

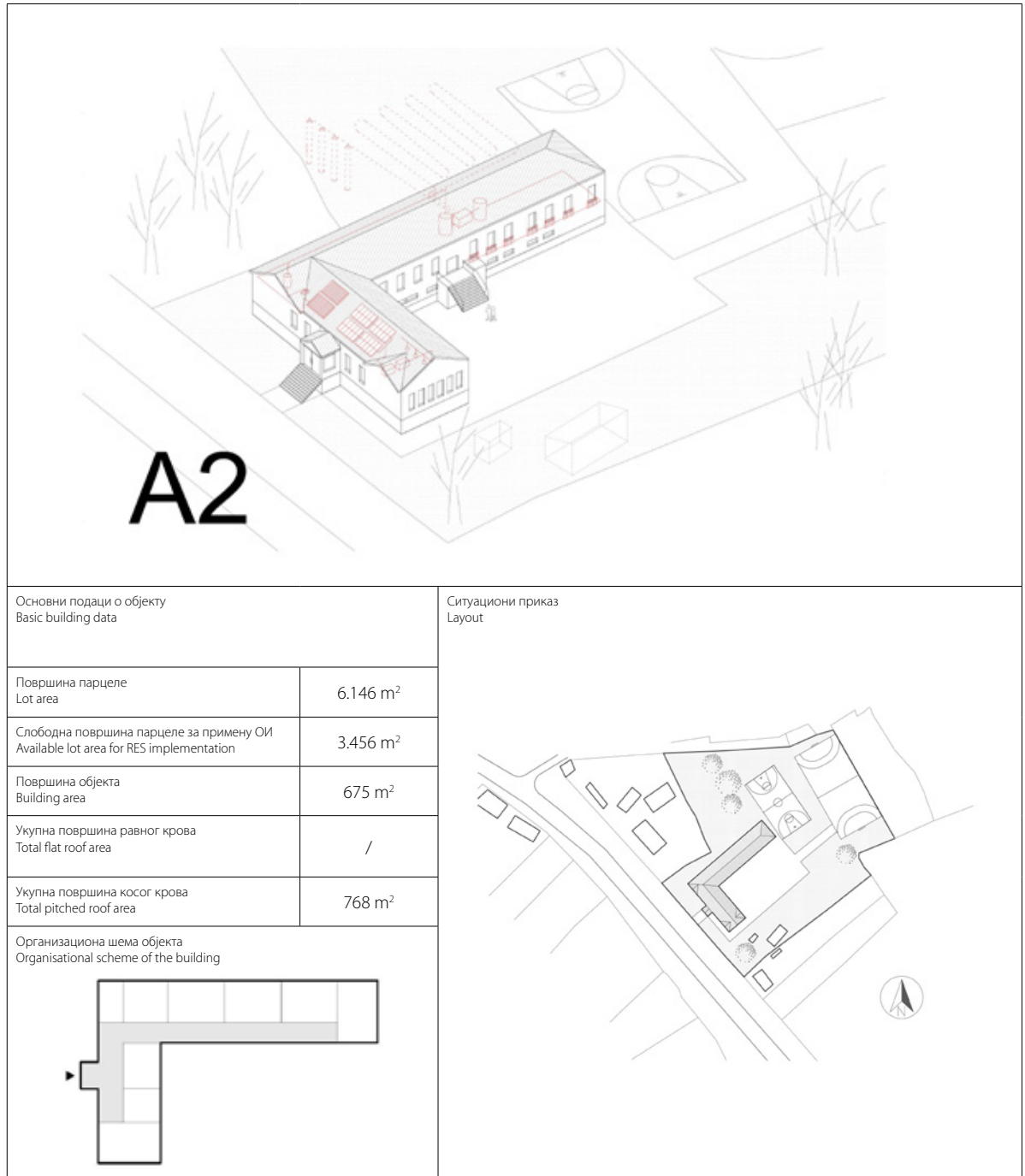


A1	Површина објекта 260 m^2 Топлотне потребе објекта $19,5 \text{ kW}$ Building area 260 m^2 Heat demand of the building $19,5 \text{ kW}$	Врста биомасе Biomass type	Потребан капацитет котла Required boiler capacity	Потребна енергија горива Required fuel energy	Потребна количина поједине биомасе Required specific biomass quantity
			kW	MWh/god MWh/p/a	[t/god] [t/p/a]
		Дрвни пелет Wood pellet	24,3	40,6	8,3
		Дрвни брикет Wood briquette	25,2	41,6	9,3
		Дрвна сечка Wood chips	25,8	42,5	15,3



A1 Смањење емисије CO₂ [t/god] у случају супституције наведеног горива/енергије биомасом средњег енергетског потенцијала (4,5 MWh/t), у постројењу средњег степена корисности (77%)
CO₂ [t/p/a] emission reduction in case of substitution of the said fuel/energy by biomass of average energy potential (4,5 MWh/t), in the plant of medium efficiency level (77%)






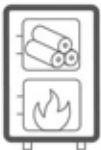

Чврсто гориво Solid fuel	Течно гориво Liquid fuel	Гасовито гориво Gas fuel	Електрична енергија Electricity
13,7	11,6	8,3	22,0



ПОТЕНЦИЈАЛ ЗА КОРИШЋЕЊЕ ОБНОВЉИВИХ ИЗВОРА POTENTIAL FOR THE USE OF RENEWABLE SOURCES

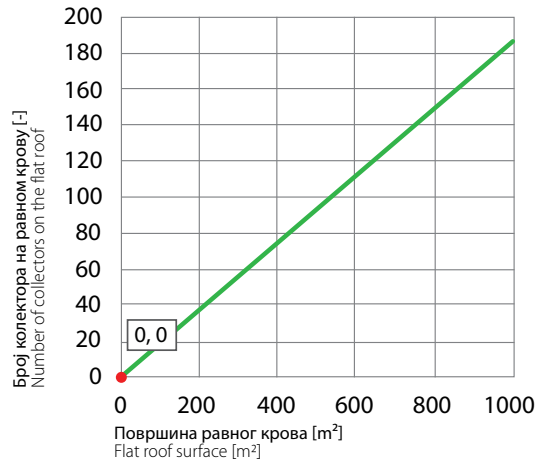
			
ФОТОНАПОНСКИ ПАНЕЛИ PHOTOVOLTAIC PANELS	СОЛАРНИ КОЛЕКТОРИ SOLAR COLLECTORS	ТОПЛОТНЕ ПУМПЕ, тип "земља - вода" HEAT PUMPS "ground-water"	
		Хоризонталне сонде (колектори)	Вертикалне сонде (колектори)
електричне енергије за оптимално расположиве површине крова [MWhе/god] Maximum potential for power generation for optimum available roof surfaces [MWhе/p/a]	Максимални потенцијал производње топлотне енергије за оптимално расположиве површине крова [MWh/god] Maximum potential for heat generation for optimum available roof surfaces [MWhе/p/a]	Максимални грејни капацитет за расположиву површину дворишта [kW] Maximum heating capacity for the available yard area [kW]	
40,3	161,7	99,1	473,9

КОРИШЋЕЊЕ ОБНОВЉИВИХ ИЗВОРА – подмирење потреба објекта USE OF RENEWABLE SOURCES- meeting building demand

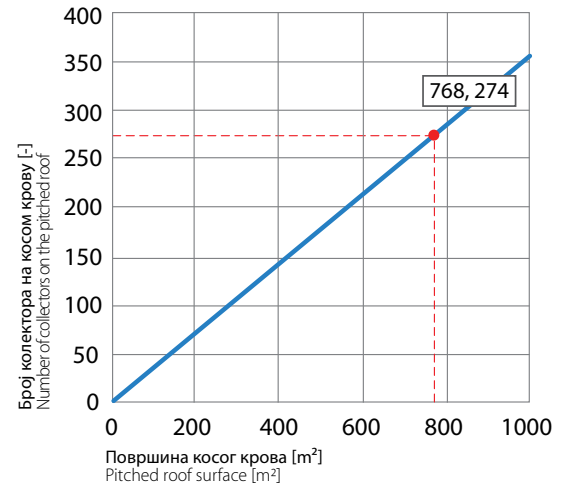
						
ФОТОНАПОНСКИ ПАНЕЛИ PHOTOVOLTAIC PANELS	ТОПЛОТНЕ ПУМПЕ HEAT PUMPS			БИОМАСА BIOMASS		
	тип "ваздух - вода" "air-water" type	тип "земља - вода" "ground-water" type		пелет pellet	брикет briquette	сечка chips
Производње електричне енергије [MWh/god] / Ангажована површина крова [m²] Power production [MWh/p/a] / Deployed roof surface [m²]	Потребни топлотни капацитет пумпе [kW] / Потрошња електричне енергије за погон топлотне пумпе [MWh/god] Required thermal pump capacity [kW] / Electricity consumption for the heat pump drive [MWh/p/a]			Количине поједине дрвне биомасе средњег квалитета, које подмирују потребе објекта за грејањем [t/god] Quantities of specific biomass of average quality, meeting the building heating demand [t/p/a]		
18,7 / 110	76,9 / 57,2	62,6 / 39,7		21,6	24,0	39,8

ПОТЕНЦИЈАЛ ЗА КОРИШЋЕЊЕ СОЛАРНИХ КОЛЕКТОРА POTENTIAL FOR THE USE OF SOLAR COLLECTORS

Максималан број инсталираних колектора по површини косог крова у зависности од површине крова
Maximum number of installed collectors per pitched roof surface depending on the roof area



Максималан број инсталираних колектора по површини равнoг крова у зависности од површине крова
Maximum number of installed collectors per flat roof surface depending on the roof area



A2	Оптимально расположива површина косог крова [m²] Optimum available pitched roof area [m²]	Нагибни угао [°] Tilt angle [°]	Оптимально расположива површина равнoг крова [m²] Optimum available flat roof area [m²]	Површина колектора [m²] Collector surface [m²]	Минимална запремина танка [l] Minimum tank volume [l]	Производња топлотне енергије на годишњем нивоу [kWh/t/год] Annual heat generation [kWh/t/yr]	Могуће смањење емисије CO ₂ у зависности од енергента који се супституише [kgCO ₂] Potential CO ₂ emission reduction depending on the substituted fuel [kgCO ₂]		
							угаљ coal	гас gas	мазут heavy oil
У1 I1	360	35	-	302,05	15.103	161.739	46.619	23.907	36.513
У2 I2	360	35	-	302,05	15.103	161.739	46.619	23.907	36.513

У1: Унапређење 1 – Покривеност 100% површине кровова јужне, југоисточне и југозападне оријентације.

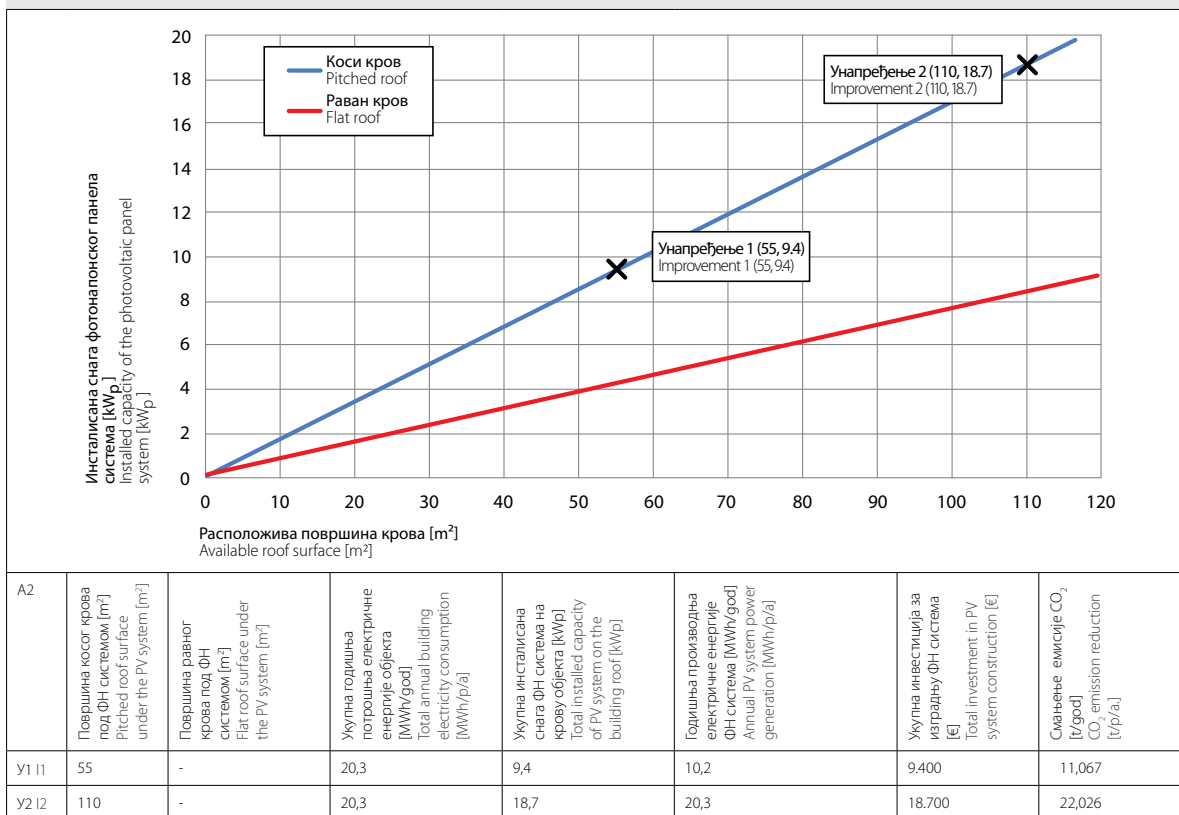
У2: Унапређење 2 – Покривеност 100% површине кровова јужне, југоисточне, југозападне, источне и западне оријентације.

I1: Improvement 1 - 100% coverage of the roof surface of South, Southeast and Southwest orientation.

I2: Improvement 2 - 100% coverage of the roof surface of South, Southeast, Southwest, East and West orientation.

ПОТЕНЦИЈАЛ ЗА КОРИШЋЕЊЕ СОЛАРНИХ ФОТОНАПОНСКИХ СИСТЕМА

POTENTIAL FOR THE USE OF SOLAR PHOTOVOLTAIC SYSTEMS



У1: Унапређење 1 – Прво унапређење подразумева изградњу фотонапонских система на расположивим кровним површинама које имају најбољу просторну оријентацију са аспекта укупне годишње инсолације. Инсталисана снага фотонапонског система треба да обезбеди годишњу производњу електричне енергије која покрива до 50% укупне годишње потрошње електричне енергије у анализираном школском објекту.

У2: Унапређење 2 – Друго унапређење подразумева изградњу фотонапонских система на расположивим кровним површинама које имају најбољу просторну оријентацију са аспекта укупне годишње инсолације. Инсталисана снага фотонапонског система треба да обезбеди годишњу производњу електричне енергије која покрива 100% укупне годишње потрошње електричне енергије у анализираном школском објекту.

11: Improvement 1- Improvement 1 implies construction of photovoltaic systems with available roof surfaces with best possible spatial orientation from the perspective of total annual insolation. The installed photovoltaic system capacity needs to ensure annual power generation covering up to 50% of the total annual power consumption in the analysed school building.

12: Improvement 2- Improvement 1 implies construction of photovoltaic systems with available roof surfaces with best possible spatial orientation from the perspective of total annual insolation. The installed photovoltaic system capacity needs to ensure annual power generation covering 100% of the total annual power consumption in the analysed school building.

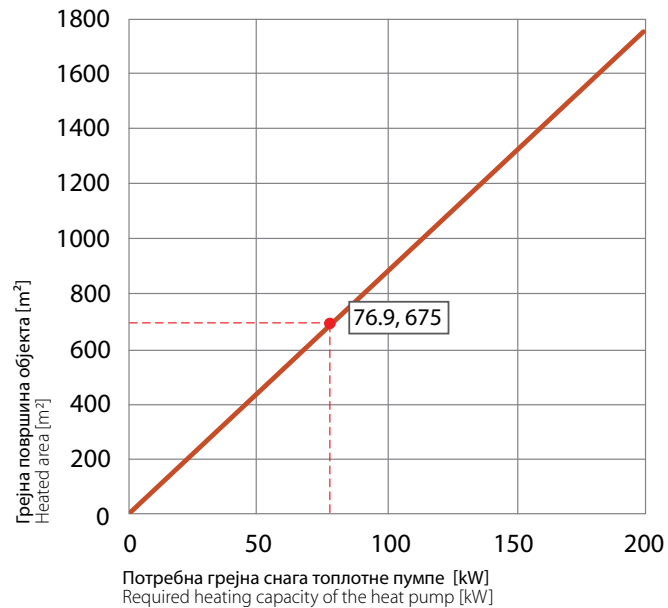
ПОТЕНЦИЈАЛ ЗА КОРИШЋЕЊЕ ТОПЛОТНИХ ПУМПИ

ТОПЛОТНЕ ПУМПЕ ВАЗДУХ-ВОДА

POTENTIAL FOR THE USE OF HEAT PUMPS

HEAT PUMPS "AIR- WATER"

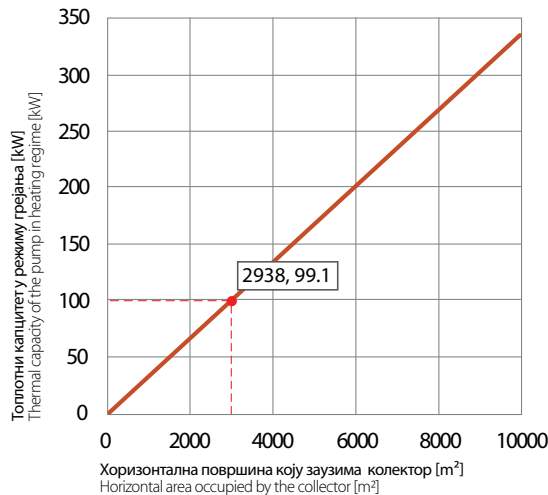
Потребна грејна снага топлотне пумпе [kW] за
 темп. режим: Ваздух 0°C/ Вода 50/55°C
 Required heating power of the heat pump [kW] for
 temp. regime: Air 0°C/ Water 50/55°C



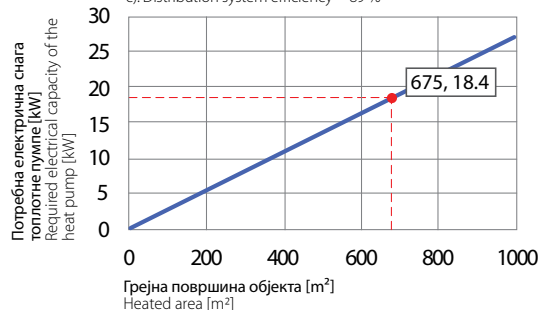
A2	Потребан капацитет пумпе [kW] Required pump capacity [kW]	Ангажована електрична снага [kW] Deployed power [kW]	Електрична енергија [kWh/god] Electricity [kWh/p/a.]	Емисија CO ₂ [t/god] Emission of CO ₂ [t/p/a.]	Смањење емисије CO ₂ [t/god] у односу на CO ₂ emission reduction [t/p/a.] in relation to		
					СДГ или угаљ DHS or coal	лож уље fuel oil	природни гас natural gas
	76,9	26,5	57,25	30,3	5,7	0,3	-8,5

ТОПЛОТНЕ ПУМПЕ ЗЕМЉА-ВОДА: ХОРИЗОНТАЛНЕ СОНДЕ HEAT PUMPS "GROUND-WATER" HORIZONTAL PROBES

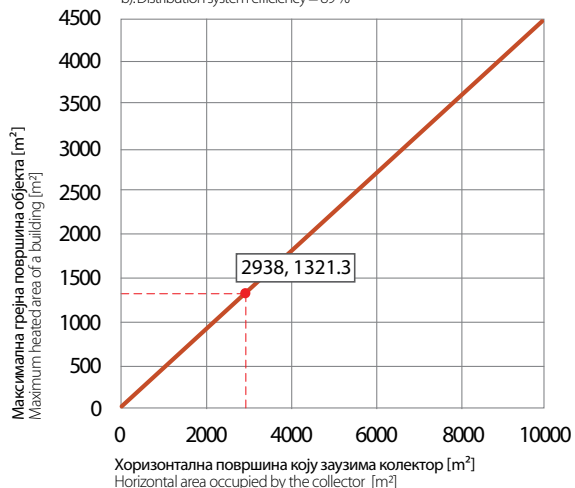
Топлотни капацитет пумпе у режиму грејања за усвојено:
 а). Топлотни флуks колектора = 25W/m²
 б). Температура прилагођена за радијаторско грејање = 55°C
 Thermal capacity of the pump in the heating regime for the adopted:
 а). Heat flux of the collector = 25 W/m²
 б). Temperature adjusted for radiator heating = 55°C



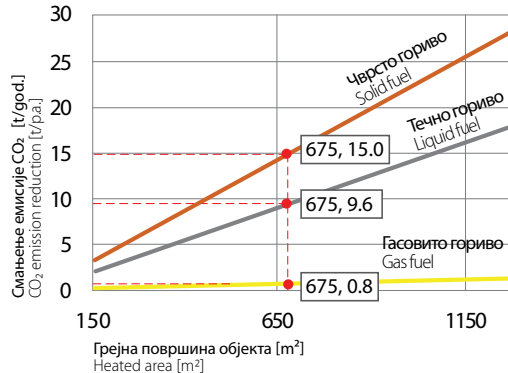
Зависност потребне електричне снаге и грејне површине објекта за усвојено:
 а). Специфичне топлотне потребе = 75 W/m²
 б). COP топлотне пумпе = 3,4
 ц). Ефикасност система дистрибуције = 89 %
 Dependency between the required electrical capacity and building heated area for the adopted:
 а). Specific heat demand = 75 W/m²
 б). Heat pump SOR = 3.4
 в). Distribution system efficiency = 89 %



Максимална грејна површина објекта у зависности од површине коју заузима колектор за усвојено:
 а). Специфична топлотна потреба објекта = 75 W/m²
 б). Ефикасност система дистрибуције = 89 %
 Maximum heated area depending on the area occupied by the collector for the adopted:
 а). Specific building heat demand = 75 W/m²
 б). Distribution system efficiency = 89 %



Смањење емисије CO₂ приликом супституције фосилних горива електричном енергијом путем топлотних пумпи
 CO₂ emission reduction due to substitution of fossil fuels by electrical power via heat pumps



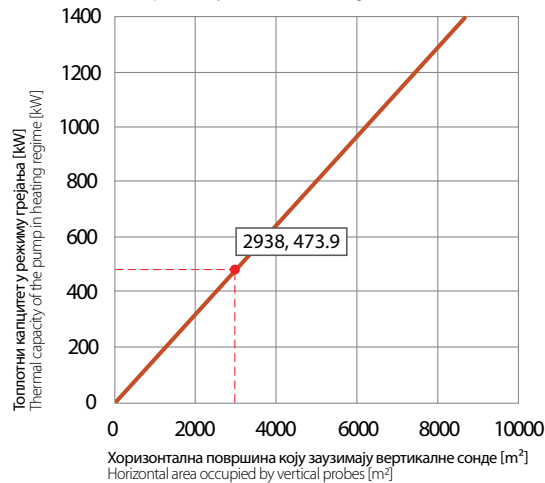
A2	Потребан капацитет пумпе [kW] Required pump capacity [kW]	Расположива површина дворишта [m ²] Available yard area [m ²]	Могући грејни капацитет [kW] Potential heating capacity [kW]	Електрична енергија [kWh/god] Electricity [kWh/p.a.]	Емисија CO ₂ [t/god] Emission of CO ₂ [t/p.a.]	Смањење емисије CO ₂ [t/god] у односу на CO ₂ emission reduction [t/p.a.] in relation to		
						СДГ или угаљ DHS or coal	лож уље fuel oil	природни гас natural gas
	62,6	2.938	99,1	39,75	21,1	15,0	9,6	0,8

ТОПЛОТНЕ ПУМПЕ ЗЕМЉА-ВОДА: ВЕРТИКАЛНЕ СОНДЕ

HEAT PUMPS "GROUND-WATER" VERTICAL PROBES

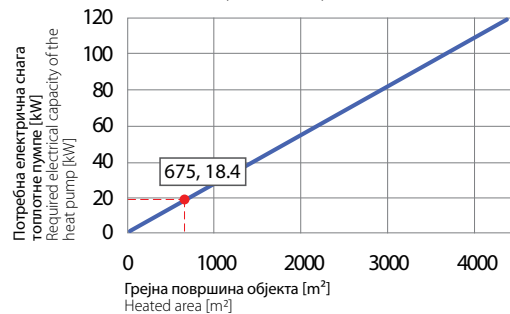
Топлотни капацитет пумпе са вертикалним сондама у зависности од хоризонталне површине дворишта за усвојено:

- a). Топлотни флуks колектора = 50 W/m^2
 б). Температура прилагођена за радијаторско грејање = 55°C
 Thermal capacity of the pump with vertical probes depending on the horizontal yard surface for the adopted:
 a). Heat flux of the collector = 50 W/m^2
 b). Temperature adjusted for radiator heating = 55°C



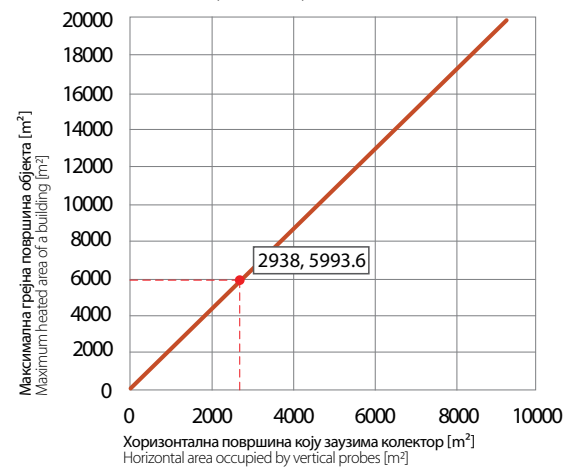
Зависност потребне електричне снаге и грејне површине објекта за усвојено:

a). Специфичне топлотне потребе = 75 W/m^2
 б). COP топлотне пумпе = 3,4
 ц). Ефикасност система дистрибуције = 89 %
 Dependency between the required electrical capacity and building heated area for the adopted:
 a). Specific heat demand = 75 W/m^2
 b). Heat pump SOR = 3.4
 c). Distribution system efficiency = 89 %

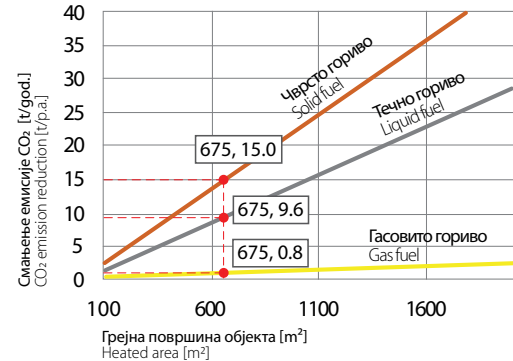


Максимална грејна површина објекта у зависности од хоризонталне површине дворишта за усвојено:

- a). Специфична топлотна потреба објекта = 75 W/m^2
 б). Ефикасност система дистрибуције = 89 %
 Maximum heated area depending on the horizontal yard surface for the adopted:
 a). Specific building heat demand = 75 W/m^2
 b). Distribution system efficiency = 89 %



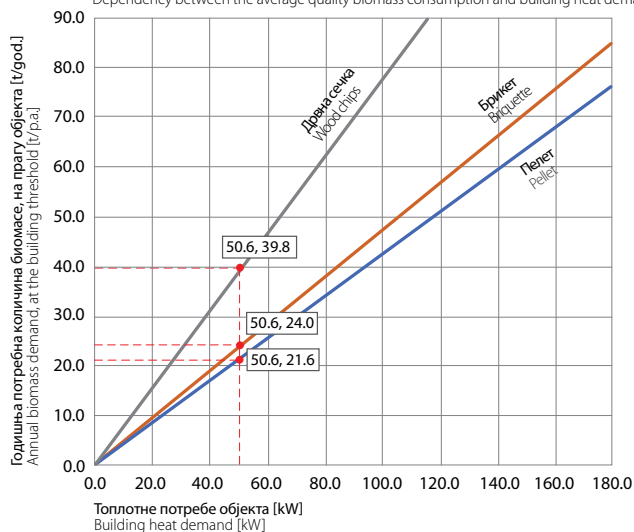
Смањење емисије CO₂ приликом супституције фосилних горива електричном енергијом путем топлотних пумпи
CO₂ emission reduction due to substitution of fossil fuels by electrical power via heat pumps



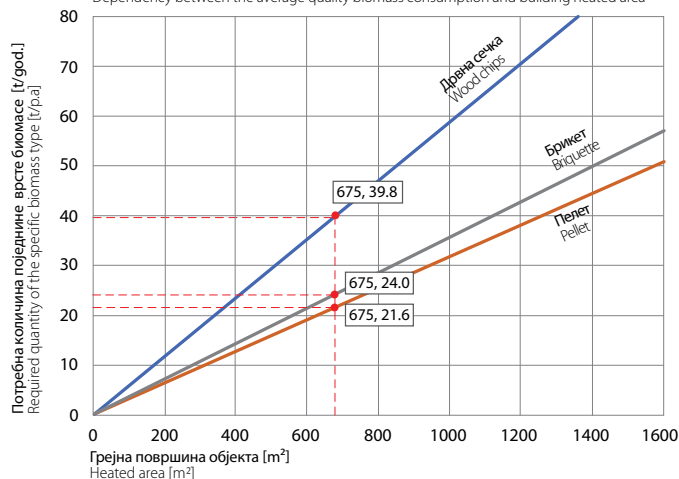
A2	Потребан капацитет пумпе [kW] Required pump capacity [kW]	Расположива површина дворишта [m ²] Available yard area [m ²]	Могући грејни капацитет [kW] Potential heating capacity [kW]	Електрична енергија [kWh/god] Electricity [kWh/p/a.]	Емисија CO ₂ [t/god] Emission of CO ₂ [t/p/a.]	Смањење емисије CO ₂ [t/god] у односу на CO ₂ emission reduction [t/p/a.] in relation to		
						СДГ или угаљ DHS or coal	лож уље fuel oil	природни гас natural gas
	62,6	2.938	473,9	39,75	21,1	15,0	9,6	0,8

ПОТЕНЦИЈАЛ ЗА КОРИШЋЕЊЕ БИОМАСЕ POTENTIAL FOR THE USE OF BIOMASS

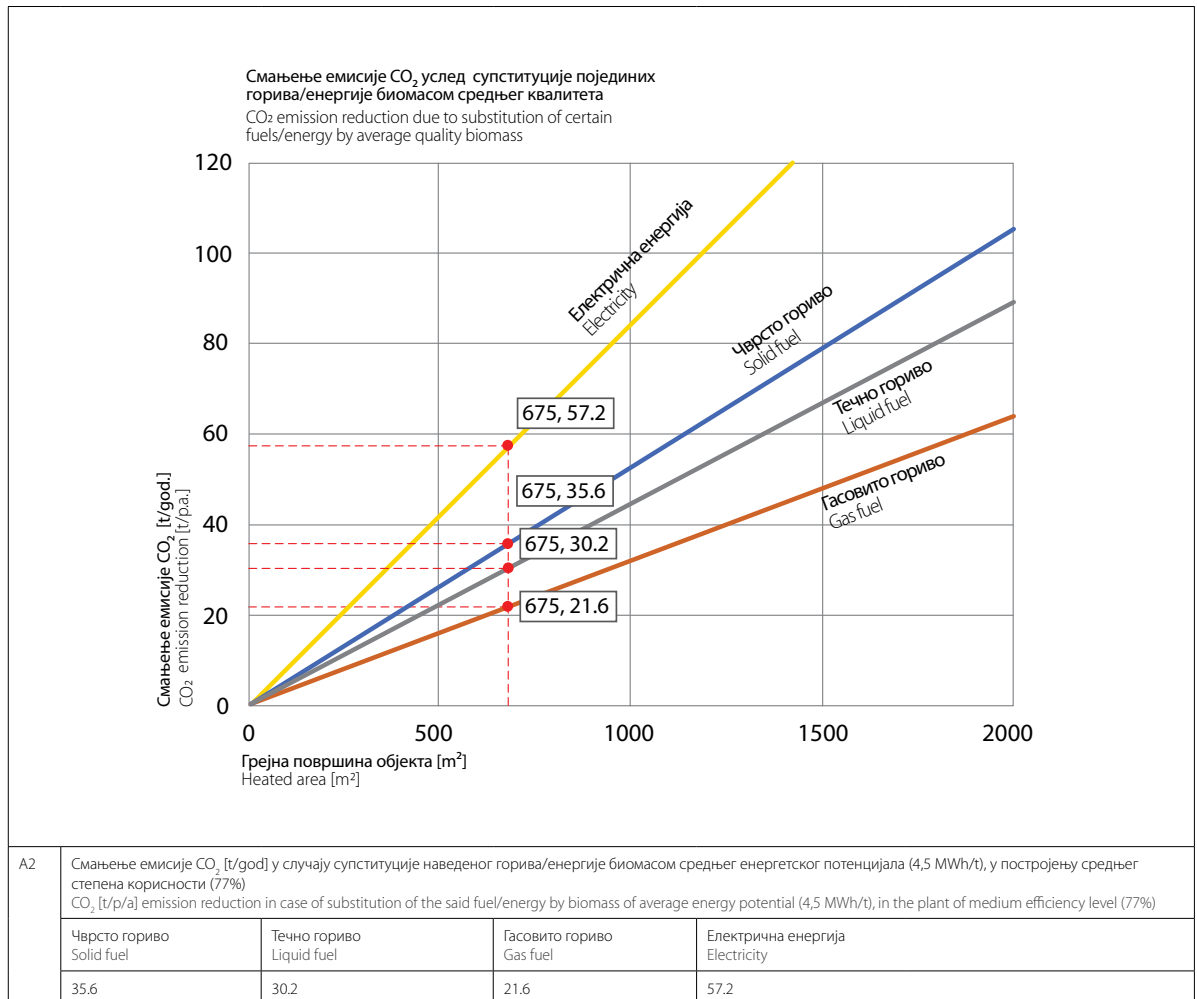
Зависност потрошње биомасе средњег квалитета од топлотних потреба објекта (рачунато 75 W/ m²)
Dependency between the average quality biomass consumption and building heat demand (calculated 75 W/m²)

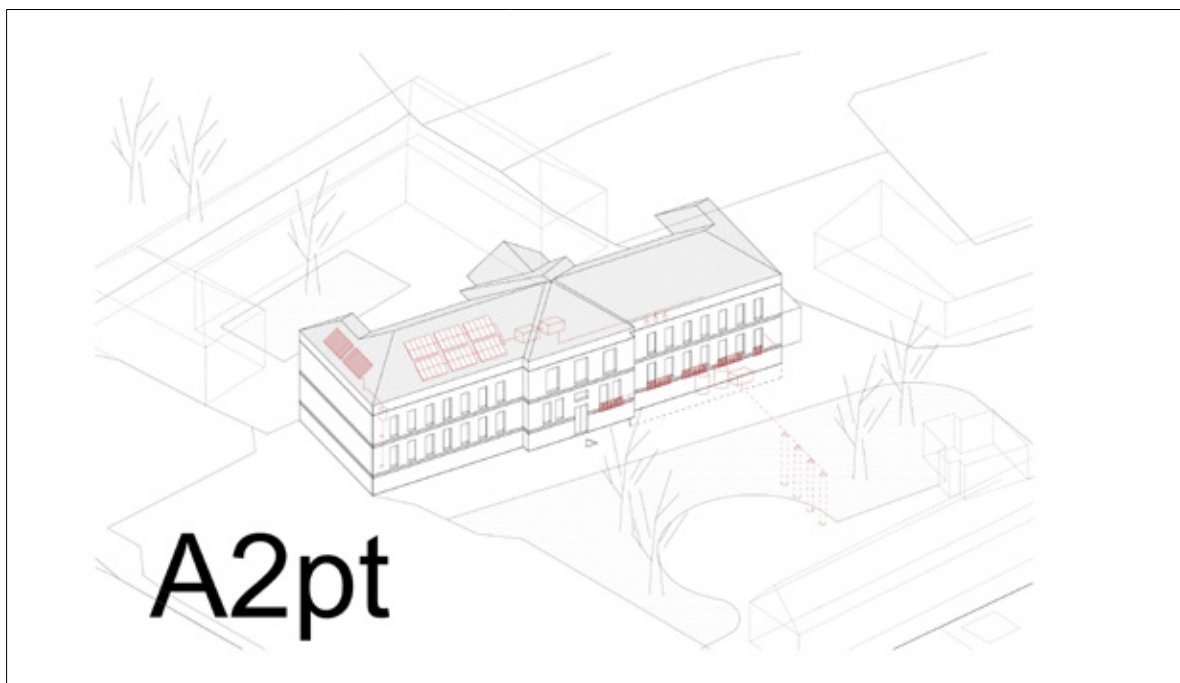


Зависност потрошње биомасе средњег квалитета од грејне површине објекта
Dependency between the average quality biomass consumption and building heated area



A2	Површина објекта 675 m ² Топлотне потребе објекта 50,6 kW Building area 675 m ² Heat demand of the building 50.6 kW	Врста биомасе Biomass type	Потребан капацитет котла Required boiler capacity	Потребна енергија горива Required fuel energy	Потребна количина поједине биомасе Required specific biomass quantity
			kW	MWh/god MWh/p/a	[t/god] [t/p/a]
		Дрвни пелет Wood pellet	63,9	105,5	21,6
		Дрвни брикет Wood briquette	65,4	107,9	24,0
	Дрвна сечка Wood chips	66,9	110,4	39,8	

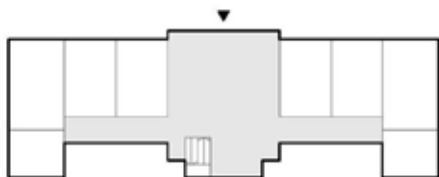




Основни подаци о објекту
Basic building data

Површина парцеле Lot area	10.833 m ²
Слободна површина парцеле за примену ОИ Available lot area for RES implementation	2.667 m ²
Површина објекта Building area	1.055 m ²
Укупна површина равног крова Total flat roof area	/
Укупна површина косог крова Total pitched roof area	2.095 m ²

Организациона шема објекта
Organisational scheme of the building










Ситуциони приказ
Layout



ПОТЕНЦИЈАЛ ЗА КОРИШЋЕЊЕ ОБНОВЉИВИХ ИЗВОРА POTENTIAL FOR THE USE OF RENEWABLE SOURCES

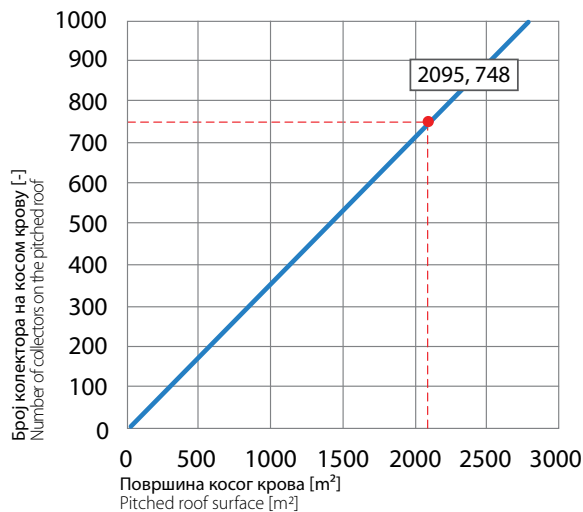
			
ФОТОНАПОНСКИ ПАНЕЛИ PHOTOVOLTAIC PANELS	СОЛАРНИ КОЛЕКТОРИ SOLAR COLLECTORS	ТОПЛОТНЕ ПУМПЕ, тип "земља - вода" HEAT PUMPS "ground-water"	
		Хоризонталне сонде (колектори)	Вертикалне сонде (колектори)
Максимални потенцијал производње електричне енергије за оптимално расположиве површине крова [MWhе/god] Maximum potential for power generation for optimum available roof surfaces [MWhе/p/a]	Максимални потенцијал производње топлотне енергије за оптимално расположиве површине крова [MWh/god] Maximum potential for heat generation for optimum available roof surfaces [MWhе/p/a]	Максимални грејни капацитет за расположиву површину дворишта [kW] Maximum heating capacity for the available yard area [kW]	
316,0	810,1	76,5	370,6

КОРИШЋЕЊЕ ОБНОВЉИВИХ ИЗВОРА – подмирење потреба објекта USE OF RENEWABLE SOURCES- meeting building demand

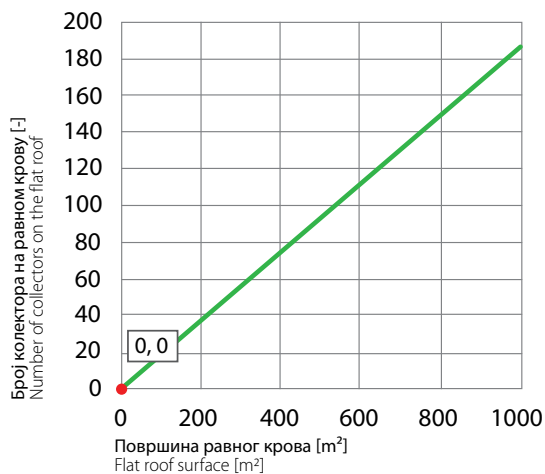
						
ФОТОНАПОНСКИ ПАНЕЛИ PHOTOVOLTAIC PANELS	ТОПЛОТНЕ ПУМПЕ HEAT PUMPS			БИОМАСА BIOMASS		
	тип "ваздух - вода" "air-water" type	тип "земља - вода" "ground-water" type		пелет pellet	брикет briquette	сечка chips
Производње електричне енергије [MWh/god] / Ангажована површина крова [m ²] Power production [MWh/p/a] / Deployed roof surface [m ²]	Потребни топлотни капацитет пумпе [kW] / Потрошња електричне енергије за погон топлотне пумпе [MWh/god] Required thermal pump capacity [kW] / Electricity consumption for the heat pump drive [MWh/p/a]			Количине поједине дрвне биомасе средњег квалитета, које подмирују потребе објекта за грејањем [t/god] Quantities of specific biomass of average quality, meeting the building heating demand [t/p/a]		
17,3 / 97	120,1 / 89,5	97,8 / 62,1		33,7	37,5	62,2

ПОТЕНЦИЈАЛ ЗА КОРИШЋЕЊЕ СОЛАРНИХ КОЛЕКТОРА POTENTIAL FOR THE USE OF SOLAR COLLECTORS

Максималан број инсталираних колектора по површини косог крова у зависности од површине крова
Maximum number of installed collectors per pitched roof surface depending on the roof area



Максималан број инсталираних колектора по површини равног крова у зависности од површине крова
Maximum number of installed collectors per flat roof surface depending on the roof area



A2pt	Оптimalно расположива површина косог крова [m²] Optimum available pitched roof area [m²]	Нагибни угао [°] Tilt angle [°]	Оптimalно расположива површина равног крова [m²] Optimum available flat roof area [m²]	Површина колектора [m²] Collector surface [m²]	Минимална запремина танка [l] Minimum tank volume [l]	Производња топлотне енергије на годишњем нивоу [kWh/год] Annual heat generation [kWh/yr]	Могуће смањење емисије CO ₂ у зависности од енергента који се супституише [kgCO ₂] Potential CO ₂ emission reduction depending on the substituted fuel [kgCO ₂]		
							угаљ coal	гас gas	мазут heavy oil
Y1 I1	50	35	-	40,17	2.006	23.365	10.023	5.140	7.850
Y2 I2	2.045	35	-	1.720,29	86.015	810.141	347.551	178.231	272.207

Y1: Унапређење 1 – Покривеност 100% површине кровова јужне, југоисточне и југозападне оријентације.

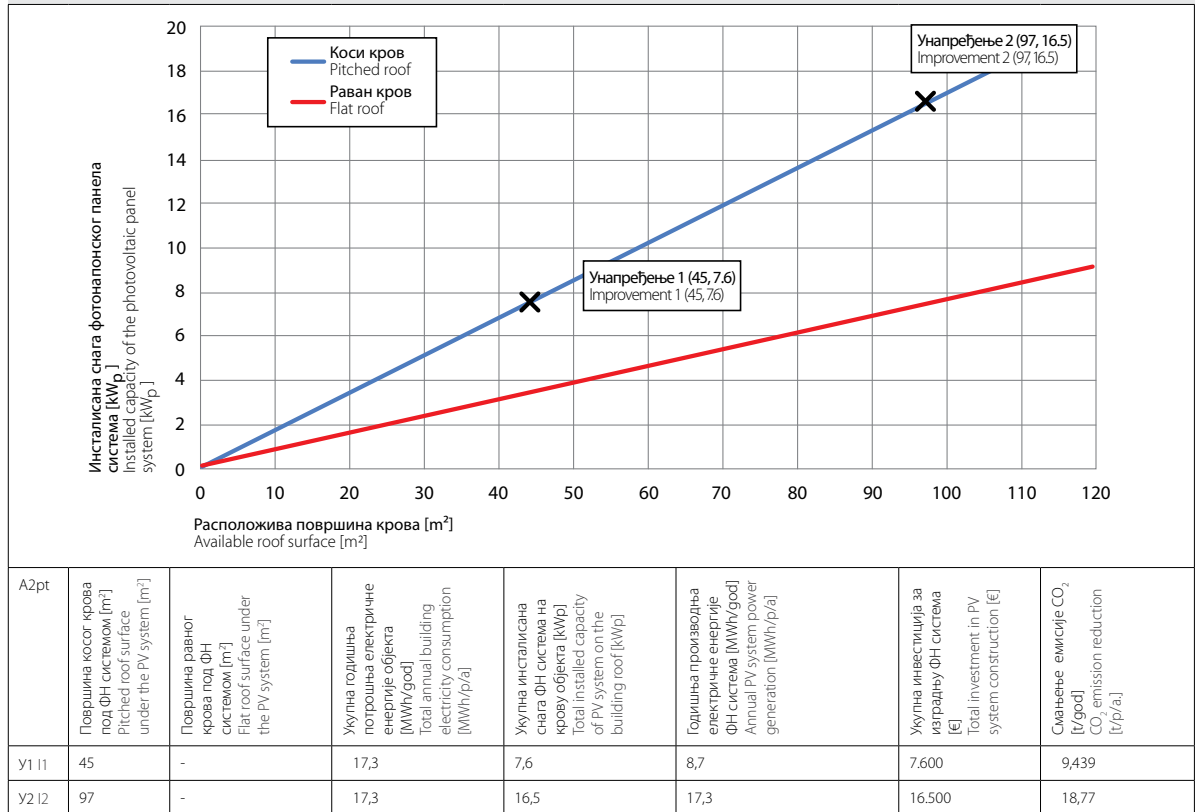
Y2: Унапређење 2 – Покривеност 100% површине кровова јужне, југоисточне, југозападне, источне и западне оријентације.

I1: Improvement 1 - 100% coverage of the roof surface of South, Southeast and Southwest orientation.

I2: Improvement 2 - 100% coverage of the roof surface of South, Southeast, Southwest, East and West orientation.

ПОТЕНЦИЈАЛ ЗА КОРИШЋЕЊЕ СОЛАРНИХ ФОТОНАПОНСКИХ СИСТЕМА

POTENTIAL FOR THE USE OF SOLAR PHOTOVOLTAIC SYSTEMS



У1: Унапређење 1 – Прво унапређење подразумева изградњу фотонапонских система на расположивим кровним површинама које имају најбољу просторну оријентацију са аспекта укупне годишње инсолације. Инсталисана снага фотонапонског система треба да обезбеди годишњу производњу електричне енергије која покрива до 50% укупне годишње потрошње електричне енергије у анализираном школском објекту.

У2: Унапређење 2 – Друго унапређење подразумева изградњу фотонапонских система на расположивим кровним површинама које имају најбољу просторну оријентацију са аспекта укупне годишње инсолације. Инсталисана снага фотонапонског система треба да обезбеди годишњу производњу електричне енергије која покрива 100% укупне годишње потрошње електричне енергије у анализираном школском објекту.

I1: Improvement 1- Improvement 1 implies construction of photovoltaic systems with available roof surfaces with best possible spatial orientation from the perspective of total annual insolation. The installed photovoltaic system capacity needs to ensure annual power generation covering up to 50% of the total annual power consumption in the analysed school building.

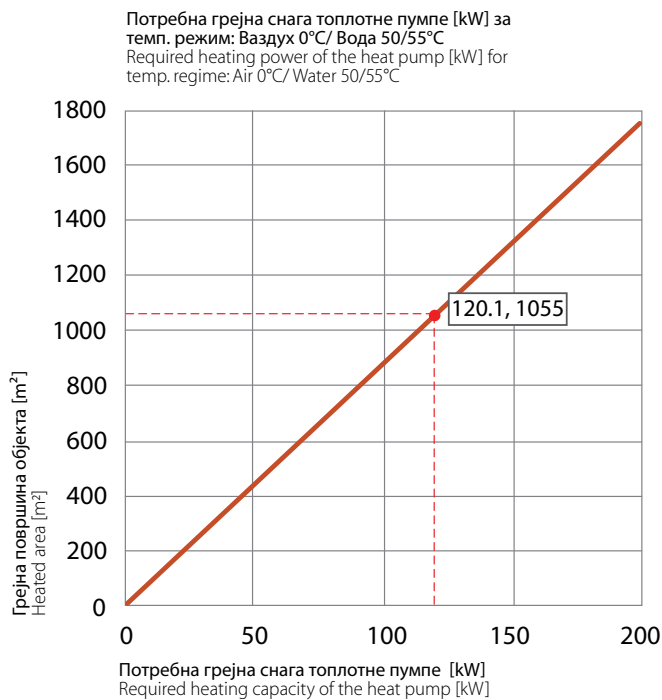
I2: Improvement 2- Improvement 1 implies construction of photovoltaic systems with available roof surfaces with best possible spatial orientation from the perspective of total annual insolation. The installed photovoltaic system capacity needs to ensure annual power generation covering 100% of the total annual power consumption in the analysed school building.

ПОТЕНЦИЈАЛ ЗА КОРИШЋЕЊЕ ТОПЛОТНИХ ПУМПИ

ТОПЛОТНЕ ПУМПЕ ВАЗДУХ-ВОДА

POTENTIAL FOR THE USE OF HEAT PUMPS

HEAT PUMPS "AIR- WATER"



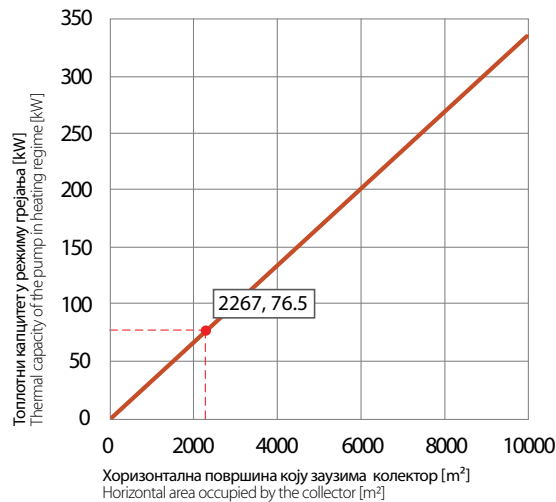
A2pt	Потребан капацитет пумпе [kW] Required pump capacity [kW]	Ангажована електрична снага [kW] Deployed power [kW]	Електрична енергија [kWh/god] Electricity [kWh/p.a.]	Емисија CO ₂ [t/god] Emission of CO ₂ [t/p.a.]	Смањење емисије CO ₂ [t/god] у односу на CO ₂ emission reduction [t/p.a.] in relation to		
					СДГ или угаљ DHS or coal	лож уље fuel oil	природни гас natural gas
	120,1	41,4	89.484	47,4	9,0	0,4	-13,2

ТОПЛОТНЕ ПУМПЕ ЗЕМЉА-ВОДА: ХОРИЗОНТАЛНЕ СОНДЕ

HEAT PUMPS "GROUND-WATER" HORIZONTAL PROBES

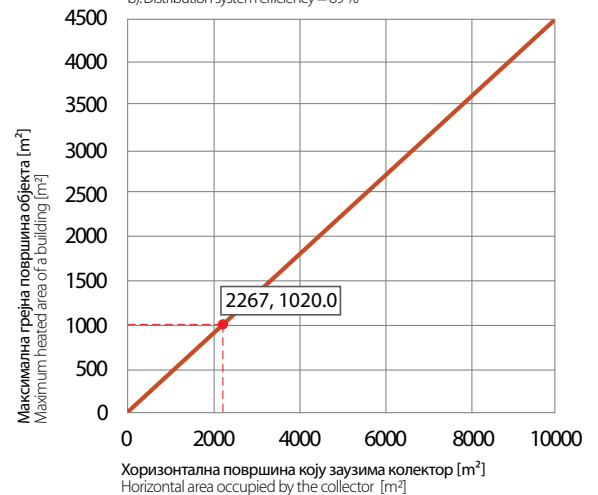
Топлотни капацитет пумпе у режиму грејања за усвојено:

- а). Топлотни флуks колектора = 25 W/m^2
 б). Температура прилагођена за радијаторско грејање = 55°C
 Thermal capacity of the pump in the heating regime for the adopted:
 а). Heat flux of the collector = 25 W/m^2
 б). Temperature adjusted for radiator heating = 55°C



Максимална грејна површина објекта у зависности од површине коју заузима колектор за усвојено:

- а). Специфична топлотна потреба објекта = 75 W/m^2
 б). Ефикасност система дистрибуције = 89 %
 Maximum heated area depending on the area occupied by the collector for the adopted:
 а). Specific building heat demand = 75 W/m^2
 б). Distribution system efficiency = 89 %

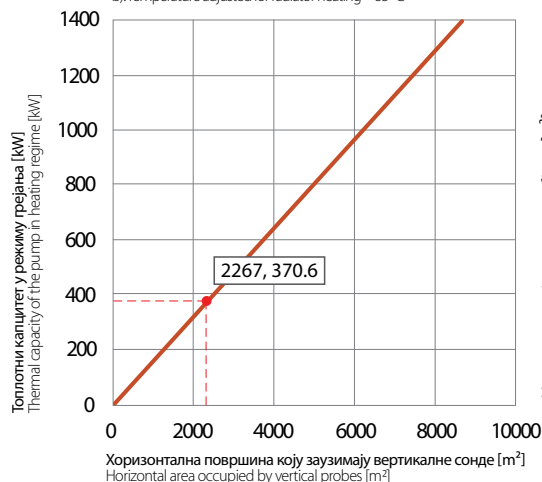


A2pt	Потребан капацитет пумпе [kW] Required pump capacity [kW]	Расположива површина дворишта [m^2] Available yard area [m^2]	Могући грејни капацитет [kW] Potential heating capacity [kW]	Електрична енергија [kWh/god] Electricity [kWh/p/a.]	Емисија CO_2 [t/god] Emission of CO_2 [t/p/a.]	Смањење емисије CO_2 [t/god] у односу на CO_2 emission reduction [t/p/a.] in relation to		
						СДГ или угљь DHS or coal	лож уље fuel oil	природни гас natural gas
	97,8	2.267	76,5	-	-	-	-	-

ТОПЛОТНЕ ПУМПЕ ЗЕМЉА-ВОДА: ВЕРТИКАЛНЕ СОНДЕ HEAT PUMPS "GROUND- WATER" VERTICAL PROBES

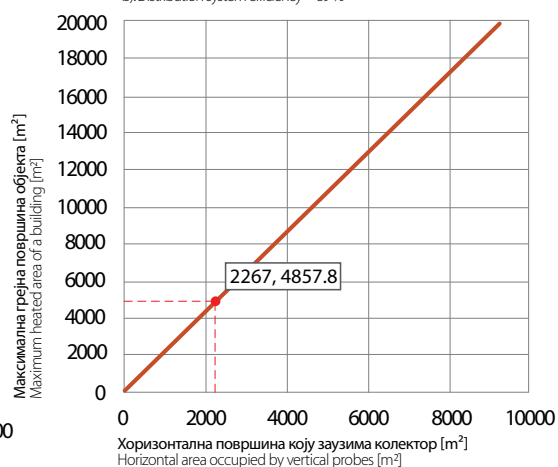
Топлотни капацитет пумпе са вертикалним сондама у зависности од хоризонталне површине дворишта за усвојено:

- а). Топлотни флуks колектора = 50 W/m²
 б). Температура прилагођена за радијаторско грејање = 55°C
 Thermal capacity of the pump with vertical probes depending on the horizontal yard surface for the adopted:
 а). Heat flux of the collector = 50 W/m²
 б). Temperature adjusted for radiator heating = 55°C



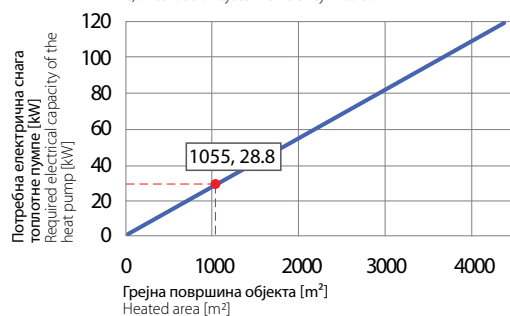
Максимална грејна површина објекта у зависности од хоризонталне површине дворишта за усвојено:

- а). Специфична топлотна потреба објекта = 75 W/m²
 б). Ефикасност система дистрибуције = 89 %
 Maximum heated area depending on the horizontal yard surface for the adopted:
 а). Specific building heat demand = 75 W/m²
 б). Distribution system efficiency = 89 %



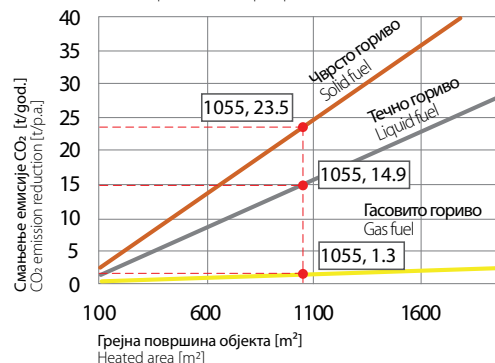
Зависност потребне електричне снаге и грејне површине објекта за усвојено:

- а). Специфичне топлотне потребе = 75 W/m²
 б). COP топлотне пумпе = 3,4
 ц). Ефикасност система дистрибуције = 89 %
 Dependency between the required electrical capacity and building heated area for the adopted:
 а). Specific heat demand = 75 W/m²
 б). Heat pump SOR = 3.4
 ц). Distribution system efficiency = 89 %



Смањење емисије CO₂ приликом супституције фосилних горива електричном енергијом путем топлотних пумпи

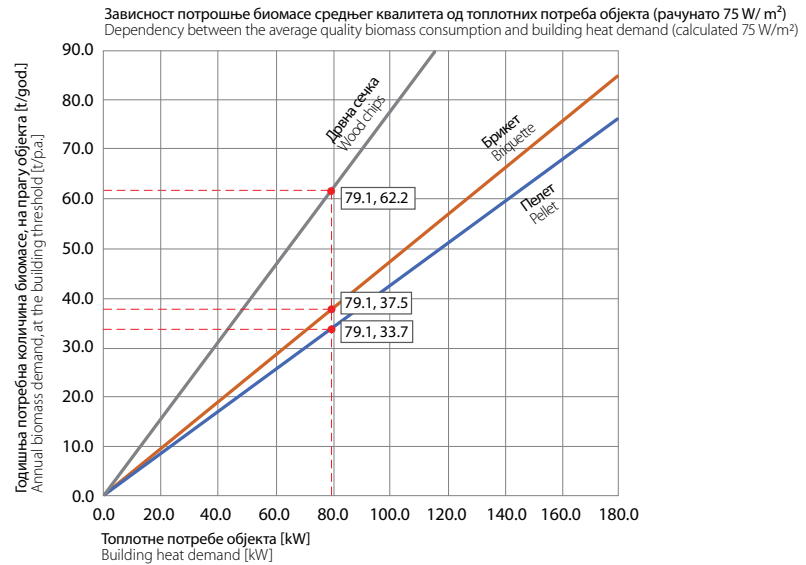
CO₂ emission reduction due to substitution of fossil fuels by electrical power via heat pumps



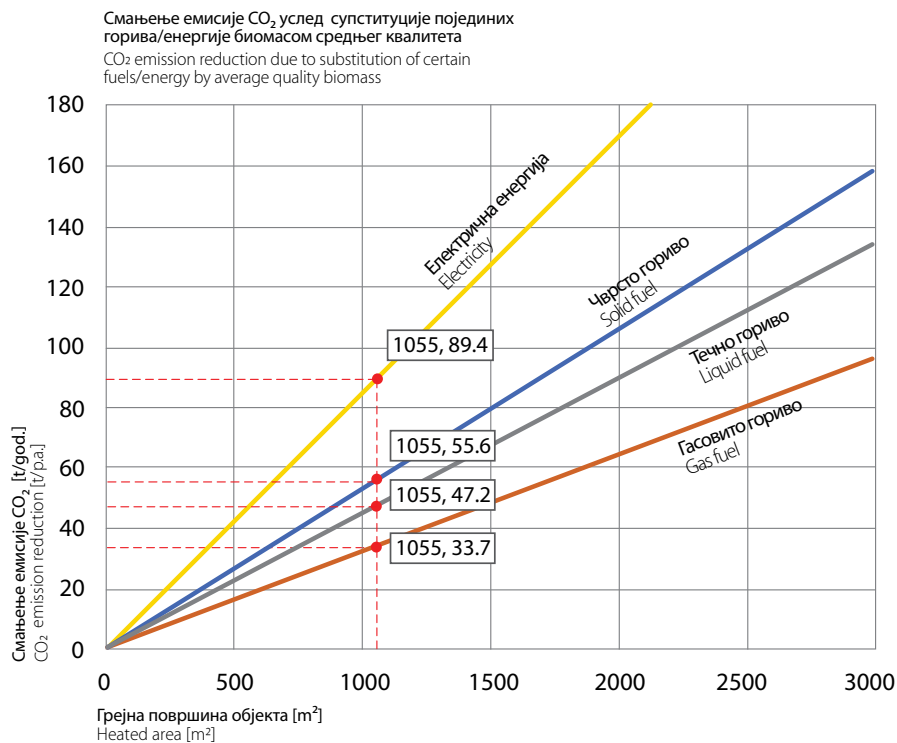
A2pt	Потребан капацитет пумпе [kW] Required pump capacity [kW]	Расположива површина дворишта [m ²] Available yard area [m ²]	Могући грејни капацитет [kW] Potential heating capacity [kW]	Електрична енергија [kWh/god] Electricity [kWh/p.a.]	Емисија CO ₂ [t/god] Emission of CO ₂ [t/p.a.]	Смањење емисије CO ₂ [t/god] у односу на CO ₂ emission reduction [t/p.a.] in relation to		
						СДГ или угаљ DHS or coal	лож уље fuel oil	природни гас natural gas
	97,8	2.267	370,6	62.129	32,9	23,5	14,9	1,3

ПОТЕНЦИЈАЛ ЗА КОРИШЋЕЊЕ БИОМАСЕ

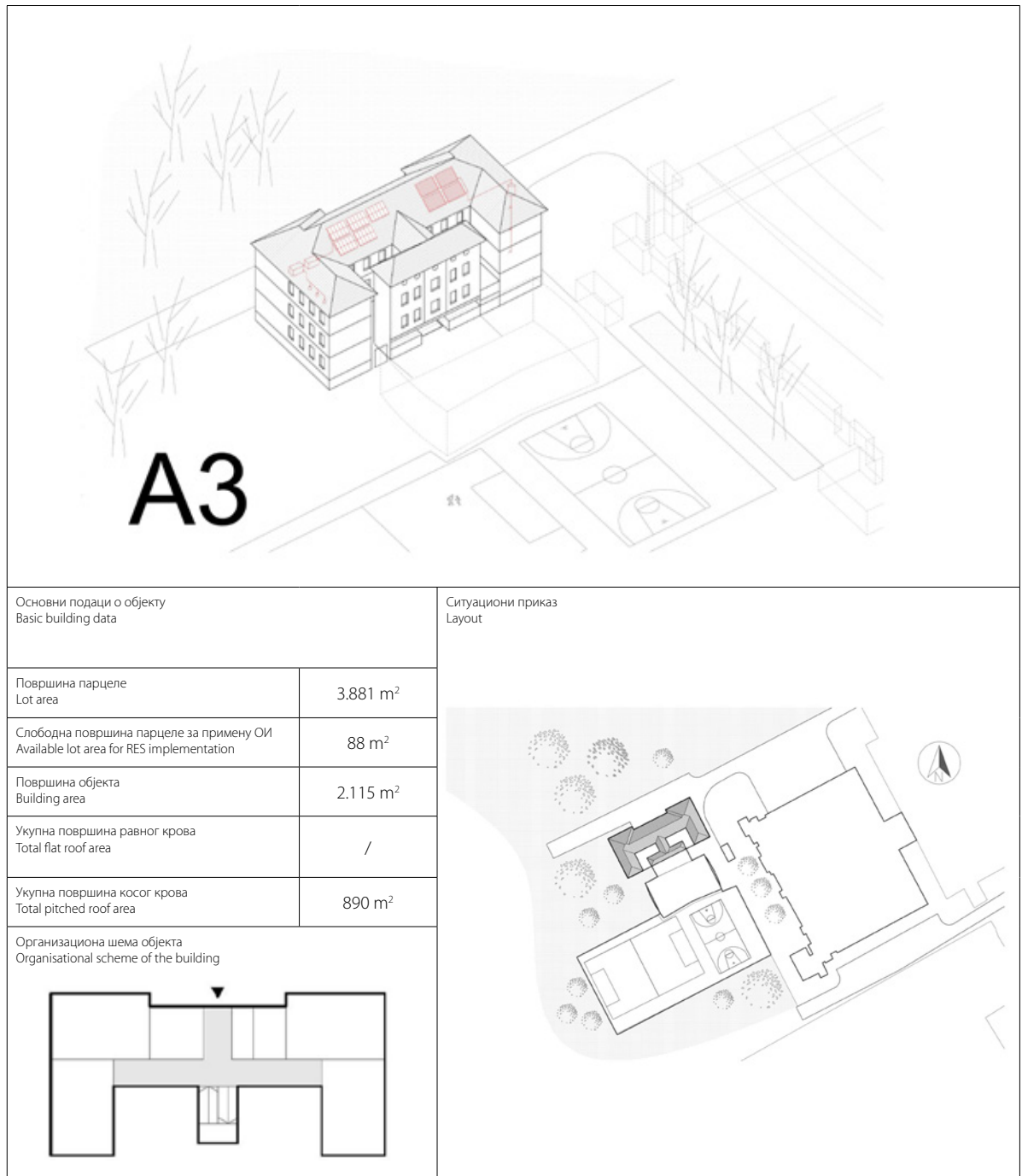
POTENTIAL FOR THE USE OF BIOMASS






A2pt	Површина објекта 1.055 m ² Топлотне потребе објекта 79,1 kW Building area 1.055 m ² Heat demand of the building 79,1 kW	Врста биомасе Biomass type	Потребан капацитет котла Required boiler capacity	Потребна енергија горива Required fuel energy	Потребна количина поједине биомасе Required specific biomass quantity
			kW	MWh/god MWh/p/a	[t/god] [t/p/a]
		Дрвни пелет Wood pellet	99,9	164,8	33,7
		Дрвни брикет Wood briquette	102,2	168,6	37,5
		Дрвна сечка Wood chips	104,6	172,6	62,2



A2pt	Смањење емисије CO ₂ [t/god] у случају супституције наведеног горива/енергије биомасом средњег енергетског потенцијала (4,5 MWh/t), у постројењу средњег степена корисности (77%) CO ₂ [t/p/a] emission reduction in case of substitution of the said fuel/energy by biomass of average energy potential (4,5 MWh/t), in the plant of medium efficiency level (77%)			
	Чврсто гориво Solid fuel	Течно гориво Liquid fuel	Гасовито гориво Gas fuel	Електрична енергија Electricity
	55,6	47,2	33,7	89,4



ПОТЕНЦИЈАЛ ЗА КОРИШЋЕЊЕ ОБНОВЉИВИХ ИЗВОРА POTENTIAL FOR THE USE OF RENEWABLE SOURCES

			
ФОТОНАПОНСКИ ПАНЕЛИ PHOTOVOLTAIC PANELS	СОЛАРНИ КОЛЕКТОРИ SOLAR COLLECTORS	ТОПЛОТНЕ ПУМПЕ, тип "земља - вода" HEAT PUMPS "ground-water"	
		Хоризонталне сонде (колектори)	Вертикалне сонде (колектори)
Максимални потенцијал производње електричне енергије за оптимално расположиве површине крова [MWhе/god] Maximum potential for power generation for optimum available roof surfaces [MWhе/p/a]	Максимални потенцијал производње топлотне енергије за оптимално расположиве површине крова [MWh/god] Maximum potential for heat generation for optimum available roof surfaces [MWhе/p/a]	Максимални грејни капацитет за расположиву површину дворишта [kW] Maximum heating capacity for the available yard area [kW]	
72,6	198,2	2,5	30,4

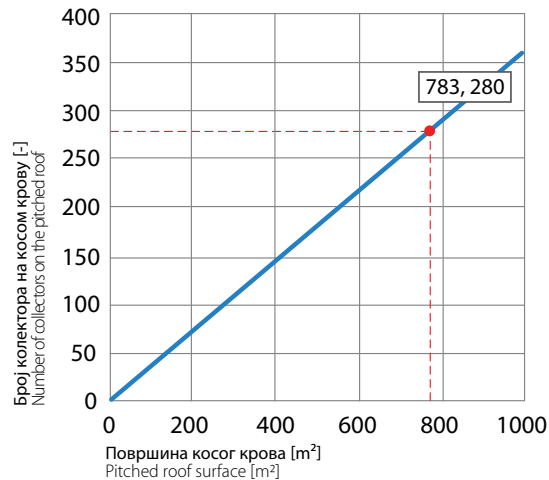
КОРИШЋЕЊЕ ОБНОВЉИВИХ ИЗВОРА – подмирење потреба објекта USE OF RENEWABLE SOURCES- meeting building demand

						
ФОТОНАПОНСКИ ПАНЕЛИ PHOTOVOLTAIC PANELS	ТОПЛОТНЕ ПУМПЕ HEAT PUMPS			БИОМАСА BIOMASS		
	тип "ваздух - вода" "air-water" type	тип "земља - вода" "ground-water" type		пелет pellet	брикет briquette	сечка chips
Производње електричне енергије [MWh/god] / Ангажована површина крова [m ²] Power production [MWh/p/a] / Deployed roof surface [m ²]	Потребни топлотни капацитет пумпе [kW] / Потрошња електричне енергије за погон топлотне пумпе [MWh/god] Required thermal pump capacity [kW] / Electricity consumption for the heat pump drive [MWh/p/a]			Количине поједине дрвне биомасе средњег квалитета, које подмирују потребе објекта за грејањем [t/god] Quantities of specific biomass of average quality, meeting the building heating demand [t/p/a]		
57,4 / 310	240,9 / 179,4	196,1 / Недоволна површина дворишта insufficient yard area		67,5	75,3	124,6

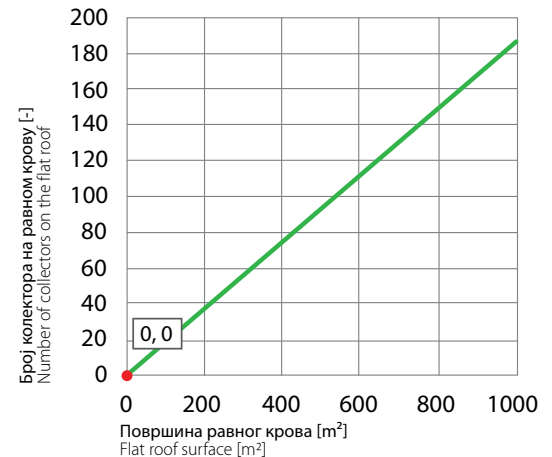
ПОТЕНЦИЈАЛ ЗА КОРИШЋЕЊЕ СОЛАРНИХ КОЛЕКТОРА

POTENTIAL FOR THE USE OF SOLAR COLLECTORS

Максималан број инсталираних колектора по површини косог крова у зависности од површине крова
Maximum number of installed collectors per pitched roof surface depending on the roof area



Максималан број инсталираних колектора по површини равног крова у зависности од површине крова
Maximum number of installed collectors per flat roof surface depending on the roof area



A3	Оптимально расположива површина косог крова [m²] Optimum available pitched roof area [m²]	Нагибни угао [°] Tilt angle [°]	Оптимально расположива површина равног крова [m²] Optimum available flat roof area [m²]	Површина колектора [m²] Collector surface [m²]	Минимална запремина танка [l] Minimum tank volume [l]	Производња топлотне енергије на годишњем нивоу [kWh/t/год] Annual heat generation [kWh/t/yr]	Могуће смањење емисије CO ₂ у зависности од енергента који се супституише [kgCO ₂] Potential CO ₂ emission reduction depending on the substituted fuel [kgCO ₂]		
							угаљ coal	гас gas	мазут heavy oil
У1 I1	445	42	-	372.85	18.642	198.248	85.048	43.615	66.611
У2 I2	445	42	-	372,85	18.642	198.248	85.048	43.615	66.611

У1: Унапређење 1 – Покривеност 100% површине кровова јужне, југоисточне и југозападне оријентације.

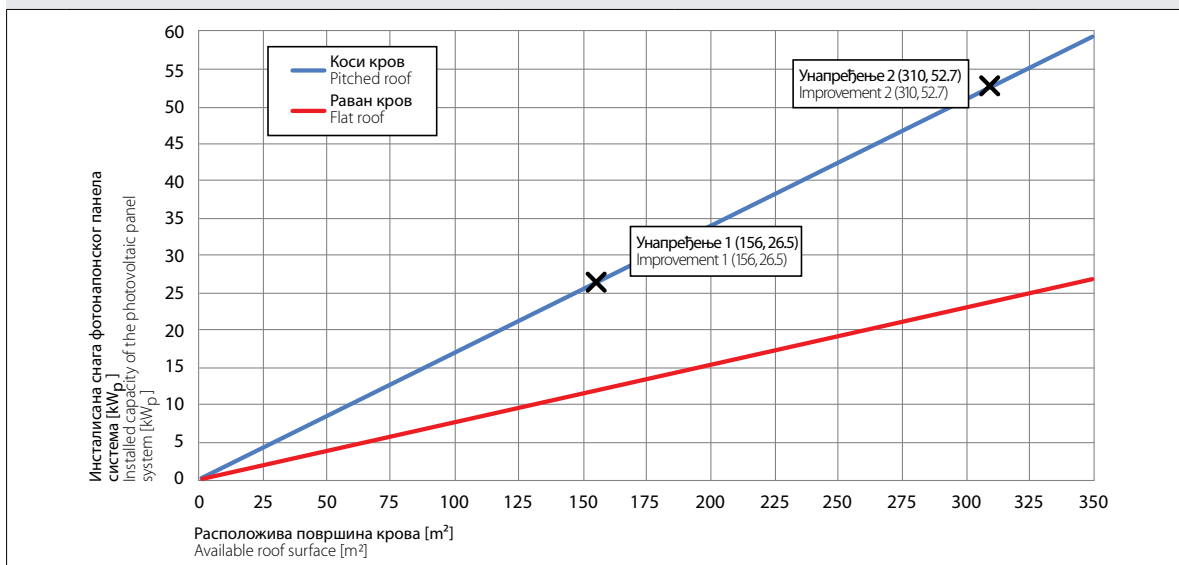
У2: Унапређење 2 – Покривеност 100% површине кровова јужне, југоисточне, југозападне, источне и западне оријентације.

I1: Improvement 1 - 100% coverage of the roof surface of South, Southeast and Southwest orientation.

I2: Improvement 2 - 100% coverage of the roof surface of South, Southeast, Southwest, East and West orientation.

ПОТЕНЦИЈАЛ ЗА КОРИШЋЕЊЕ СОЛАРНИХ ФОТОНАПОНСКИХ СИСТЕМА

POTENTIAL FOR THE USE OF SOLAR PHOTOVOLTAIC SYSTEMS



A3	Површина косог крова под ФН системом [m²] Pitched roof surface under the PV system [m²]	Површина равног крова под ФН системом [m²] Flat roof surface under the PV system [m²]	Укупна годишња потрошња електричне енергије објекта [MWh/god] Total annual building electricity consumption [MWh/p/a]	Укупна инсталисана снага ФН система на крову објекта [kWp] Total installed capacity of PV system on the building roof [kWp]	Годишња производња електричне енергије ФН система [MWh/god] Annual PV system power generation [MWh/p/a]	Укупна инвестиција за изградњу ФН система [€] Total investment in PV system construction [€]	Смањење емисије CO ₂ [t/god] CO ₂ emission reduction [t/p/a]
У1.11	156	-	57,4	26,5	28,7	25.200	31,139
У2.12	310	-	57,4	52,7	57,4	47.400	62,279

У1: Унапређење 1 – Прво унапређење подразумева изградњу фотонапонских система на расположивим кровним површинама које имају најбољу просторну оријентацију са аспекта укупне годишње инсолације. Инсталисана снага фотонапонског система треба да обезбеди годишњу производњу електричне енергије која покрива до 50% укупне годишње потрошње електричне енергије у анализираном школском објекту.

У2: Унапређење 2 – Друго унапређење подразумева изградњу фотонапонских система на расположивим кровним површинама које имају најбољу просторну оријентацију са аспекта укупне годишње инсолације. Инсталисана снага фотонапонског система треба да обезбеди годишњу производњу електричне енергије која покрива 100% укупне годишње потрошње електричне енергије у анализираном школском објекту.

И1: Improvement 1- Improvement 1 implies construction of photovoltaic systems with available roof surfaces with best possible spatial orientation from the perspective of total annual insolation. The installed photovoltaic system capacity needs to ensure annual power generation covering up to 50% of the total annual power consumption in the analysed school building.

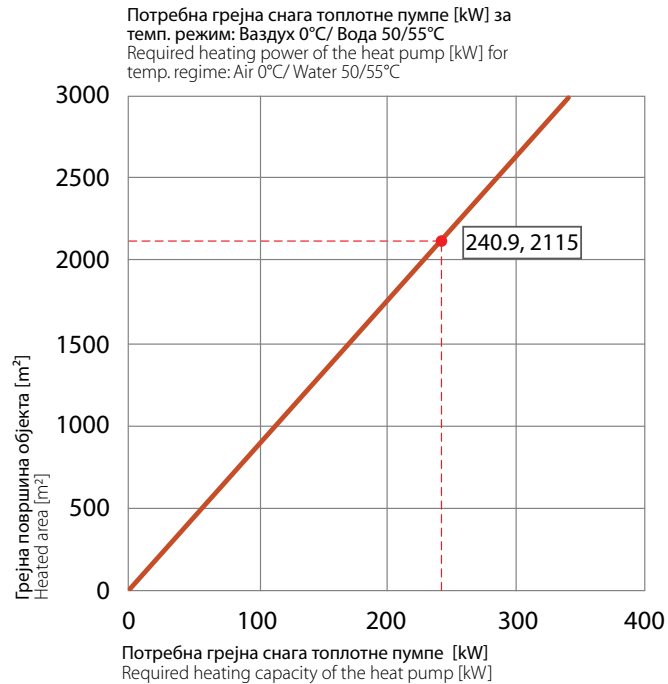
И2: Improvement 2- Improvement 1 implies construction of photovoltaic systems with available roof surfaces with best possible spatial orientation from the perspective of total annual insolation. The installed photovoltaic system capacity needs to ensure annual power generation covering 100% of the total annual power consumption in the analysed school building.

ПОТЕНЦИЈАЛ ЗА КОРИШЋЕЊЕ ТОПЛОТНИХ ПУМПИ

ТОПЛОТНЕ ПУМПЕ ВАЗДУХ-ВОДА

POTENTIAL FOR THE USE OF HEAT PUMPS

HEAT PUMPS "AIR- WATER"

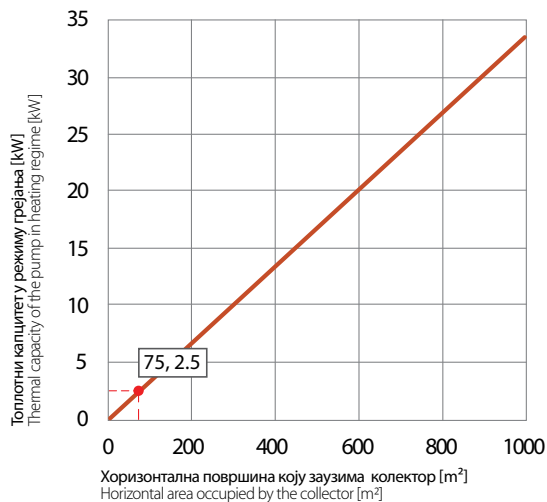


A3	Потребан капацитет пумпе [kW] Required pump capacity [kW]	Ангажована електрична снага [kW] Deployed power [kW]	Електрична енергија [kWh/god] Electricity [kWh/p/a.]	Емисија CO ₂ [t/god] Emission of CO ₂ [t/p/a.]	Смањење емисије CO ₂ [t/god] у односу на CO ₂ emission reduction [t/p/a.] in relation to		
					СДГ или угаљ DHS or coal	лож уље fuel oil	природни гас natural gas
	240,9	83,1	179.393	95,1	18,0	0,9	-26,6

ТОПЛОТНЕ ПУМПЕ ЗЕМЉА-ВОДА: ХОРИЗОНТАЛНЕ СОНДЕ HEAT PUMPS "GROUND- WATER" HORIZONTAL PROBES

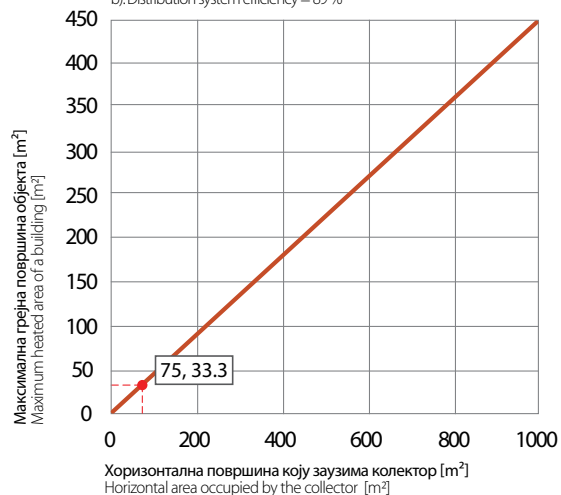
Топлотни капацитет пумпе у режиму грејања за усвојено:

- а). Топлотни флуks колектора = 25 W/m^2
 б). Температура прилагођена за радијаторско грејање = 55°C
 Thermal capacity of the pump in the heating regime for the adopted:
 а). Heat flux of the collector = 25 W/m^2
 б). Temperature adjusted for radiator heating = 55°C



Максимална грејна површина објекта у зависности од површине коју заузима колектор за усвојено:

- а). Специфична топлотна потреба објекта = 75 W/m^2
 б). Ефикасност система дистрибуције = 89 %
 Maximum heated area depending on the area occupied by the collector for the adopted:
 а). Specific building heat demand = 75 W/m^2
 б). Distribution system efficiency = 89 %



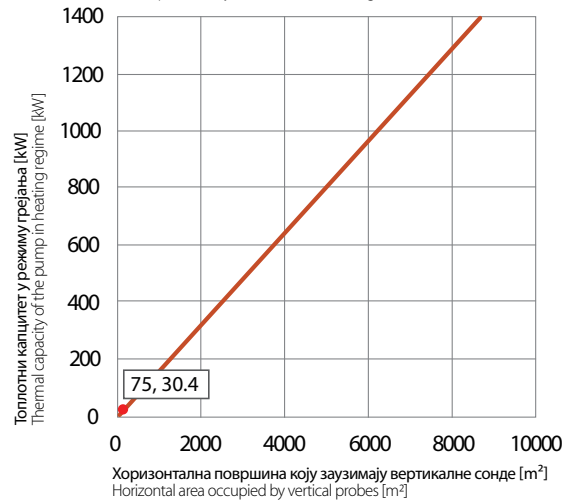
A3	Потребан капацитет пумпе [kW] Required pump capacity [kW]	Расположива површина дворишта [m ²] Available yard area [m ²]	Могући грејни капацитет [kW] Potential heating capacity [kW]	Електрична енергија [kWh/god] Electricity [kWh/p/a.]	Емисија CO ₂ [t/god] Emission of CO ₂ [t/p/a.]	Смањење емисије CO ₂ [t/god] у односу на CO ₂ emission reduction [t/p/a.] in relation to		
						СДГ или угаљ DHS or coal	лож уље fuel oil	природни гас natural gas
	2,5	75	2,5	-	-	-	-	-

ТОПЛОТНЕ ПУМПЕ ЗЕМЉА-ВОДА: ВЕРТИКАЛНЕ СОНДЕ

HEAT PUMPS "GROUND-WATER" VERTICAL PROBES

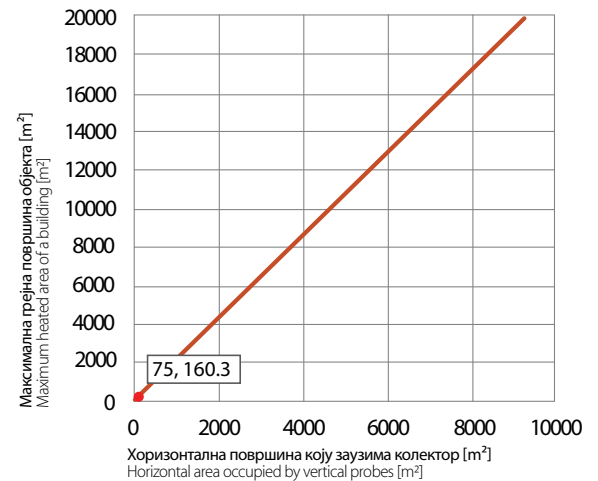
Топлотни капацитет пумпе са вертикалним сондама у зависности од хоризонталне површине дворишта за усвојено:

- a). Топлотни флуks колектора = 50 W/m^2
 б). Температура прилагођена за радијаторско грејање = 55°C
 Thermal capacity of the pump with vertical probes depending on the horizontal yard surface for the adopted:
 a). Heat flux of the collector = 50 W/m^2
 b). Temperature adjusted for radiator heating = 55°C



Максимална грејна површина објекта у зависности од хоризонталне површине дворишта за усвојено:

- a). Специфична топлотна потреба објекта = 75 W/m^2
 б). Ефикасност система дистрибуције = 89%
 Maximum heated area depending on the horizontal yard surface for the adopted:
 a). Specific building heat demand = 75 W/m^2
 б). Distribution system efficiency = 89%

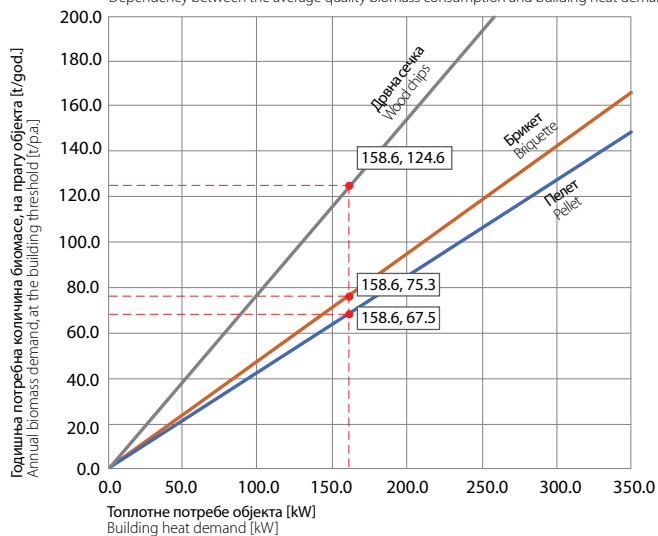


A3	Потребан капацитет пумпе [kW] Required pump capacity [kW]	Расположива површина дворишта [m ²] Available yard area [m ²]	Могући грејни капацитет [kW] Potential heating capacity [kW]	Електрична енергија [kWh/god] Electricity [kWh/p/a.]	Емисија CO ₂ [t/god] Emission of CO ₂ [t/p/a.]	Смањење емисије CO ₂ [t/god] у односу на CO ₂ emission reduction [t/p/a.] in relation to		
						СДГ или угаљ DHS or coal	лож уље fuel oil	природни гас natural gas
	196,1	75	30,4	-	-	-	-	-

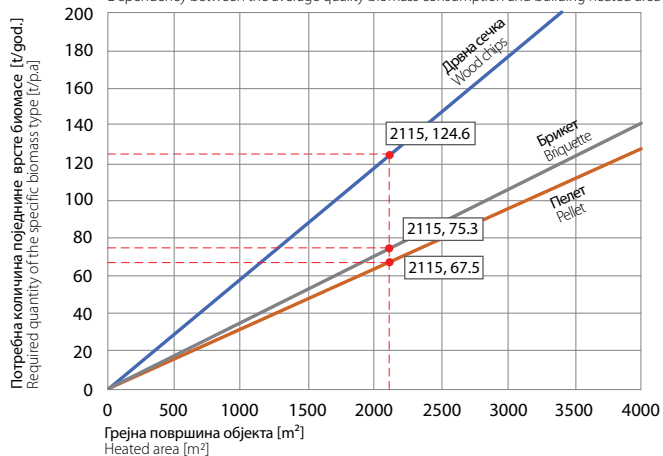
ПОТЕНЦИЈАЛ ЗА КОРИШЋЕЊЕ БИОМАСЕ

POTENTIAL FOR THE USE OF BIOMASS

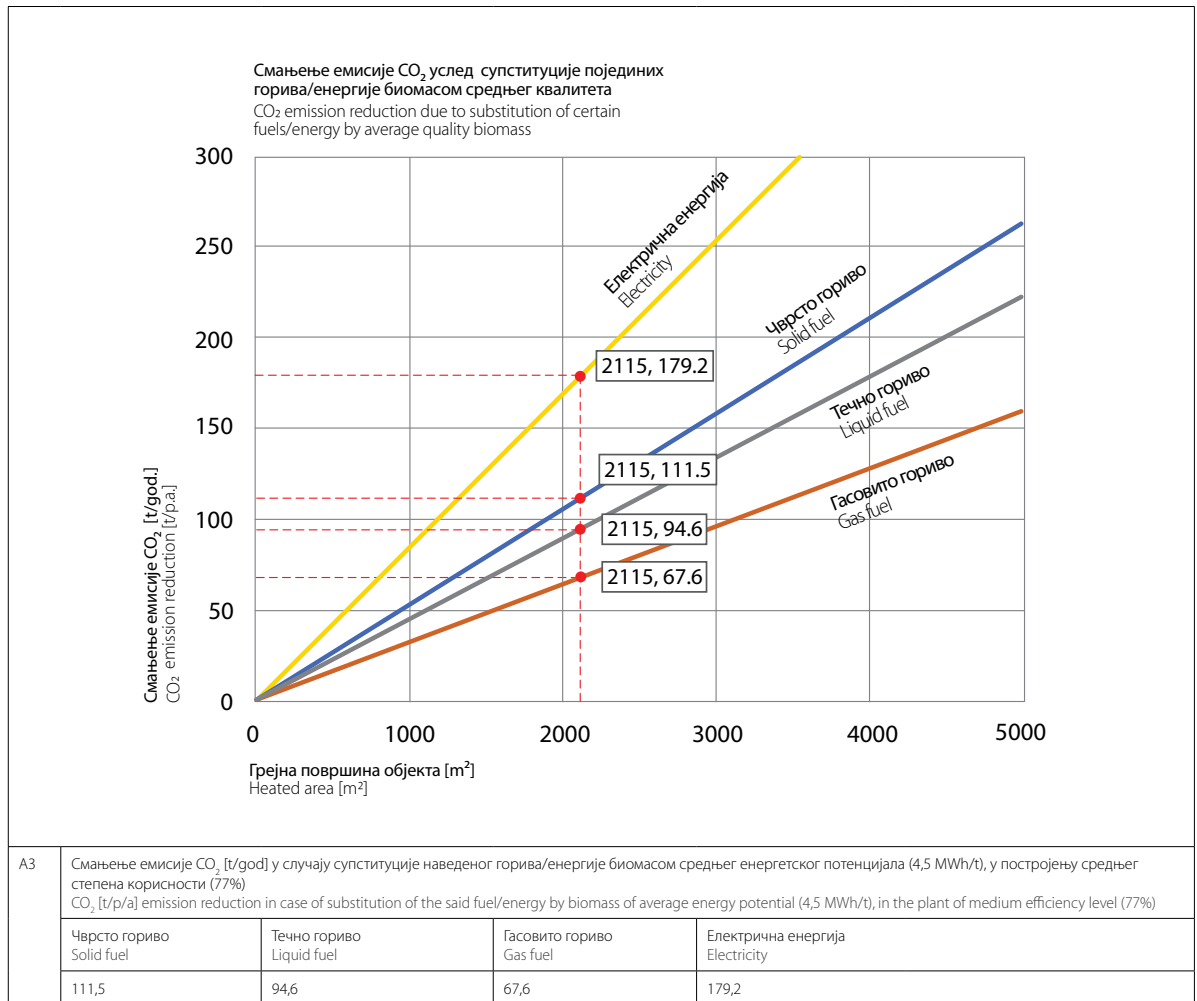
Зависност потрошње биомасе средњег квалитета од топлотних потреба објекта (рачунато 75 W/m^2)
 Dependency between the average quality biomass consumption and building heat demand (calculated 75 W/m^2)



Зависност потрошње биомасе средњег квалитета од грејне површине објекта
 Dependency between the average quality biomass consumption and building heated area



A3	Површина објекта 1.055 m ² Топлотне потребе објекта 79,1 kW Building area 1.055 m ² Heat demand of the building 79,1 kW	Врста биомасе Biomass type	Потребан капацитет котла Required boiler capacity	Потребна енергија горива Required fuel energy	Потребна количина поједине биомасе Required specific biomass quantity
			kW	MWh/god MWh/p/a	[t/god] [t/p/a]
		Дрвени пелет Wood pellet	200,3	330,4	67,5
		Дрвени брикет Wood briquette	204,9	338,0	75,3
		Дрвна сечка Wood chips	209,7	346,0	124,6



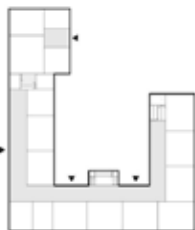


A3pt

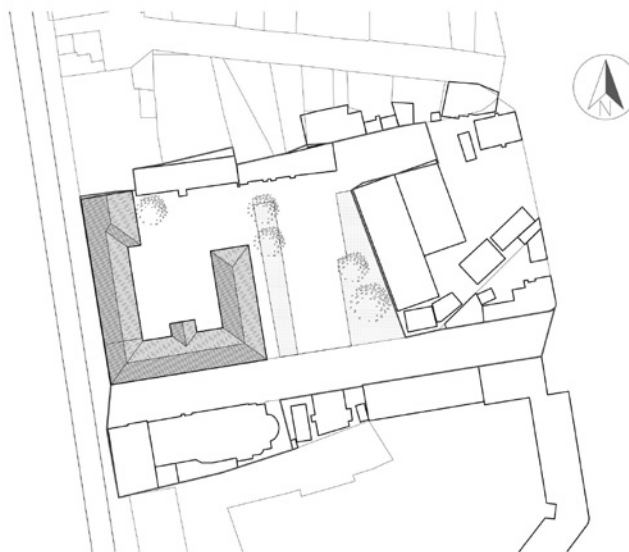
Основни подаци о објекту
Basic building data

Површина парцеле Lot area	6.957 m ²
Слободна површина парцеле за примену ОИ Available lot area for RES implementation	650 m ²
Површина објекта Building area	2.305 m ²
Укупна површина равног крова Total flat roof area	/
Укупна површина косог крова Total pitched roof area	1.300 m ²

Организациона шема објекта
Organisational scheme of the building






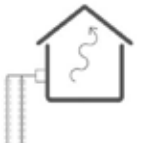



Ситуциони приказ
Layout



ПОТЕНЦИЈАЛ ЗА КОРИШЋЕЊЕ ОБНОВЉИВИХ ИЗВОРА POTENTIAL FOR THE USE OF RENEWABLE SOURCES

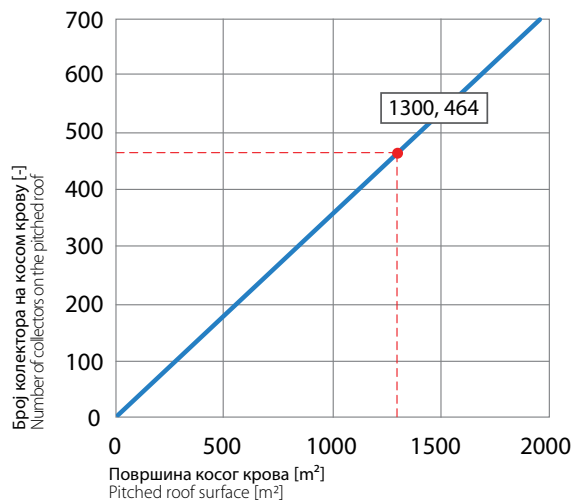
			
ФОТОНАПОНСКИ ПАНЕЛИ PHOTOVOLTAIC PANELS	СОЛАРНИ КОЛЕКТОРИ SOLAR COLLECTORS	ТОПЛОТНЕ ПУМПЕ, тип "земља - вода" HEAT PUMPS "ground-water"	
		Хоризонталне сонде (колектори)	Вертикалне сонде (колектори)
Максимални потенцијал производње електричне енергије за оптимално расположиве површине крова [MWhе/god] Maximum potential for power generation for optimum available roof surfaces [MWhе/p/a]	Максимални потенцијал производње топлотне енергије за оптимално расположиве површине крова [MWh/god] Maximum potential for heat generation for optimum available roof surfaces [MWhе/p/a]	Максимални грејни капацитет за расположиву површину дворишта [kW] Maximum heating capacity for the available yard area [kW]	
305,6	436,8	18,6	115,4

КОРИШЋЕЊЕ ОБНОВЉИВИХ ИЗВОРА – подмирење потреба објекта USE OF RENEWABLE SOURCES- meeting building demand

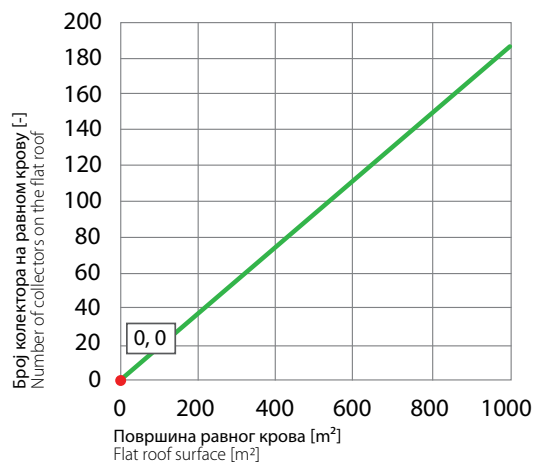
						
ФОТОНАПОНСКИ ПАНЕЛИ PHOTOVOLTAIC PANELS	ТОПЛОТНЕ ПУМПЕ HEAT PUMPS		БИОМАСА BIOMASS			
	тип "ваздух - вода" "air-water" type	тип "земља - вода" "ground-water" type	пелет pellet	брикет briquette	сечка chips	
Производње електричне енергије [MWh/god] / Ангажована површина крова [m ²] Power production [MWh/p/a] / Deployed roof surface [m ²]	Потребни топлотни капацитет пумпе [kW] / Потрошња електричне енергије за погон топлотне пумпе [MWh/god] Required thermal pump capacity [kW] / Electricity consumption for the heat pump drive [MWh/p/a]		Количине поједине дрвне биомасе средњег квалитета, које подмирују потребе објекта за грејањем [t/god] Quantities of specific biomass of average quality, meeting the building heating demand [t/p/a]			
40 / 206	262,5 / 195,5	213,7 / Недовољна површина дворишта insufficient yard area	73,6	82,0	135,8	

ПОТЕНЦИЈАЛ ЗА КОРИШЋЕЊЕ СОЛАРНИХ КОЛЕКТОРА POTENTIAL FOR THE USE OF SOLAR COLLECTORS

Максималан број инсталираних колектора по површини косог крова у зависности од површине крова
Maximum number of installed collectors per pitched roof surface depending on the roof area



Максималан број инсталираних колектора по површини равног крова у зависности од површине крова
Maximum number of installed collectors per flat roof surface depending on the roof area



A3pt	Оптimalно расположива површина косог крова [m²] Optimum available pitched roof area [m²]	Нагибни угао [°] Tilt angle [°]	Оптimalно расположива површина равног крова [m²] Optimum available flat roof area [m²]	Површина колектора [m²] Collector surface [m²]	Минимална запремина танка [l] Minimum tank volume [l]	Производња топлотне енергије на годишњем нивоу [kWh/god] Annual heat generation [kWh/yr]	Могуће смањење емисије CO ₂ у зависности од енергента који се супституише [kgCO ₂] Potential CO ₂ emission reduction depending on the substituted fuel [kgCO ₂]		
							угаљ coal	гас gas	мазут heavy oil
Y1 I1	212	35	-	176,98	8.849	103.079	44.221	22.677	34.635
Y2 I2	1.062	35	-	889,64	44.482	436.796	358.016	183.598	280.404

Y1: Унапређење 1 – Покривеност 100% површине кровова јужне, југоисточне и југозападне оријентације.

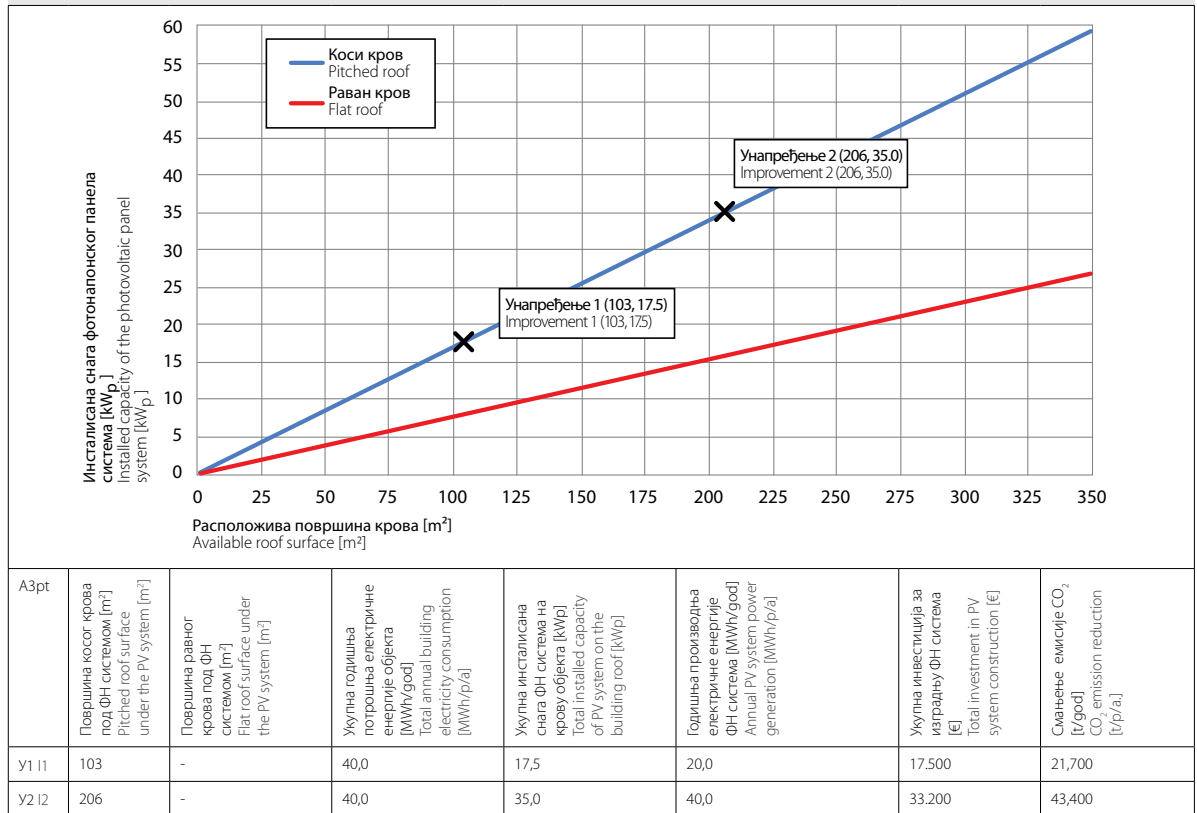
Y2: Унапређење 2 – Покривеност 100% површине кровова јужне, југоисточне, југозападне, источне и западне оријентације.

I1: Improvement 1 - 100% coverage of the roof surface of South, Southeast and Southwest orientation.

I2: Improvement 2 - 100% coverage of the roof surface of South, Southeast, Southwest, East and West orientation.

ПОТЕНЦИЈАЛ ЗА КОРИШЋЕЊЕ СОЛАРНИХ ФОТОНАПОНСКИХ СИСТЕМА

POTENTIAL FOR THE USE OF SOLAR PHOTOVOLTAIC SYSTEMS



У1: Унапређење 1 – Прво унапређење подразумева изградњу фотонапонских система на расположивим кровним површинама које имају најбољу просторну оријентацију са аспекта укупне годишње инсолације. Инсталисана снага фотонапонског система треба да обезбеди годишњу производњу електричне енергије која покрива до 50% укупне годишње потрошње електричне енергије у анализираном школском објекту.

У2: Унапређење 2 – Друго унапређење подразумева изградњу фотонапонских система на расположивим кровним површинама које имају најбољу просторну оријентацију са аспекта укупне годишње инсолације. Инсталисана снага фотонапонског система треба да обезбеди годишњу производњу електричне енергије која покрива 100% укупне годишње потрошње електричне енергије у анализираном школском објекту.

I1: Improvement 1- Improvement 1 implies construction of photovoltaic systems with available roof surfaces with best possible spatial orientation from the perspective of total annual insolation. The installed photovoltaic system capacity needs to ensure annual power generation covering up to 50% of the total annual power consumption in the analysed school building.

I2: Improvement 2- Improvement 1 implies construction of photovoltaic systems with available roof surfaces with best possible spatial orientation from the perspective of total annual insolation. The installed photovoltaic system capacity needs to ensure annual power generation covering 100% of the total annual power consumption in the analysed school building.

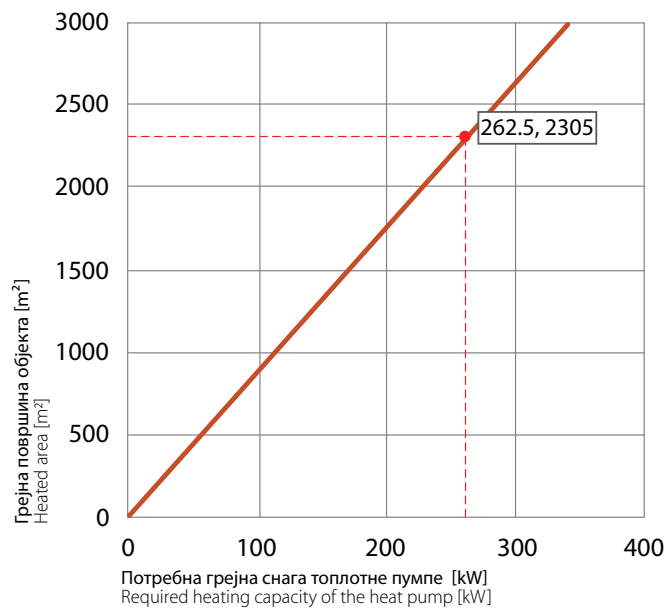
ПОТЕНЦИЈАЛ ЗА КОРИШЋЕЊЕ ТОПЛОТНИХ ПУМПИ

ТОПЛОТНЕ ПУМПЕ ВАЗДУХ-ВОДА

POTENTIAL FOR THE USE OF HEAT PUMPS

HEAT PUMPS "AIR- WATER"

Потребна грејна снага топлотне пумпе [kW] за
 темп. режим: Ваздух 0°C/ Вода 50/55°C
 Required heating power of the heat pump [kW] for
 temp. regime: Air 0°C/ Water 50/55°C



АЗрт	Потребан капацитет пумпе [kW] Required pump capacity [kW]	Ангажована електрична снага [kW] Deployed power [kW]	Електрична енергија [kWh/god] Electricity [kWh/p/a.]	Емисија CO ₂ [t/god] Emission of CO ₂ [t/p/a.]	Смањење емисије CO ₂ [t/god] у односу на CO ₂ emission reduction [t/p/a.] in relation to		
					СДГ или угаљ DHS or coal	лож уље fuel oil	природни гас natural gas
	262,5	90,5	195,509	103,6	19,6	0,9	-28,9

ТОПЛОТНЕ ПУМПЕ ЗЕМЉА-ВОДА: ХОРИЗОНТАЛНЕ СОНДЕ

HEAT PUMPS "GROUND-WATER" HORIZONTAL PROBES

Топлотни капацитет пумпе у режиму грејања за усвојено:

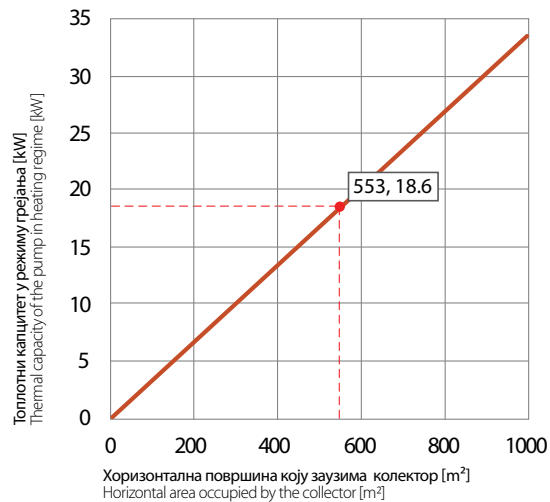
а). Топлотни флуks колектора = 25W/m²

б). Температура прилагођена за радијаторско грејање = 55°C

Thermal capacity of the pump in the heating regime for the adopted:

а). Heat flux of the collector = 25 W/m²

б). Temperature adjusted for radiator heating = 55°C



Максимална грејна површина објекта у зависности од површине коју заузима колектор за усвојено:

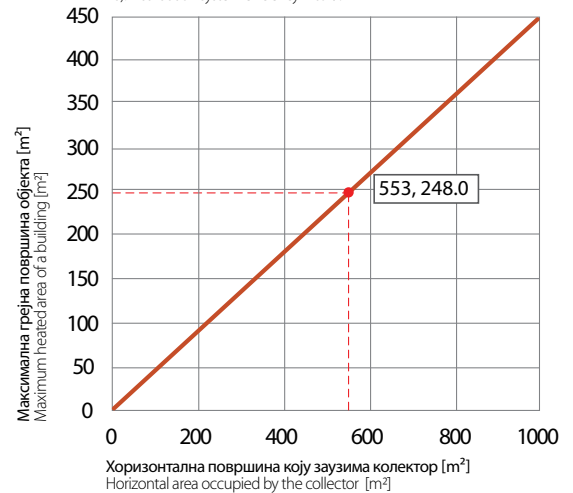
а). Специфична топлотна потреба објекта = 75 W/m²

б). Ефикасност система дистрибуције = 89 %

Maximum heated area depending on the area occupied by the collector for the adopted:

а). Specific building heat demand = 75 W/m²

б). Distribution system efficiency = 89 %



A3pt	Потребан капацитет пумпе [kW] Required pump capacity [kW]	Расположива површина дворишта [m ²] Available yard area [m ²]	Могући грејни капацитет [kW] Potential heating capacity [kW]	Електрична енергија [kWh/god] Electricity [kWh/p/a.]	Емисија CO ₂ [t/god] Emission of CO ₂ [t/p/a.]	Смањење емисије CO ₂ [t/god] у односу на CO ₂ emission reduction [t/p/a.] in relation to		
						СДГ или угљь DHS or coal	лож уље fuel oil	природни гас natural gas
	213,7	553	18,6	-	-	-	-	-

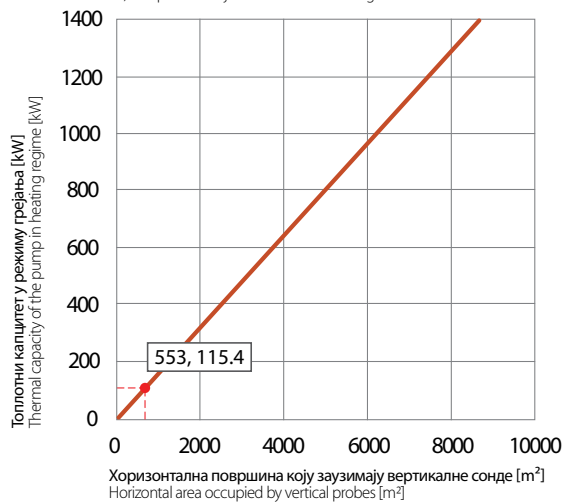
ТОПЛОТНЕ ПУМПЕ ЗЕМЉА-ВОДА: ВЕРТИКАЛНЕ СОНДЕ HEAT PUMPS "GROUND- WATER" VERTICAL PROBES

Топлотни капацитет пумпе са вертикалним сондама у зависности од хоризонталне површине дворишта за усвојено:

а). Топлотни флуks колектора = 50 W/ m²
 б). Температура прилагођена за радијаторско грејање = 55°C

Thermal capacity of the pump with vertical probes depending on the horizontal yard surface for the adopted:

a). Heat flux of the collector = 50 W/m²
 b). Temperature adjusted for radiator heating = 55°C

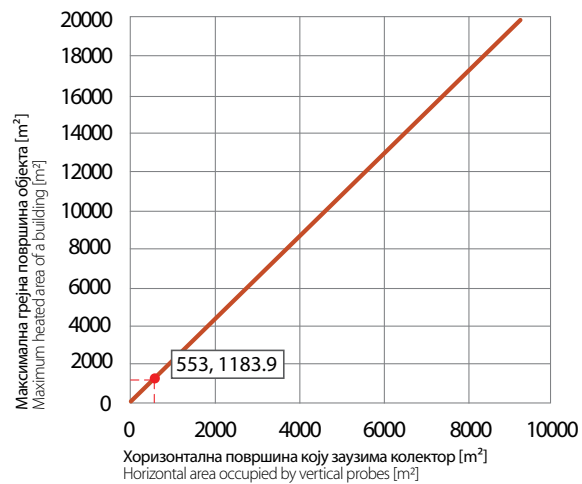


Максимална грејна површина објекта у зависности од хоризонталне површине дворишта за усвојено:

а). Специфична топлотна потреба објекта = 75 W/ m²
 б). Ефикасност система дистрибуције = 89%

Maximum heated area depending on the horizontal yard surface for the adopted:

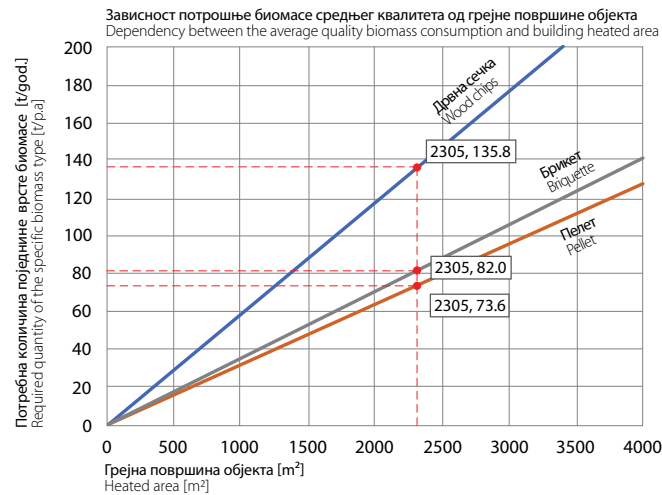
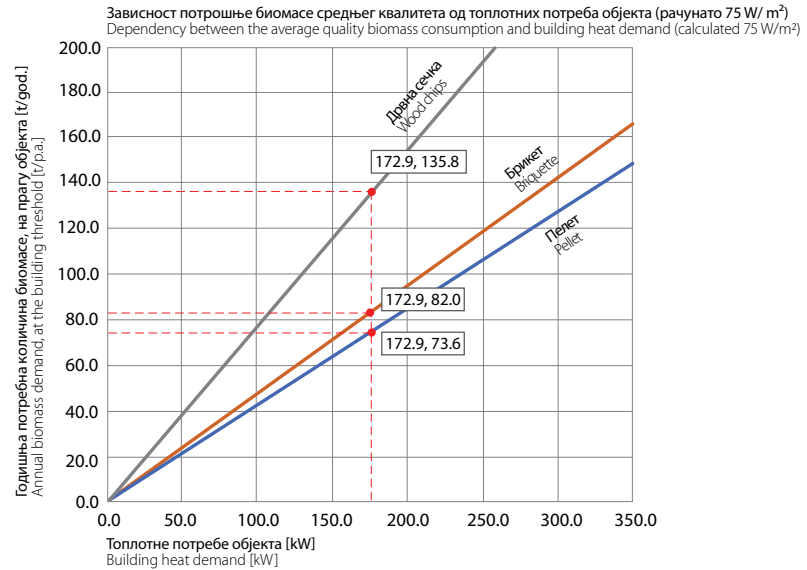
a). Specific building heat demand = 75 W/m²
 b). Distribution system efficiency = 89%



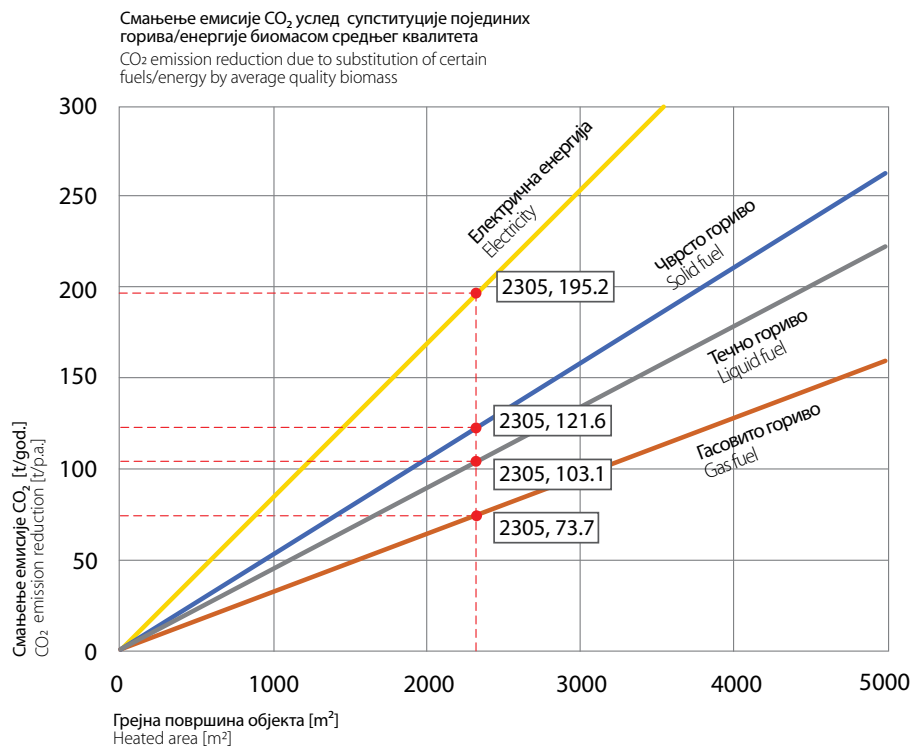
А3рт	Потребан капацитет пумпе [kW] Required pump capacity [kW]	Расположива површина дворишта [m ²] Available yard area [m ²]	Могући грејни капацитет [kW] Potential heating capacity [kW]	Електрична енергија [kWh/god] Electricity [kWh/p/a.]	Емисија CO ₂ [t/god] Emission of CO ₂ [t/p/a.]	Смањење емисије CO ₂ [t/god] у односу на CO ₂ emission reduction [t/p/a.] in relation to		
						СДГ или угаљ DHS or coal	лож уље fuel oil	природни гас natural gas
	213,7	553	115,4	-	-	-	-	-

ПОТЕНЦИЈАЛ ЗА КОРИШЋЕЊЕ БИОМАСЕ

POTENTIAL FOR THE USE OF BIOMASS

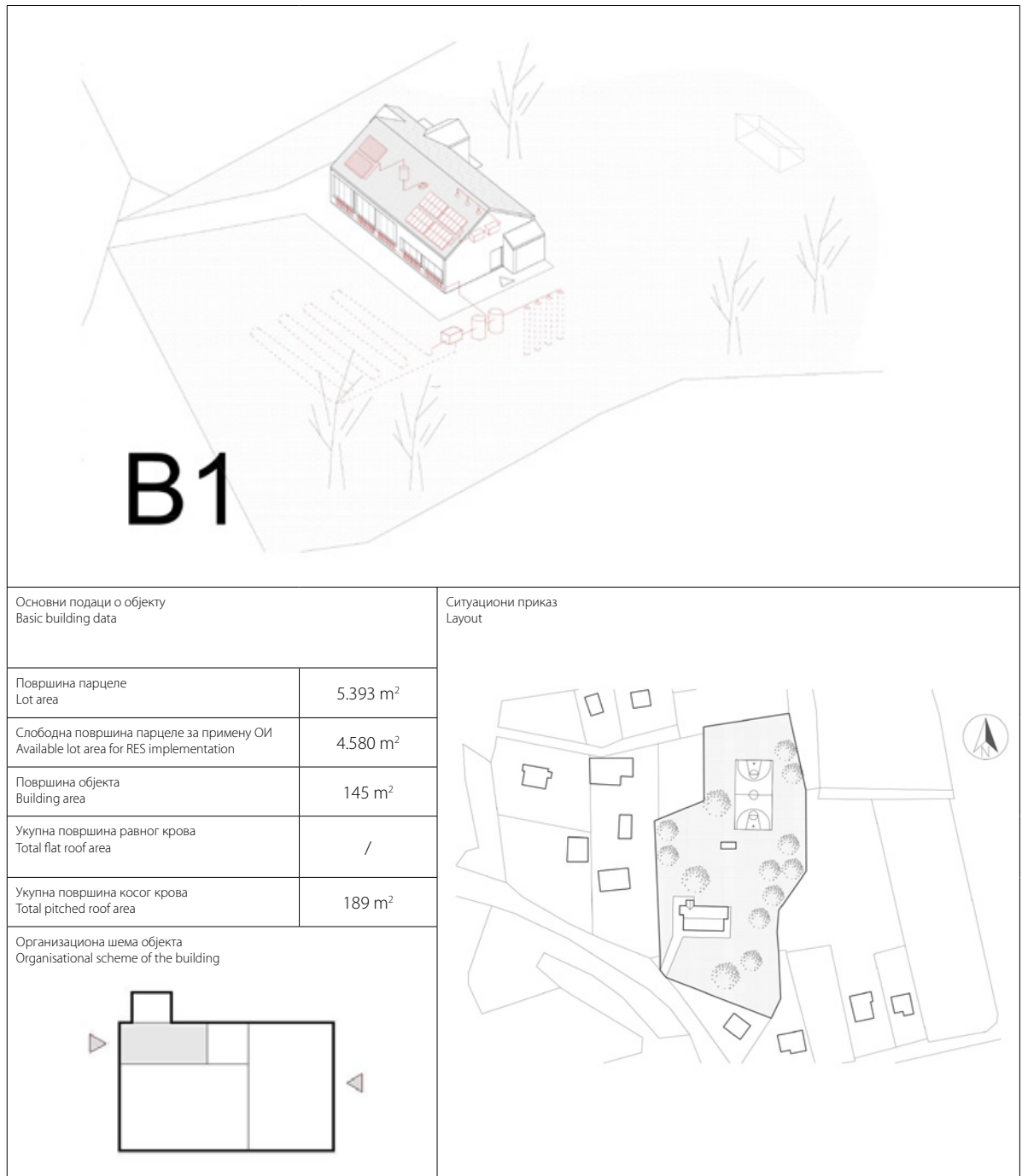


АЗрт	Површина објекта 2.305 m ² Топлотне потребе објекта 172,9 kW Building area 2.305 m ² Heat demand of the building 172,9 kW	Врста биомасе Biomass type	Потребан капацитет котла Required boiler capacity	Потребна енергија горива Required fuel energy	Потребна количина поједине биомасе Required specific biomass quantity
			kW	MWh/god MWh/p/a	[t/god] [t/p/a]
		Дрвни пелет Wood pellet	218,2	360,1	73,6
		Дрвни брикет Wood briquette	223,3	368,4	82,0
		Дрвна сечка Wood chips	228,5	377,1	135,8



A3pt Смањење емисије CO₂ [t/god] у случају супституције наведеног горива/енергије биомасом средњег енергетског потенцијала (4,5 MWh/t), у постројењу средњег степена корисности (77%)
CO₂ [t/p/a] emission reduction in case of substitution of the said fuel/energy by biomass of average energy potential (4,5 MWh/t), in the plant of medium efficiency level (77%)




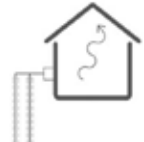



Чврсто гориво Solid fuel	Течно гориво Liquid fuel	Гасовито гориво Gas fuel	Електрична енергија Electricity
121,6	103,1	73,7	195,2



ПОТЕНЦИЈАЛ ЗА КОРИШЋЕЊЕ ОБНОВЉИВИХ ИЗВОРА POTENTIAL FOR THE USE OF RENEWABLE SOURCES

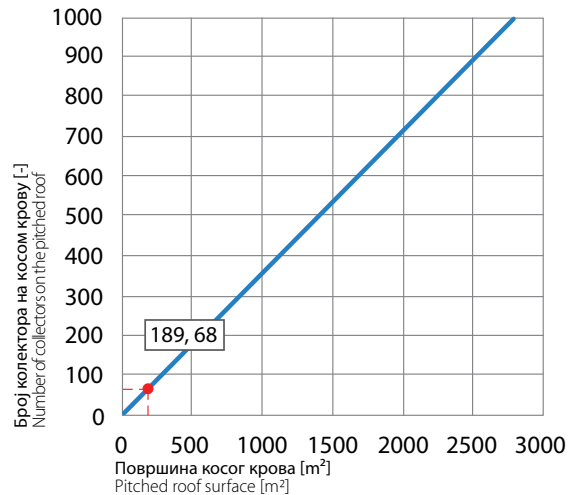
			
ФОТОНАПОНСКИ ПАНЕЛИ PHOTOVOLTAIC PANELS	СОЛАРНИ КОЛЕКТОРИ SOLAR COLLECTORS	ТОПЛОТНЕ ПУМПЕ, тип "земља - вода" HEAT PUMPS "ground-water"	
		Хоризонталне сонде (колектори)	Вертикалне сонде (колектори)
Максимални потенцијал производње електричне енергије за оптимално расположиве површине крова [MWh/god] Maximum potential for power generation for optimum available roof surfaces [MWh/p/a]	Максимални потенцијал производње топлотне енергије за оптимално расположиве површине крова [MWh/god] Maximum potential for heat generation for optimum available roof surfaces [MWh/p/a]	Максимални грејни капацитет за расположиву површину дворишта [kW] Maximum heating capacity for the available yard area [kW]	
13,0	45,0	131,4	607,5

КОРИШЋЕЊЕ ОБНОВЉИВИХ ИЗВОРА – подмирење потреба објекта USE OF RENEWABLE SOURCES- meeting building demand

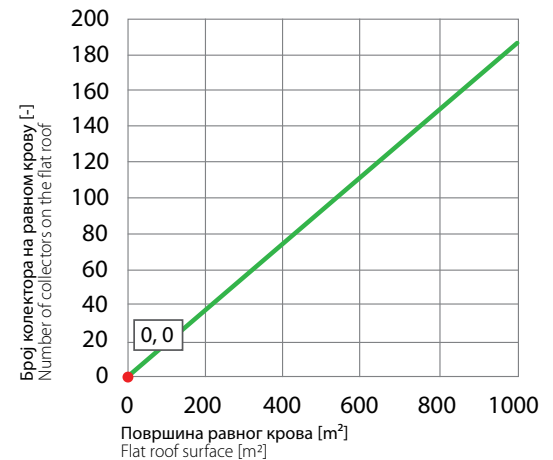
						
ФОТОНАПОНСКИ ПАНЕЛИ PHOTOVOLTAIC PANELS	ТОПЛОТНЕ ПУМПЕ HEAT PUMPS			БИОМАСА BIOMASS		
	тип "ваздух - вода" "air-water" type	тип "земља - вода" "ground-water" type		пелет pellet	брикет briquette	сечка chips
Производње електричне енергије [MWh/god] / Ангажована површина крова [m ²] Power production [MWh/p/a] / Deployed roof surface [m ²]	Потребни топлотни капацитет пумпе [kW] / Потрошња електричне енергије за погон топлотне пумпе [MWh/god] Required thermal pump capacity [kW] / Electricity consumption for the heat pump drive [MWh/p/a]			Количине поједине дрвне биомасе средњег квалитета, које подмирују потребе објекта за грејањем [t/god] Quantities of specific biomass of average quality, meeting the building heating demand [t/p/a]		
2,4 / 13	16,5 / 12,3	13,4 / 8,5		4,6	5,2	8,5

ПОТЕНЦИЈАЛ ЗА КОРИШЋЕЊЕ СОЛАРНИХ КОЛЕКТОРА POTENTIAL FOR THE USE OF SOLAR COLLECTORS

Максималан број инсталираних колектора по површини косог крова у зависности од површине крова
Maximum number of installed collectors per pitched roof surface depending on the roof area



Максималан број инсталираних колектора по површини равног крова у зависности од површине крова
Maximum number of installed collectors per flat roof surface depending on the roof area



B1	Оптimalно расположива површина косог крова [m²] Optimum available pitched roof area [m²]	Нагибни угао [°] Tilt angle [°]	Оптimalно расположива површина равног крова [m²] Optimum available flat roof area [m²]	Површина колектора [m²] Collector surface [m²]	Минимална запремина танка [l] Minimum tank volume [l]	Производња топлотне енергије на годишњем нивоу [kWh/t/year] Annual heat generation [kWh/t/yr]	Могуће смањење емисије CO ₂ у зависности од енергента који се супституише [kgCO ₂] Potential CO ₂ emission reduction depending on the substituted fuel [kgCO ₂]		
							угаљ coal	гас gas	мазут heavy oil
Y1 I1	93	42	-	77,87	3.894	45.037	15.223	7.806	11.923
Y2 I2	93	42	-	77,87	3.894	45.037	15.223	7.806	11.923

Y1: Унапређење 1 – Покривеност 100% површине кровова јужне, југоисточне и југозападне оријентације.

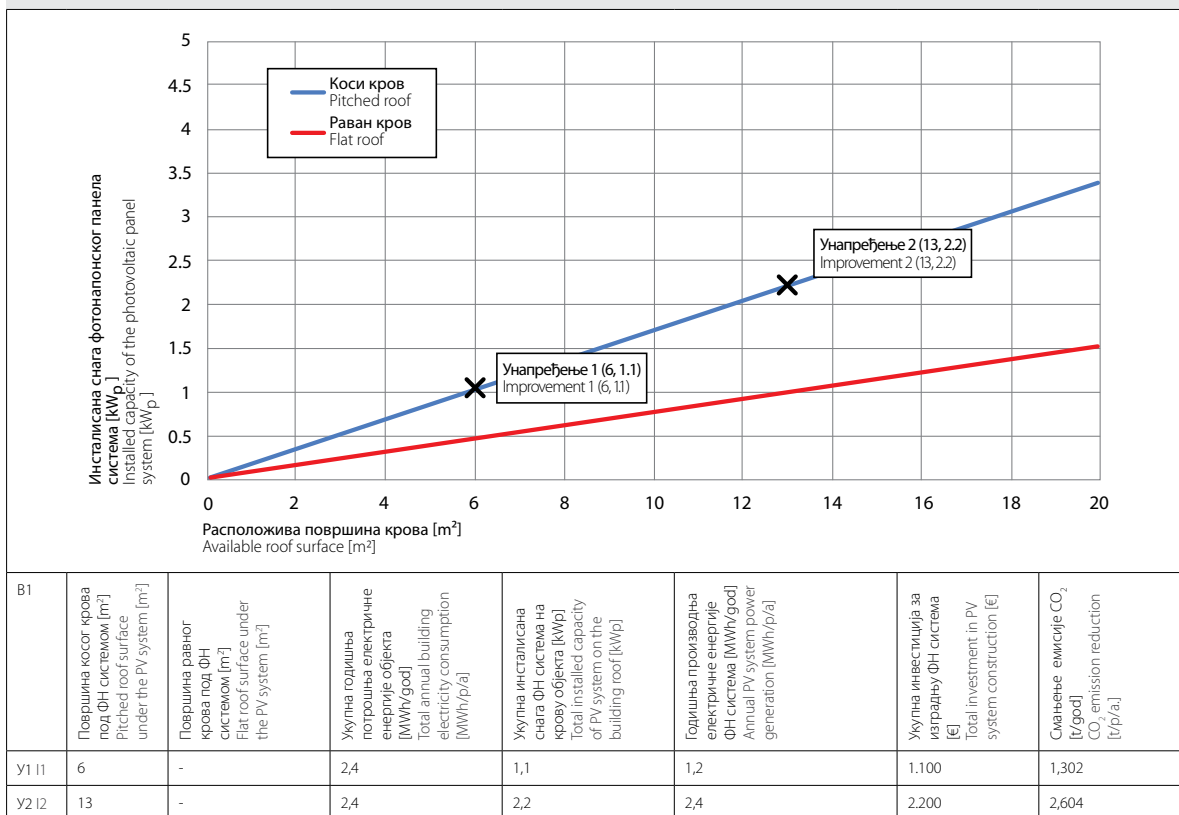
Y2: Унапређење 2 – Покривеност 100% површине кровова јужне, југоисточне, југозападне, источне и западне оријентације.

I1: Improvement 1 - 100% coverage of the roof surface of South, Southeast and Southwest orientation.

I2: Improvement 2 - 100% coverage of the roof surface of South, Southeast, Southwest, East and West orientation.

ПОТЕНЦИЈАЛ ЗА КОРИШЋЕЊЕ СОЛАРНИХ ФОТОНАПОНСКИХ СИСТЕМА

POTENTIAL FOR THE USE OF SOLAR PHOTOVOLTAIC SYSTEMS



У1: Унапређење 1 – Прво унапређење подразумева изградњу фотонапонских система на расположивим кровним површинама које имају најбољу просторну оријентацију са аспекта укупне годишње инсолације. Инсталисана снага фотонапонског система треба да обезбеди годишњу производњу електричне енергије која покрива до 50% укупне годишње потрошње електричне енергије у анализираном школском објекту.

У2: Унапређење 2 – Друго унапређење подразумева изградњу фотонапонских система на расположивим кровним површинама које имају најбољу просторну оријентацију са аспекта укупне годишње инсолације. Инсталисана снага фотонапонског система треба да обезбеди годишњу производњу електричне енергије која покрива 100% укупне годишње потрошње електричне енергије у анализираном школском објекту.

I1: Improvement 1- Improvement 1 implies construction of photovoltaic systems with available roof surfaces with best possible spatial orientation from the perspective of total annual insolation. The installed photovoltaic system capacity needs to ensure annual power generation covering up to 50% of the total annual power consumption in the analysed school building.

I2: Improvement 2- Improvement 1 implies construction of photovoltaic systems with available roof surfaces with best possible spatial orientation from the perspective of total annual insolation. The installed photovoltaic system capacity needs to ensure annual power generation covering 100% of the total annual power consumption in the analysed school building.

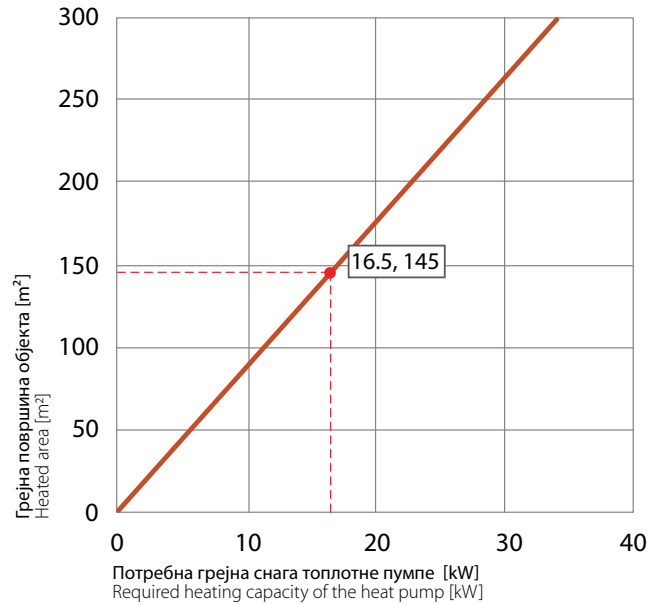
ПОТЕНЦИЈАЛ ЗА КОРИШЋЕЊЕ ТОПЛОТНИХ ПУМПИ

ТОПЛОТНЕ ПУМПЕ ВАЗДУХ-ВОДА

POTENTIAL FOR THE USE OF HEAT PUMPS

HEAT PUMPS "AIR- WATER"

Потребна грејна снага топлотне пумпе [kW] за
 темп. режим: Ваздух 0°C/ Вода 50/55°C
 Required heating power of the heat pump [kW] for
 temp. regime: Air 0°C/ Water 50/55°C

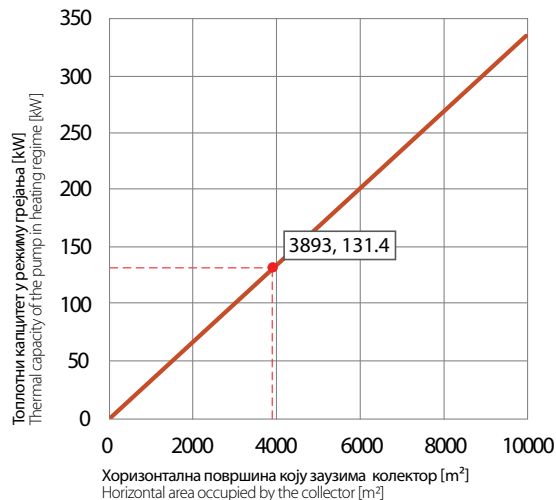


B1	Потребан капацитет пумпе [kW] Required pump capacity [kW]	Ангажована електрична снага [kW] Deployed power [kW]	Електрична енергија [kWh/god] Electricity [kWh/p/a.]	Емисија CO ₂ [t/god] Emission of CO ₂ [t/p/a.]	Смањење емисије CO ₂ [t/god] у односу на CO ₂ emission reduction [t/p/a.] in relation to		
					СДГ или угљь DHS or coal	лож уље fuel oil	природни гас natural gas
	16,5	5,7	12.299	6,5	1,2	0,1	-1,8

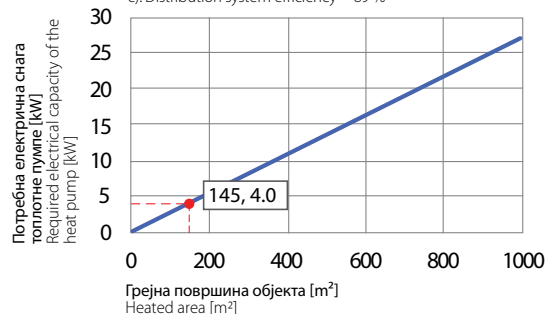
ТОПЛОТНЕ ПУМПЕ ЗЕМЉА-ВОДА: ХОРИЗОНТАЛНЕ СОНДЕ

HEAT PUMPS "GROUND- WATER" HORIZONTAL PROBES

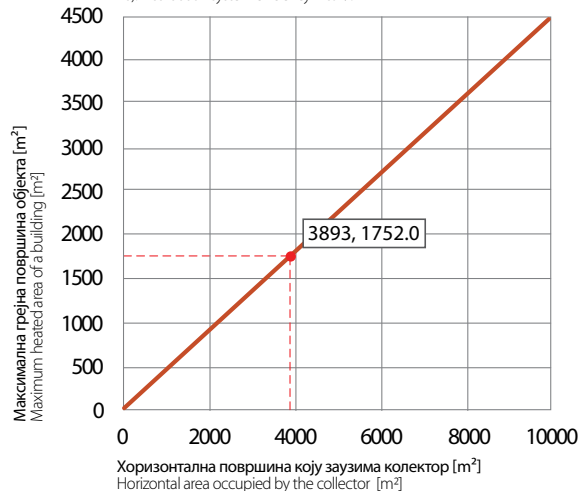
Топлотни капацитет пумпе у режиму грејања за усвојено:
 а). Топлотни флуks колектора = 25W/ m²
 б). Температура прилагођена за радијаторско грејање = 55°C
 Thermal capacity of the pump in the heating regime for the adopted:
 а). Heat flux of the collector = 25 W/m²
 б). Temperature adjusted for radiator heating = 55°C



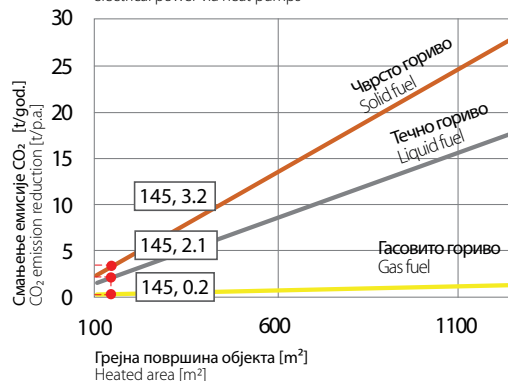
Зависност потребне електричне снаге и грејне површине објекта за усвојено:
 а). Специфичне топлотне потребе = 75 W/ m²
 б). COP топлотне пумпе = 3,4
 ц). Ефикасност система дистрибуције = 89 %
 Dependency between the required electrical capacity and building heated area for the adopted:
 а). Specific heat demand = 75 W/m²
 б). Heat pump SOR = 3.4
 ц). Distribution system efficiency = 89 %



Максимална грејна површина објекта у зависности од површине коју заузима колектор за усвојено:
 а). Специфична топлотна потреба објекта = 75 W/m²
 б). Ефикасност система дистрибуције = 89 %
 Maximum heated area depending on the area occupied by the collector for the adopted:
 а). Specific building heat demand = 75 W/m²
 б). Distribution system efficiency = 89 %



Смањење емисије CO₂ приликом супституције фосилних горива електричном енергијом путем топлотних пумпи
 CO₂ emission reduction due to substitution of fossil fuels by electrical power via heat pumps



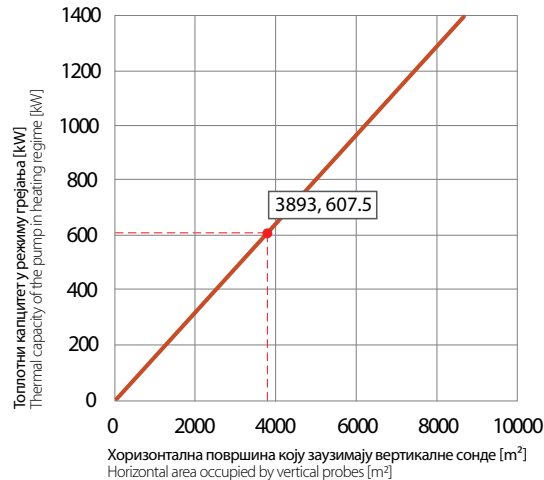
B1	Потребан капацитет пумпе [kW] Required pump capacity [kW]	Расположива површина дворишта [m ²] Available yard area [m ²]	Могући грејни капацитет [kW] Potential heating capacity [kW]	Електрична енергија [kWh/god] Electricity [kWh/p.a.]	Емисија CO ₂ [t/god] Emission of CO ₂ [t/p.a.]	Смањење емисије CO ₂ [t/god] у односу на CO ₂ emission reduction [t/p.a.] in relation to		
						СДГ или угаљ DHS or coal	лож уље fuel oil	природни гас natural gas
	13,4	3.893	131,4	8.539	4,5	3,2	2,1	0,2

ТОПЛОТНЕ ПУМПЕ ЗЕМЉА-ВОДА: ВЕРТИКАЛНЕ СОНДЕ

HEAT PUMPS "GROUND-WATER" VERTICAL PROBES

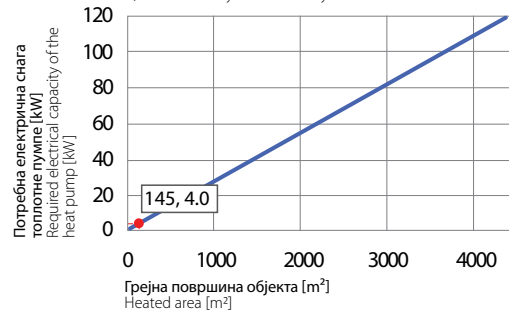
Топлотни капацитет пумпе са вертикалним сондама у зависности од хоризонталне површине дворишта за усвојено:

- а). Топлотни флуks колектора = 50 W/m²
 б). Температура прилагођена за радијаторско грејање = 55°C
 Thermal capacity of the pump with vertical probes depending on the horizontal yard surface for the adopted:
 а). Heat flux of the collector = 50 W/m²
 б). Temperature adjusted for radiator heating = 55°C



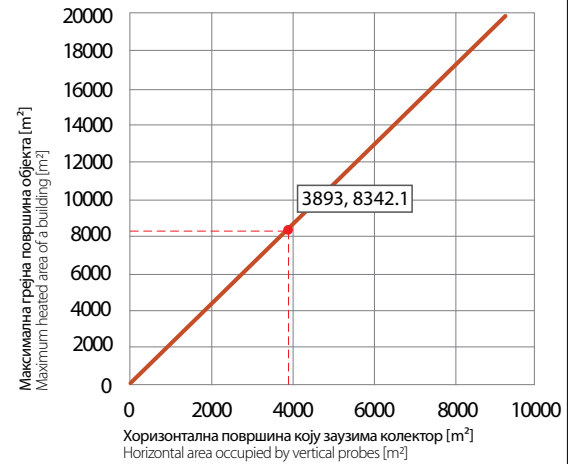
Зависност потребне електричне снаге и грејне површине објекта за усвојено:

а). Специфичне топлотне потребе = 75 W/m²
 б). COP топлотне пумпе = 3,4
 ц). Ефикасност система дистрибуције = 89 %
 Dependency between the required electrical capacity and building heated area for the adopted:
 а). Specific heat demand = 75 W/m²
 б). Heat pump SOR = 3,4
 ц). Distribution system efficiency = 89 %

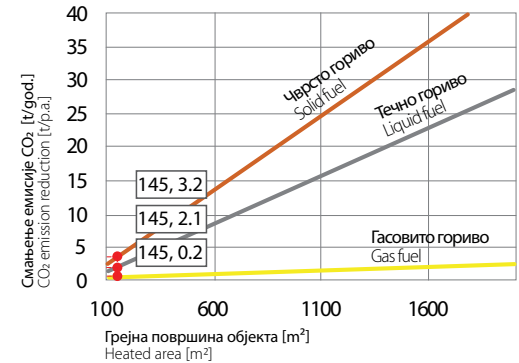


Максимална грејна површина објекта узависности од хоризонталне површине дворишта за усвојено:

- а). Специфична топлотна потреба објекта = 75 W/m²
 б). Ефикасност система дистрибуције = 89 %
 Maximum heated area depending on the horizontal yard surface for the adopted:
 а). Specific building heat demand = 75 W/m²
 б). Distribution system efficiency = 89 %



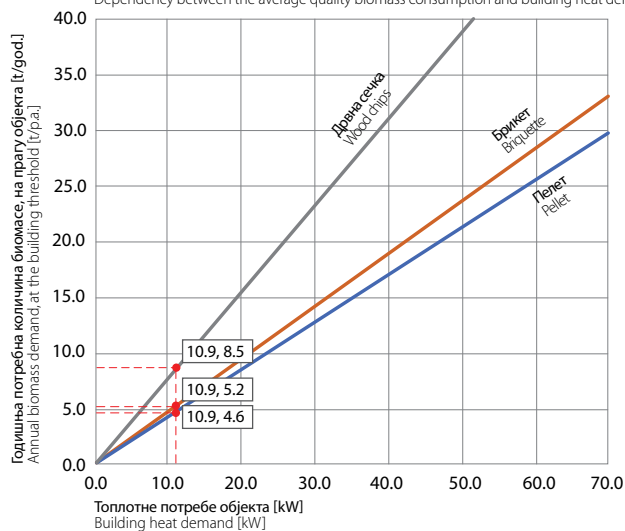
Смањење емисије CO₂ приликом супституције фосилних горива електричном енергијом путем топлотних пумпи
 CO₂ emission reduction due to substitution of fossil fuels by electrical power via heat pumps



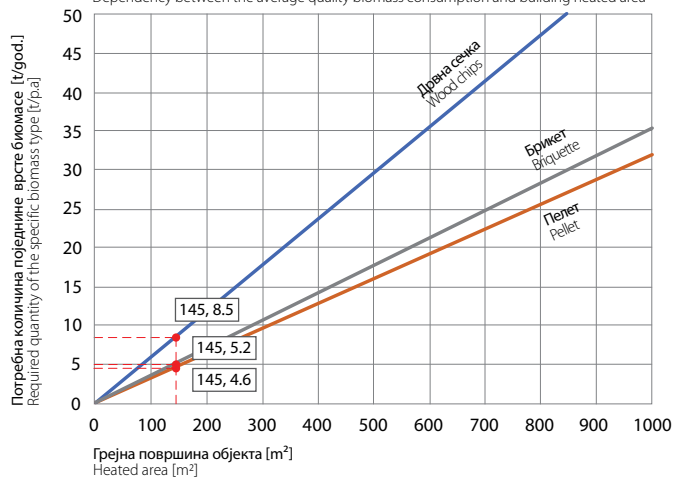
B1	Потребан капацитет пумпе [kW] Required pump capacity [kW]	Расположива површина дворишта [m ²] Available yard area [m ²]	Могући грејни капацитет [kW] Potential heating capacity [kW]	Електрична енергија [kWh/god] Electricity [kWh/p/a.]	Емисија CO ₂ [t/god] Emission of CO ₂ [t/p.a.]	Смањење емисије CO ₂ [t/god] у односу на CO ₂ emission reduction [t/p/a.] in relation to		
						СДГ или угаљ DHS or coal	лож уље fuel oil	природни гас natural gas
	13,4	3.893	607,5	8.539	4,5	3,2	2,1	0,2

ПОТЕНЦИЈАЛ ЗА КОРИШЋЕЊЕ БИОМАСЕ POTENTIAL FOR THE USE OF BIOMASS

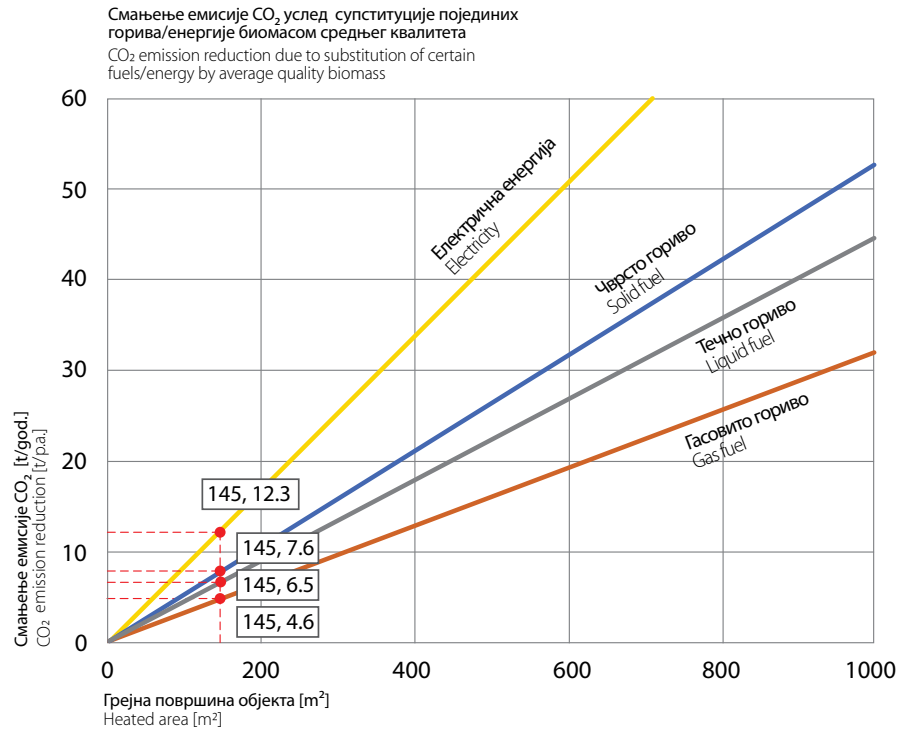
Зависност потрошње биомасе средњег квалитета од топлотних потреба објекта (рачунато 75 W/m^2)
Dependency between the average quality biomass consumption and building heat demand (calculated 75 W/m^2)



Зависност потрошње биомасе средњег квалитета од грејне површине објекта
Dependency between the average quality biomass consumption and building heated area

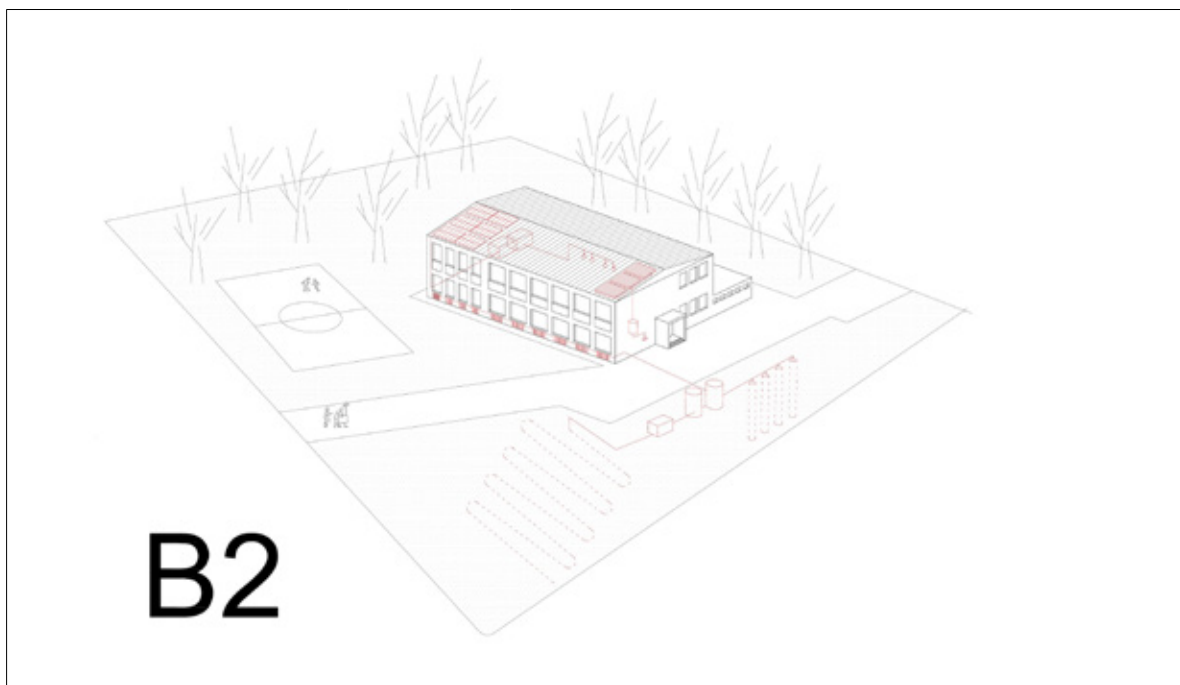


B1	Површина објекта 145 m^2 Топлотне потребе објекта $10,9 \text{ kW}$ Building area 145 m^2 Heat demand of the building $10,9 \text{ kW}$	Врста биомасе Biomass type	Потребан капацитет котла Required boiler capacity	Потребна енергија горива Required fuel energy	Потребна количина поједине биомасе Required specific biomass quantity
			kW	MWh/god MWh/p/a	[t/god] [t/p/a]
		Дрвени пелет Wood pellet	13,7	22,7	4,6
		Дрвени брикет Wood briquette	14,0	23,2	5,2
		Дрвна сечка Wood chips	14,4	23,7	8,5



B1 Смањење емисије CO₂ [t/god] у случају супституције наведеног горива/енергије биомасом средњег енергетског потенцијала (4,5 MWh/t), у постројењу средњег степена корисности (77%)
CO₂ [t/p/a] emission reduction in case of substitution of the said fuel/energy by biomass of average energy potential (4,5 MWh/t), in the plant of medium efficiency level (77%)

Чврсто гориво Solid fuel	Течно гориво Liquid fuel	Гасовито гориво Gas fuel	Електрична енергија Electricity
7,6	6,5	4,6	12,3










Основни подаци о објекту Basic building data	
Површина парцеле Lot area	7.826 m ²
Слободна површина парцеле за примену ОИ Available lot area for RES implementation	4.894 m ²
Површина објекта Building area	840 m ²
Укупна површина равног крова Total flat roof area	/
Укупна површина косог крова Total pitched roof area	515 m ²
Организациона шема објекта Organisational scheme of the building	



ПОТЕНЦИЈАЛ ЗА КОРИШЋЕЊЕ ОБНОВЉИВИХ ИЗВОРА POTENTIAL FOR THE USE OF RENEWABLE SOURCES

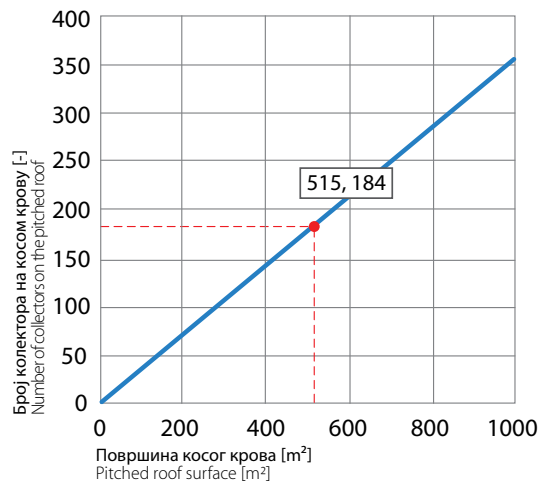
			
ФОТОНАПОНСКИ ПАНЕЛИ PHOTOVOLTAIC PANELS	СОЛАРНИ КОЛЕКТОРИ SOLAR COLLECTORS	ТОПЛОТНЕ ПУМПЕ, тип "земља - вода" HEAT PUMPS "ground-water"	
		Хоризонталне сонде (колектори)	Вертикалне сонде (колектори)
Максимални потенцијал производње електричне енергије за оптимално расположиве површине крова [MWhе/god] Maximum potential for power generation for optimum available roof surfaces [MWhе/p/a]	Максимални потенцијал производње топлотне енергије за оптимално расположиве површине крова [MWh/god] Maximum potential for heat generation for optimum available roof surfaces [MWhе/p/a]	Максимални грејни капацитет за расположиву површину дворишта [kW] Maximum heating capacity for the available yard area [kW]	
22,1	119,0	140,4	654,8

КОРИШЋЕЊЕ ОБНОВЉИВИХ ИЗВОРА – подмирење потреба објекта USE OF RENEWABLE SOURCES- meeting building demand

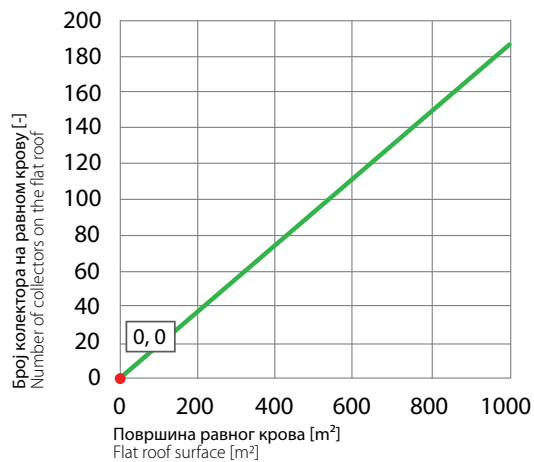
						
ФОТОНАПОНСКИ ПАНЕЛИ PHOTOVOLTAIC PANELS	ТОПЛОТНЕ ПУМПЕ HEAT PUMPS			БИОМАСА BIOMASS		
	тип "ваздух - вода" "air-water" type	тип "земља - вода" "ground-water" type		пелет pellet	брикет briquette	сечка chips
Производње електричне енергије [MWh/god] / Ангажована површина крова [m ²] Power production [MWh/p/a] / Deployed roof surface [m ²]	Потребни топлотни капацитет пумпе [kW] / Потрошња електричне енергије за погон топлотне пумпе [MWh/god] Required thermal pump capacity [kW] / Electricity consumption for the heat pump drive [MWh/p/a]			Количине поједине дрвне биомасе средњег квалитета, које подмирују потребе објекта за грејањем [t/god] Quantities of specific biomass of average quality, meeting the building heating demand [t/p/a]		
13,8 / 71	95,7 / 71,2	77,9 / 49,5		26,8	29,9	49,5

ПОТЕНЦИЈАЛ ЗА КОРИШЋЕЊЕ СОЛАРНИХ КОЛЕКТОРА POTENTIAL FOR THE USE OF SOLAR COLLECTORS

Максималан број инсталираних колектора по површини косог крова у зависности од површине крова
Maximum number of installed collectors per pitched roof surface depending on the roof area



Максималан број инсталираних колектора по површини равног крова у зависности од површине крова
Maximum number of installed collectors per flat roof surface depending on the roof area



B2	Оптимально расположива површина косог крова [m²] Optimum available pitched roof area [m²]	Нагибни угао [°] Tilt angle [°]	Оптимально расположива површина равног крова [m²] Optimum available flat roof area [m²]	Површина колектора [m²] Collector surface [m²]	Минимална запремина танка [l] Minimum tank volume [l]	Производња топлотне енергије на годишњем нивоу [kWh/год] Annual heat generation [kWh/yr]	Могуће смањење емисије CO ₂ у зависности од енергента који се супституише [kgCO ₂] Potential CO ₂ emission reduction depending on the substituted fuel [kgCO ₂]		
							угаљ coal	гас gas	мазут heavy oil
Y1 I1	280	6	-	235,98	11.799	119.023	51.061	26.185	39.992
Y2 I2	280	6	-	235,98	11.799	119.023	51.061	26.185	39.992

Y1: Унапређење 1 – Покривеност 100% површине кровова јужне, југоисточне и југозападне оријентације.

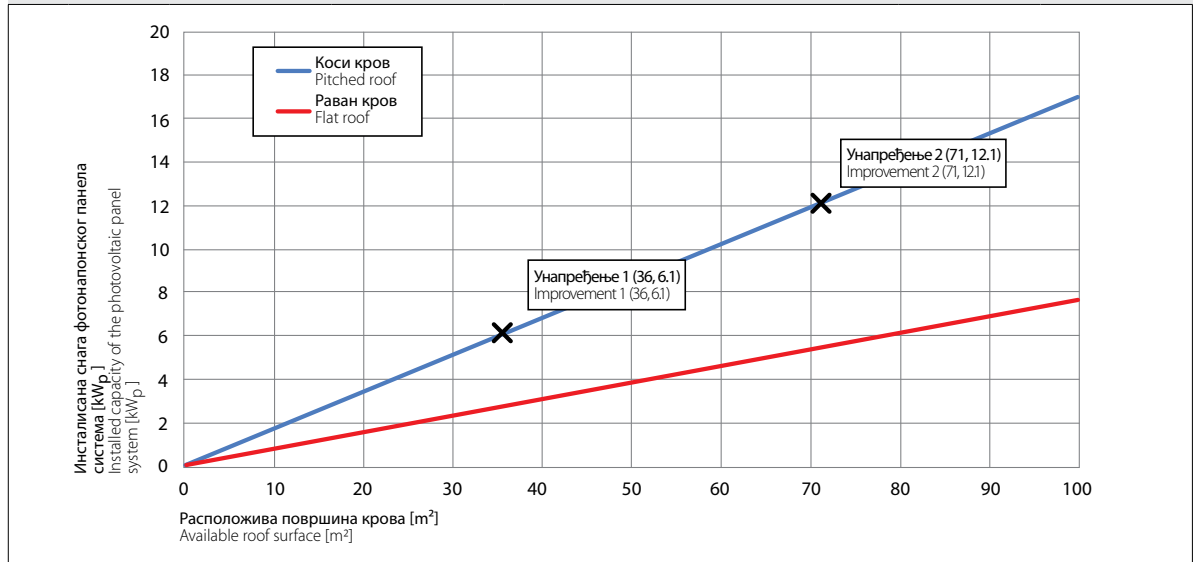
Y2: Унапређење 2 – Покривеност 100% површине кровова јужне, југоисточне, југозападне, источне и западне оријентације.

I1: Improvement 1 - 100% coverage of the roof surface of South, Southeast and Southwest orientation.

I2: Improvement 2 - 100% coverage of the roof surface of South, Southeast, Southwest, East and West orientation.

ПОТЕНЦИЈАЛ ЗА КОРИШЋЕЊЕ СОЛАРНИХ ФОТОНАПОНСКИХ СИСТЕМА

POTENTIAL FOR THE USE OF SOLAR PHOTOVOLTAIC SYSTEMS



B2	Површина косог крова под ФН системом [m²] Pitched roof surface under the PV system [m²]	Површина равног крова под ФН системом [m²] Flat roof surface under the PV system [m²]	Укупна годишња потрошња електричне енергије објекта [MWh/year] Total annual building electricity consumption [MWh/year]	Укупна инсталисана снага ФН система на крову објекта [kWp] Total installed capacity of PV system on the building roof [kWp]	Годишња производња електричне енергије ФН система [MWh/year] Annual PV system power generation [MWh/year]	Укупна инвестиција за изградњу ФН система (€) Total investment in PV system construction (€)	Смањење емисије CO ₂ [t/year] CO ₂ emission reduction [t/year]
Y1 I1	36	-	13,8	6,1	6,9	6.100	7,486
Y2 I2	71	-	13,8	12,1	13,8	12.100	14,973

Y1: Унапређење 1 – Прво унапређење подразумева изградњу фотонапонских система на расположивим кровним површинама које имају најбољу просторну оријентацију са аспекта укупне годишње инсолације. Инсталисана снага фотонапонског система треба да обезбеди годишњу производњу електричне енергије која покрива до 50% укупне годишње потрошње електричне енергије у анализираном школском објекту.

Y2: Унапређење 2 – Друго унапређење подразумева изградњу фотонапонских система на расположивим кровним површинама које имају најбољу просторну оријентацију са аспекта укупне годишње инсолације. Инсталисана снага фотонапонског система треба да обезбеди годишњу производњу електричне енергије која покрива 100% укупне годишње потрошње електричне енергије у анализираном школском објекту.

I1: Improvement 1- Improvement 1 implies construction of photovoltaic systems with available roof surfaces with best possible spatial orientation from the perspective of total annual insolation. The installed photovoltaic system capacity needs to ensure annual power generation covering up to 50% of the total annual power consumption in the analysed school building.

I2: Improvement 2- Improvement 1 implies construction of photovoltaic systems with available roof surfaces with best possible spatial orientation from the perspective of total annual insolation. The installed photovoltaic system capacity needs to ensure annual power generation covering 100% of the total annual power consumption in the analysed school building.

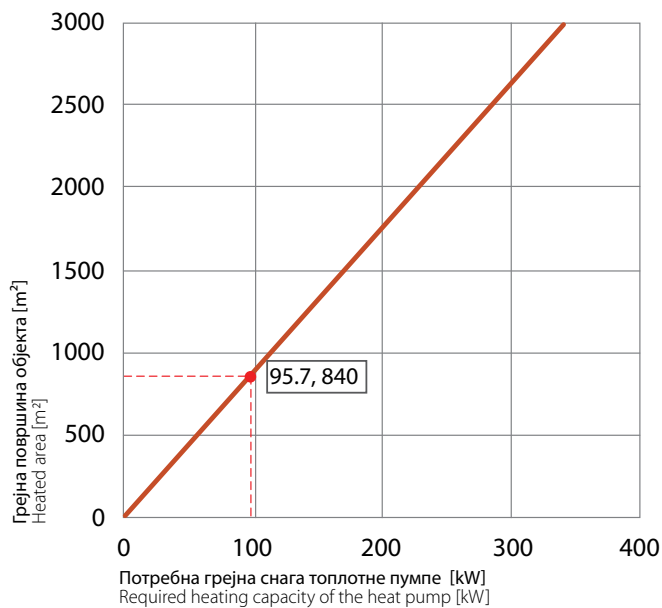
ПОТЕНЦИЈАЛ ЗА КОРИШЋЕЊЕ ТОПЛОТНИХ ПУМПИ

ТОПЛОТНЕ ПУМПЕ ВАЗДУХ-ВОДА

POTENTIAL FOR THE USE OF HEAT PUMPS

HEAT PUMPS "AIR- WATER"

Потребна грејна снага топлотне пумпе [kW] за
 темп. режим: Ваздух 0°C/ Вода 50/55°C
 Required heating power of the heat pump [kW] for
 temp. regime: Air 0°C/ Water 50/55°C

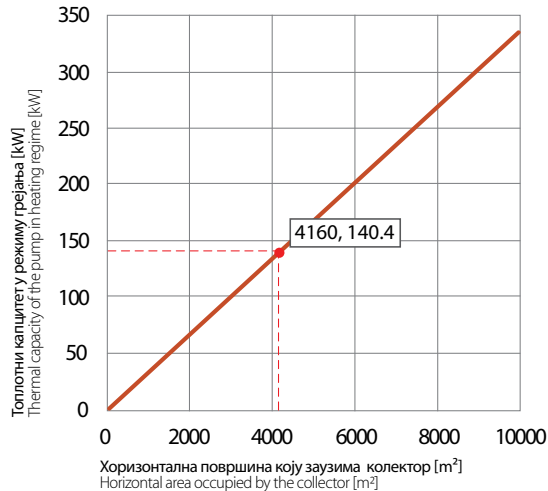


B2	Потребан капацитет пумпе [kW] Required pump capacity [kW]	Ангажована електрична снага [kW] Deployed power [kW]	Електрична енергија [kWh/god] Electricity [kWh/p/a.]	Емисија CO ₂ [t/god] Emission of CO ₂ [t/p/a.]	Смањење емисије CO ₂ [t/god] у односу на CO ₂ emission reduction [t/p/a.] in relation to		
					СДГ или угаљ DHS or coal	лож уље fuel oil	природни гас natural gas
	95,7	33	71.248	37,8	7,1	0,3	-10,5

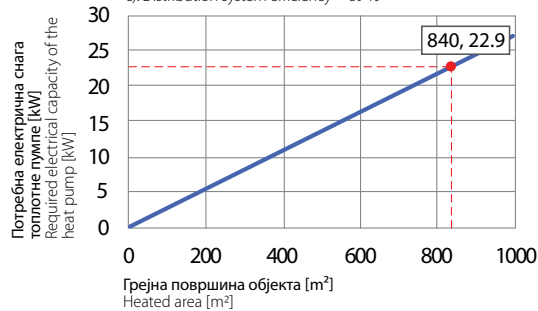
ТОПЛОТНЕ ПУМПЕ ЗЕМЉА-ВОДА: ХОРИЗОНТАЛНЕ СОНДЕ

HEAT PUMPS "GROUND-WATER" HORIZONTAL PROBES

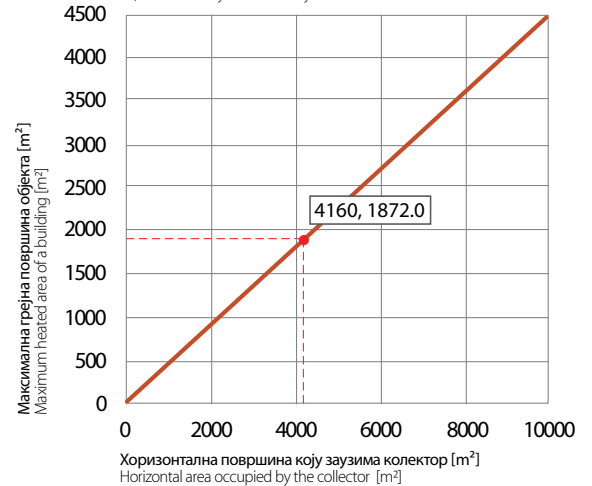
Топлотни капацитет пумпе у режиму грејања за усвојено:
 а). Топлотни флуks колектора = 25 W/m^2
 б). Температура прилагођена за радијаторско грејање = 55°C
 Thermal capacity of the pump in the heating regime for the adopted:
 a). Heat flux of the collector = 25 W/m^2
 b). Temperature adjusted for radiator heating = 55°C



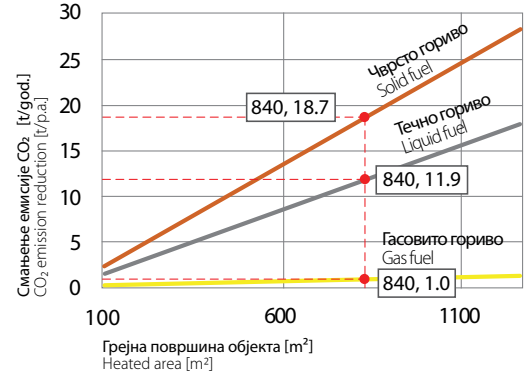
Зависност потребне електричне снаге и грејне површине објекта за усвојено:
 а). Специфичне топлотне потребе = 75 W/m^2
 б). COP топлотне пумпе = 3,4
 ц). Ефикасност система дистрибуције = 89 %
 Dependency between the required electrical capacity and building heated area for the adopted:
 a). Specific heat demand = 75 W/m^2
 б). Heat pump SOR = 3.4
 c). Distribution system efficiency = 89 %



Максимална грејна површина објекта у зависности од површине коју заузима колектор за усвојено:
 а). Специфична топлотна потреба објекта = 75 W/m^2
 б). Ефикасност система дистрибуције = 89 %
 Maximum heated area depending on the area occupied by the collector for the adopted:
 a). Specific building heat demand = 75 W/m^2
 б). Distribution system efficiency = 89 %



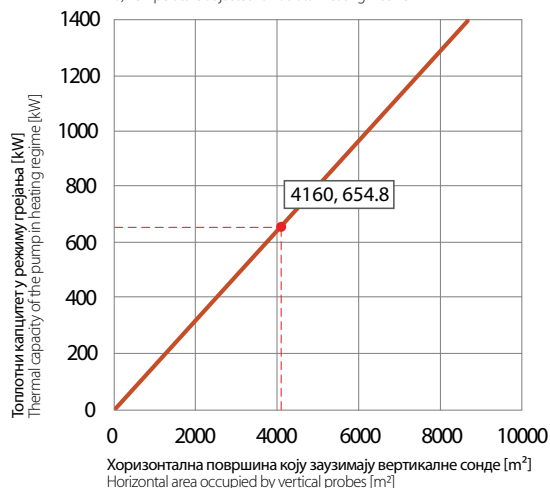
Смањење емисије CO₂ приликом супституције фосилних горива електричном енергијом путем топлотних пумпи
 CO₂ emission reduction due to substitution of fossil fuels by electrical power via heat pumps



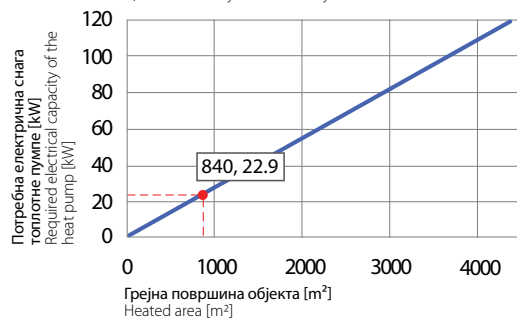
B2	Потребан капацитет пумпе [kW] Required pump capacity [kW]	Расположива површина дворишта [m ²] Available yard area [m ²]	Могући грејни капацитет [kW] Potential heating capacity [kW]	Електрична енергија [kWh/god] Electricity [kWh/p.a.]	Емисија CO ₂ [t/god] Emission of CO ₂ [t/p.a.]	Смањење емисије CO ₂ [t/god] у односу на CO ₂ emission reduction [t/p.a.] in relation to		
						СДГ или угаљ DHS or coal	лож уље fuel oil	природни гас natural gas
	77,9	4.160	140,4	49.467	26,2	18,7	11,9	1,0

ТОПЛОТНЕ ПУМПЕ ЗЕМЉА-ВОДА: ВЕРТИКАЛНЕ СОНДЕ HEAT PUMPS "GROUND- WATER" VERTICAL PROBES

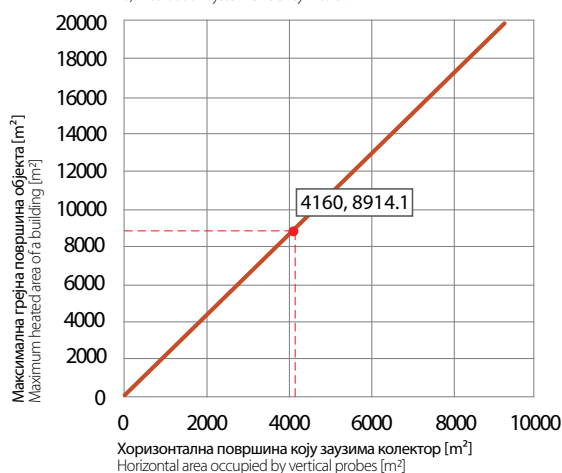
Топлотни капацитет пумпе са вертикалним сондама у зависности од хоризонталне површине дворишта за усвојено:
 а). Топлотни флуks колектора = 50 W/m²
 б). Температура прилагођена за радијаторско грејање = 55°C
 Thermal capacity of the pump with vertical probes depending on the horizontal yard surface for the adopted:
 а). Heat flux of the collector = 50 W/m²
 б). Temperature adjusted for radiator heating = 55°C



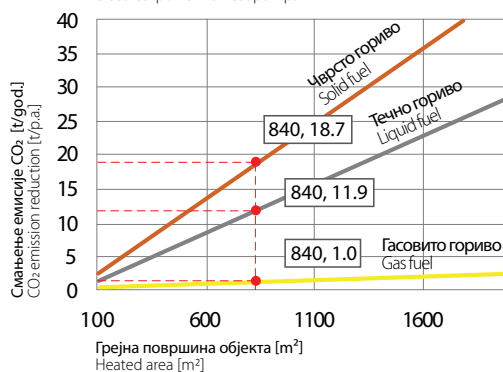
Зависност потребне електричне снаге и грејне површине објекта за усвојено:
 а). Специфичне топлотне потребе = 75 W/m²
 б). COP топлотне пумпе = 3,4
 ц). Ефикасност система дистрибуције = 89 %
 Dependency between the required electrical capacity and building heated area for the adopted:
 а). Specific heat demand = 75 W/m²
 б). Heat pump SOR = 3.4
 ц). Distribution system efficiency = 89 %



Максимална грејна површина објекта у зависности од хоризонталне површине дворишта за усвојено:
 а). Специфична топлотна потреба објекта = 75 W/m²
 б). Ефикасност система дистрибуције = 89 %
 Maximum heated area depending on the horizontal yard surface for the adopted:
 а). Specific building heat demand = 75 W/m²
 б). Distribution system efficiency = 89 %



Смањење емисије CO₂ приликом супституције фосилних горива електричном енергијом путем топлотних пумпи
 CO₂ emission reduction due to substitution of fossil fuels by electrical power via heat pumps

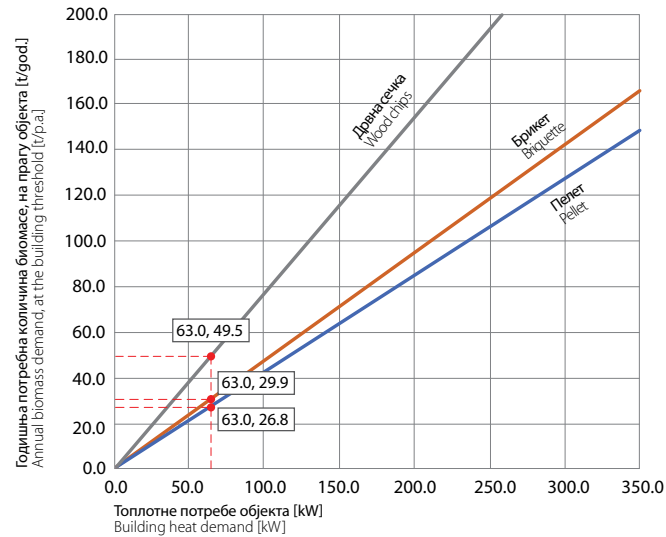


B2	Потребан капацитет пумпе [kW] Required pump capacity [kW]	Расположива површина дворишта [m ²] Available yard area [m ²]	Могући грејни капацитет [kW] Potential heating capacity [kW]	Електрична енергија [kWh/god] Electricity [kWh/p/a.]	Емисија CO ₂ [t/god] Emission of CO ₂ [t/p/a.]	Смањење емисије CO ₂ [t/god] у односу на CO ₂ emission reduction [t/p/a.] in relation to		
						СДГ или угаљ DHS or coal	лож уље fuel oil	природни гас natural gas
	77,9	4.160	654,8	49.467	26,2	18,7	11,9	1,0

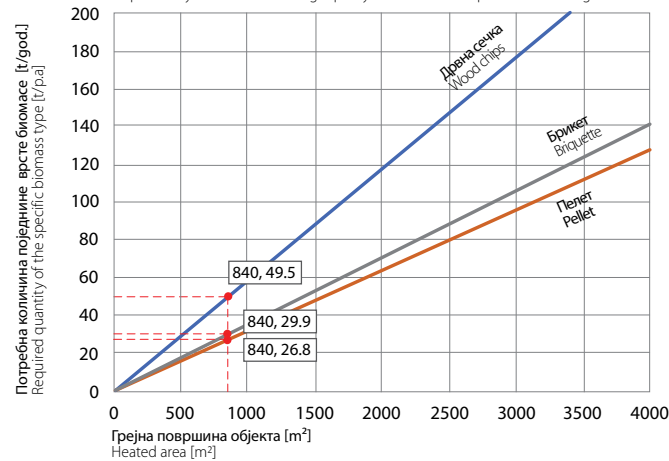
ПОТЕНЦИЈАЛ ЗА КОРИШЋЕЊЕ БИОМАСЕ

POTENTIAL FOR THE USE OF BIOMASS

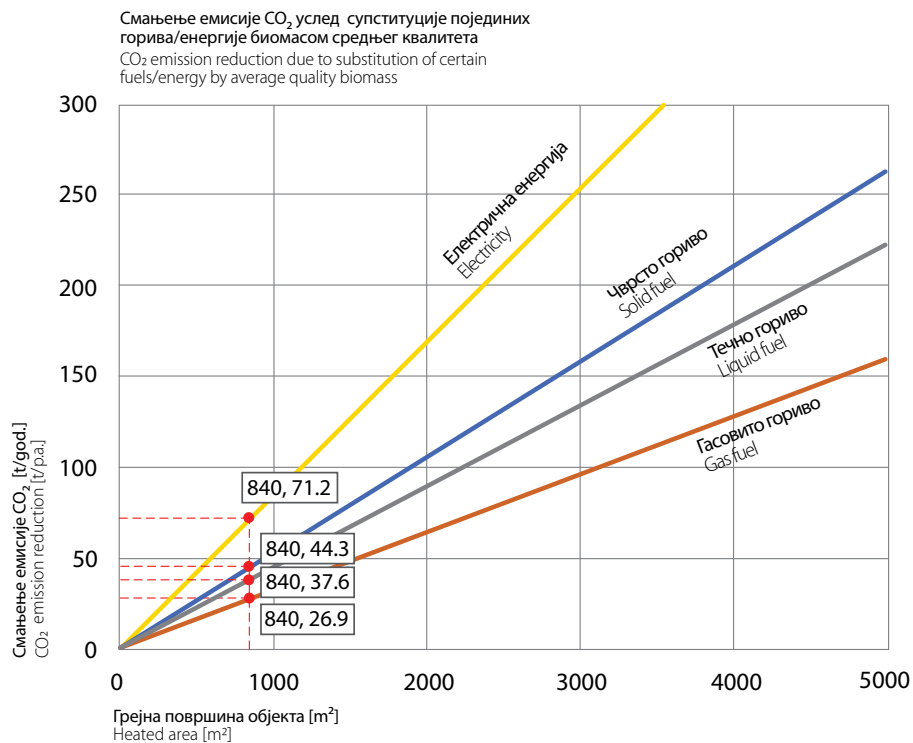
Зависност потрошње биомасе средњег квалитета од топлотних потреба објекта (рачунато 75 W/ m²)
Dependency between the average quality biomass consumption and building heat demand (calculated 75 W/m²)



Зависност потрошње биомасе средњег квалитета од грејне површине објекта
Dependency between the average quality biomass consumption and building heated area

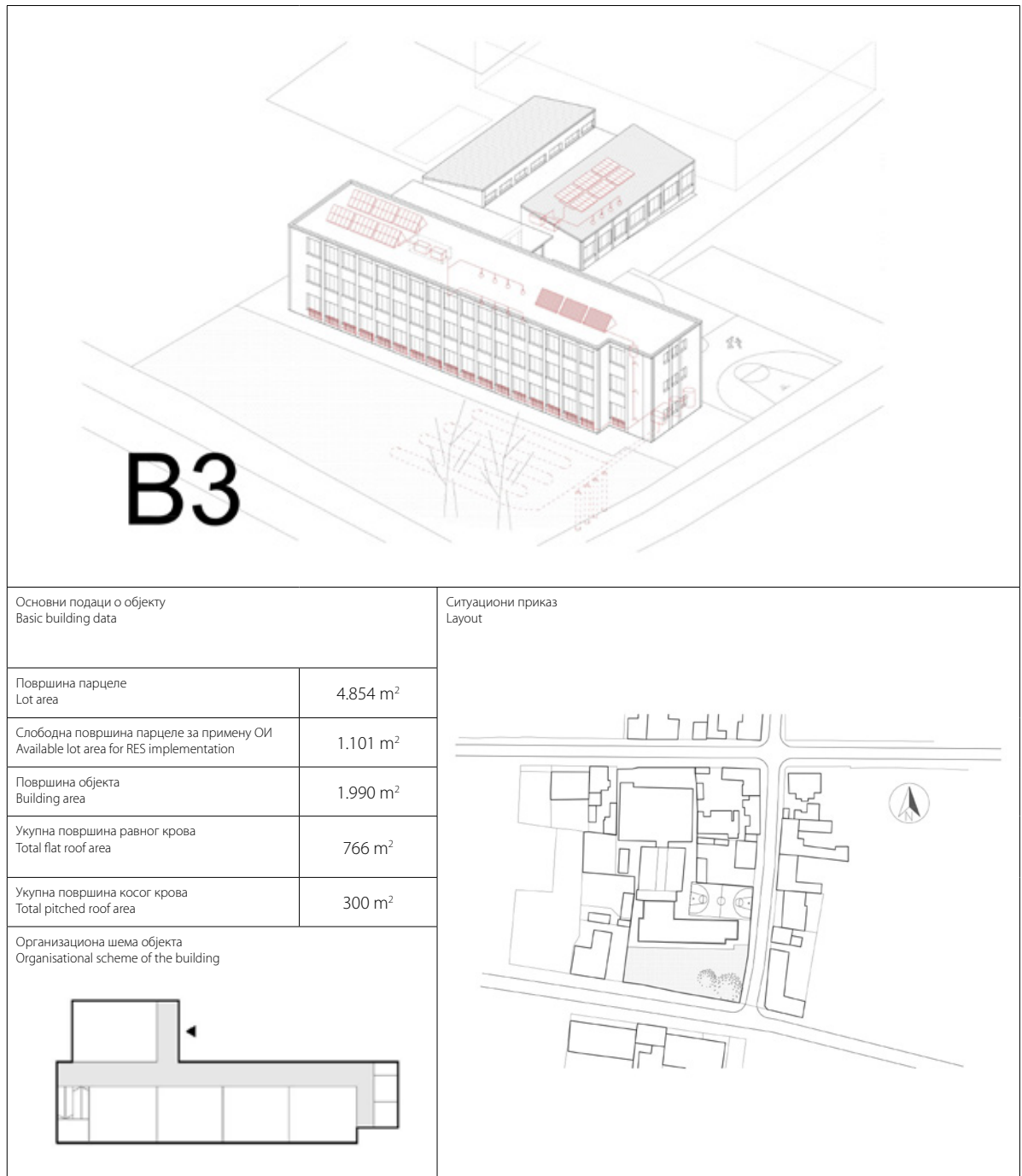


B2	Површина објекта 840 m ² Топлотне потребе објекта 63,0 kW Building area 840 m ² Heat demand of the building 63,0 kW	Врста биомасе Biomass type	Потребан капацитет котла Required boiler capacity	Потребна енергија горива Required fuel energy	Потребна количина поједине биомасе Required specific biomass quantity
			kW	MWh/god MWh/p/a	[t/god] [t/p/a]
		Дрвни пелет Wood pellet	79,5	131,2	26,8
		Дрвни брикет Wood briquette	81,4	134,3	29,9
		Дрвна сечка Wood chips	83,3	137,4	49,5



B2 Смањење емисије CO₂ [t/god] у случају супституције наведеног горива/енергије биомасом средњег енергетског потенцијала (4,5 MWh/t), у постројењу средњег степена корисности (77%)
CO₂ [t/p/a] emission reduction in case of substitution of the said fuel/energy by biomass of average energy potential (4,5 MWh/t), in the plant of medium efficiency level (77%)




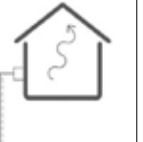



Чврсто гориво Solid fuel	Течно гориво Liquid fuel	Гасовито гориво Gas fuel	Електрична енергија Electricity
44,3	37,6	26,9	71,2



ПОТЕНЦИЈАЛ ЗА КОРИШЋЕЊЕ ОБНОВЉИВИХ ИЗВОРА POTENTIAL FOR THE USE OF RENEWABLE SOURCES

			
ФОТОНАПОНСКИ ПАНЕЛИ PHOTOVOLTAIC PANELS	СОЛАРНИ КОЛЕКТОРИ SOLAR COLLECTORS	ТОПЛОТНЕ ПУМПЕ, тип "земља - вода" HEAT PUMPS "ground-water"	
		Хоризонталне сонде (колектори)	Вертикалне сонде (колектори)
Максимални потенцијал производње електричне енергије за оптимално расположиве површине крова [MWh/god] Maximum potential for power generation for optimum available roof surfaces [MWh/p/a]	Максимални потенцијал производње топлотне енергије за оптимално расположиве површине крова [MWh/god] Maximum potential for heat generation for optimum available roof surfaces [MWh/p/a]	Максимални грејни капацитет за расположиву површину дворишта [kW] Maximum heating capacity for the available yard area [kW]	
106,8	274,0	31,6	182,3

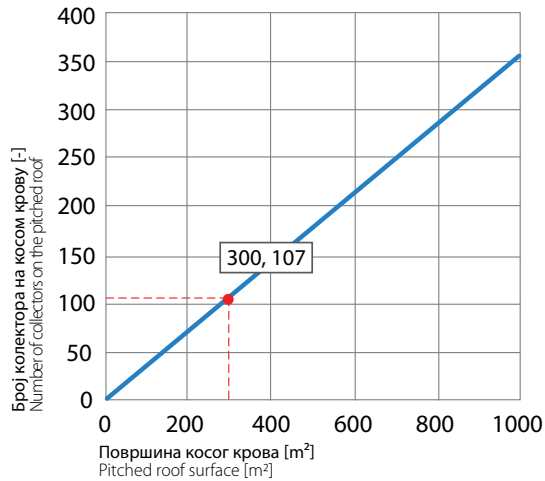
КОРИШЋЕЊЕ ОБНОВЉИВИХ ИЗВОРА – подмирење потреба објекта USE OF RENEWABLE SOURCES- meeting building demand

						
ФОТОНАПОНСКИ ПАНЕЛИ PHOTOVOLTAIC PANELS	ТОПЛОТНЕ ПУМПЕ HEAT PUMPS			БИОМАСА BIOMASS		
	тип "ваздух - вода" "air-water" type	тип "земља - вода" "ground-water" type		пелет pellet	брикет briquette	сечка chips
Производње електричне енергије [MWh/god] / Ангажована површина крова [m ²] Power production [MWh/p/a] / Deployed roof surface [m ²]	Потребни топлотни капацитет пумпе [kW] / Потрошња електричне енергије за погон топлотне пумпе [MWh/god] Required thermal pump capacity [kW] / Electricity consumption for the heat pump drive [MWh/p/a]			Количине поједине дрвне биомасе средњег квалитета, које подмирују потребе објекта за грејањем [t/god] Quantities of specific biomass of average quality, meeting the building heating demand [t/p/a]		
48,8 / 557	226,6 / 168,8	184,5 / 117,2		63,6	70,8	117,3

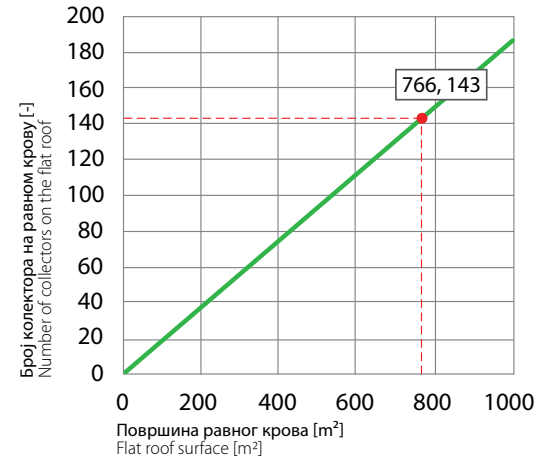
ПОТЕНЦИЈАЛ ЗА КОРИШЋЕЊЕ СОЛАРНИХ КОЛЕКТОРА

POTENTIAL FOR THE USE OF SOLAR COLLECTORS

Максималан број инсталираних колектора по површини косог крова у зависности од површине крова
Maximum number of installed collectors per pitched roof surface depending on the roof area



Максималан број инсталираних колектора по површини равног крова у зависности од површине крова
Maximum number of installed collectors per flat roof surface depending on the roof area



B3	Оптимально расположива површина косог крова [m²] Optimum available pitched roof area [m²]	Нагибни угао [°] Tilt angle [°]	Оптимально расположива површина равног крова [m²] Optimum available flat roof area [m²]	Површина колектора [m²] Collector surface [m²]	Минимална запремина танка [l] Minimum tank volume [l]	Производња топлотне енергије на годишњем нивоу [kWh/t/год] Annual heat generation [kWh/t/yr]	Могуће смањење емисије CO ₂ у зависности од енергента који се супституише [kgCO ₂] Potential CO ₂ emission reduction depending on the substituted fuel [kgCO ₂]		
							угаљ coal	гас gas	мазут heavy oil
У1 I1	-	10	581	254,86	12,743	148,583	63,742	32,688	49,924
У2 I2	300	10	581	504,99	25,250	273,998	117,545	60,280	92,063

У1: Унапређење 1 – Покривеност 100% површине кровова јужне, југоисточне и југозападне оријентације.

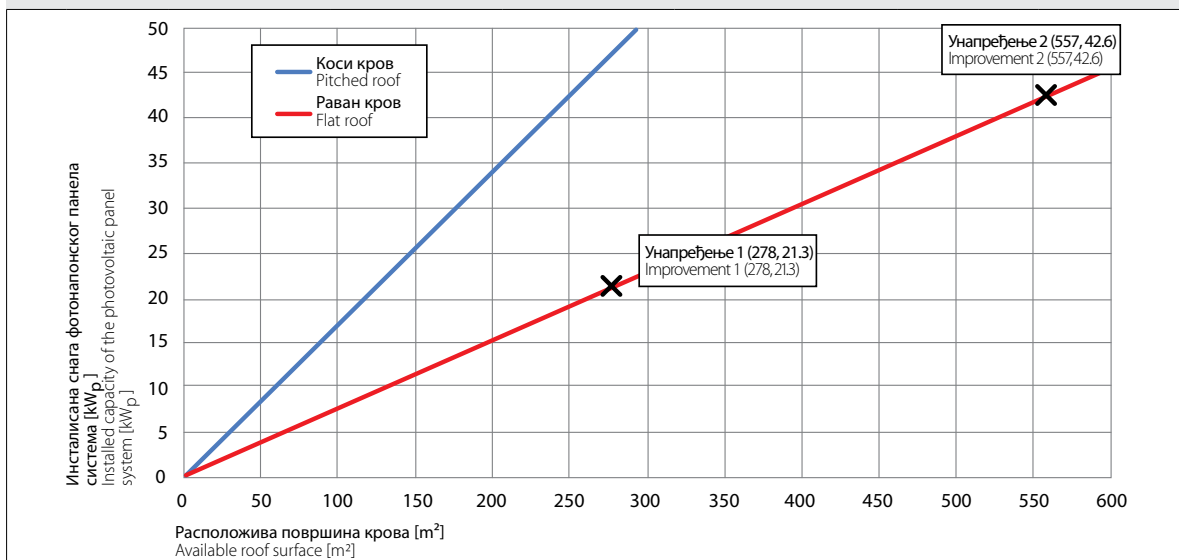
У2: Унапређење 2 – Покривеност 100% површине кровова јужне, југоисточне, југозападне, источне и западне оријентације.

I1: Improvement 1 - 100% coverage of the roof surface of South, Southeast and Southwest orientation.

I2: Improvement 2 - 100% coverage of the roof surface of South, Southeast, Southwest, East and West orientation.

ПОТЕНЦИЈАЛ ЗА КОРИШЋЕЊЕ СОЛАРНИХ ФОТОНАПОНСКИХ СИСТЕМА

POTENTIAL FOR THE USE OF SOLAR PHOTOVOLTAIC SYSTEMS



B3	Површина косог крова под ФН системом [m ²] Pitched roof surface under the PV system [m ²]	Површина равног крова под ФН системом [m ²] Flat roof surface under the PV system [m ²]	Укупна годишња потрошња електричне енергије објекта [MWh/god] Total annual building electricity consumption [MWh/p/a]	Укупна инсталисана снага ФН система на крову објекта [kWp] Total installed capacity of PV system on the building roof [kWp]	Годишња производња електричне енергије ФН система [MWh/god] Annual PV system power generation [MWh/p/a]	Укупна инвестиција за изградњу ФН система [€] Total investment in PV system construction [€]	Смањење емисије CO ₂ [t/god] CO ₂ emission reduction [t/p/a]
Y1 I1	-	278	48,8	21,3	24,4	20.200	26,474
Y2 I2	-	557	48,8	42,6	48,8	40.400	52,948

У1: Унапређење 1 – Прво унапређење подразумева изградњу фотонапонских система на расположивим кровним површинама које имају најбољу просторну оријентацију са аспекта укупне годишње инсолације. Инсталисана снага фотонапонског система треба да обезбеди годишњу производњу електричне енергије која покрива до 50% укупне годишње потрошње електричне енергије у анализираном школском објекту.

У2: Унапређење 2 – Друго унапређење подразумева изградњу фотонапонских система на расположивим кровним површинама које имају најбољу просторну оријентацију са аспекта укупне годишње инсолације. Инсталисана снага фотонапонског система треба да обезбеди годишњу производњу електричне енергије која покрива 100% укупне годишње потрошње електричне енергије у анализираном школском објекту.

I1: Improvement 1- Improvement 1 implies construction of photovoltaic systems with available roof surfaces with best possible spatial orientation from the perspective of total annual insolation. The installed photovoltaic system capacity needs to ensure annual power generation covering up to 50% of the total annual power consumption in the analysed school building.

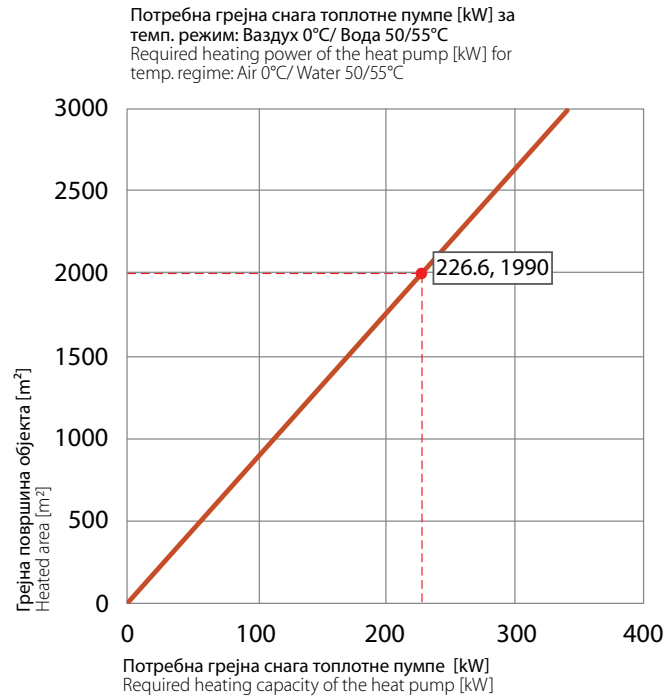
I2: Improvement 2- Improvement 1 implies construction of photovoltaic systems with available roof surfaces with best possible spatial orientation from the perspective of total annual insolation. The installed photovoltaic system capacity needs to ensure annual power generation covering 100% of the total annual power consumption in the analysed school building.

ПОТЕНЦИЈАЛ ЗА КОРИШЋЕЊЕ ТОПЛОТНИХ ПУМПИ

ТОПЛОТНЕ ПУМПЕ ВАЗДУХ-ВОДА

POTENTIAL FOR THE USE OF HEAT PUMPS

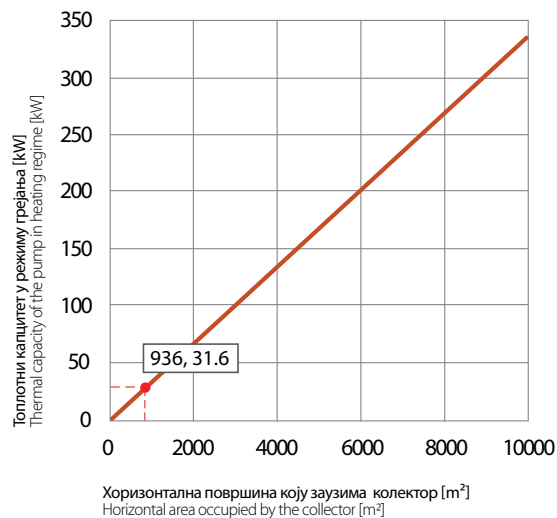
HEAT PUMPS "AIR- WATER"



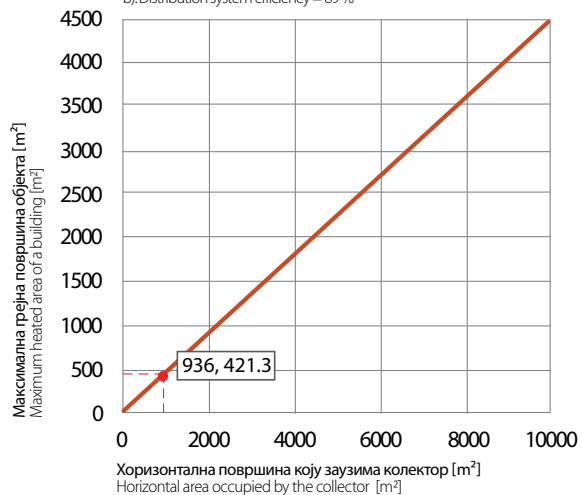
B3	Потребан капацитет пумпе [kW] Required pump capacity [kW]	Ангажована електрична снага [kW] Deployed power [kW]	Електрична енергија [kWh/god] Electricity [kWh/p/a.]	Емисија CO ₂ [t/god] Emission of CO ₂ [t/p/a.]	Смањење емисије CO ₂ [t/god] у односу на CO ₂ emission reduction [t/p/a.] in relation to		
					СДГ или угаљ DHS or coal	лож уље fuel oil	природни гас natural gas
	226,6	78,1	168.791	89,5	16,9	0,8	-25,0

ТОПЛОТНЕ ПУМПЕ ЗЕМЉА-ВОДА: ХОРИЗОНТАЛНЕ СОНДЕ HEAT PUMPS "GROUND- WATER" HORIZONTAL PROBES

Топлотни капацитет пумпе у режиму грејања за усвојено:
а). Топлотни флуks колектора = 25W/ m²
б). Температура прилагођена за радијаторско грејање = 55°C
Thermal capacity of the pump in the heating regime for the adopted:
a). Heat flux of the collector = 25 W/m²
b). Temperature adjusted for radiator heating = 55°C



Максимална грејна површина објекта у зависности од површине коју заузима колектор за усвојено:
а). Специфична топлотна потреба објекта = 75 W/m²
б). Ефикасност система дистрибуције = 89%
Maximum heated area depending on the area occupied by the collector for the adopted:
a). Specific building heat demand = 75 W/m²
b). Distribution system efficiency = 89%



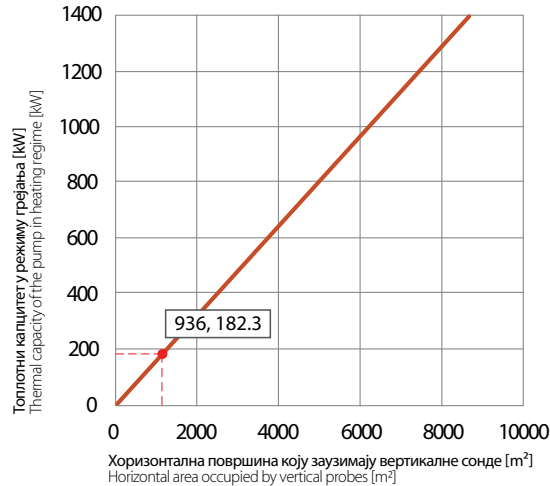
B3	Потребан капацитет пумпе [kW] Required pump capacity [kW]	Расположива површина дворишта [m ²] Available yard area [m ²]	Могући грејни капацитет [kW] Potential heating capacity [kW]	Електрична енергија [kWh/god] Electricity [kWh/p/a.]	Емисија CO ₂ [t/god] Emission of CO ₂ [t/p/a.]	Смањење емисије CO ₂ [t/god] у односу на CO ₂ emission reduction [t/p/a.] in relation to		
						СДГ или угаљ DHS or coal	лож уље fuel oil	природни гас natural gas
	184,5	936	31,6	-	-	-	-	-

ТОПЛОТНЕ ПУМПЕ ЗЕМЉА-ВОДА: ВЕРТИКАЛНЕ СОНДЕ

HEAT PUMPS "GROUND-WATER" VERTICAL PROBES

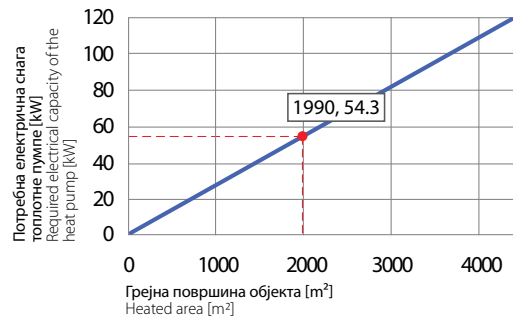
Топлотни капацитет пумпе са вертикалним сондама у зависности од хоризонталне површине дворишта за усвојено :

- a). Топлотни флуks колектора = 50 W/m^2
 б). Температура прилагођена за радијаторску грејање = 55°C
 Thermal capacity of the pump with vertical probes depending on the horizontal yard surface for the adopted:
 a). Heat flux of the collector = 50 W/m^2
 b). Temperature adjusted for radiator heating = 55°C



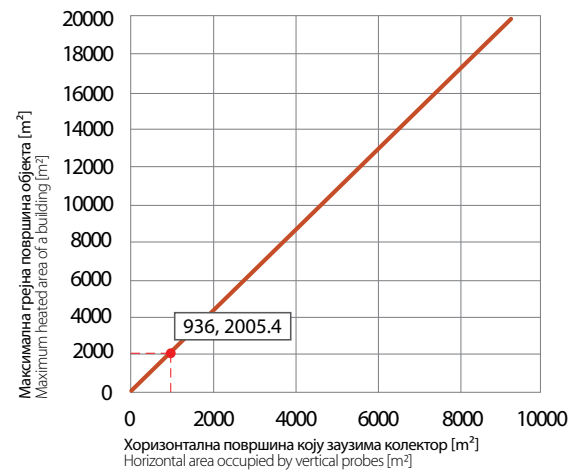
Зависност потребне електричне снаге и грејне површине објекта за усвојено:

a). Специфичне топлотне потребе = 75 W/m^2
 б). COP топлотне пумпе = 3,4
 ц). Ефикасност система дистрибуције = 89 %
 Dependency between the required electrical capacity and building heated area for the adopted:
 a). Specific heat demand = 75 W/m^2
 б). Heat pump SOR = 3.4
 ц). Distribution system efficiency = 89 %

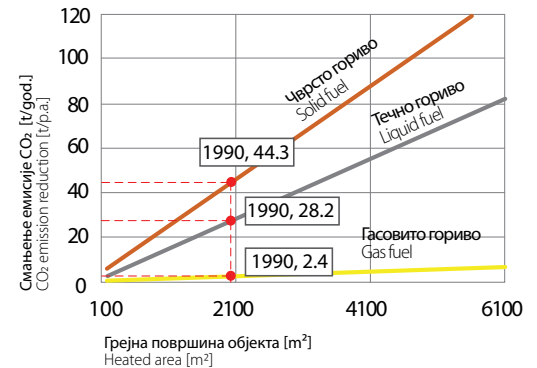


Максимална грејна површина објекта узависности од хоризонталне површине дворишта за усвојено:

- a). Специфична топлотна потреба објекта = 75 W/m^2
 б). Ефикасност система дистрибуције = 89 %
 Maximum heated area depending on the horizontal yard surface for the adopted:
 a). Specific building heat demand = 75 W/m^2
 б). Distribution system efficiency = 89 %



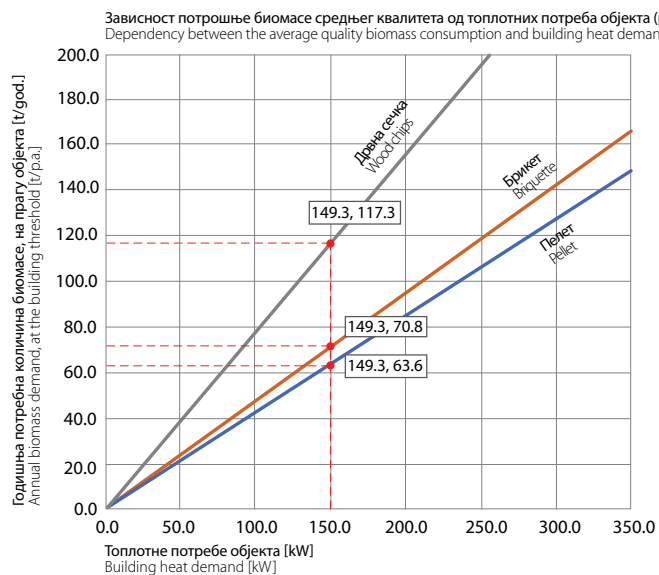
Смањење емисије CO₂ приликом супституције фосилних горива електричном енергијом путем топлотних пумпи
 CO₂ emission reduction due to substitution of fossil fuels by electrical power via heat pumps



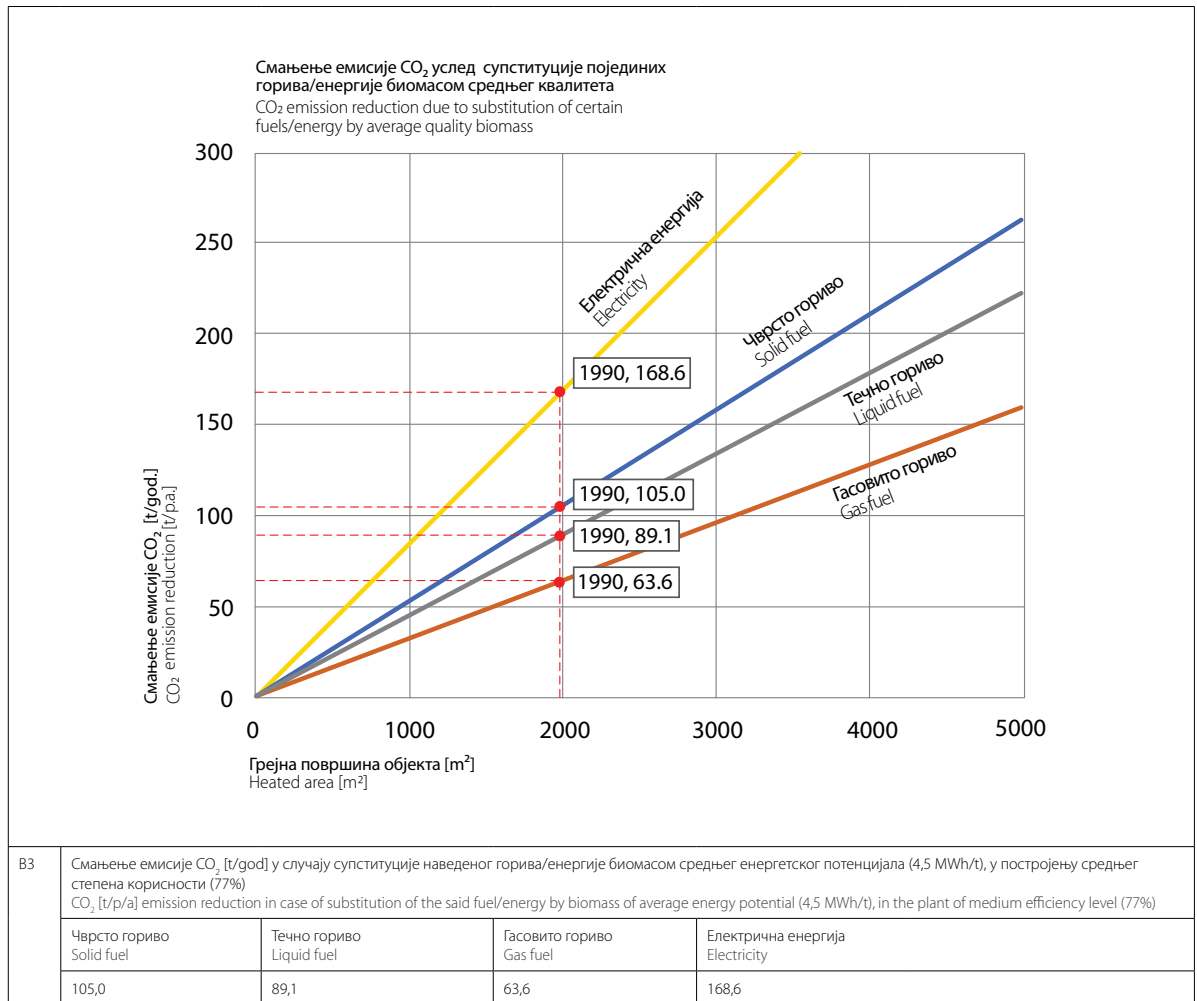
B3	Потребан капацитет пумпе [kW] Required pump capacity [kW]	Расположива површина дворишта [m ²] Available yard area [m ²]	Могући грејни капацитет [kW] Potential heating capacity [kW]	Електрична енергија [kWh/god] Electricity [kWh/p/a.]	Емисија CO ₂ [t/god] Emission of CO ₂ [t/p/a.]	Смањење емисије CO ₂ [t/god] у односу на CO ₂ emission reduction [t/p/a.] in relation to		
						СДГ или угаљ DHS or coal	лож уље fuel oil	природни гас natural gas
	184,5	936	182,3	117.190	62,1	44,3	28,2	2,4

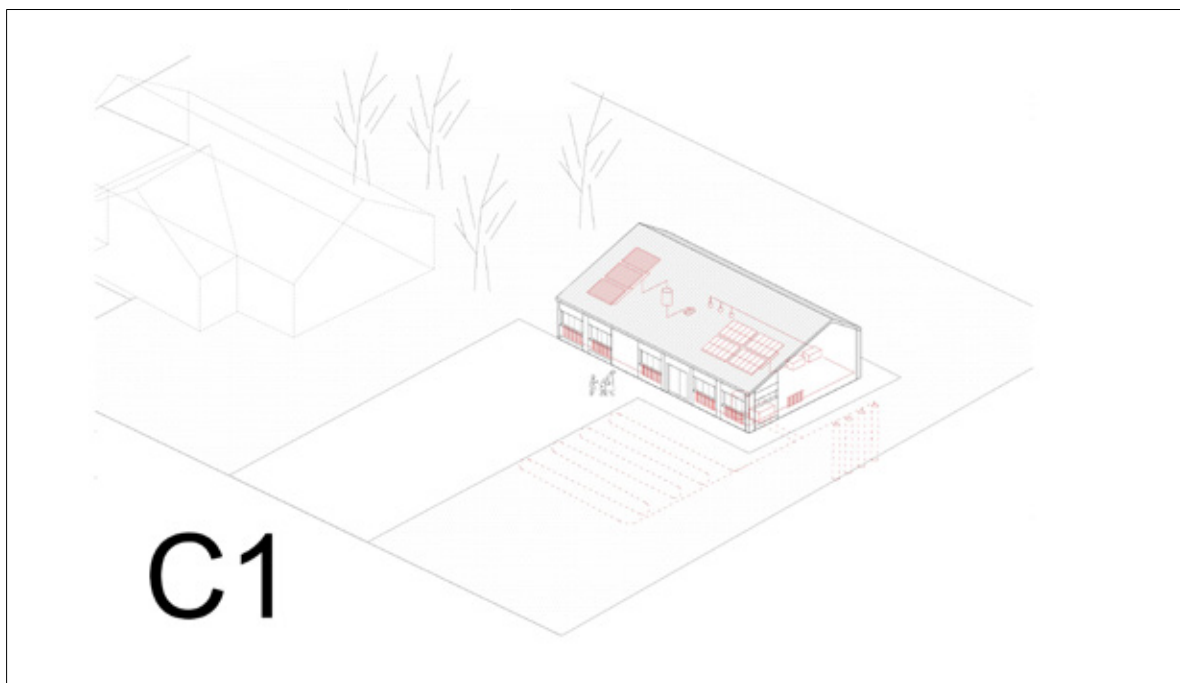
ПОТЕНЦИЈАЛ ЗА КОРИШЋЕЊЕ БИОМАСЕ

POTENTIAL FOR THE USE OF BIOMASS



B3	Површина објекта 840 m^2 Топлотне потребе објекта $63,0 \text{ kW}$ Building area 840 m^2 Heat demand of the building $63,0 \text{ kW}$	Врста биомасе Biomass type	Потребан капацитет котла Required boiler capacity	Потребна енергија горива Required fuel energy	Потребна количина поједине биомасе Required specific biomass quantity
			kW	MWh/god MWh/p/a	[t/god] [t/p/a]
		Дрвени пелет Wood pellet	188,4	310,9	63,6
		Дрвени брикет Wood briquette	192,8	318,0	70,8
	Дрвна сечка Wood chips	197,3	325,5	117,3	

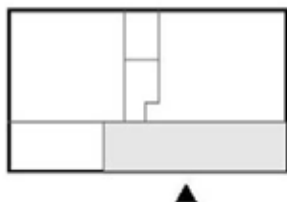




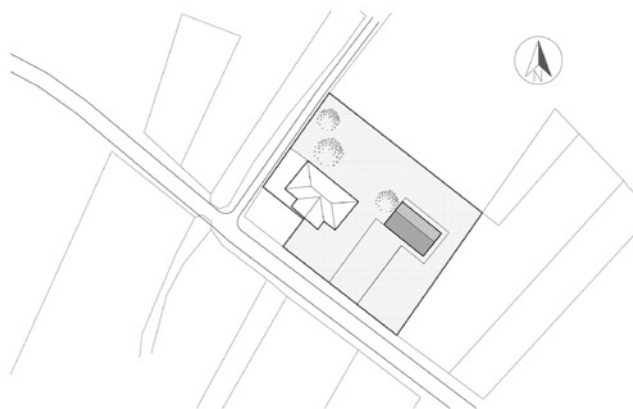
Основни подаци о објекту
Basic building data

Површина парцеле Lot area	3.898 m ²
Слободна површина парцеле за примену ОИ Available lot area for RES implementation	2.635 m
Површина објекта Building area	185 m ²
Укупна површина равног крова Total flat roof area	/
Укупна површина косог крова Total pitched roof area	211 m ²

Организациона шема објекта
Organisational scheme of the building










Ситуациони приказ
Layout



ПОТЕНЦИЈАЛ ЗА КОРИШЋЕЊЕ ОБНОВЉИВИХ ИЗВОРА POTENTIAL FOR THE USE OF RENEWABLE SOURCES

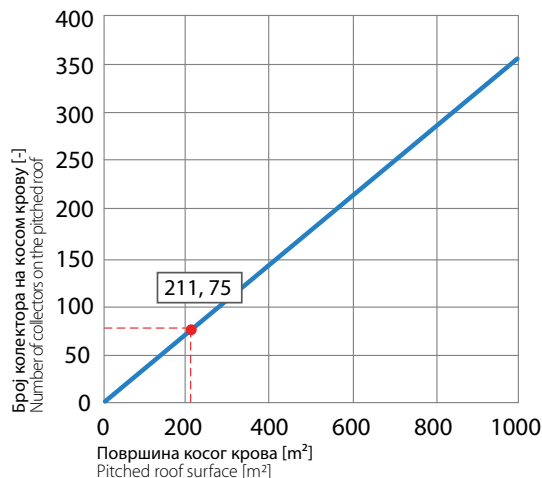
			
ФОТОНАПОНСКИ ПАНЕЛИ PHOTOVOLTAIC PANELS	СОЛАРНИ КОЛЕКТОРИ SOLAR COLLECTORS	ТОПЛОТНЕ ПУМПЕ, тип "земља - вода" HEAT PUMPS "ground-water"	
		Хоризонталне сонде (колектори)	Вертикалне сонде (колектори)
Максимални потенцијал производње електричне енергије за оптимално расположиве површине крова [MWhе/god] Maximum potential for power generation for optimum available roof surfaces [MWhе/p/a]	Максимални потенцијал производње топлотне енергије за оптимално расположиве површине крова [MWh/god] Maximum potential for heat generation for optimum available roof surfaces [MWhе/p/a]	Максимални грејни капацитет за расположиву површину дворишта [kW] Maximum heating capacity for the available yard area [kW]	
11,7	31,6	75,6	364,5

КОРИШЋЕЊЕ ОБНОВЉИВИХ ИЗВОРА – подмирење потреба објекта USE OF RENEWABLE SOURCES- meeting building demand

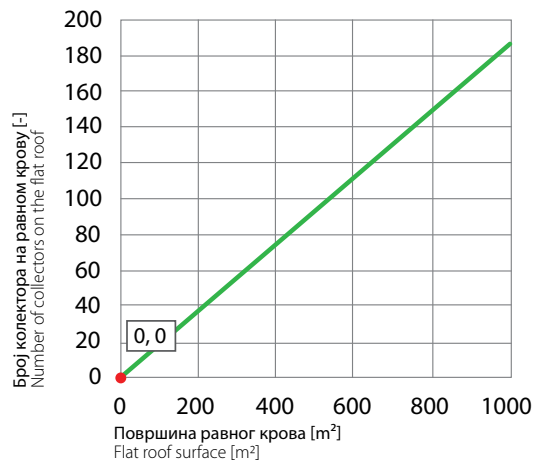
						
ФОТОНАПОНСКИ ПАНЕЛИ PHOTOVOLTAIC PANELS	ТОПЛОТНЕ ПУМПЕ HEAT PUMPS		БИОМАСА BIOMASS			
	тип "ваздух - вода" "air-water" type	тип "земља - вода" "ground-water" type	пелет pellet	брикет briquette	сечка chips	
Производње електричне енергије [MWh/god] / Ангажована површина крова [m ²] Power production [MWh/p/a] / Deployed roof surface [m ²]	Потребни топлотни капацитет пумпе [kW] / Потрошња електричне енергије за погон топлотне пумпе [MWh/god] Required thermal pump capacity [kW] / Electricity consumption for the heat pump drive [MWh/p/a]		Количине поједине дрвне биомасе средњег квалитета, које подмирују потребе објекта за грејањем [t/god] Quantities of specific biomass of average quality, meeting the building heating demand [t/p/a]			
3 / 16	21,1 / 15,7	17,1 / 10,9	5,9	6,6	10,9	

ПОТЕНЦИЈАЛ ЗА КОРИШЋЕЊЕ СОЛАРНИХ КОЛЕКТОРА POTENTIAL FOR THE USE OF SOLAR COLLECTORS

Максималан број инсталираних колектора по површини косог крова у зависности од површине крова
Maximum number of installed collectors per pitched roof surface depending on the roof area



Максималан број инсталираних колектора по површини равног крова у зависности од површине крова
Maximum number of installed collectors per flat roof surface depending on the roof area



C1	Оптимально расположива површина косог крова [m²] Optimum available pitched roof area [m²]	Нагибни угао [°] Tilt angle [°]	Оптимально расположива површина равног крова [m²] Optimum available flat roof area [m²]	Површина колектора [m²] Collector surface [m²]	Минимална запремина танка [l] Minimum tank volume [l]	Производња топлотне енергије на годишњем нивоу [kWh/(год)] Annual heat generation [kWh/yr]	Могуће смањење емисије CO ₂ у зависности од енергента који се супституише [kgCO ₂] Potential CO ₂ emission reduction depending on the substituted fuel [kgCO ₂]		
							угаљ coal	гас gas	мазут heavy oil
Y1 I1	70	30	-	58,99	2.950	31.590	13.552	6.950	10.614
Y2 I2	70	30	-	58,99	2.950	31.590	13.552	6.950	10.614

Y1: Унапређење 1 – Покривеност 100% површине кровова јужне, југоисточне и југозападне оријентације.

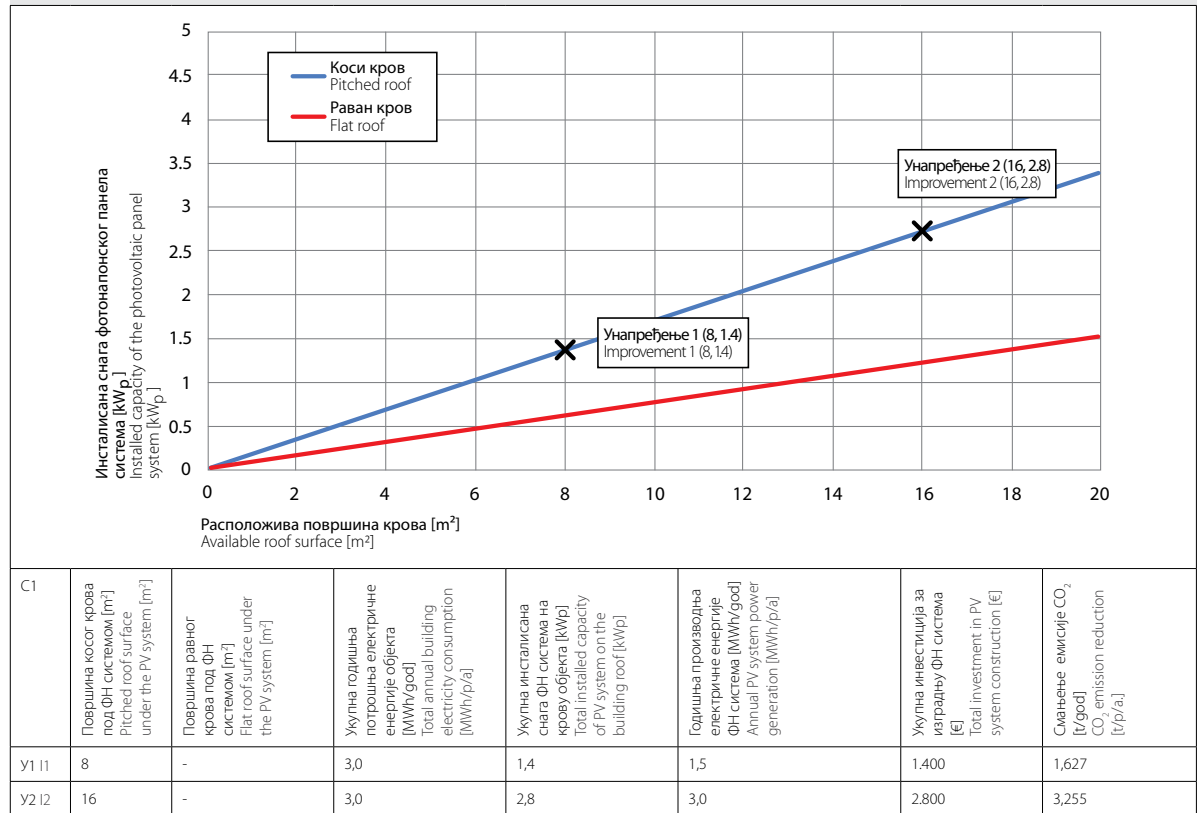
Y2: Унапређење 2 – Покривеност 100% површине кровова јужне, југоисточне, југозападне, источне и западне оријентације.

I1: Improvement 1 - 100% coverage of the roof surface of South, Southeast and Southwest orientation.

I2: Improvement 2 - 100% coverage of the roof surface of South, Southeast, Southwest, East and West orientation.

ПОТЕНЦИЈАЛ ЗА КОРИШЋЕЊЕ СОЛАРНИХ ФОТОНАПОНСКИХ СИСТЕМА

POTENTIAL FOR THE USE OF SOLAR PHOTOVOLTAIC SYSTEMS



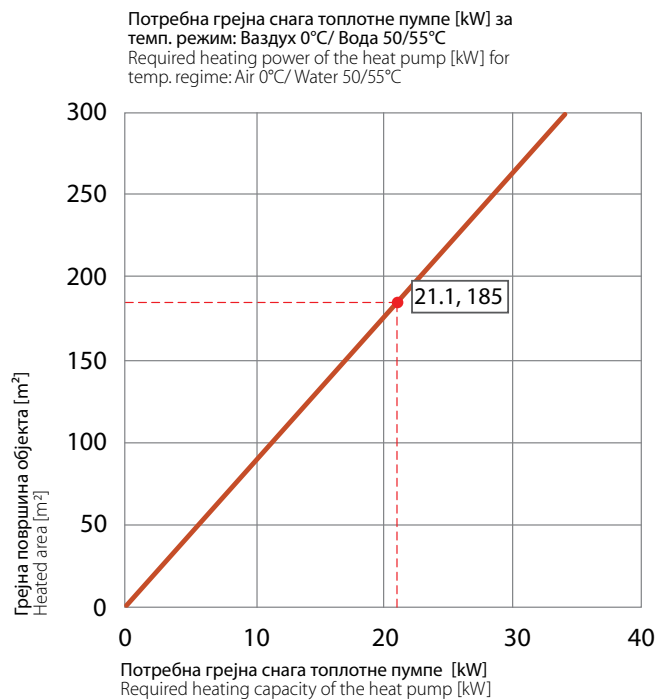
У1: Унапређење 1 – Прво унапређење подразумева изградњу фотонапонских система на расположивим кровним површинама које имају најбољу просторну оријентацију са аспекта укупне годишње инсолације. Инсталисана снага фотонапонског система треба да обезбеди годишњу производњу електричне енергије која покрива до 50% укупне годишње потрошње електричне енергије у анализираном школском објекту.

У2: Унапређење 2 – Друго унапређење подразумева изградњу фотонапонских система на расположивим кровним површинама које имају најбољу просторну оријентацију са аспекта укупне годишње инсолације. Инсталисана снага фотонапонског система треба да обезбеди годишњу производњу електричне енергије која покрива 100% укупне годишње потрошње електричне енергије у анализираном школском објекту.

I1: Improvement 1- Improvement 1 implies construction of photovoltaic systems with available roof surfaces with best possible spatial orientation from the perspective of total annual insolation. The installed photovoltaic system capacity needs to ensure annual power generation covering up to 50% of the total annual power consumption in the analysed school building.

I2: Improvement 2- Improvement 1 implies construction of photovoltaic systems with available roof surfaces with best possible spatial orientation from the perspective of total annual insolation. The installed photovoltaic system capacity needs to ensure annual power generation covering 100% of the total annual power consumption in the analysed school building.

ПОТЕНЦИЈАЛ ЗА КОРИШЋЕЊЕ ТОПЛОТНИХ ПУМПИ ТОПЛОТНЕ ПУМПЕ ВАЗДУХ-ВОДА POTENTIAL FOR THE USE OF HEAT PUMPS HEAT PUMPS "AIR- WATER"

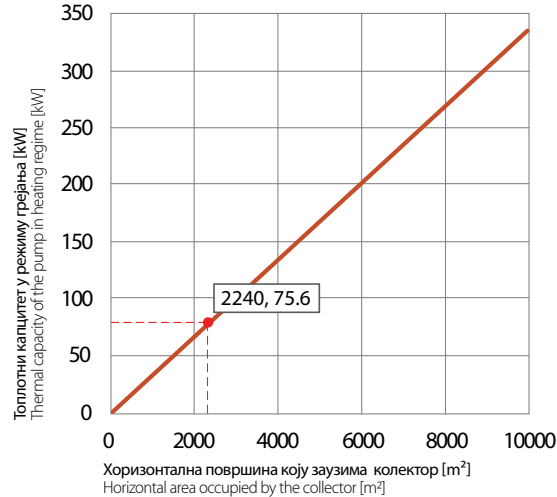


C1	Потребан капацитет пумпе [kW] Required pump capacity [kW]	Ангажована електрична снага [kW] Deployed power [kW]	Електрична енергија [kWh/god] Electricity [kWh/p/a.]	Емисија CO ₂ [t/god] Emission of CO ₂ [t/p/a.]	Смањење емисије CO ₂ [t/god] у односу на CO ₂ emission reduction [t/p/a.] in relation to		
					СДГ или угаљ DHS or coal	лож уље fuel oil	природни гас natural gas
	21,1	7,3	15.692	8,3	1,6	0,1	-2,3

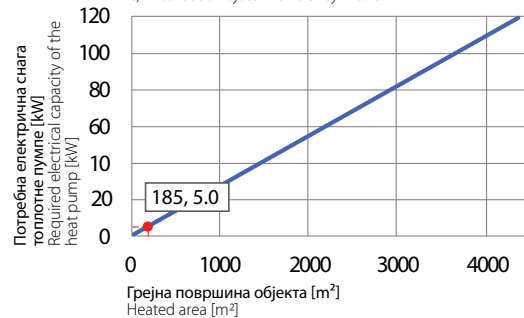
ТОПЛОТНЕ ПУМПЕ ЗЕМЉА-ВОДА: ХОРИЗОНТАЛНЕ СОНДЕ

HEAT PUMPS "GROUND-WATER" HORIZONTAL PROBES

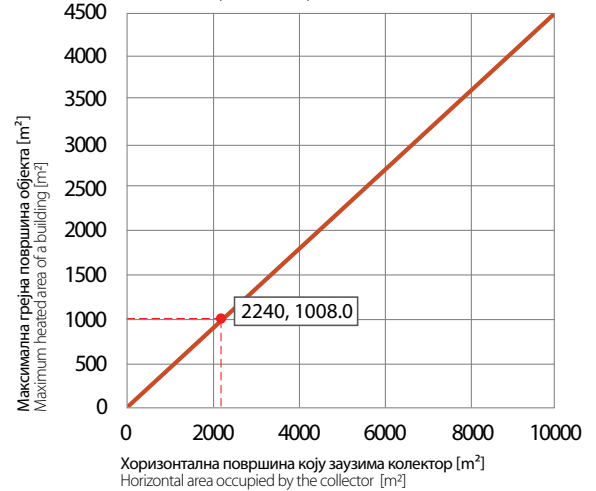
Топлотни капацитет пумпе у режиму грејања за усвојено:
 а). Топлотни флуks колектора = 25W/m²
 б). Температура прилагођена за радијаторско грејање = 55°C
 Thermal capacity of the pump in the heating regime for the adopted:
 а). Heat flux of the collector = 25 W/m²
 б). Temperature adjusted for radiator heating = 55°C



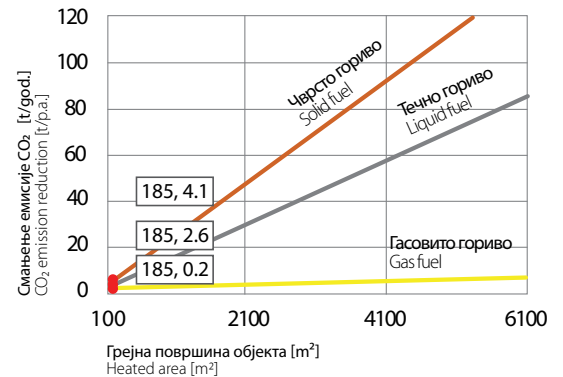
Зависност потребне електричне снаге и грејне површине објекта за усвојено:
 а). Специфичне топлотне потребе = 75 W/m²
 б). COP топлотне пумпе = 3,4
 ц). Ефикасност система дистрибуције = 89 %
 Dependency between the required electrical capacity and building heated area for the adopted:
 а). Specific heat demand = 75 W/m²
 б). Heat pump SOR = 3.4
 ц). Distribution system efficiency = 89 %



Максимална грејна површина објекта у зависности од површине коју заузима колектор за усвојено:
 а). Специфична топлотна потреба објекта = 75 W/m²
 б). Ефикасност система дистрибуције = 89 %
 Maximum heated area depending on the area occupied by the collector for the adopted:
 а). Specific building heat demand = 75 W/m²
 б). Distribution system efficiency = 89 %



Смањење емисије CO₂ приликом супституције фосилних горива електричном енергијом путем топлотних пумпи
 CO₂ emission reduction due to substitution of fossil fuels by electrical power via heat pumps

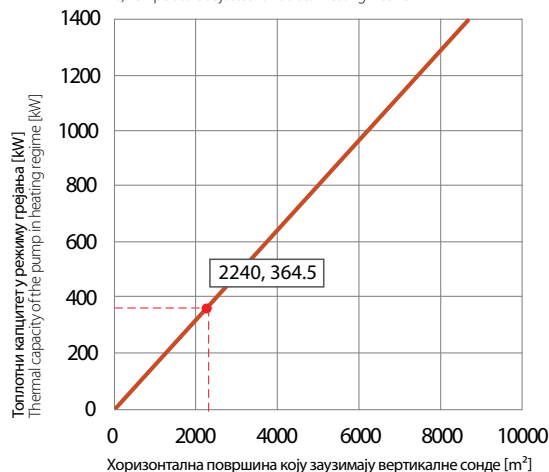


C1	Потребан капацитет пумпе [kW] Required pump capacity [kW]	Расположива површина дворишта [m ²] Available yard area [m ²]	Могући грејни капацитет [kW] Potential heating capacity [kW]	Електрична енергија [kWh/god] Electricity [kWh/p.a.]	Емисија CO ₂ [t/god] Emission of CO ₂ [t/p.a.]	Смањење емисије CO ₂ [t/god] у односу на CO ₂ emission reduction [t/p.a.] in relation to		
						СДГ или угљь DHS or coal	лож уље fuel oil	природни гас natural gas
	17,1	2.240	75,6	10.895	5,8	4,1	2,6	0,2

ТОПЛОТНЕ ПУМПЕ ЗЕМЉА-ВОДА: ВЕРТИКАЛНЕ СОНДЕ HEAT PUMPS "GROUND- WATER" VERTICAL PROBES

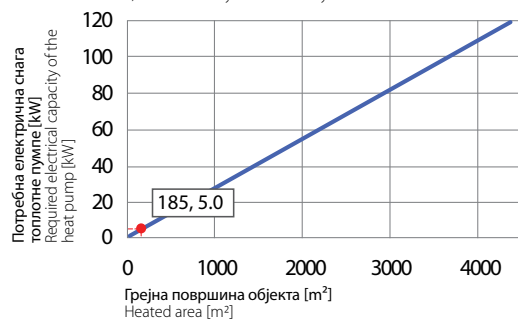
Топлотни капацитет пумпе са вертикалним сондама у зависности од хоризонталне површине дворишта за усвојено:

- a). Топлотни флуks колектора = 50 W/m²
 б). Температура прилагођена за радијаторско грејање = 55°C
 Thermal capacity of the pump with vertical probes depending on the horizontal yard surface for the adopted:
 a). Heat flux of the collector = 50 W/m²
 b). Temperature adjusted for radiator heating = 55°C



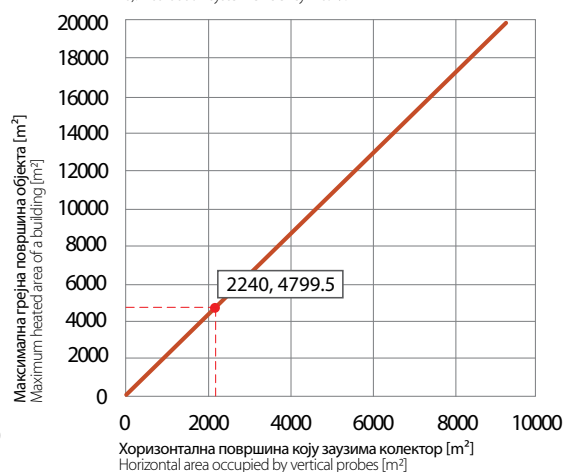
Зависност потребне електричне снаге и грејне површине објекта за усвојено:

- a). Специфичне топлотне потребе = 75 W/m²
 б). COP топлотне пумпе = 3,4
 ц). Ефикасност система дистрибуције = 89 %
 Dependency between the required electrical capacity and building heated area for the adopted:
 a). Specific heat demand = 75 W/m²
 b). Heat pump SOR = 3.4
 c). Distribution system efficiency = 89 %

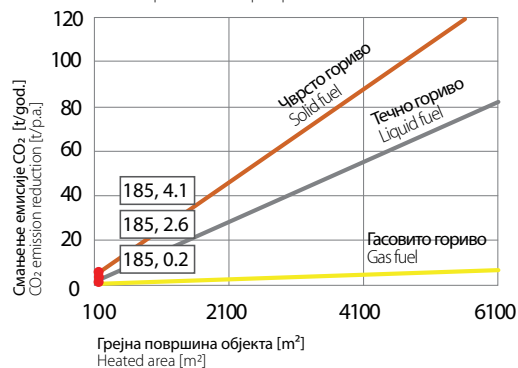


Максимална грејна површина објекта у зависности од хоризонталне површине дворишта за усвојено:

- a). Специфична топлотна потреба објекта = 75 W/m²
 б). Ефикасност система дистрибуције = 89 %
 Maximum heated area depending on the horizontal yard surface for the adopted:
 a). Specific building heat demand = 75 W/m²
 b). Distribution system efficiency = 89 %



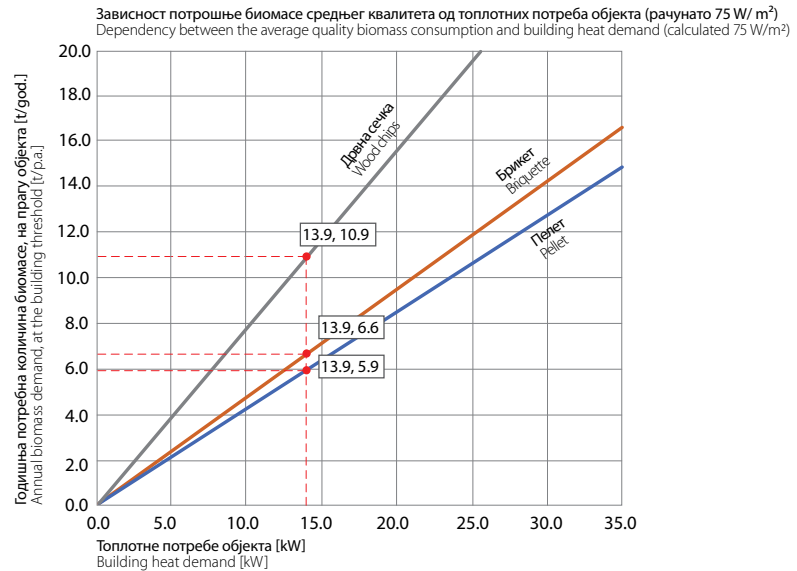
Смањење емисије CO₂ приликом супституције фосилних горива електричном енергијом путем топлотних пумпи
 CO₂ emission reduction due to substitution of fossil fuels by electrical power via heat pumps



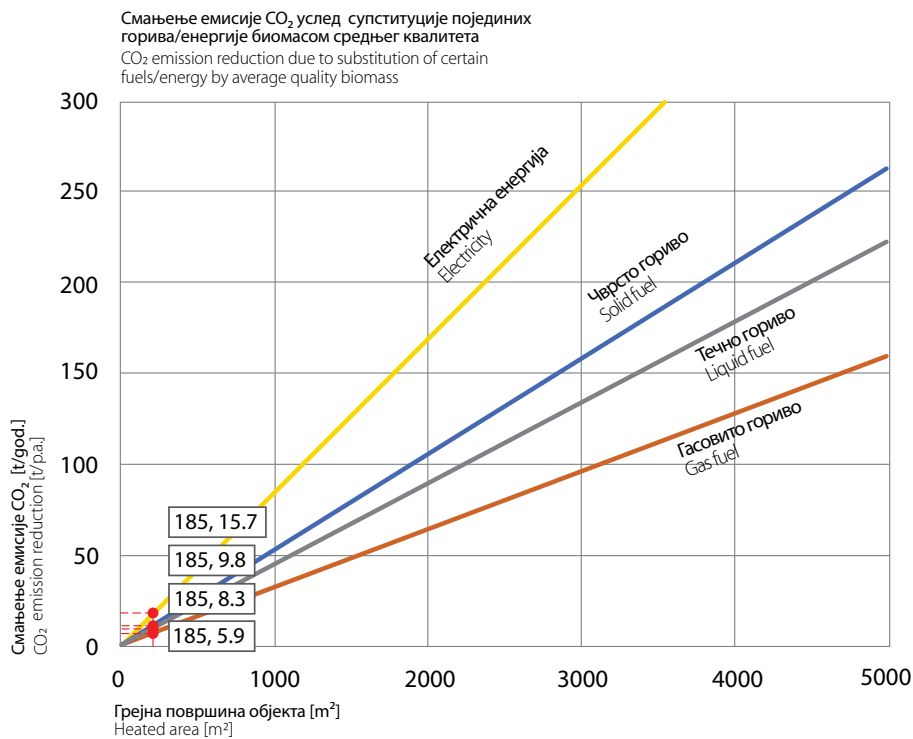
C1	Потребан капацитет пумпе [kW] Required pump capacity [kW]	Расположива површина дворишта [m ²] Available yard area [m ²]	Могући грејни капацитет [kW] Potential heating capacity [kW]	Електрична енергија [kWh/god] Electricity [kWh/p/a.]	Емисија CO ₂ [t/god] Emission of CO ₂ [t/p/a.]	Смањење емисије CO ₂ [t/god] у односу на CO ₂ emission reduction [t/p/a.] in relation to		
						СДГ или угаљ DHS or coal	лож уље fuel oil	природни гас natural gas
	17,1	2.240	364,5	10.895	5,8	4,1	2,6	0,2

ПОТЕНЦИЈАЛ ЗА КОРИШЋЕЊЕ БИОМАСЕ

POTENTIAL FOR THE USE OF BIOMASS

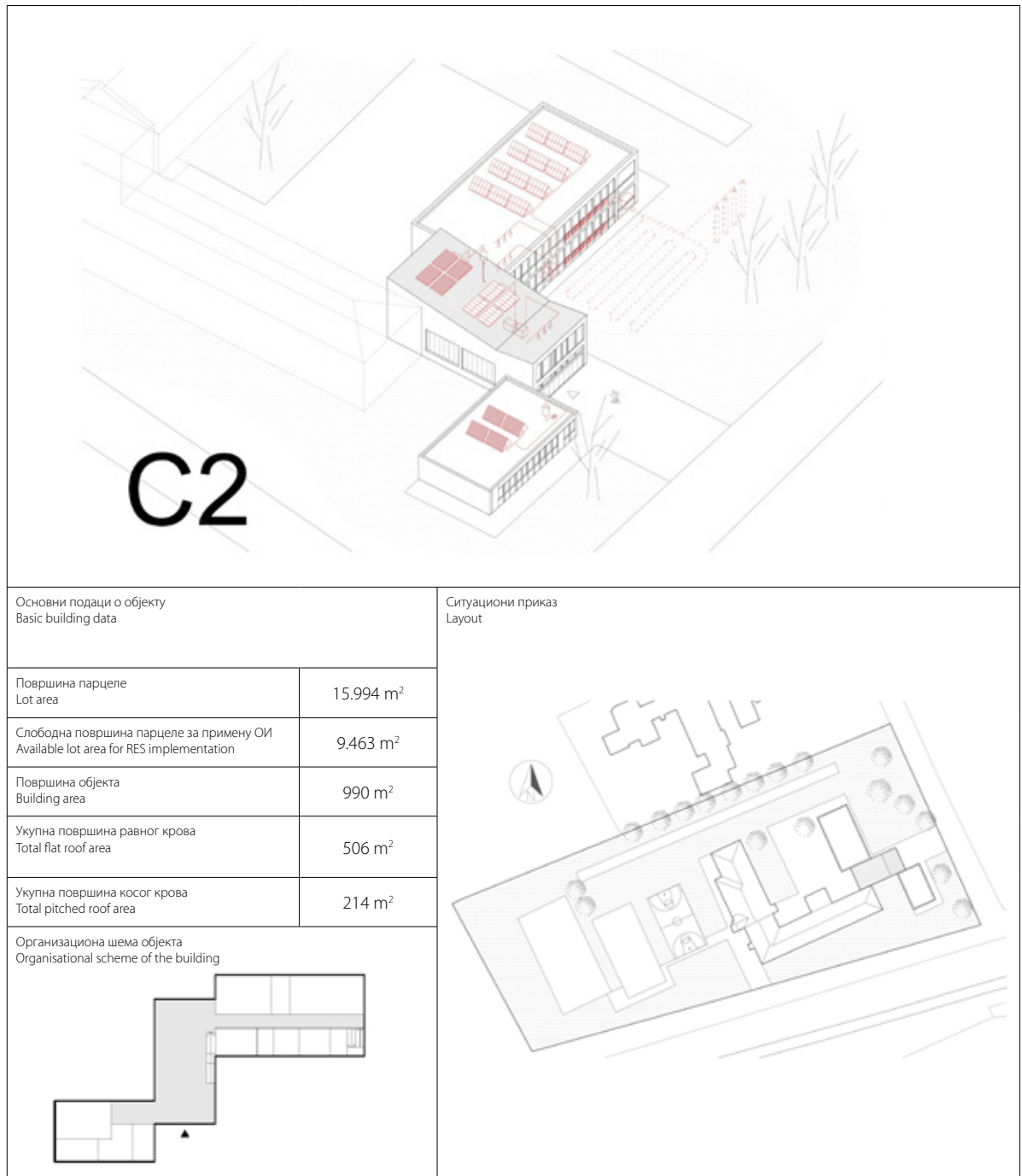


C1	Површина објекта 185 m ² Топлотне потребе објекта 13,9 kW Building area 185 m ² Heat demand of the building 13,9 kW	Врста биомасе Biomass type	Потребан капацитет котла Required boiler capacity	Потребна енергија горива Required fuel energy	Потребна количина поједине биомасе Required specific biomass quantity
			kW	MWh/god MWh/p/a	[t/god] [t/p/a]
		Дрвни пелет Wood pellet	17,5	28,9	5,9
		Дрвни брикет Wood briquette	17,9	29,6	6,6
		Дрвна сечка Wood chips	18,3	30,3	10,9



C1 Смањење емисије CO₂ [t/god] у случају супституције наведеног горива/енергије биомасом средњег енергетског потенцијала (4,5 MWh/t), у постројењу средњег степена корисности (77%)
CO₂ [t/p/a] emission reduction in case of substitution of the said fuel/energy by biomass of average energy potential (4,5 MWh/t), in the plant of medium efficiency level (77%)






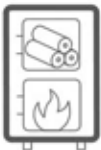

Чврсто гориво Solid fuel	Течно гориво Liquid fuel	Гасовито гориво Gas fuel	Електрична енергија Electricity
9,8	8,3	5,9	15,7



ПОТЕНЦИЈАЛ ЗА КОРИШЋЕЊЕ ОБНОВЉИВИХ ИЗВОРА POTENTIAL FOR THE USE OF RENEWABLE SOURCES

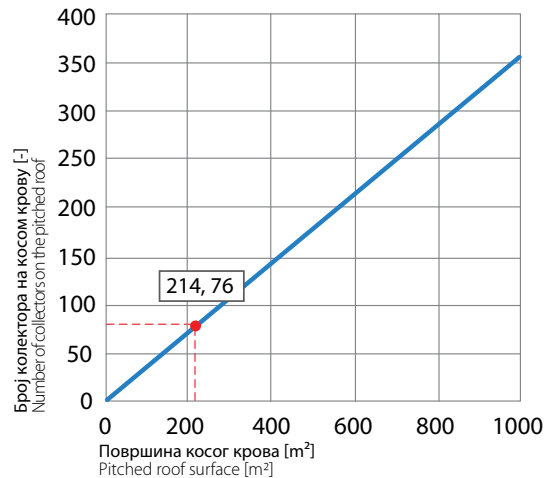
			
ФОТОНАПОНСКИ ПАНЕЛИ PHOTOVOLTAIC PANELS	СОЛАРНИ КОЛЕКТОРИ SOLAR COLLECTORS	ТОПЛОТНЕ ПУМПЕ, тип "земља - вода" HEAT PUMPS "ground-water"	
		Хоризонталне сонде (колектори)	Вертикалне сонде (колектори)
Максимални потенцијал производње електричне енергије за оптимално расположиве површине крова [MWhе/god] Maximum potential for power generation for optimum available roof surfaces [MWhе/p/a]	Максимални потенцијал производње топлотне енергије за оптимално расположиве површине крова [MWh/god] Maximum potential for heat generation for optimum available roof surfaces [MWhе/p/a]	Максимални грејни капацитет за расположиву површину дворишта [kW] Maximum heating capacity for the available yard area [kW]	
71,5	215,2	271,5	607,5

КОРИШЋЕЊЕ ОБНОВЉИВИХ ИЗВОРА – подмирење потреба објекта USE OF RENEWABLE SOURCES- meeting building demand

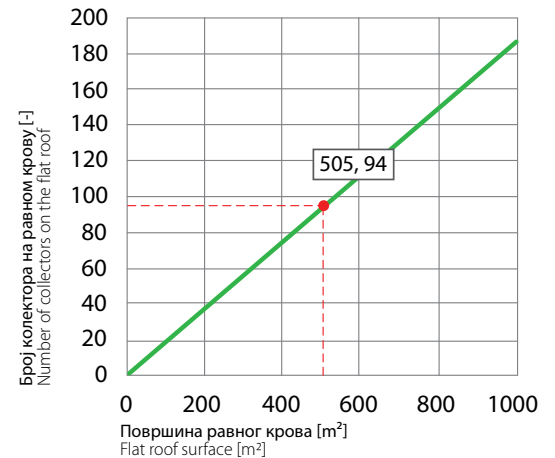
						
ФОТОНАПОНСКИ ПАНЕЛИ PHOTOVOLTAIC PANELS	ТОПЛОТНЕ ПУМПЕ HEAT PUMPS			БИОМАСА BIOMASS		
	тип "ваздух - вода" "air-water" type	тип "земља - вода" "ground-water" type		пелет pellet	брикет briquette	сечка chips
Производње електричне енергије [MWh/god] / Ангажована површина крова [m ²] Power production [MWh/p/a] / Deployed roof surface [m ²]	Потребни топлотни капацитет пумпе [kW] / Потрошња електричне енергије за погон топлотне пумпе [MWh/god] Required thermal pump capacity [kW] / Electricity consumption for the heat pump drive [MWh/p/a]			Количине поједине дрвне биомасе средњег квалитета, које подмирују потребе објекта за грејањем [t/god] Quantities of specific biomass of average quality, meeting the building heating demand [t/p/a]		
33,6 / 383	112,7 / 83,9	91,8 / 58,3		31,6	35,2	58,3

ПОТЕНЦИЈАЛ ЗА КОРИШЋЕЊЕ СОЛАРНИХ КОЛЕКТОРА POTENTIAL FOR THE USE OF SOLAR COLLECTORS

Максималан број инсталираних колектора по површини косог крова у зависности од површине крова
Maximum number of installed collectors per pitched roof surface depending on the roof area



Максималан број инсталираних колектора по површини равног крова у зависности од површине крова
Maximum number of installed collectors per flat roof surface depending on the roof area



C2	Оптimalно расположива површина косог крова [m²] Optimum available pitched roof area [m²]	Нагибни угао [°] Tilt angle [°]	Оптimalно расположива површина равног крова [m²] Optimum available flat roof area [m²]	Површина колектора [m²] Collector surface [m²]	Минимална запремина танка [l] Minimum tank volume [l]	Производња топлотне енергије на годишњем нивоу [kWh/t/год] Annual heat generation [kWh/t/yr]	Могуће смањење емисије CO ₂ у зависности од енергента који се супституише [kgCO ₂] Potential CO ₂ emission reduction depending on the substituted fuel [kgCO ₂]		
							угаљ coal	гас gas	мазут heavy oil
У1 I1	-	30	506	221,82	11.091	129.321	55.479	28.451	43.452
У2 I2	214	30	506	401,17	20.058	215.169	92.308	47.337	72.297

У1: Унапређење 1 – Покривеност 100% површине кровова јужне, југоисточне и југозападне оријентације.

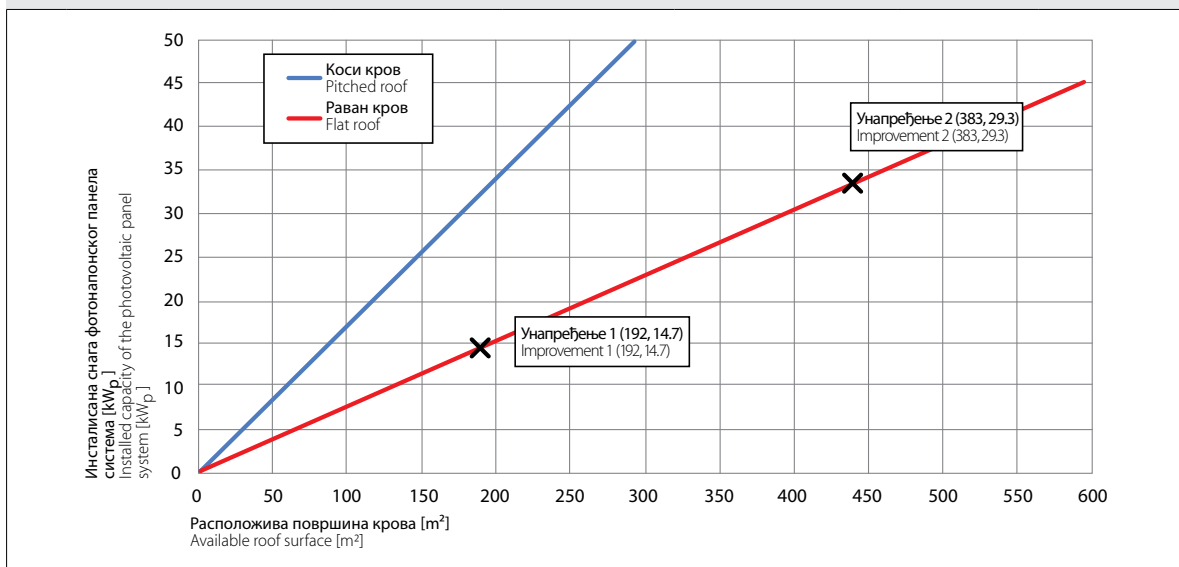
У2: Унапређење 2 – Покривеност 100% површине кровова јужне, југоисточне, југозападне, источне и западне оријентације.

I1: Improvement 1 - 100% coverage of the roof surface of South, Southeast and Southwest orientation.

I2: Improvement 2 - 100% coverage of the roof surface of South, Southeast, Southwest, East and West orientation.

ПОТЕНЦИЈАЛ ЗА КОРИШЋЕЊЕ СОЛАРНИХ ФОТОНАПОНСКИХ СИСТЕМА

POTENTIAL FOR THE USE OF SOLAR PHOTOVOLTAIC SYSTEMS



C2	Површина косог крова под ФН системом [m²] Pitched roof surface under the PV system [m²]	Површина равног крова под ФН системом [m²] Flat roof surface under the PV system [m²]	Укупна годишња потрошња електричне енергије објекта [MWh/god] Total annual building electricity consumption [MWh/p/a]	Укупна инсталисана снага ФН система на крову објекта [kWp] Total installed capacity of PV system on the building roof [kWp]	Годишња производња електричне енергије ФН система [MWh/god] Annual PV system power generation [MWh/p/a]	Укупна инвестиција за изградњу ФН система [€] Total investment in PV system construction [€]	Смањење емисије CO ₂ [t/god] CO ₂ emission reduction [t/p/a]
У1.11	-	192	33,6	14,7	16,8	14.700	18,228
У2.12	-	383	33,6	29,3	33,6	27.800	36,456

У1: Унапређење 1 – Прво унапређење подразумева изградњу фотонапонских система на расположивим кровним површинама које имају најбољу просторну оријентацију са аспекта укупне годишње инсолације. Инсталисана снага фотонапонског система треба да обезбеди годишњу производњу електричне енергије која покрива до 50% укупне годишње потрошње електричне енергије у анализираном школском објекту.

У2: Унапређење 2 – Друго унапређење подразумева изградњу фотонапонских система на расположивим кровним површинама које имају најбољу просторну оријентацију са аспекта укупне годишње инсолације. Инсталисана снага фотонапонског система треба да обезбеди годишњу производњу електричне енергије која покрива 100% укупне годишње потрошње електричне енергије у анализираном школском објекту.

11: Improvement 1- Improvement 1 implies construction of photovoltaic systems with available roof surfaces with best possible spatial orientation from the perspective of total annual insolation. The installed photovoltaic system capacity needs to ensure annual power generation covering up to 50% of the total annual power consumption in the analysed school building.

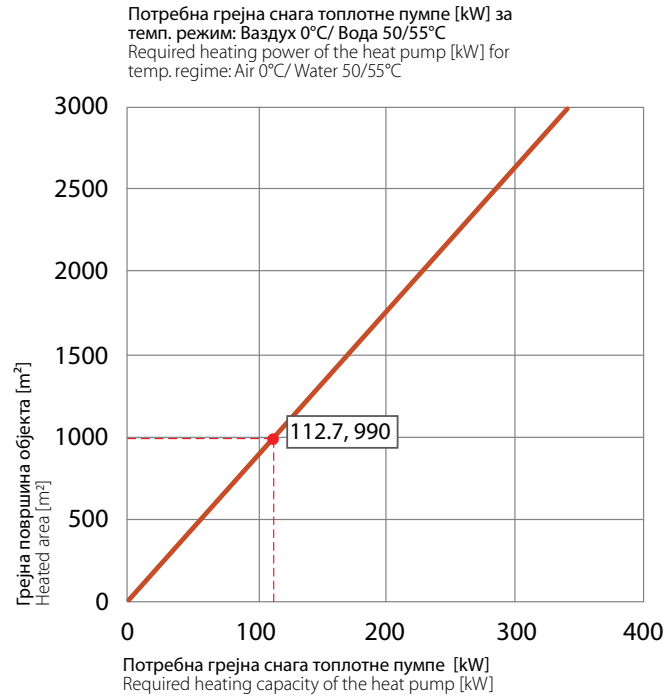
12: Improvement 2- Improvement 1 implies construction of photovoltaic systems with available roof surfaces with best possible spatial orientation from the perspective of total annual insolation. The installed photovoltaic system capacity needs to ensure annual power generation covering 100% of the total annual power consumption in the analysed school building.

ПОТЕНЦИЈАЛ ЗА КОРИШЋЕЊЕ ТОПЛОТНИХ ПУМПИ

ТОПЛОТНЕ ПУМПЕ ВАЗДУХ-ВОДА

POTENTIAL FOR THE USE OF HEAT PUMPS

HEAT PUMPS "AIR- WATER"

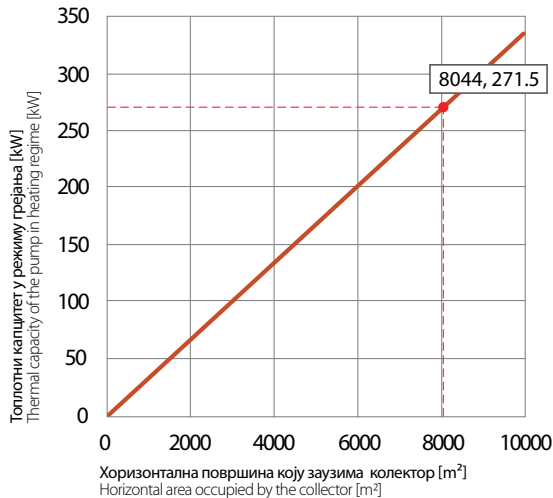


C2	Потребан капацитет пумпе [kW] Required pump capacity [kW]	Ангажована електрична снага [kW] Deployed power [kW]	Електрична енергија [kWh/god] Electricity [kWh/p/a.]	Емисија CO ₂ [t/god] Emission of CO ₂ [t/p/a.]	Смањење емисије CO ₂ [t/god] у односу на CO ₂ emission reduction [t/p/a.] in relation to		
					СДГ или угаљ DHS or coal	лож уље fuel oil	природни гас natural gas
	112,7	38,9	83.971	44,5	8,4	0,4	-12,4

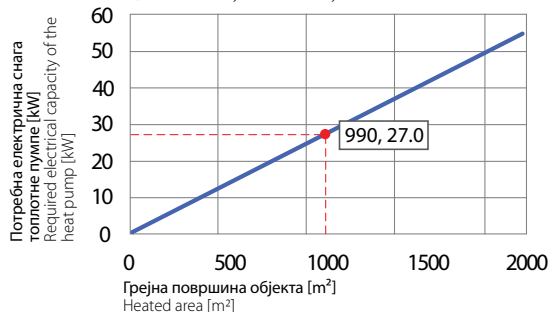
ТОПЛОТНЕ ПУМПЕ ЗЕМЉА-ВОДА: ХОРИЗОНТАЛНЕ СОНДЕ

HEAT PUMPS "GROUND- WATER" HORIZONTAL PROBES

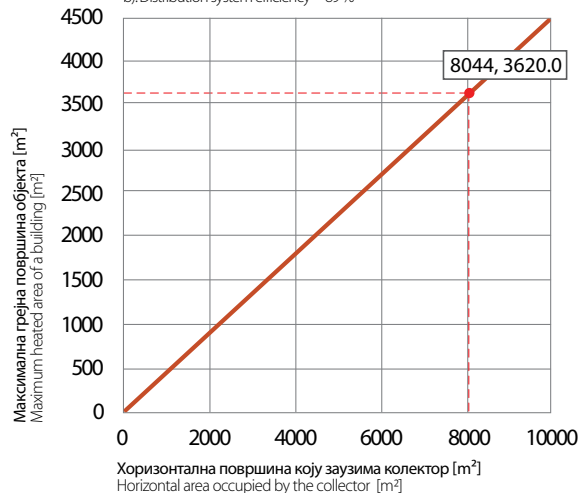
Топлотни капацитет пумпе у режиму грејања за усвојено:
 а). Топлотни флуks колектора = 25 W/m²
 б). Температура прилагођена за радијаторско грејање = 55°C
 Thermal capacity of the pump in the heating regime for the adopted:
 а). Heat flux of the collector = 25 W/m²
 б). Temperature adjusted for radiator heating = 55°C



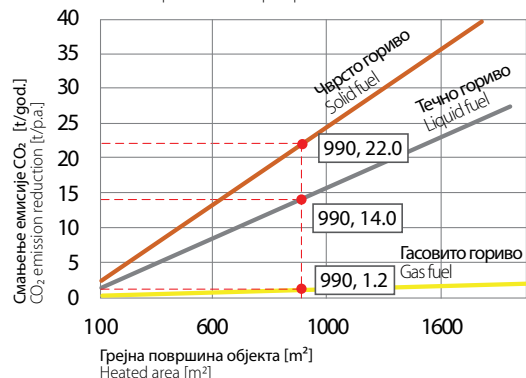
Зависност потребне електричне снаге и грејне површине објекта за усвојено:
 а). Специфичне топлотне потребе = 75 W/m²
 б). COP топлотне пумпе = 3,4
 ц). Ефикасност система дистрибуције = 89 %
 Dependency between the required electrical capacity and building heated area for the adopted:
 а). Specific heat demand = 75 W/m²
 б). Heat pump SOR = 3.4
 ц). Distribution system efficiency = 89 %



Максимална грејна површина објекта у зависности од површине коју заузима колектор за усвојено:
 а). Специфична топлотна потреба објекта = 75 W/m²
 б). Ефикасност система дистрибуције = 89 %
 Maximum heated area depending on the area occupied by the collector for the adopted:
 а). Specific building heat demand = 75 W/m²
 б). Distribution system efficiency = 89 %



Смањење емисије CO₂ приликом супституције фосилних горива електричном енергијом путем топлотних пумпи
 CO₂ emission reduction due to substitution of fossil fuels by electrical power via heat pumps



C2	Потребан капацитет пумпе [kW] Required pump capacity [kW]	Расположива површина дворишта [m ²] Available yard area [m ²]	Могући грејни капацитет [kW] Potential heating capacity [kW]	Електрична енергија [kWh/god] Electricity [kWh/p.a.]	Емисија CO ₂ [t/god] Emission of CO ₂ [t/p.a.]	Смањење емисије CO ₂ [t/god] у односу на CO ₂ emission reduction [t/p.a.] in relation to		
						СДГ или угаљ DHS or coal	лож уље fuel oil	природни гас natural gas
	91,8	8.044	271,5	58.301	30,9	22,0	14,0	1,2

ТОПЛОТНЕ ПУМПЕ ЗЕМЉА-ВОДА: ВЕРТИКАЛНЕ СОНДЕ

HEAT PUMPS "GROUND-WATER" VERTICAL PROBES

Зависност потребне електричне снаге и

грејне површине објекта за усвојено:

a). Специфичне топлотне потребе = 75 W/m^2

b). COP топлотне пумпе = 3,4

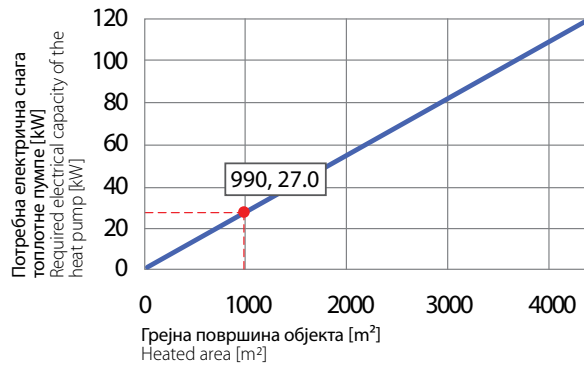
c). Ефикасност система дистрибуције = 89 %

Dependency between the required electrical capacity and building heated area for the adopted:

a). Specific heat demand = 75 W/m^2

b). Heat pump SOR = 3.4

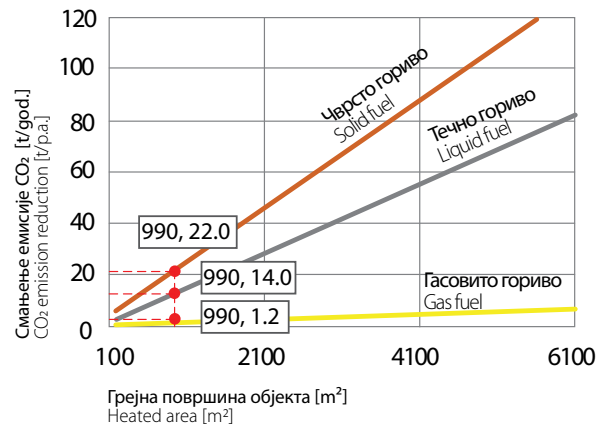
c). Distribution system efficiency = 89 %



Смањење емисије CO₂ приликом супституције фосилних

горива електричном енергијом путем топлотних пумпи

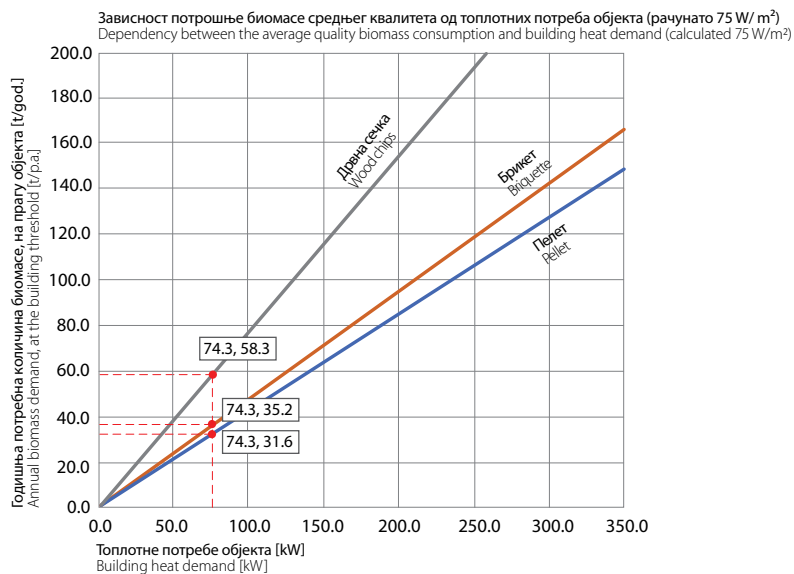
CO₂ emission reduction due to substitution of fossil fuels by electrical power via heat pumps



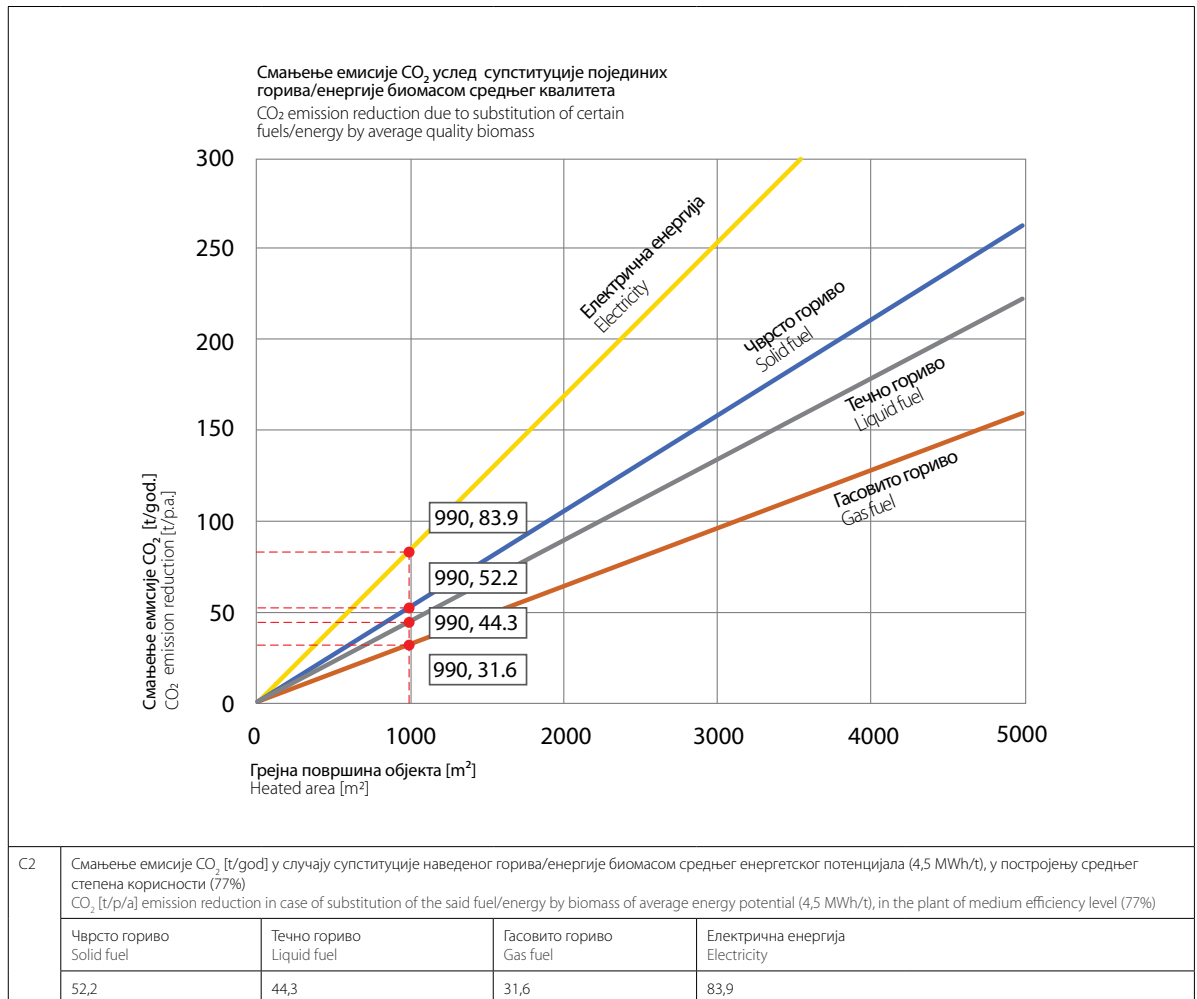
C2	Потребан капацитет пумпе [kW] Required pump capacity [kW]	Расположива површина дворишта [m ²] Available yard area [m ²]	Могући грејни капацитет [kW] Potential heating capacity [kW]	Електрична енергија [kWh/god] Electricity [kWh/p.a.]	Емисија CO ₂ [t/god] Emission of CO ₂ [t/p.a.]	Смањење емисије CO ₂ [t/god] у односу на CO ₂ emission reduction [t/p.a.] in relation to		
						СДГ или угаљ DHS or coal	лож уље fuel oil	природни гас natural gas
	91,8	8,044	607,5	58.301	30,9	22,0	14,0	1,2

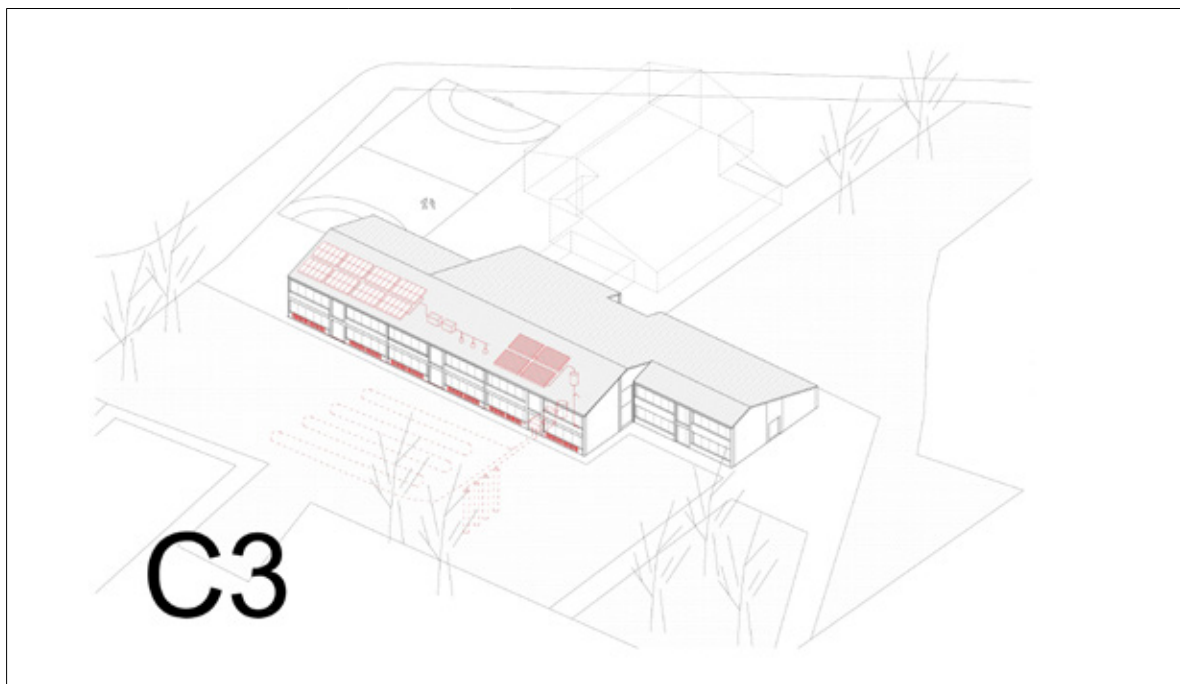
ПОТЕНЦИЈАЛ ЗА КОРИШЋЕЊЕ БИОМАСЕ

POTENTIAL FOR THE USE OF BIOMASS



C2	Површина објекта 990 m ² Топлотне потребе објекта 74,3 kW Building area 990 m ² Heat demand of the building 74,3 kW	Врста биомасе Biomass type	Потребан капацитет котла Required boiler capacity	Потребна енергија горива Required fuel energy	Потребна количина поједине биомасе Required specific biomass quantity
			kW	MWh/god MWh/p/a	[t/god] [t/p/a]
		Дрвени пелет Wood pellet	93,7	154,7	31,6
		Дрвени брикет Wood briquette	95,9	158,2	35,2
	Дрвна сечка Wood chips	98,1	161,9	58,3	












Основни подаци о објекту Basic building data		Ситуациони приказ Layout
Површина парцеле Lot area	14.163 m ²	
Слободна површина парцеле за примену ОИ Available lot area for RES implementation	7.375 m ²	
Површина објекта Building area	2.765 m ²	
Укупна површина равног крова Total flat roof area	/	
Укупна површина косог крова Total pitched roof area	1.790 m ²	
Организациона шема објекта Organisational scheme of the building		

ПОТЕНЦИЈАЛ ЗА КОРИШЋЕЊЕ ОБНОВЉИВИХ ИЗВОРА POTENTIAL FOR THE USE OF RENEWABLE SOURCES

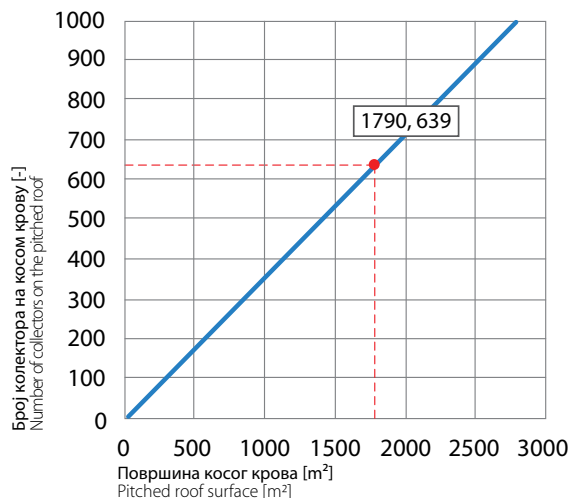
			
ФОТОНАПОНСКИ ПАНЕЛИ PHOTOVOLTAIC PANELS	СОЛАРНИ КОЛЕКТОРИ SOLAR COLLECTORS	ТОПЛОТНЕ ПУМПЕ, тип "земља - вода" HEAT PUMPS "ground-water"	
		Хоризонталне сонде (колектори)	Вертикалне сонде (колектори)
Максимални потенцијал производње електричне енергије за оптимално расположиве површине крова [MWhе/god] Maximum potential for power generation for optimum available roof surfaces [MWhе/p/a]	Максимални потенцијал производње топлотне енергије за оптимално расположиве површине крова [MWh/god] Maximum potential for heat generation for optimum available roof surfaces [MWhе/p/a]	Максимални грејни капацитет за расположиву површину дворишта [kW] Maximum heating capacity for the available yard area [kW]	
90,4	286,2	211,6	607,5

КОРИШЋЕЊЕ ОБНОВЉИВИХ ИЗВОРА – подмирење потреба објекта USE OF RENEWABLE SOURCES- meeting building demand

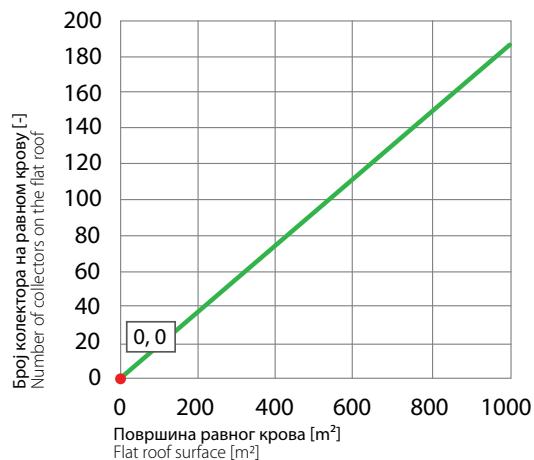
						
ФОТОНАПОНСКИ ПАНЕЛИ PHOTOVOLTAIC PANELS	ТОПЛОТНЕ ПУМПЕ HEAT PUMPS		БИОМАСА BIOMASS			
	тип "ваздух - вода" "air-water" type	тип "земља - вода" "ground-water" type	пелет pellet	брикет briquette	сечка chips	
Производње електричне енергије [MWh/god] / Ангажована површина крова [m ²] Power production [MWh/p/a] / Deployed roof surface [m ²]	Потребни топлотни капацитет пумпе [kW] / Потрошња електричне енергије за погон топлотне пумпе [MWh/god] Required thermal pump capacity [kW] / Electricity consumption for the heat pump drive [MWh/p/a]		Количине поједине дрвне биомасе средњег квалитета, које подмирују потребе објекта за грејањем [t/god] Quantities of specific biomass of average quality, meeting the building heating demand [t/p/a]			
45,3 / 237	314,9 / 234,5	256,3 / 162,8	88,3	98,4	162,9	

ПОТЕНЦИЈАЛ ЗА КОРИШЋЕЊЕ СОЛАРНИХ КОЛЕКТОРА POTENTIAL FOR THE USE OF SOLAR COLLECTORS

Максималан број инсталираних колектора по површини косог крова у зависности од површине крова
Maximum number of installed collectors per pitched roof surface depending on the roof area



Максималан број инсталираних колектора по површини равног крова у зависности од површине крова
Maximum number of installed collectors per flat roof surface depending on the roof area



C3	Оптимально расположива површина косог крова [m²] Optimum available pitched roof area (m²)	Нагибни угао [°] Tilt angle [°]	Оптимально расположива површина равног крова [m²] Optimum available flat roof area (m²)	Површина колектора [m²] Collector surface [m²]	Минимална запремина танка [l] Minimum tank volume [l]	Производња топлотне енергије на годишњем нивоу [kWhт/god] Annual heat generation [kWhт/god]	Могуће смањење емисије CO ₂ у зависности од енергента који се супституише [kgCO ₂] Potential CO ₂ emission reduction depending on the substituted fuel [kgCO ₂]		
							угаљ coal	гас gas	мазут heavy oil
Y1 I1	605	18	-	509,72	25,486	286.170	122.767	62.957	96.153
Y2 I2	605	18	-	509,72	25,486	286.170	122.767	62.957	96.153

Y1: Унапређење 1 – Покривеност 100% површине кровова јужне, југоисточне и југозападне оријентације.

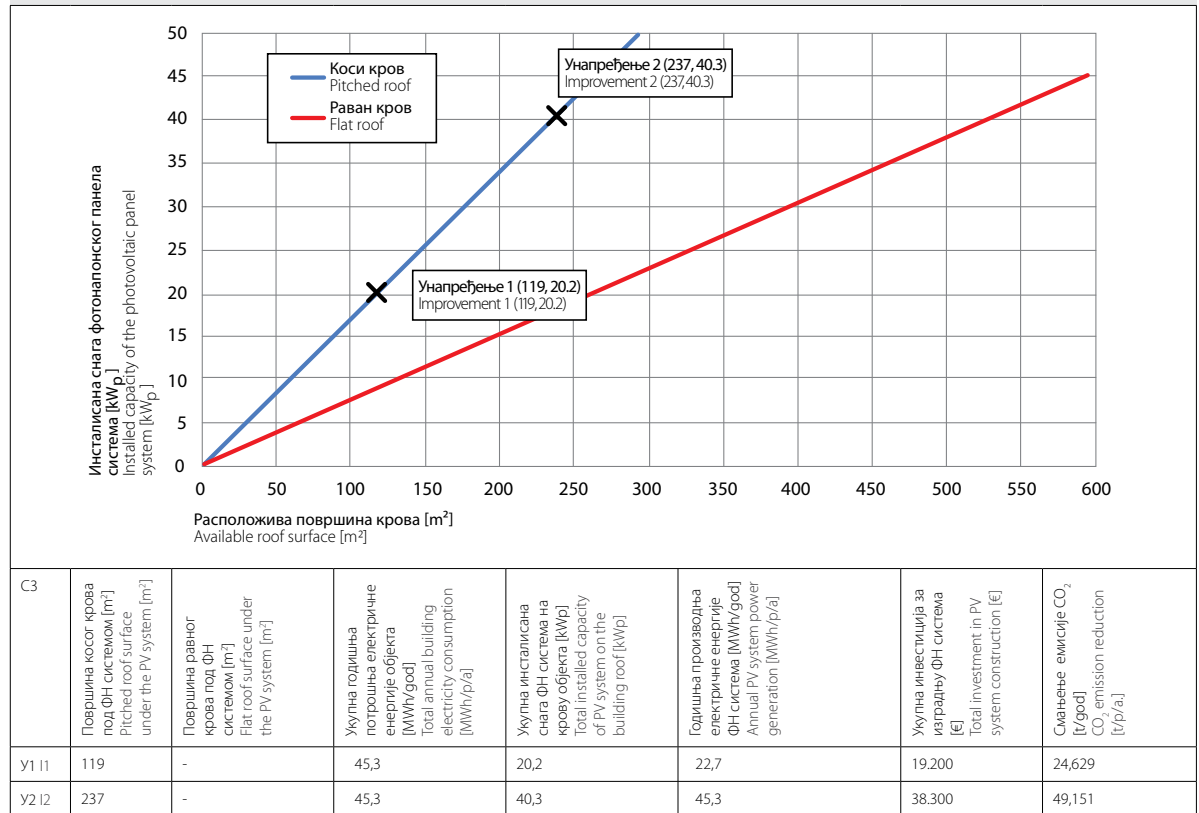
Y2: Унапређење 2 – Покривеност 100% површине кровова јужне, југоисточне, југозападне, источне и западне оријентације.

I1: Improvement 1 - 100% coverage of the roof surface of South, Southeast and Southwest orientation.

I2: Improvement 2 - 100% coverage of the roof surface of South, Southeast, Southwest, East and West orientation.

ПОТЕНЦИЈАЛ ЗА КОРИШЋЕЊЕ СОЛАРНИХ ФОТОНАПОНСКИХ СИСТЕМА

POTENTIAL FOR THE USE OF SOLAR PHOTOVOLTAIC SYSTEMS



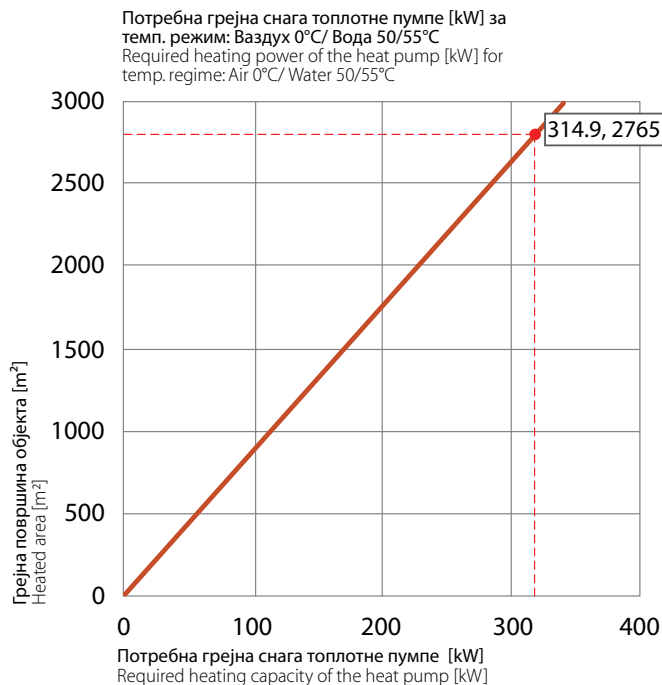
У1: Унапређење 1 – Прво унапређење подразумева изградњу фотонапонских система на расположивим кровним површинама које имају најбољу просторну оријентацију са аспекта укупне годишње инсолације. Инсталлисана снага фотонапонског система треба да обезбеди годишњу производњу електричне енергије која покрива до 50% укупне годишње потрошње електричне енергије у анализираном школском објекту.

У2: Унапређење 2 – Друго унапређење подразумева изградњу фотонапонских система на расположивим кровним површинама које имају најбољу просторну оријентацију са аспекта укупне годишње инсолације. Инсталлисана снага фотонапонског система треба да обезбеди годишњу производњу електричне енергије која покрива 100% укупне годишње потрошње електричне енергије у анализираном школском објекту.

I1: Improvement 1- Improvement 1 implies construction of photovoltaic systems with available roof surfaces with best possible spatial orientation from the perspective of total annual insolation. The installed photovoltaic system capacity needs to ensure annual power generation covering up to 50% of the total annual power consumption in the analysed school building.

I2: Improvement 2- Improvement 1 implies construction of photovoltaic systems with available roof surfaces with best possible spatial orientation from the perspective of total annual insolation. The installed photovoltaic system capacity needs to ensure annual power generation covering 100% of the total annual power consumption in the analysed school building.

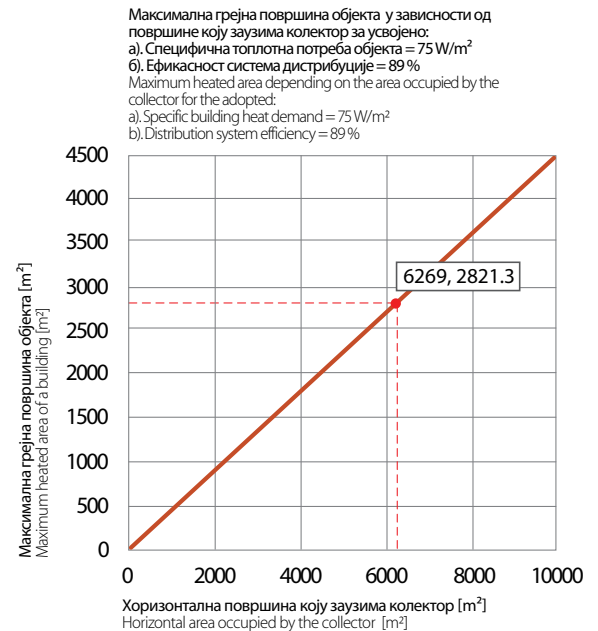
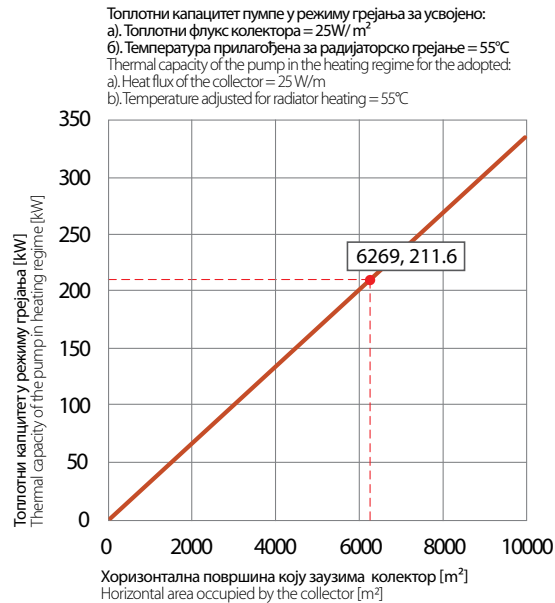
ПОТЕНЦИЈАЛ ЗА КОРИШЋЕЊЕ ТОПЛОТНИХ ПУМПИ ТОПЛОТНЕ ПУМПЕ ВАЗДУХ-ВОДА POTENTIAL FOR THE USE OF HEAT PUMPS HEAT PUMPS "AIR- WATER"



СЗ	Потребан капацитет пумпе [kW] Required pump capacity [kW]	Ангажована електрична снага [kW] Deployed power [kW]	Електрична енергија [kWh/god] Electricity [kWh/p/a.]	Емисија CO ₂ [t/god] Emission of CO ₂ [t/p/a.]	Смањење емисије CO ₂ [t/god] у односу на CO ₂ emission reduction [t/p/a.] in relation to		
					СДГ или угаљ DHS or coal	лож уље fuel oil	природни гас natural gas
	314,9	108,6	234.526	124,3	23,5	1,1	-34,7

ТОПЛОТНЕ ПУМПЕ ЗЕМЉА-ВОДА: ХОРИЗОНТАЛНЕ СОНДЕ

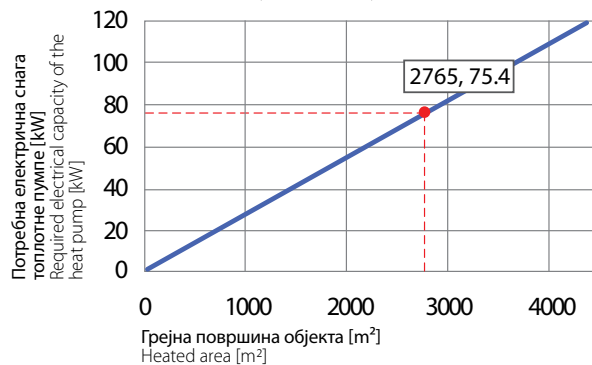
HEAT PUMPS "GROUND-WATER" HORIZONTAL PROBES



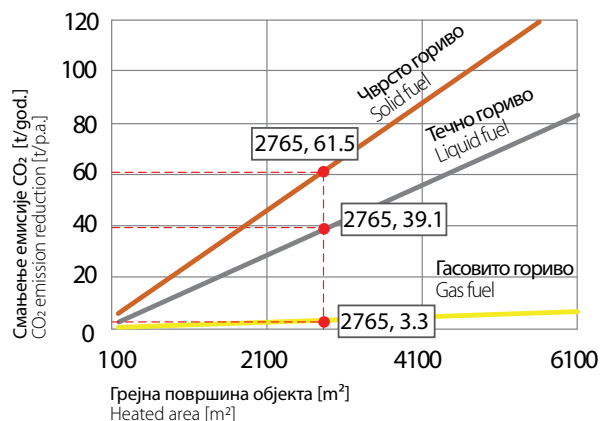
C3	Потребан капацитет пумпе [kW] Required pump capacity [kW]	Расположива површина дворишта [m ²] Available yard area [m ²]	Могући грејни капацитет [kW] Potential heating capacity [kW]	Електрична енергија [kWh/god] Electricity [kWh/p/a.]	Емисија CO ₂ [t/god] Emission of CO ₂ [t/p/a.]	Смањење емисије CO ₂ [t/god] у односу на CO ₂ emission reduction [t/p/a.] in relation to		
						СДГ или угљь DHS or coal	лож уље fuel oil	природни гас natural gas
	256,3	6.269	211,6	-	-	-	-	-

ТОПЛОТНЕ ПУМПЕ ЗЕМЉА-ВОДА: ВЕРТИКАЛНЕ СОНДЕ HEAT PUMPS "GROUND- WATER" VERTICAL PROBES

Зависност потребне електричне снаге и грејне површине објекта за усвојено:
 а). Специфичне топлотне потребе = 75 W/ m²
 б). COP топлотне пумпе = 3,4
 ц). Ефикасност система дистрибуције = 89 %
 Dependency between the required electrical capacity and building heated area for the adopted:
 а). Specific heat demand = 75 W/m²
 б). Heat pump SOR = 3.4
 ц). Distribution system efficiency = 89 %



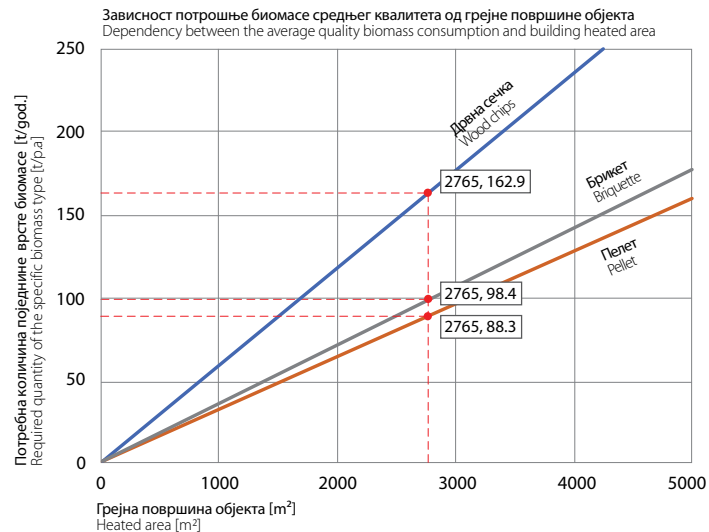
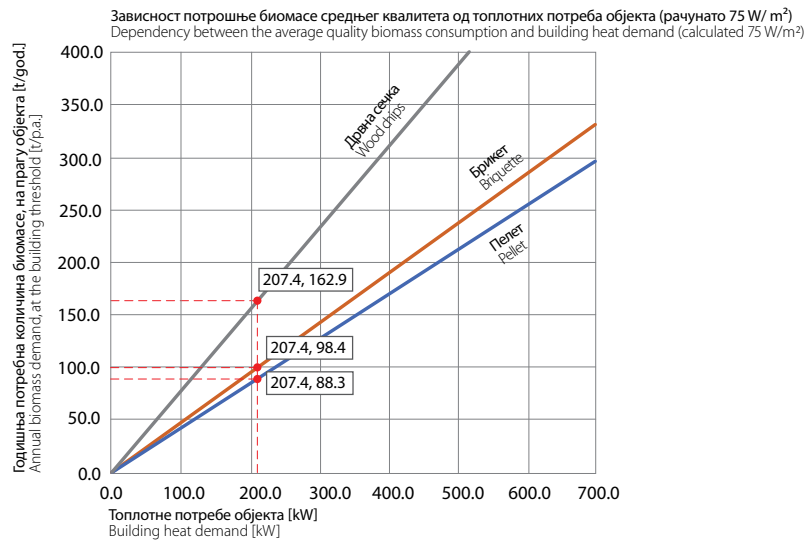
Смањење емисије CO₂ приликом супституције фосилних горива електричном енергијом путем топлотних пумпи
 CO₂ emission reduction due to substitution of fossil fuels by electrical power via heat pumps



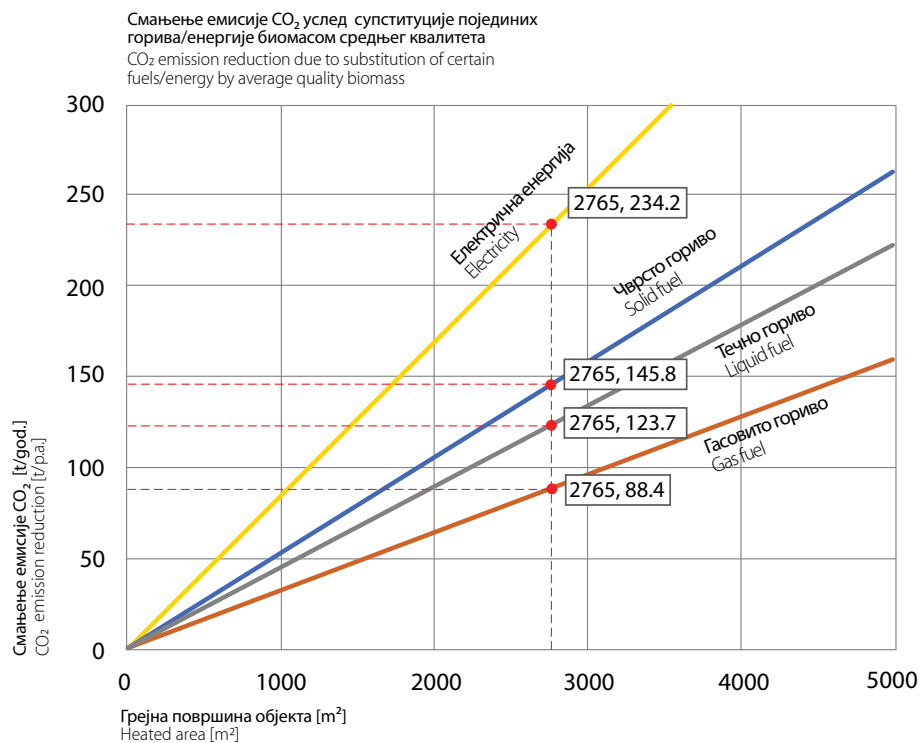
C3	Потребан капацитет пумпе [kW] Required pump capacity [kW]	Расположива површина дворишта [m ²] Available yard area [m ²]	Могући грејни капацитет [kW] Potential heating capacity [kW]	Електрична енергија [kWh/god] Electricity [kWh/p/a.]	Емисија CO ₂ [t/god] Emission of CO ₂ [t/p/a.]	Смањење емисије CO ₂ [t/god] у односу на CO ₂ emission reduction [t/p/a.] in relation to		
						СДГ или угаљ DHS or coal	лож уље fuel oil	природни гас natural gas
	256,3	6.269	607,5	162.830	86,3	61,5	39,1	3,3

ПОТЕНЦИЈАЛ ЗА КОРИШЋЕЊЕ БИОМАСЕ

POTENTIAL FOR THE USE OF BIOMASS

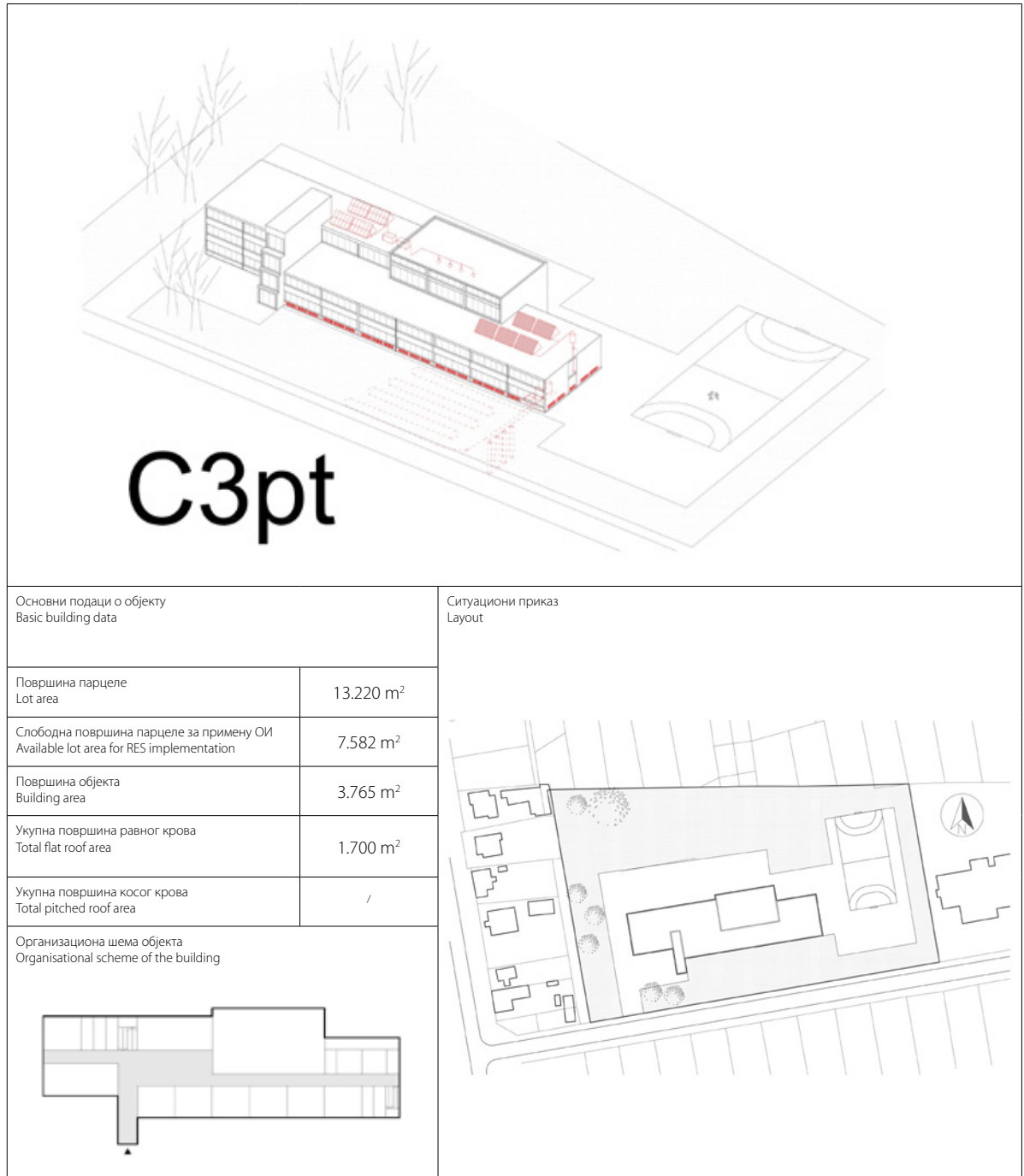


C3	Површина објекта 2.765 m ² Топлотне потребе објекта 207,4 kW Building area 2.765 m ² Heat demand of the building 2074 kW	Врста биомасе Biomass type	Потребан капацитет котла Required boiler capacity	Потребна енергија горива Required fuel energy	Потребна количина поједине биомасе Required specific biomass quantity
			kW	MWh/god MWh/p/a	[t/god] [t/p/a]
		Дрвни пелет Wood pellet	261,8	432,0	88,3
		Дрвни брикет Wood briquette	267,8	441,9	98,4
		Дрвна сечка Wood chips	274,1	452,3	162,9



C3 Смањење емисије CO₂ [t/god.] у случају супституције наведеног горива/енергије биомасом средњег енергетског потенцијала (4,5 MWh/t), у постројењу средњег степена корисности (77%)
CO₂ [t/p/a] emission reduction in case of substitution of the said fuel/energy by biomass of average energy potential (4,5 MWh/t), in the plant of medium efficiency level (77%)






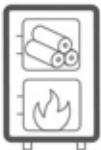

Чврсто гориво Solid fuel	Течно гориво Liquid fuel	Гасовито гориво Gas fuel	Електрична енергија Electricity
145,8	123,7	88,4	234,2



ПОТЕНЦИЈАЛ ЗА КОРИШЋЕЊЕ ОБНОВЉИВИХ ИЗВОРА POTENTIAL FOR THE USE OF RENEWABLE SOURCES

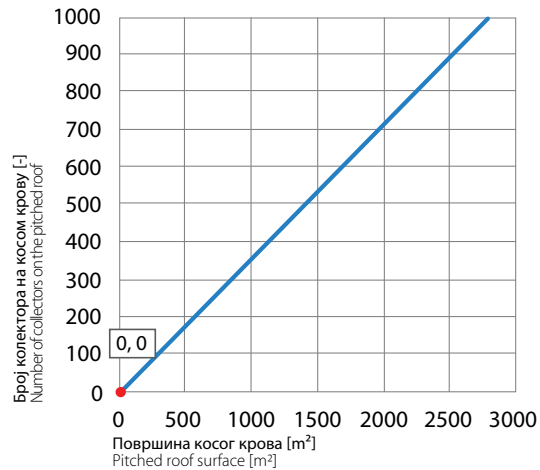
			
ФОТОНАПОНСКИ ПАНЕЛИ PHOTOVOLTAIC PANELS	СОЛАРНИ КОЛЕКТОРИ SOLAR COLLECTORS	ТОПЛОТНЕ ПУМПЕ, тип "земља - вода" HEAT PUMPS "ground-water"	
		Хоризонталне сонде (колектори)	Вертикалне сонде (колектори)
Максимални потенцијал производње електричне енергије за оптимално расположиве површине крова [MWhе/god] Maximum potential for power generation for optimum available roof surfaces [MWhе/p/a]	Максимални потенцијал производње топлотне енергије за оптимално расположиве површине крова [MWh/god] Maximum potential for heat generation for optimum available roof surfaces [MWhе/p/a]	Максимални грејни капацитет за расположиву површину дворишта [kW] Maximum heating capacity for the available yard area [kW]	
134,2	414,1	217,5	607,5

КОРИШЋЕЊЕ ОБНОВЉИВИХ ИЗВОРА – подмирење потреба објекта USE OF RENEWABLE SOURCES- meeting building demand

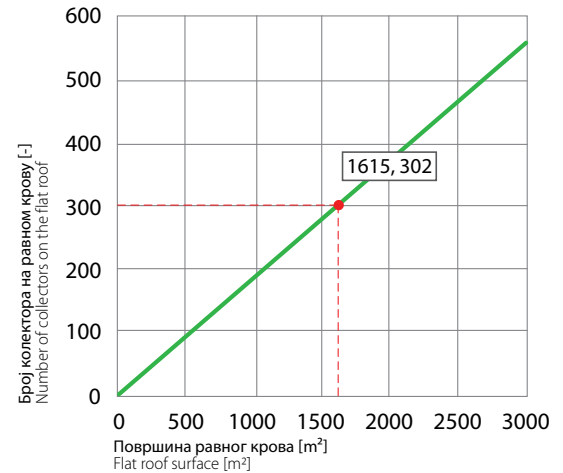
						
ФОТОНАПОНСКИ ПАНЕЛИ PHOTOVOLTAIC PANELS	ТОПЛОТНЕ ПУМПЕ HEAT PUMPS			БИОМАСА BIOMASS		
	тип "ваздух - вода" "air-water" type	тип "земља - вода" "ground-water" type		пелет pellet	брикет briquette	сечка chips
Производње електричне енергије [MWh/god] / Ангажована површина крова [m ²] Power production [MWh/p/a] / Deployed roof surface [m ²]	Потребни топлотни капацитет пумпе [kW] / Потрошња електричне енергије за погон топлотне пумпе [MWh/god] Required thermal pump capacity [kW] / Electricity consumption for the heat pump drive [MWh/p/a]			Количине поједине дрвне биомасе средњег квалитета, које подмирују потребе објекта за грејањем [t/god] Quantities of specific biomass of average quality, meeting the building heating demand [t/p/a]		
48 / 548	428,8 / 319,3	349 / 221,7		120,2	134,0	221,9

ПОТЕНЦИЈАЛ ЗА КОРИШЋЕЊЕ СОЛАРНИХ КОЛЕКТОРА POTENTIAL FOR THE USE OF SOLAR COLLECTORS

Максималан број инсталираних колектора по површини косог крова у зависности од површине крова
Maximum number of installed collectors per pitched roof surface depending on the roof area



Максималан број инсталираних колектора по површини равног крова у зависности од површине крова
Maximum number of installed collectors per flat roof surface depending on the roof area



Сзрт	Оптимально расположива површина косог крова [m²] Optimum available pitched roof area [m²]	Нагибни угао [°] Tilt angle [°]	Оптимально расположива површина равног крова [m²] Optimum available flat roof area [m²]	Површина колектора [m²] Collector surface [m²]	Минимална запремина танка [l] Minimum tank volume [l]	Производња топлотне енергије на годишњем нивоу [kWh/t/год] Annual heat generation [kWh/t/yr]	Могуће смањење емисије CO ₂ у зависности од енергента који се супституише [kgCO ₂] Potential CO ₂ emission reduction depending on the substituted fuel [kgCO ₂]		
							угаљ coal	гас gas	мазут heavy oil
У1 И1	-	-	1615	710,3	35.515	414.105	177.651	91.103	139.139
У2 И2	-	-	1615	710,3	35.515	414.105	177.651	91.103	139.139

У1: Унапређење 1 – Покривеност 100% површине кровова јужне, југоисточне и југозападне оријентације.

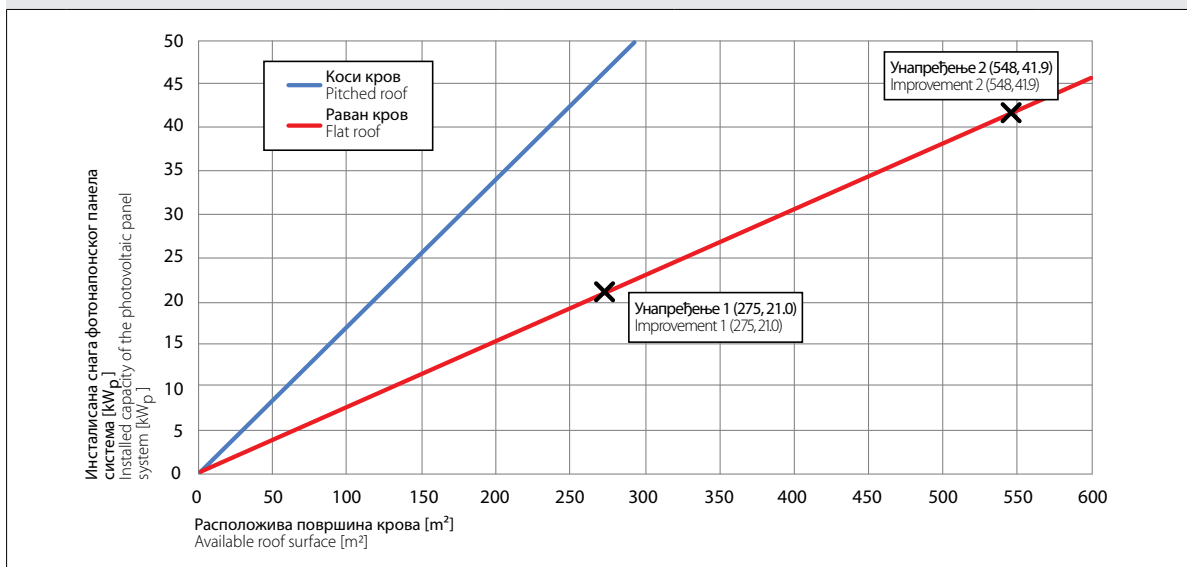
У2: Унапређење 2 – Покривеност 100% површине кровова јужне, југоисточне, југозападне, источне и западне оријентације.

И1: Improvement 1 - 100% coverage of the roof surface of South, Southeast and Southwest orientation.

И2: Improvement 2 - 100% coverage of the roof surface of South, Southeast, Southwest, East and West orientation.

ПОТЕНЦИЈАЛ ЗА КОРИШЋЕЊЕ СОЛАРНИХ ФОТОНАПОНСКИХ СИСТЕМА

POTENTIAL FOR THE USE OF SOLAR PHOTOVOLTAIC SYSTEMS



С3пт	Површина косог крова под ФН системом [m²] (Pitched roof surface under the PV system [m²])	Површина равног крова под ФН системом [m²] (Flat roof surface under the PV system [m²])	Укупна годишња потрошња електричне енергије објекта [MWh/god] (Total annual building electricity consumption [MWh/p/a])	Укупна инсталисана снага ФН система на крову објекта [kWp] (Total installed capacity of PV system on the building roof [kWp])	Годишња производња електричне енергије ФН система [MWh/god] (Annual PV system power generation [MWh/p/a])	Укупна инвестиција за изградњу ФН система [€] (Total investment in PV system construction [€])	Смањење емисије CO ₂ [t/god] (CO ₂ emission reduction [t/p/a])
У1.11	-	275	48,0	21,0	24,0	19.900	26,040
У2.12	-	578	48,0	41,9	48,0	39.800	52,080

У1: Унапређење 1 – Прво унапређење подразумева изградњу фотонапонских система на расположивим кровним површинама које имају најбољу просторну оријентацију са аспекта укупне годишње инсолације. Инсталисана снага фотонапонског система треба да обезбеди годишњу производњу електричне енергије која покрива до 50% укупне годишње потрошње електричне енергије у анализираном школском објекту.

У2: Унапређење 2 – Друго унапређење подразумева изградњу фотонапонских система на расположивим кровним површинама које имају најбољу просторну оријентацију са аспекта укупне годишње инсолације. Инсталисана снага фотонапонског система треба да обезбеди годишњу производњу електричне енергије која покрива 100% укупне годишње потрошње електричне енергије у анализираном школском објекту.

11: Improvement 1- Improvement 1 implies construction of photovoltaic systems with available roof surfaces with best possible spatial orientation from the perspective of total annual insolation. The installed photovoltaic system capacity needs to ensure annual power generation covering up to 50% of the total annual power consumption in the analysed school building.

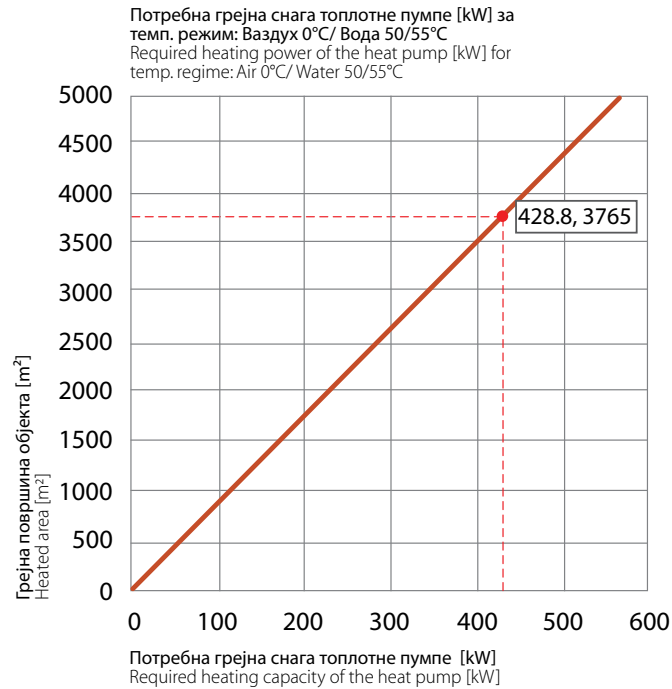
12: Improvement 2- Improvement 1 implies construction of photovoltaic systems with available roof surfaces with best possible spatial orientation from the perspective of total annual insolation. The installed photovoltaic system capacity needs to ensure annual power generation covering 100% of the total annual power consumption in the analysed school building.

ПОТЕНЦИЈАЛ ЗА КОРИШЋЕЊЕ ТОПЛОТНИХ ПУМПИ

ТОПЛОТНЕ ПУМПЕ ВАЗДУХ-ВОДА

POTENTIAL FOR THE USE OF HEAT PUMPS

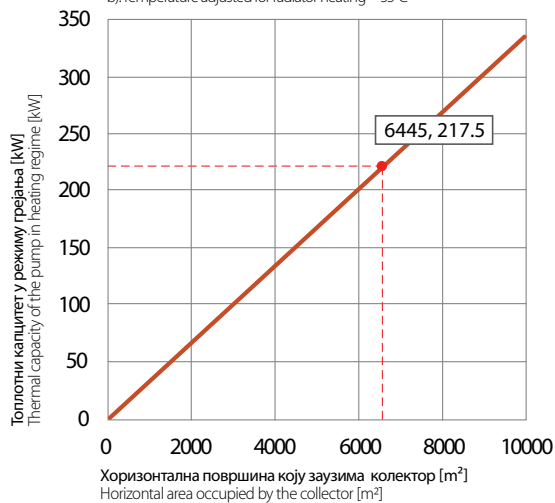
HEAT PUMPS "AIR- WATER"



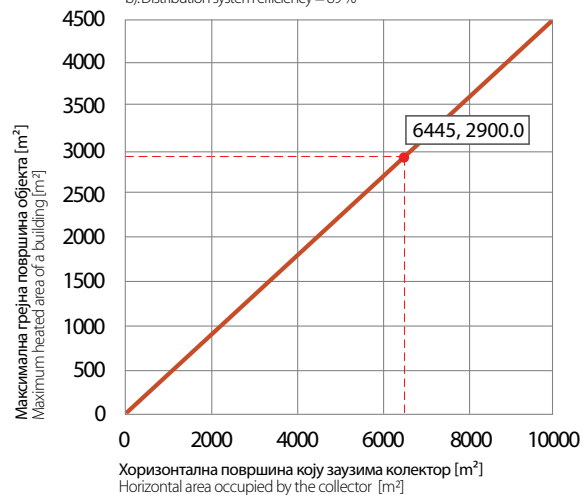
С3pt	Потребан капацитет пумпе [kW] Required pump capacity [kW]	Ангажована електрична снага [kW] Deployed power [kW]	Електрична енергија [kWh/god] Electricity [kWh/p/a.]	Емисија CO ₂ [t/god] Emission of CO ₂ [t/p/a.]	Смањење емисије CO ₂ [t/god] у односу на CO ₂ emission reduction [t/p/a.] in relation to		
					СДГ или угаљ DHS or coal	лож уље fuel oil	природни гас natural gas
	428,8	147,8	319.345	169,3	32,0	1,5	-47,3

ТОПЛОТНЕ ПУМПЕ ЗЕМЉА-ВОДА: ХОРИЗОНТАЛНЕ СОНДЕ HEAT PUMPS "GROUND- WATER" HORIZONTAL PROBES

Топлотни капацитет пумпе у режиму грејања за усвојено:
 а). Топлотни флуks колектора = 25W/m²
 б). Температура прилагођена за радијаторско грејање = 55°C
 Thermal capacity of the pump in the heating regime for the adopted:
 а). Heat flux of the collector = 25 W/m²
 б). Temperature adjusted for radiator heating = 55°C



Максимална грејна површина објекта у зависности од површине коју заузима колектор за усвојено:
 а). Специфична топлотна потреба објекта = 75 W/m²
 б). Ефикасност система дистрибуције = 89 %
 Maximum heated area depending on the area occupied by the collector for the adopted:
 а). Specific building heat demand = 75 W/m²
 б). Distribution system efficiency = 89 %



С3рт	Потребан капацитет пумпе [kW] Required pump capacity [kW]	Расположива површина дворишта [m ²] Available yard area [m ²]	Могући грејни капацитет [kW] Potential heating capacity [kW]	Електрична енергија [kWh/god] Electricity [kWh/p/a.]	Емисија CO ₂ [t/god] Emission of CO ₂ [t/p/a.]	Смањење емисије CO ₂ [t/god] у односу на CO ₂ emission reduction [t/p/a.] in relation to		
						СДГ или угаљ DHS or coal	лож уље fuel oil	природни гас natural gas
	349,0	6.445	217,5	-	-	-	-	-

ТОПЛОТНЕ ПУМПЕ ЗЕМЉА-ВОДА: ВЕРТИКАЛНЕ СОНДЕ

HEAT PUMPS "GROUND-WATER" VERTICAL PROBES

Зависност потребне електричне снаге и грејне површине објекта за усвојено:

a). Специфичне топлотне потребе = 75 W/m²

b). COP топлотне пумпе = 3,4

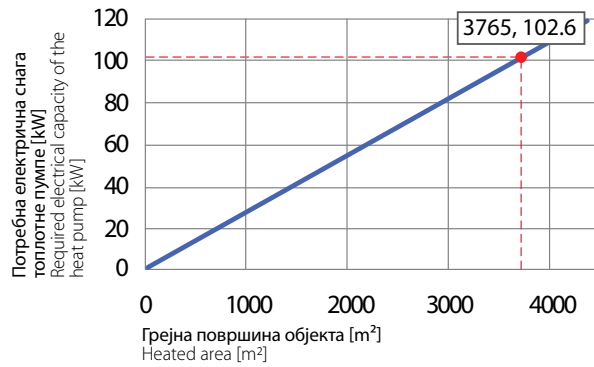
ц). Ефикасност система дистрибуције = 89 %

Dependency between the required electrical capacity and building heated area for the adopted:

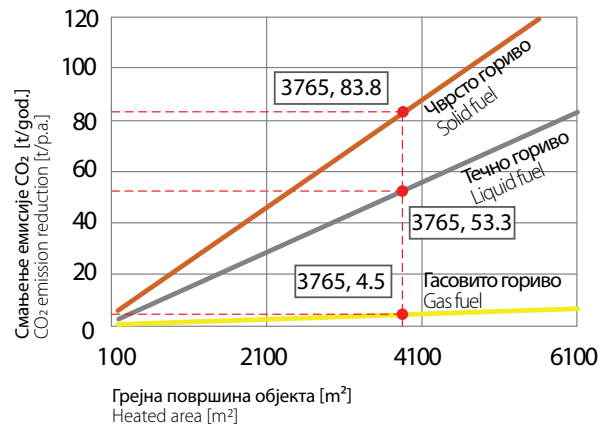
a). Specific heat demand = 75 W/m²

b). Heat pump SOR = 3.4

c). Distribution system efficiency = 89 %

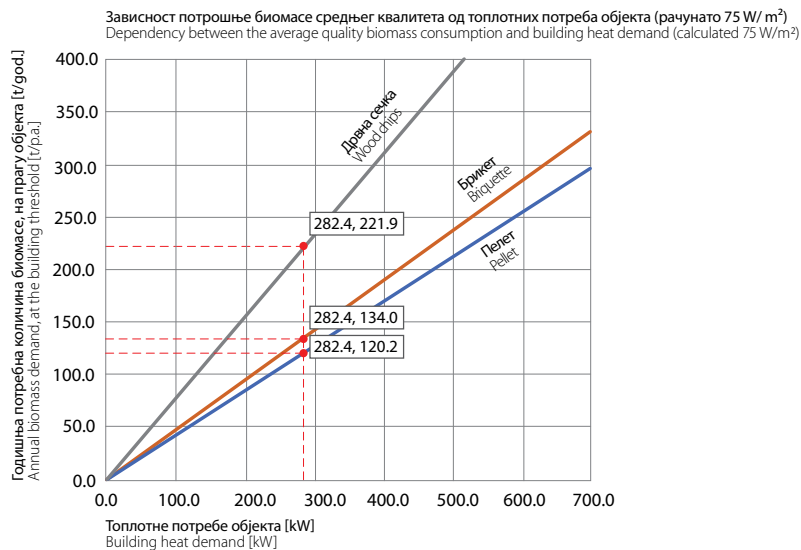


Смањење емисије CO₂ приликом супституције фосилних горива електричном енергијом путем топлотних пумпи
CO₂ emission reduction due to substitution of fossil fuels by electrical power via heat pumps

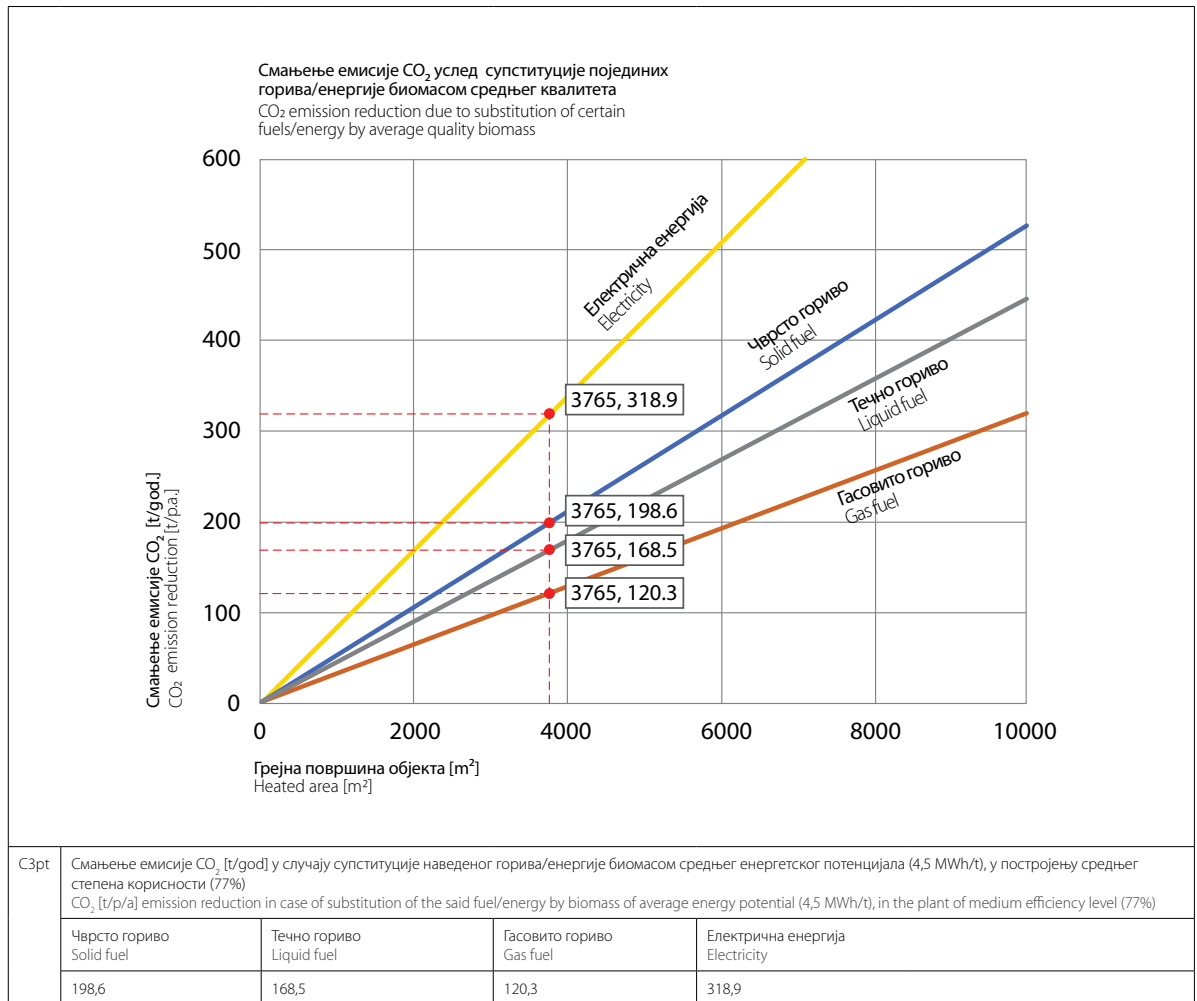


С3рт	Потребан капацитет пумпе [kW] Required pump capacity [kW]	Расположива површина дворишта [m ²] Available yard area [m ²]	Могући грејни капацитет [kW] Potential heating capacity [kW]	Електрична енергија [kWh/god] Electricity [kWh/p/a.]	Емисија CO ₂ [t/god] Emission of CO ₂ [t/p.a.]	Смањење емисије CO ₂ [t/god] у односу на CO ₂ emission reduction [t/p.a.] in relation to		
						СДГ или угаљ DHS or coal	лож уље fuel oil	природни гас natural gas
	349,0	6.445	607,5	221.719	117,5	83,8	53,3	4,5


ПОТЕНЦИЈАЛ ЗА КОРИШЋЕЊЕ БИОМАСЕ POTENTIAL FOR THE USE OF BIOMASS



С3рт	Површина објекта 3.765 m ² Топлотне потребе објекта 282,4 kW Building area 3.765 m ² Heat demand of the building 282,4 kW	Врста биомасе Biomass type	Потребан капацитет котла Required boiler capacity	Потребна енергија горива Required fuel energy	Потребна количина поједине биомасе Required specific biomass quantity
			kW	MWh/god MWh/p/a	[t/god] [t/p/a]
		Дрвени пелет Wood pellet	356,5	588,2	120,2
		Дрвени брикет Wood briquette	364,7	601,7	134,0
		Дрвна сечка Wood chips	373,3	615,9	221,9












Основни подаци о објекту Basic building data		Ситуациони приказ Layout
Површина парцеле Lot area	17.860 m ²	
Слободна површина парцеле за примену ОИ Available lot area for RES implementation	6.565 m ²	
Површина објекта Building area	4.600 m ²	
Укупна површина равног крова Total flat roof area	1.760 m ²	
Укупна површина косог крова Total pitched roof area	/	
Организациона шема објекта Organisational scheme of the building 		

ПОТЕНЦИЈАЛ ЗА КОРИШЋЕЊЕ ОБНОВЉИВИХ ИЗВОРА POTENTIAL FOR THE USE OF RENEWABLE SOURCES

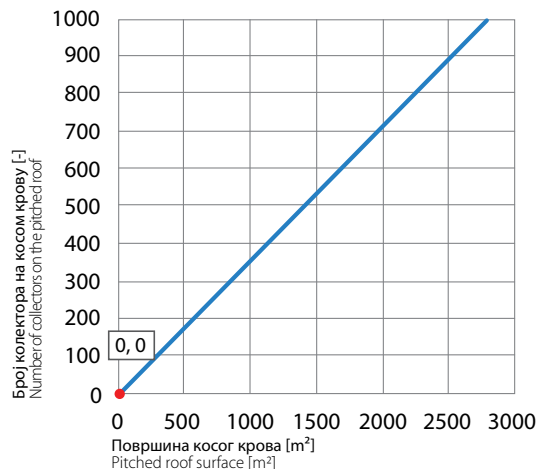
			
ФОТОНАПОНСКИ ПАНЕЛИ PHOTOVOLTAIC PANELS	СОЛАРНИ КОЛЕКТОРИ SOLAR COLLECTORS	ТОПЛОТНЕ ПУМПЕ, тип "земља - вода" HEAT PUMPS "ground-water"	
		Хоризонталне сонде (колектори)	Вертикалне сонде (колектори)
Максимални потенцијал производње електричне енергије за оптимално расположиве површине крова [MWhе/god] Maximum potential for power generation for optimum available roof surfaces [MWhе/p/a]	Максимални потенцијал производње топлотне енергије за оптимално расположиве површине крова [MWh/god] Maximum potential for heat generation for optimum available roof surfaces [MWhе/p/a]	Максимални грејни капацитет за расположиву површину дворишта [kW] Maximum heating capacity for the available yard area [kW]	
141,4	451,2	188,3	607,5

КОРИШЋЕЊЕ ОБНОВЉИВИХ ИЗВОРА – подмирење потреба објекта USE OF RENEWABLE SOURCES- meeting building demand

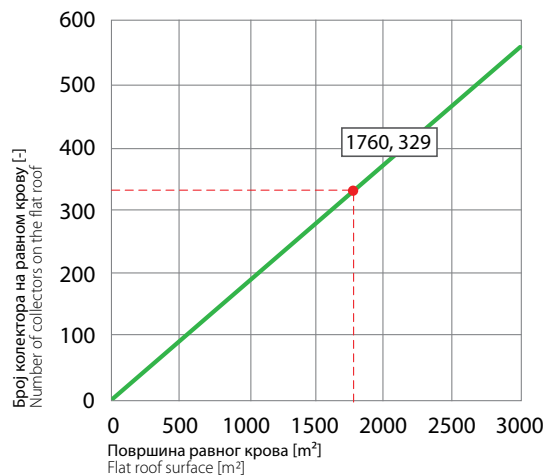
						
ФОТОНАПОНСКИ ПАНЕЛИ PHOTOVOLTAIC PANELS	ТОПЛОТНЕ ПУМПЕ HEAT PUMPS		БИОМАСА BIOMASS			
	тип "ваздух - вода" "air-water" type	тип "земља - вода" "ground-water" type	пелет pellet	брикет briquette	сечка chips	
Производње електричне енергије [MWh/god] / Ангажована површина крова [m ²] Power production [MWh/p/a] / Deployed roof surface [m ²]	Потребни топлотни капацитет пумпе [kW] / Потрошња електричне енергије за погон топлотне пумпе [MWh/god] Required thermal pump capacity [kW] / Electricity consumption for the heat pump drive [MWh/p/a]		Количине поједине дрвне биомасе средњег квалитета, које подмирују потребе објекта за грејањем [t/god] Quantities of specific biomass of average quality, meeting the building heating demand [t/p/a]			
75,3 / 860	523,8 / 390,2	426,4 / 270,8	146,9	163,7	271,1	

ПОТЕНЦИЈАЛ ЗА КОРИШЋЕЊЕ СОЛАРНИХ КОЛЕКТОРА POTENTIAL FOR THE USE OF SOLAR COLLECTORS

Максималан број инсталираних колектора по површини косог крова у зависности од површине крова
Maximum number of installed collectors per pitched roof surface depending on the roof area



Максималан број инсталираних колектора по површини равном крова у зависности од површине крова
Maximum number of installed collectors per flat roof surface depending on the roof area



D3	Оптимально расположива површина косог крова [m²] Optimum available pitched roof area [m²]	Нагибни угао [°] Tilt angle [°]	Оптимально расположива површина равном крова [m²] Optimum available flat roof area [m²]	Површина колектора [m²] Collector surface [m²]	Минимална запремина танка [l] Minimum tank volume [l]	Производња топлотне енергије на годишњем нивоу [kWh/год] Annual heat generation [kWh/yr]	Могуће смањење емисије CO ₂ у зависности од енергента који се супституише [kgCO ₂] Potential CO ₂ emission reduction depending on the substituted fuel [kgCO ₂]		
							угаљ coal	гас gas	мазут heavy oil
Y1 I1	-	-	1.760	774	38.701	451.248	193.585	99.275	151.619
Y2 I2	-	-	1.760	774	38.701	451.248	193.585	99.275	151.619

Y1: Унапређење 1 – Покривеност 100% површине кровова јужне, југоисточне и југозападне оријентације.

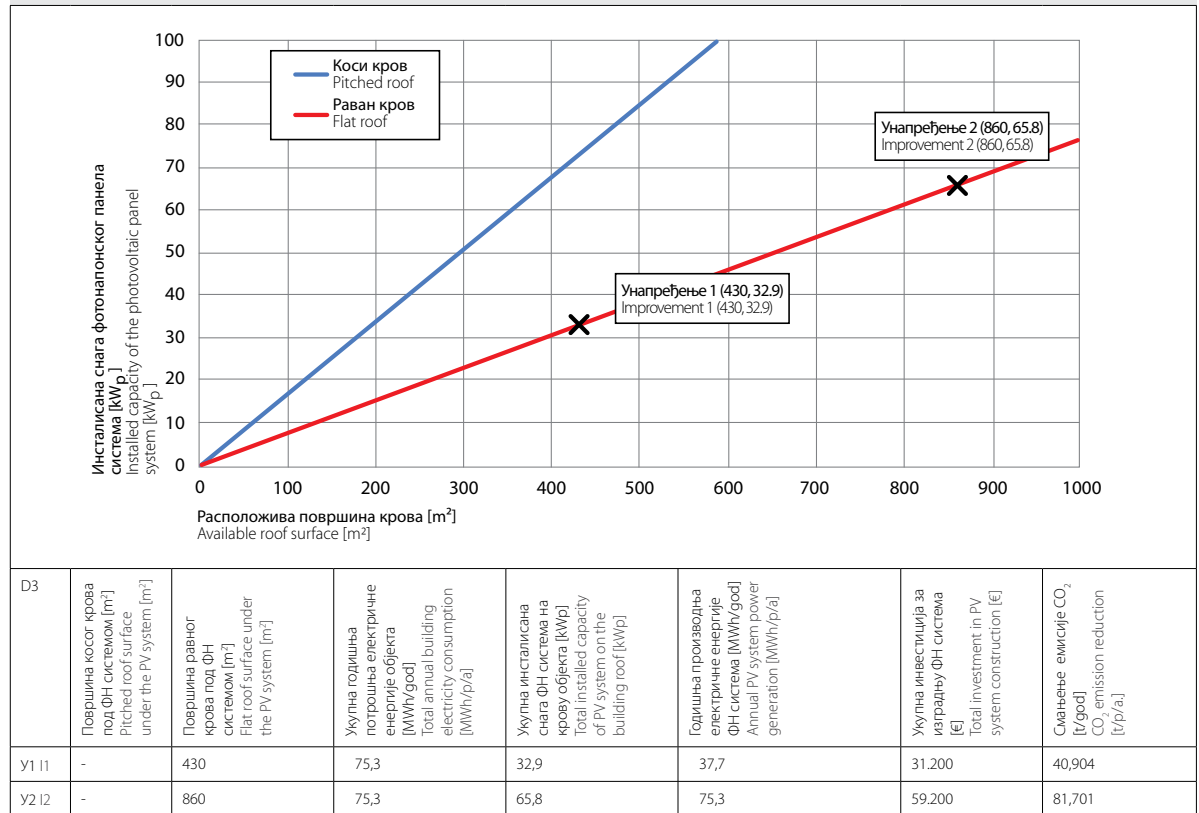
Y2: Унапређење 2 – Покривеност 100% површине кровова јужне, југоисточне, југозападне, источне и западне оријентације.

I1: Improvement 1 - 100% coverage of the roof surface of South, Southeast and Southwest orientation.

I2: Improvement 2 - 100% coverage of the roof surface of South, Southeast, Southwest, East and West orientation.

ПОТЕНЦИЈАЛ ЗА КОРИШЋЕЊЕ СОЛАРНИХ ФОТОНАПОНСКИХ СИСТЕМА

POTENTIAL FOR THE USE OF SOLAR PHOTOVOLTAIC SYSTEMS



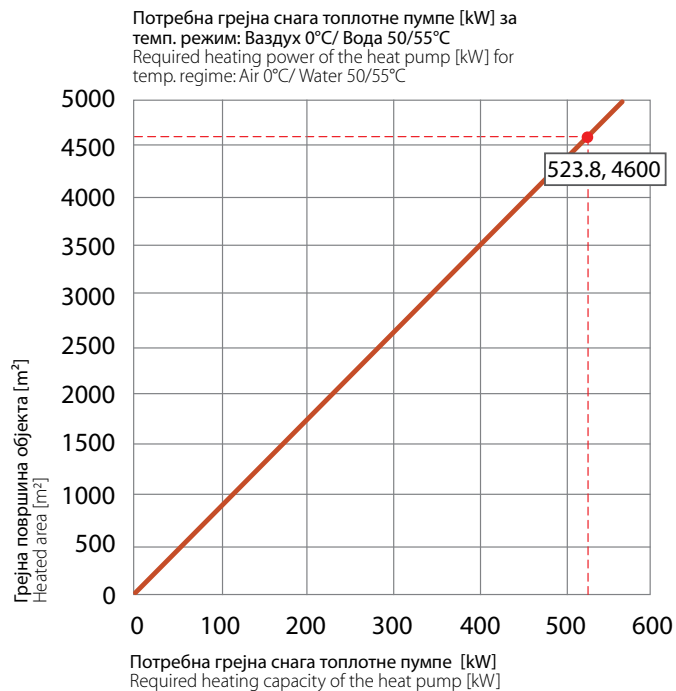
У1: Унапређење 1 – Прво унапређење подразумева изградњу фотонапонских система на расположивим кровним површинама које имају најбољу просторну оријентацију са аспекта укупне годишње инсолације. Инсталирана снага фотонапонског система треба да обезбеди годишњу производњу електричне енергије која покрива до 50% укупне годишње потрошње електричне енергије у анализираном школском објекту.

У2: Унапређење 2 – Друго унапређење подразумева изградњу фотонапонских система на расположивим кровним површинама које имају најбољу просторну оријентацију са аспекта укупне годишње инсолације. Инсталирана снага фотонапонског система треба да обезбеди годишњу производњу електричне енергије која покрива 100% укупне годишње потрошње електричне енергије у анализираном школском објекту.

I1: Improvement 1- Improvement 1 implies construction of photovoltaic systems with available roof surfaces with best possible spatial orientation from the perspective of total annual insolation. The installed photovoltaic system capacity needs to ensure annual power generation covering up to 50% of the total annual power consumption in the analysed school building.

I2: Improvement 2- Improvement 1 implies construction of photovoltaic systems with available roof surfaces with best possible spatial orientation from the perspective of total annual insolation. The installed photovoltaic system capacity needs to ensure annual power generation covering 100% of the total annual power consumption in the analysed school building.

ПОТЕНЦИЈАЛ ЗА КОРИШЋЕЊЕ ТОПЛОТНИХ ПУМПИ ТОПЛОТНЕ ПУМПЕ ВАЗДУХ-ВОДА POTENTIAL FOR THE USE OF HEAT PUMPS HEAT PUMPS "AIR- WATER"



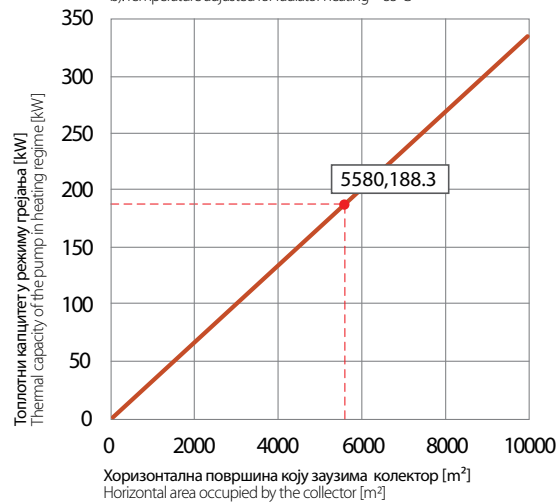
D3	Потребан капацитет пумпе [kW] Required pump capacity [kW]	Ангажована електрична снага [kW] Deployed power [kW]	Електрична енергија [kWh/god] Electricity [kWh/p/a.]	Емисија CO ₂ [t/god] Emission of CO ₂ [t/p/a.]	Смањење емисије CO ₂ [t/god] у односу на CO ₂ emission reduction [t/p/a.] in relation to		
					СДГ или угаљ DHS or coal	лож уље fuel oil	природни гас natural gas
	523,8	180,6	390.169	206,8	39,1	1,9	-57,7

ТОПЛОТНЕ ПУМПЕ ЗЕМЉА-ВОДА: ХОРИЗОНТАЛНЕ СОНДЕ

HEAT PUMPS "GROUND-WATER" HORIZONTAL PROBES

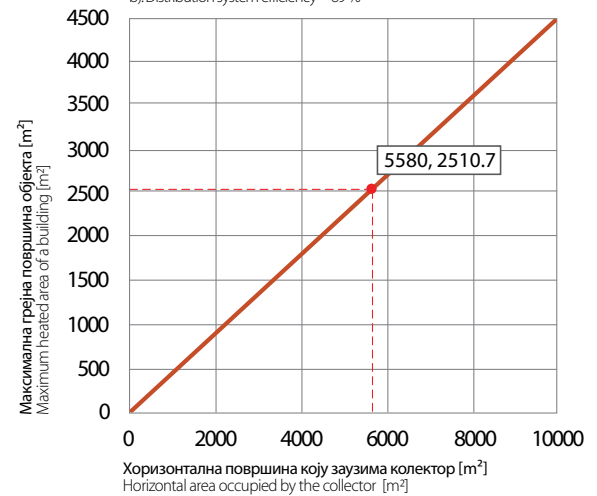
Топлотни капацитет пумпе у режиму грејања за усвојено:

- a). Топлотни флуks колектора = 25 W/m^2
 б). Температура прилагођена за радијаторско грејање = 55°C
 Thermal capacity of the pump in the heating regime for the adopted:
 a). Heat flux of the collector = 25 W/m^2
 b). Temperature adjusted for radiator heating = 55°C



Максимална грејна површина објекта у зависности од површине коју заузима колектор за усвојено:

- a). Специфична топлотна потреба објекта = 75 W/m^2
 б). Ефикасност система дистрибуције = 89 %
 Maximum heated area depending on the area occupied by the collector for the adopted:
 a). Specific building heat demand = 75 W/m^2
 b). Distribution system efficiency = 89 %

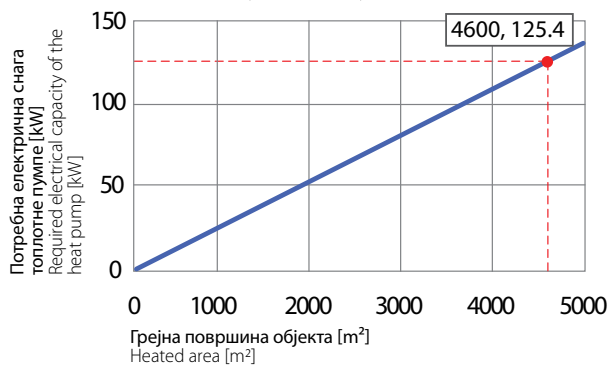


D3	Потребан капацитет пумпе [kW] Required pump capacity [kW]	Расположива површина дворишта [m^2] Available yard area [m^2]	Могући грејни капацитет [kW] Potential heating capacity [kW]	Електрична енергија [kWh/god] Electricity [kWh/p/a.]	Емисија CO_2 [t/god] Emission of CO_2 [t/p.a.]	Смањење емисије CO_2 [t/god] у односу на CO_2 emission reduction [t/p/a.] in relation to		
						СДГ или угљь DHS or coal	лож уље fuel oil	природни гас natural gas
	426,4	5.580	188,3	-	-	-	-	-

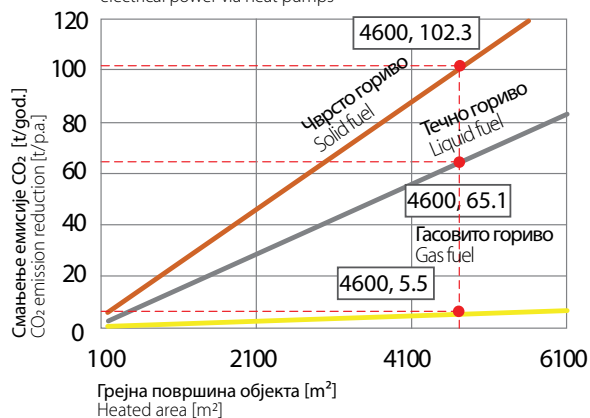
ТОПЛОТНЕ ПУМПЕ ЗЕМЉА-ВОДА: ВЕРТИКАЛНЕ СОНДЕ

HEAT PUMPS "GROUND- WATER" VERTICAL PROBES

Зависност потребне електричне снаге и грејне површине објекта за усвојено:
 а). Специфичне топлотне потребе = 75 W/ m²
 б). COP топлотне пумпе = 3,4
 ц). Ефикасност система дистрибуције = 89 %
 Dependency between the required electrical capacity and building heated area for the adopted:
 a). Specific heat demand = 75 W/m²
 b). Heat pump SOR = 3.4
 c). Distribution system efficiency = 89 %



Смањење емисије CO₂ приликом супституције фосилних горива електричном енергијом путем топлотних пумпи
 CO₂ emission reduction due to substitution of fossil fuels by electrical power via heat pumps

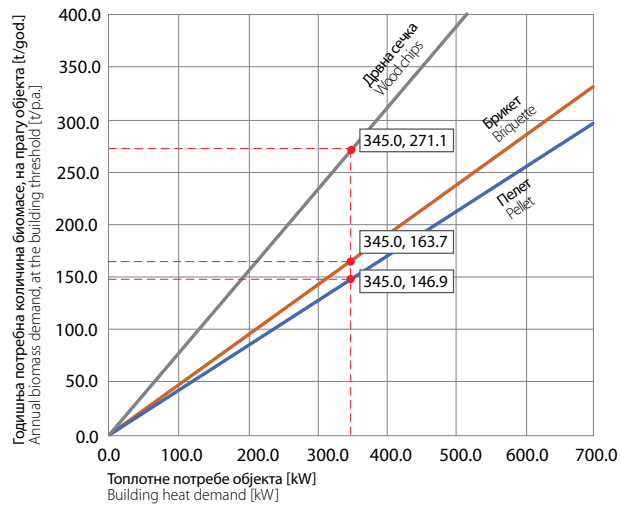


D3	Потребан капацитет пумпе [kW] Required pump capacity [kW]	Расположива површина дворишта [m ²] Available yard area [m ²]	Могући грејни капацитет [kW] Potential heating capacity [kW]	Електрична енергија [kWh/god] Electricity [kWh/p.a.]	Емисија CO ₂ [t/god] Emission of CO ₂ [t/p.a.]	Смањење емисије CO ₂ [t/god] у односу на CO ₂ emission reduction [t/p.a.] in relation to		
						СДГ или угаљ DHS or coal	лож уље fuel oil	природни гас natural gas
	426,4	5,580	607,5	270.892	143,6	102,3	65,1	5,5

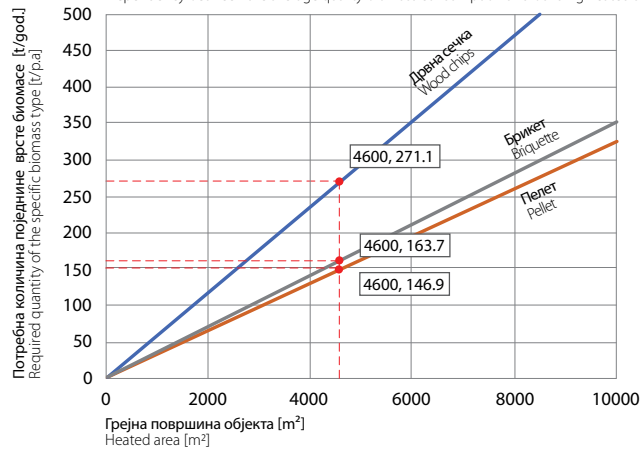
ПОТЕНЦИЈАЛ ЗА КОРИШЋЕЊЕ БИОМАСЕ

POTENTIAL FOR THE USE OF BIOMASS

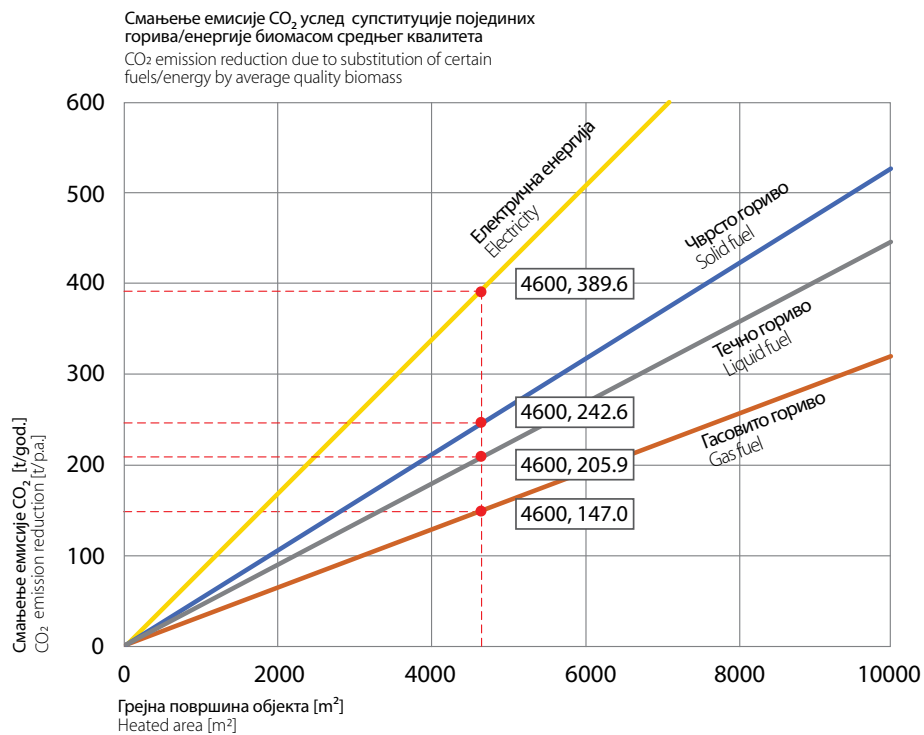
Зависност потрошње биомасе средњег квалитета од топлотних потреба објекта (рачунато 75 W/m²)
Dependency between the average quality biomass consumption and building heat demand (calculated 75 W/m²)



Зависност потрошње биомасе средњег квалитета од грејне површине објекта
Dependency between the average quality biomass consumption and building heated area



D3	Површина објекта 4.600 m ² Топлотне потребе објекта 345,0 kW Building area 4.600 m ² Heat demand of the building 345,0 kW	Врста биомасе Biomass type	Потребан капацитет котла Required boiler capacity	Потребна енергија горива Required fuel energy	Потребна количина поједине биомасе Required specific biomass quantity
			kW	MWh/god MWh/p/a	[t/god] [t/p/a]
		Дрвни пелет Wood pellet	435,6	718,7	146,9
		Дрвни брикет Wood briquette	445,6	735,2	163,7
		Дрвна сечка Wood chips	456,0	752,5	271,1

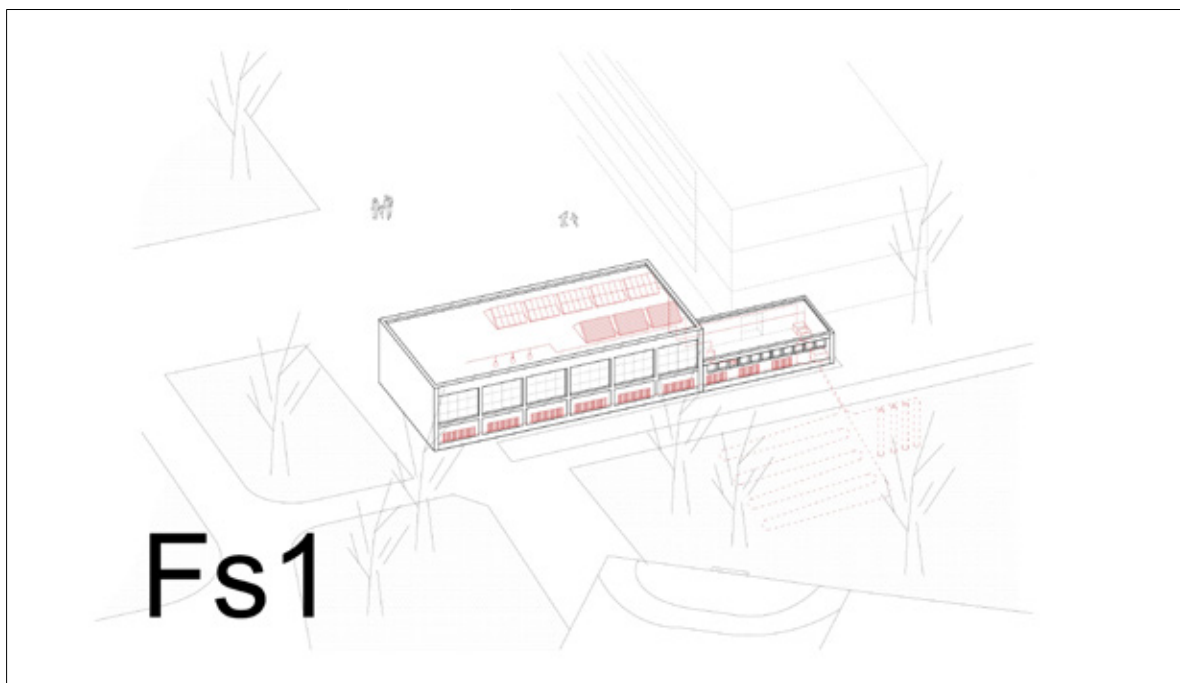


D3 Смањење емисије CO₂ [t/god] у случају супституције наведеног горива/енергије биомасом средњег енергетског потенцијала (4,5 MWh/t), у постројењу средњег степена корисности (77%)
CO₂ [t/p/a] emission reduction in case of substitution of the said fuel/energy by biomass of average energy potential (4,5 MWh/t), in the plant of medium efficiency level (77%)

Чврсто гориво Solid fuel	Течно гориво Liquid fuel	Гасовито гориво Gas fuel	Електрична енергија Electricity
242,6	205,9	147,0	389,6

9.1.1 Зграде фискултурних сала
школских објеката

9.1.1 School gym buildings



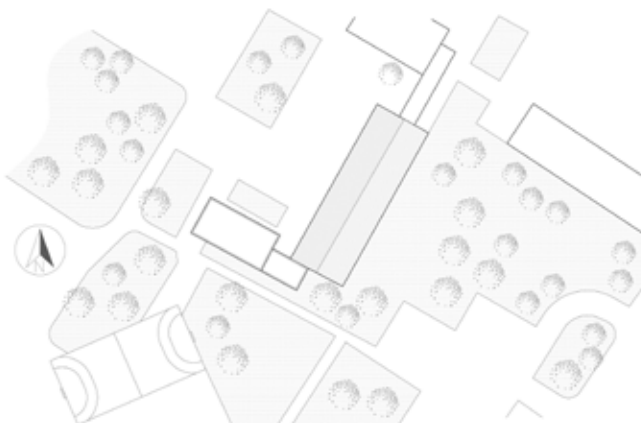
Основни подаци о објекту
Basic building data

Површина парцеле Lot area	/
Слободна површина парцеле за примену ОИ Available lot area for RES implementation	/
Површина објекта Building area	330 m ²
Укупна површина равног крова Total flat roof area	371 m ²
Укупна површина косог крова Total pitched roof area	/

Организациона шема објекта
Organisational scheme of the building










Ситуациони приказ
Layout



ПОТЕНЦИЈАЛ ЗА КОРИШЋЕЊЕ ОБНОВЉИВИХ ИЗВОРА POTENTIAL FOR THE USE OF RENEWABLE SOURCES

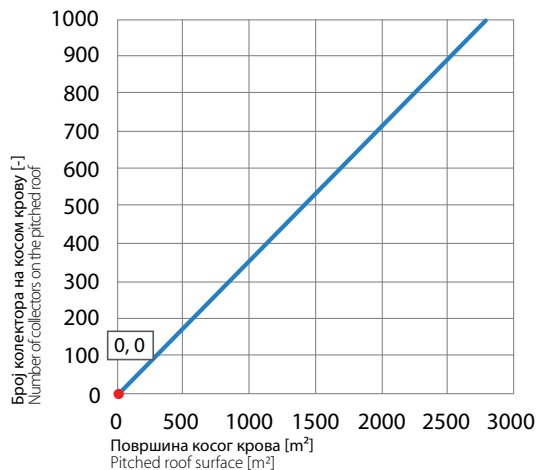
			
ФОТОНАПОНСКИ ПАНЕЛИ PHOTOVOLTAIC PANELS	СОЛАРНИ КОЛЕКТОРИ SOLAR COLLECTORS	ТОПЛОТНЕ ПУМПЕ, тип "земља - вода" HEAT PUMPS "ground-water"	
		Хоризонталне сонде (колектори)	Вертикалне сонде (колектори)
Максимални потенцијал производње електричне енергије за оптимално расположиве површине крова [MWhе/god] Maximum potential for power generation for optimum available roof surfaces [MWhе/p/a]	Максимални потенцијал производње топлотне енергије за оптимално расположиве површине крова [MWh/god] Maximum potential for heat generation for optimum available roof surfaces [MWhе/p/a]	Максимални грејни капацитет за расположиву површину дворишта [kW] Maximum heating capacity for the available yard area [kW]	
29,3	94,9	-	-

КОРИШЋЕЊЕ ОБНОВЉИВИХ ИЗВОРА – подмирење потреба објекта USE OF RENEWABLE SOURCES- meeting building demand

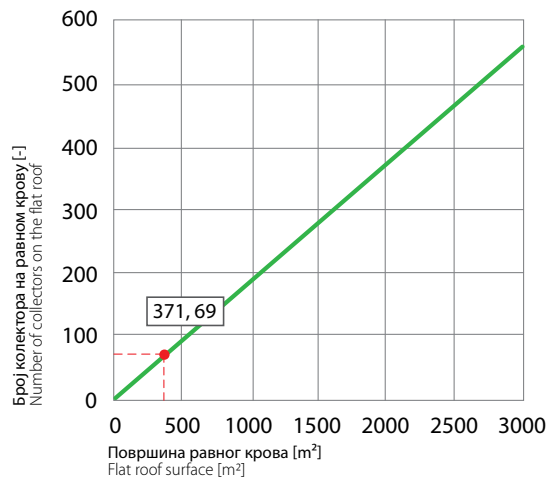
						
ФОТОНАПОНСКИ ПАНЕЛИ PHOTOVOLTAIC PANELS	ТОПЛОТНЕ ПУМПЕ HEAT PUMPS		БИОМАСА BIOMASS			
	тип "ваздух - вода" "air-water" type	тип "земља - вода" "ground-water" type	пелет pellet	брикет briquette	сечка chips	
Производње електричне енергије [MWh/god] / Ангажована површина крова [m ²] Power production [MWh/p/a] / Deployed roof surface [m ²]	Потребни топлотни капацитет пумпе [kW] / Потрошња електричне енергије за погон топлотне пумпе [MWh/god] Required thermal pump capacity [kW] / Electricity consumption for the heat pump drive [MWh/p/a]		Количине поједине дрвне биомасе средњег квалитета, које подмирују потребе објекта за грејањем [t/god] Quantities of specific biomass of average quality, meeting the building heating demand [t/p/a]			
5,4 / 61	37,6 / 27,9	-	10,5	11,7	19,4	

ПОТЕНЦИЈАЛ ЗА КОРИШЋЕЊЕ СОЛАРНИХ КОЛЕКТОРА POTENTIAL FOR THE USE OF SOLAR COLLECTORS

Максималан број инсталираних колектора по површини косог крова у зависности од површине крова
Maximum number of installed collectors per pitched roof surface depending on the roof area



Максималан број инсталираних колектора по површини равног крова у зависности од површине крова
Maximum number of installed collectors per flat roof surface depending on the roof area



FS01	Оптимально расположива површина косог крова [m²] Optimum available pitched roof area (m²)	Нагибни угао [°] Tilt angle [°]	Оптимально расположива површина равног крова [m²] Optimum available flat roof area (m²)	Површина колектора [m²] Collector surface [m²]	Минимална запремина танка [l] Minimum tank volume [l]	Производња топлотне енергије на годишњем нивоу [kWh/(год)] Annual heat generation [kWh/yr]	Могуће смањење емисије CO ₂ у зависности од енергента који се супституише [kgCO ₂] Potential CO ₂ emission reduction depending on the substituted fuel [kgCO ₂]		
							угаљ coal	гас gas	мазут heavy oil
Y1 I1	-	-	371	162,83	8.141	94.928	40.724	20.884	31.896
Y2 I2	-	-	371	162,83	8.141	94.928	40.724	20.884	31.896

Y1: Унапређење 1 – Покривеност 100% површине кровова јужне, југоисточне и југозападне оријентације.

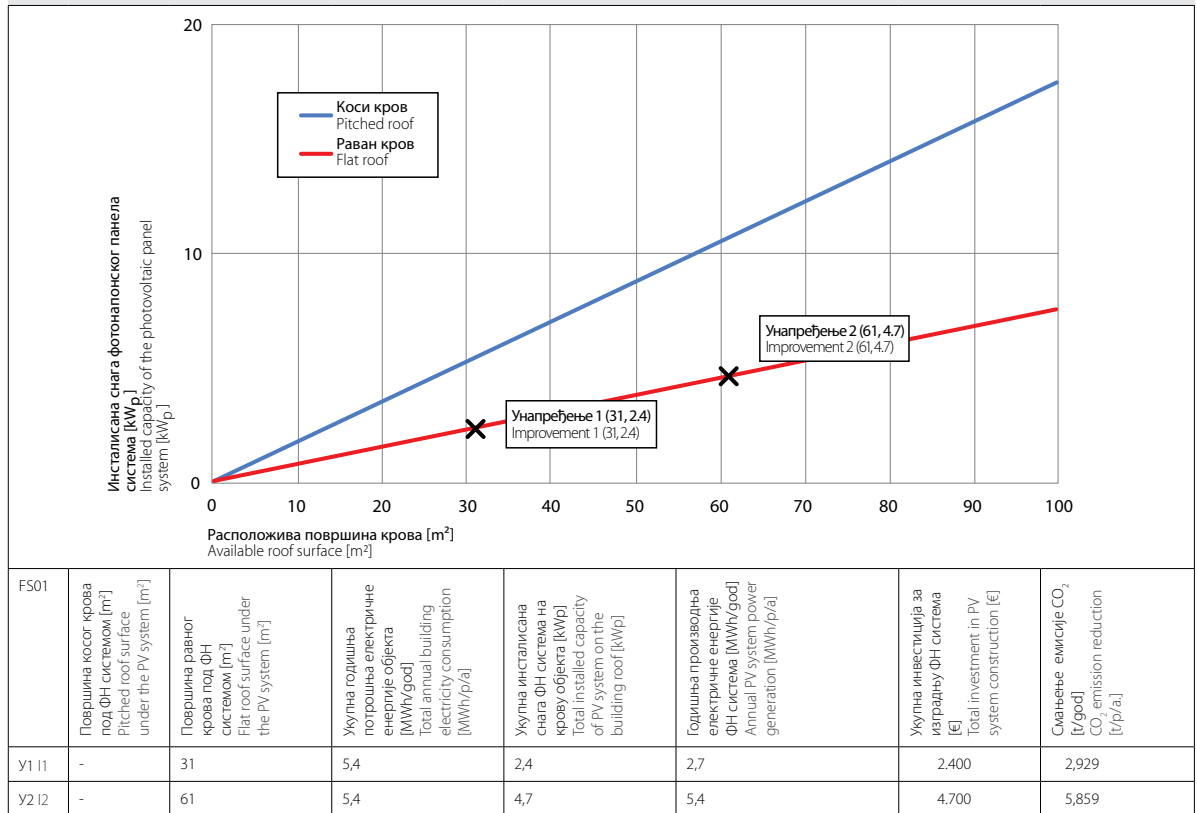
Y2: Унапређење 2 – Покривеност 100% површине кровова јужне, југоисточне, југозападне, источне и западне оријентације.

I1: Improvement 1 - 100% coverage of the roof surface of South, Southeast and Southwest orientation.

I2: Improvement 2 - 100% coverage of the roof surface of South, Southeast, Southwest, East and West orientation.

ПОТЕНЦИЈАЛ ЗА КОРИШЋЕЊЕ СОЛАРНИХ ФОТОНАПОНСКИХ СИСТЕМА

POTENTIAL FOR THE USE OF SOLAR PHOTOVOLTAIC SYSTEMS



Y1: Унапређење 1 – Прво унапређење подразумева изградњу фотонапонских система на расположивим кровним површинама које имају најбољу просторну оријентацију са аспекта укупне годишње инсолације. Инсталисана снага фотонапонског система треба да обезбеди годишњу производњу електричне енергије која покрива до 50% укупне годишње потрошње електричне енергије у анализираном школском објекту.

Y2: Унапређење 2 – Друго унапређење подразумева изградњу фотонапонских система на расположивим кровним површинама које имају најбољу просторну оријентацију са аспекта укупне годишње инсолације. Инсталисана снага фотонапонског система треба да обезбеди годишњу производњу електричне енергије која покрива 100% укупне годишње потрошње електричне енергије у анализираном школском објекту.

I1: Improvement 1- Improvement 1 implies construction of photovoltaic systems with available roof surfaces with best possible spatial orientation from the perspective of total annual insolation. The installed photovoltaic system capacity needs to ensure annual power generation covering up to 50% of the total annual power consumption in the analysed school building.

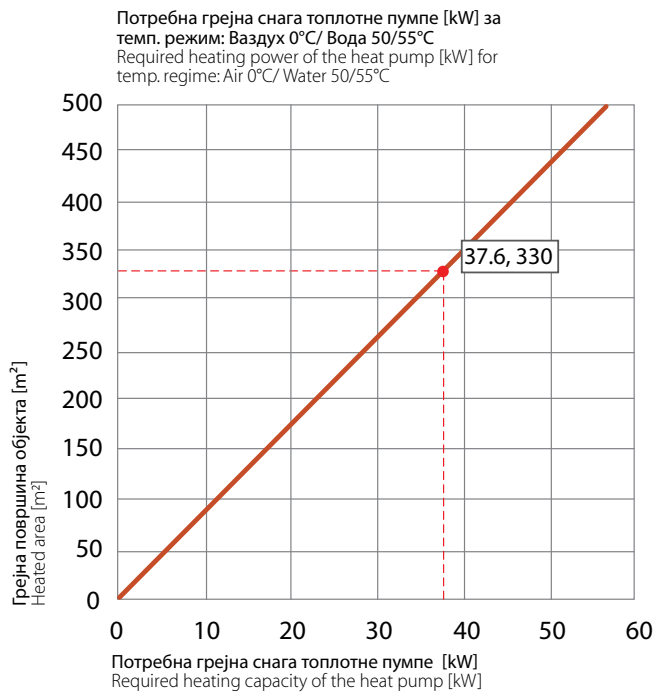
I2: Improvement 2- Improvement 1 implies construction of photovoltaic systems with available roof surfaces with best possible spatial orientation from the perspective of total annual insolation. The installed photovoltaic system capacity needs to ensure annual power generation covering 100% of the total annual power consumption in the analysed school building.

ПОТЕНЦИЈАЛ ЗА КОРИШЋЕЊЕ ТОПЛОТНИХ ПУМПИ

ТОПЛОТНЕ ПУМПЕ ВАЗДУХ-ВОДА

POTENTIAL FOR THE USE OF HEAT PUMPS

HEAT PUMPS "AIR- WATER"

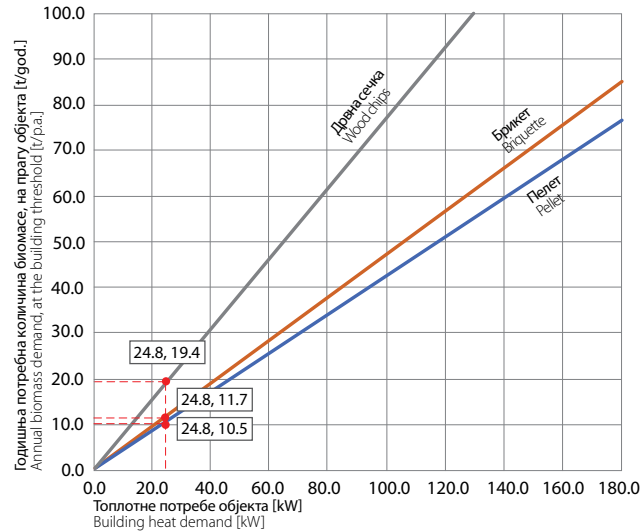


FS01	Потребан капацитет пумпе [kW] Required pump capacity [kW]	Ангажована електрична снага [kW] Deployed power [kW]	Електрична енергија [kWh/god] Electricity [kWh/p/a.]	Емисија CO ₂ [t/god] Emission of CO ₂ [t/p/a.]	Смањење емисије CO ₂ [t/god] у односу на CO ₂ emission reduction [t/p/a.] in relation to		
					СДГ или угаљ DHS or coal	лож уље fuel oil	природни гас natural gas
	37,6	13,0	27.990	14,8	2,8	0,1	-4,1

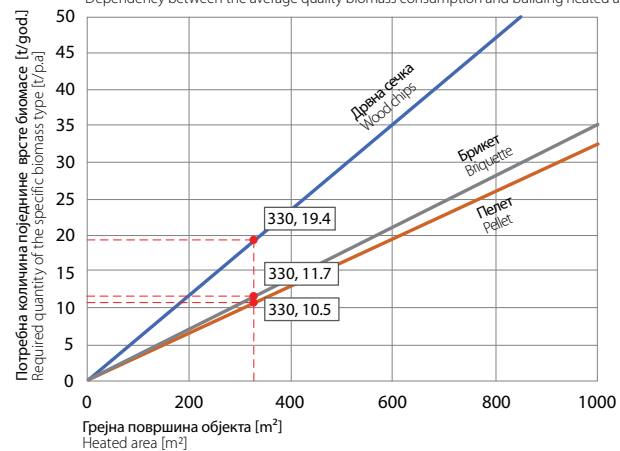
ПОТЕНЦИЈАЛ ЗА КОРИШЋЕЊЕ БИОМАСЕ

POTENTIAL FOR THE USE OF BIOMASS

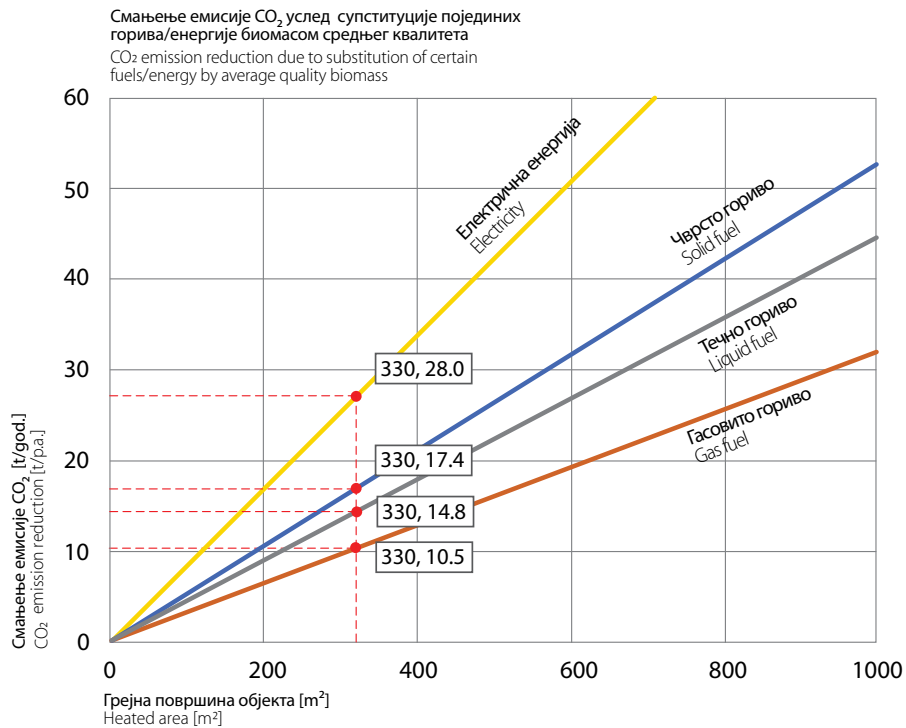
Зависност потрошње биомасе средњег квалитета од топлотних потреба објекта (рачунато 75 W/ m²)
Dependency between the average quality biomass consumption and building heat demand (calculated 75 W/m²)



Зависност потрошње биомасе средњег квалитета од грејне површине објекта
Dependency between the average quality biomass consumption and building heated area

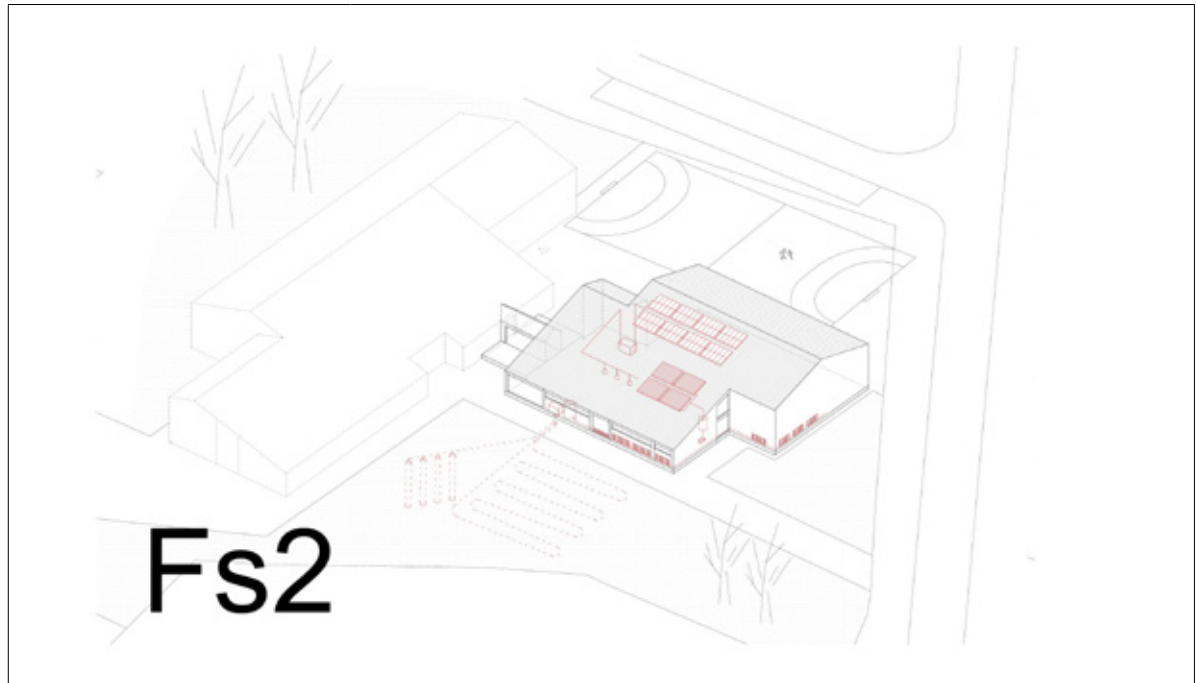


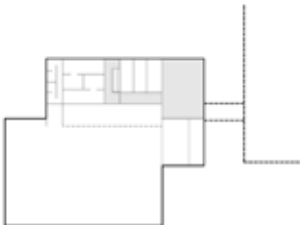
FS01	Површина објекта 330 m ² Топлотне потребе објекта 24,8 kW Building area 330 m ² Heat demand of the building 24,8 kW	Врста биомасе Biomass type	Потребан капацитет котла Required boiler capacity	Потребна енергија горива Required fuel energy	Потребна количина поједине биомасе Required specific biomass quantity
			kW	MWh/god MWh/p/a	[t/god] [t/p/a]
		Дрвни пелет Wood pellet	31,2	51,6	10,5
		Дрвни брикет Wood briquette	32,0	52,7	11,7
		Дрвна сечка Wood chips	32,7	54,0	19,4



FS01 Смањење емисије CO₂ [t/god] у случају супституције наведеног горива/енергије биомасом средњег енергетског потенцијала (4,5 MWh/t), у постројењу средњег степена корисности (77%)
CO₂ [t/p/a] emission reduction in case of substitution of the said fuel/energy by biomass of average energy potential (4,5 MWh/t), in the plant of medium efficiency level (77%)

Чврсто гориво Solid fuel	Течно гориво Liquid fuel	Гасовито гориво Gas fuel	Електрична енергија Electricity
17,4	14,8	10,5	28,0










Основни подаци о објекту Basic building data		Ситуациони приказ Layout
Површина парцеле Lot area	/	
Слободна површина парцеле за примену ОИ Available lot area for RES implementation	/	
Површина објекта Building area	864 m ²	
Укупна површина равног крова Total flat roof area	/	
Укупна површина косог крова Total pitched roof area	972 m ²	
Организациона шема објекта Organisational scheme of the building		

ПОТЕНЦИЈАЛ ЗА КОРИШЋЕЊЕ ОБНОВЉИВИХ ИЗВОРА POTENTIAL FOR THE USE OF RENEWABLE SOURCES

			
ФОТОНАПОНСКИ ПАНЕЛИ PHOTOVOLTAIC PANELS	СОЛАРНИ КОЛЕКТОРИ SOLAR COLLECTORS	ТОПЛОТНЕ ПУМПЕ, тип "земља - вода" HEAT PUMPS "ground-water"	
		Хоризонталне сонде (колектори)	Вертикалне сонде (колектори)
Максимални потенцијал производње електричне енергије за оптимално расположиве површине крова [MWhе/god] Maximum potential for power generation for optimum available roof surfaces [MWhе/p/a]	Максимални потенцијал производње топлотне енергије за оптимално расположиве површине крова [MWh/god] Maximum potential for heat generation for optimum available roof surfaces [MWhе/p/a]	Максимални грејни капацитет за расположиву површину дворишта [kW] Maximum heating capacity for the available yard area [kW]	
143,9	389,8	-	-

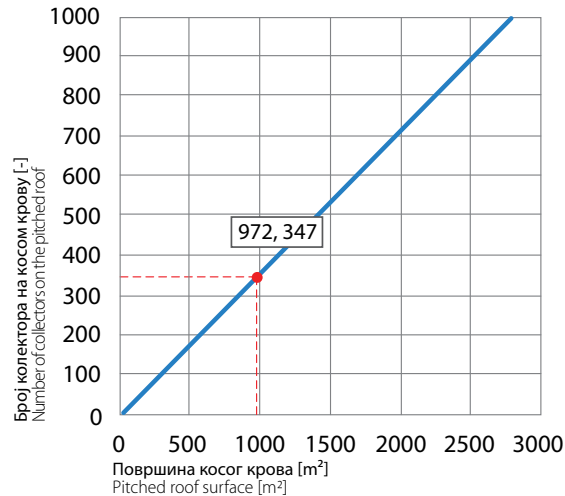
КОРИШЋЕЊЕ ОБНОВЉИВИХ ИЗВОРА – подмирење потреба објекта USE OF RENEWABLE SOURCES- meeting building demand

						
ФОТОНАПОНСКИ ПАНЕЛИ PHOTOVOLTAIC PANELS	ТОПЛОТНЕ ПУМПЕ HEAT PUMPS			БИОМАСА BIOMASS		
	тип "ваздух - вода" "air-water" type	тип "земља - вода" "ground-water" type		пелет pellet	брикет briquette	сечка chips
Производње електричне енергије [MWh/god] / Ангажована површина крова [m ²] Power production [MWh/p/a] / Deployed roof surface [m ²]	Потребни топлотни капацитет пумпе [kW] / Потрошња електричне енергије за погон топлотне пумпе [MWh/god] Required thermal pump capacity [kW] / Electricity consumption for the heat pump drive [MWh/p/a]			Количине поједине дрвне биомасе средњег квалитета, које подмирују потребе објекта за грејањем [t/god] Quantities of specific biomass of average quality, meeting the building heating demand [t/p/a]		
18,7 / 113	98,4 / 73,3	-		27,6	30,7	50,9

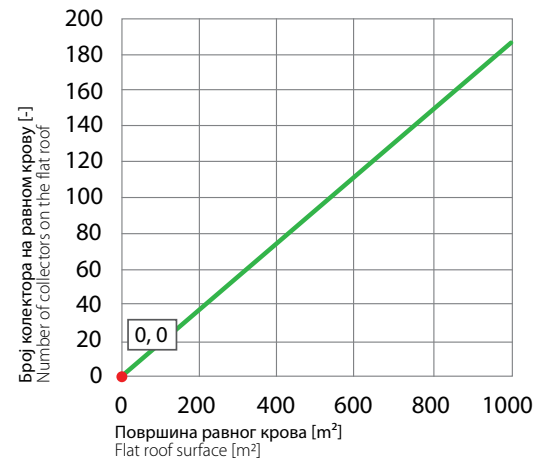
ПОТЕНЦИЈАЛ ЗА КОРИШЋЕЊЕ СОЛАРНИХ КОЛЕКТОРА

POTENTIAL FOR THE USE OF SOLAR COLLECTORS

Максималан број инсталираних колектора по површини косог крова у зависности од површине крова
Maximum number of installed collectors per pitched roof surface depending on the roof area



Максималан број инсталираних колектора по површини равног крова у зависности од површине крова
Maximum number of installed collectors per flat roof surface depending on the roof area



FS02	Оптimalно расположива површина косог крова [m²] Optimum available pitched roof area [m²]	Нагибни угао [°] Tilt angle [°]	Оптimalно расположива површина равног крова [m²] Optimum available flat roof area [m²]	Површина колектора [m²] Collector surface [m²]	Минимална запремина танка [l] Minimum tank volume [l]	Производња топлотне енергије на годишњем нивоу [kWh/t/year] Annual heat generation [kWh/t/yr]	Могуће смањење емисије CO ₂ у зависности од енергента који се супституише [kgCO ₂] Potential CO ₂ emission reduction depending on the substituted fuel [kgCO ₂]		
							угаљ coal	гас gas	мазут heavy oil
У1 I1	-	24	-	-	-	-	-	-	-
У2 I2	945	24	-	795,25	39.763	389.766	167.210	85.749	130.961

У1: Унапређење 1 – Покривеност 100% површине кровова јужне, југоисточне и југозападне оријентације.

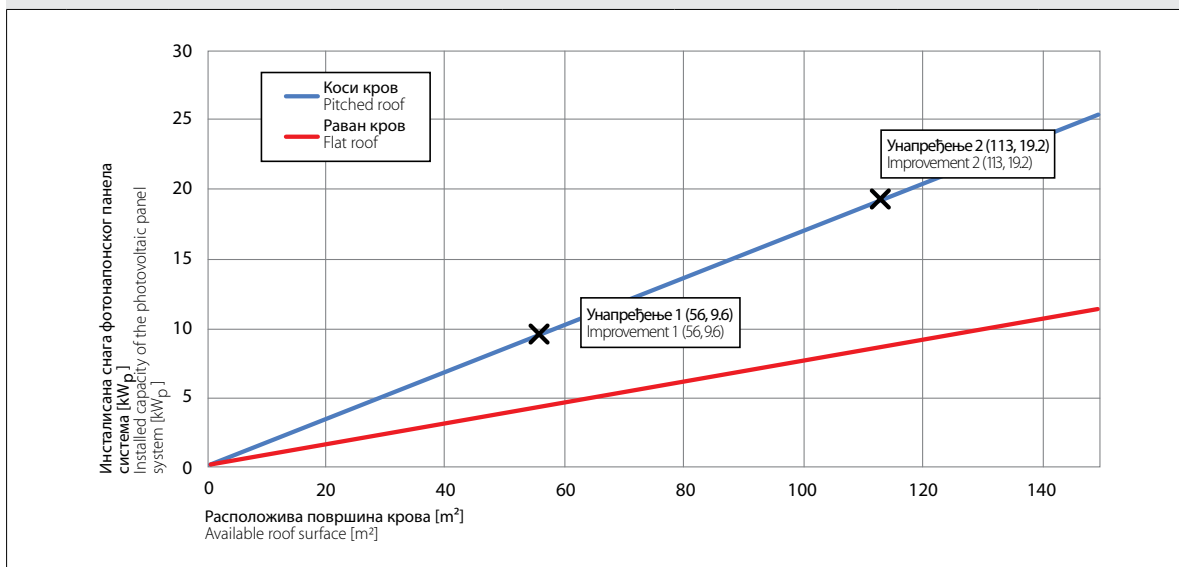
У2: Унапређење 2 – Покривеност 100% површине кровова јужне, југоисточне, југозападне, источне и западне оријентације.

I1: Improvement 1 - 100% coverage of the roof surface of South, Southeast and Southwest orientation.

I2: Improvement 2 - 100% coverage of the roof surface of South, Southeast, Southwest, East and West orientation.

ПОТЕНЦИЈАЛ ЗА КОРИШЋЕЊЕ СОЛАРНИХ ФОТОНАПОНСКИХ СИСТЕМА

POTENTIAL FOR THE USE OF SOLAR PHOTOVOLTAIC SYSTEMS



FS02	Површина косог крова под ФН системом [m ²] / Pitched roof surface under the PV system [m ²]	Површина равног крова под ФН системом [m ²] / Flat roof surface under the PV system [m ²]	Укупна годишња потрошња електричне енергије објекта [MWh/god] / Total annual building electricity consumption [MWh/p/a]	Укупна инсталисана снага ФН система на крову објекта [kWp] / Total installed capacity of PV system on the building roof [kWp]	Годишња производња електричне енергије ФН система [MWh/god] / Annual PV system power generation [MWh/p/a]	Укупна инвестиција за изградњу ФН система [€] / Total investment in PV system construction [€]	Смањење емисије CO ₂ [t/god] / CO ₂ emission reduction [t/p/a]
Y1 I1	56	/	18,7	9,6	9,4	9.600	10,199
Y2 I2	113	/	18,7	19,2	18,7	19.200	20,289

У1: Унапређење 1 – Прво унапређење подразумева изградњу фотонапонских система на расположивим кровним површинама које имају најбољу просторну оријентацију са аспекта укупне годишње инсолације. Инсталисана снага фотонапонског система треба да обезбеди годишњу производњу електричне енергије која покрива до 50% укупне годишње потрошње електричне енергије у анализираном школском објекту.

У2: Унапређење 2 – Друго унапређење подразумева изградњу фотонапонских система на расположивим кровним површинама које имају најбољу просторну оријентацију са аспекта укупне годишње инсолације. Инсталисана снага фотонапонског система треба да обезбеди годишњу производњу електричне енергије која покрива 100% укупне годишње потрошње електричне енергије у анализираном школском објекту.

I1: Improvement 1- Improvement 1 implies construction of photovoltaic systems with available roof surfaces with best possible spatial orientation from the perspective of total annual insolation. The installed photovoltaic system capacity needs to ensure annual power generation covering up to 50% of the total annual power consumption in the analysed school building.

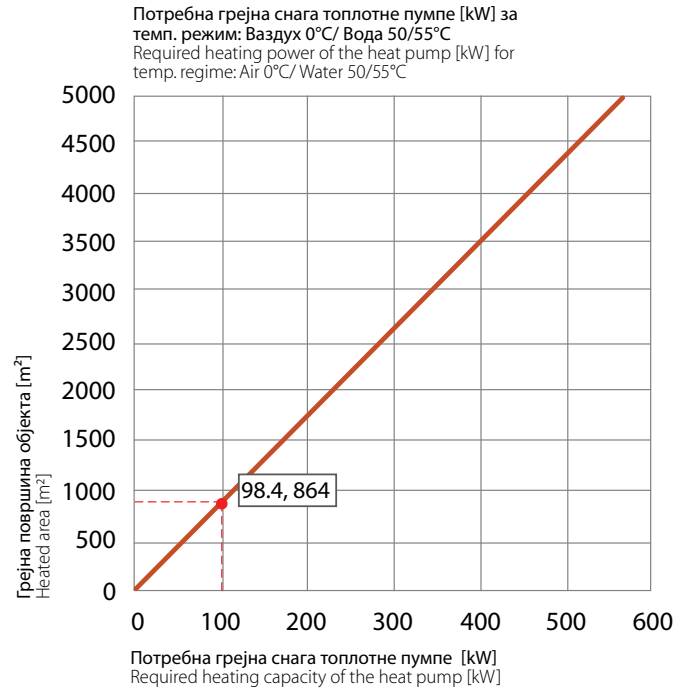
I2: Improvement 2- Improvement 1 implies construction of photovoltaic systems with available roof surfaces with best possible spatial orientation from the perspective of total annual insolation. The installed photovoltaic system capacity needs to ensure annual power generation covering 100% of the total annual power consumption in the analysed school building.

ПОТЕНЦИЈАЛ ЗА КОРИШЋЕЊЕ ТОПЛОТНИХ ПУМПИ

ТОПЛОТНЕ ПУМПЕ ВАЗДУХ-ВОДА

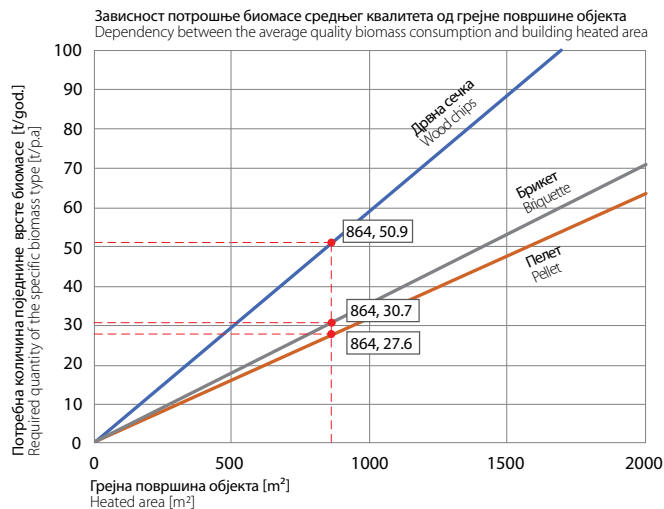
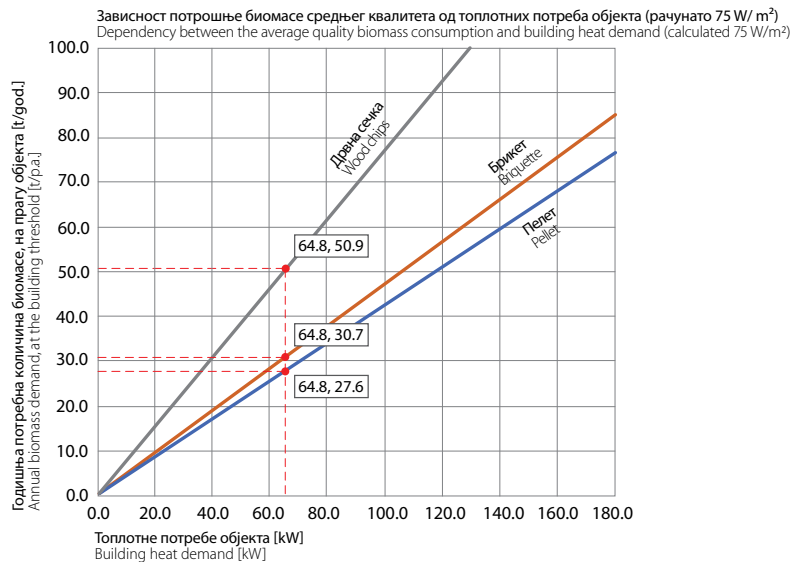
POTENTIAL FOR THE USE OF HEAT PUMPS

HEAT PUMPS "AIR- WATER"

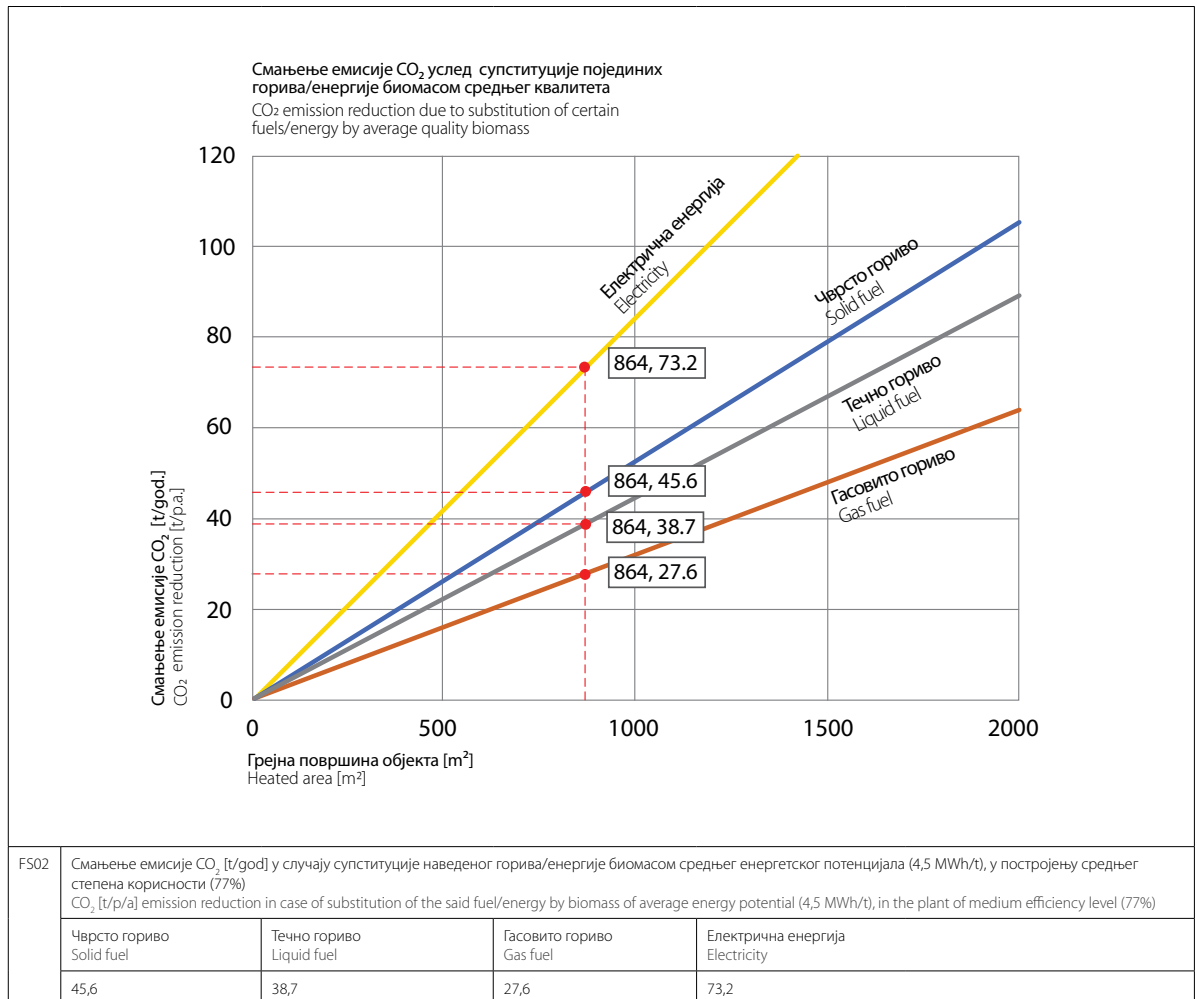


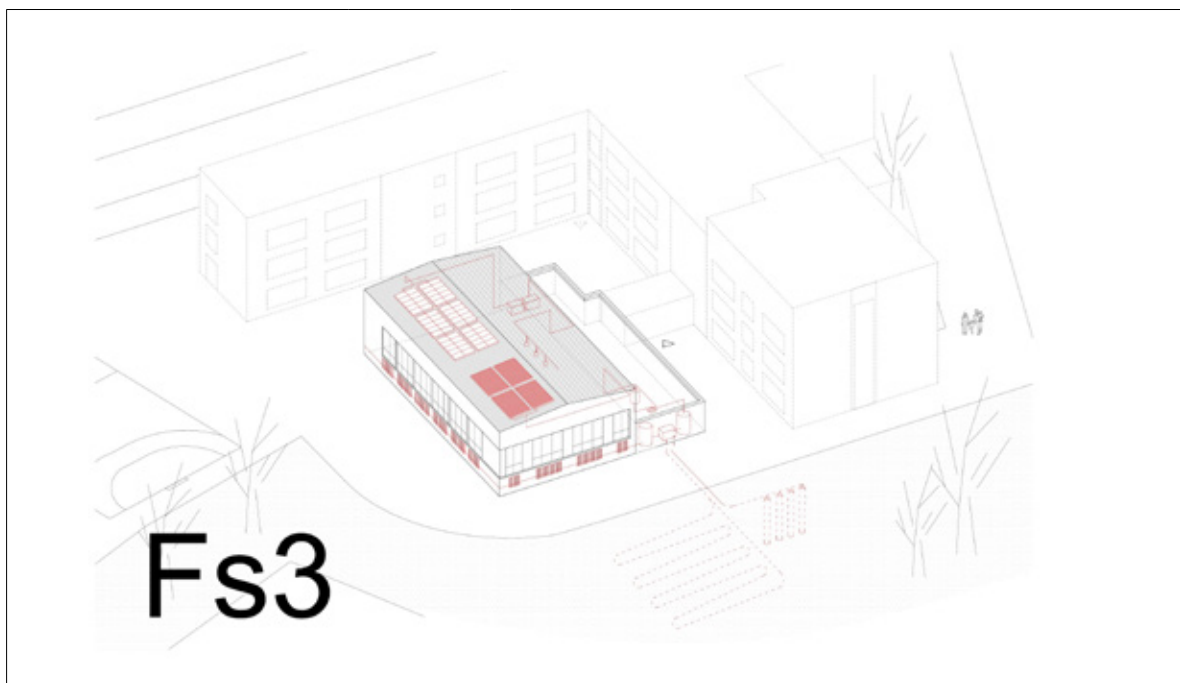
FS02	Потребан капацитет пумпе [kW] Required pump capacity [kW]	Ангажована електрична снага [kW] Deployed power [kW]	Електрична енергија [kWh/god] Electricity [kWh/p/a.]	Емисија CO ₂ [t/god] Emission of CO ₂ [t/p/a.]	Смањење емисије CO ₂ [t/god] у односу на CO ₂ emission reduction [t/p/a.] in relation to		
					СДГ или угаљ DHS or coal	лож уље fuel oil	природни гас natural gas
	98,4	33,9	73.284	38,8	7,3	0,4	-10,8

ПОТЕНЦИЈАЛ ЗА КОРИШЋЕЊЕ БИОМАСЕ POTENTIAL FOR THE USE OF BIOMASS



FS02	Површина објекта 864 m ² Топлотне потребе објекта 64,8 kW Building area 864 m ² Heat demand of the building 64,8 kW	Врста биомасе Biomass type	Потребан капацитет котла Required boiler capacity	Потребна енергија горива Required fuel energy	Потребна количина поједине биомасе Required specific biomass quantity
			kW	MWh/god MWh/p/a	[t/god] [t/p/a]
		Дрвени пелет Wood pellet	81,8	135,0	27,6
		Дрвени брикет Wood briquette	83,7	138,1	30,7
		Дрвна сечка Wood chips	85,7	141,3	50,9





Основни подаци о објекту
Basic building data

Површина парцеле
Lot area

/

Слободна површина парцеле за примену ОИ
Available lot area for RES implementation

/

Површина објекта
Building area

707 m²

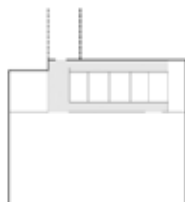
Укупна површина равног крова
Total flat roof area

260 m²

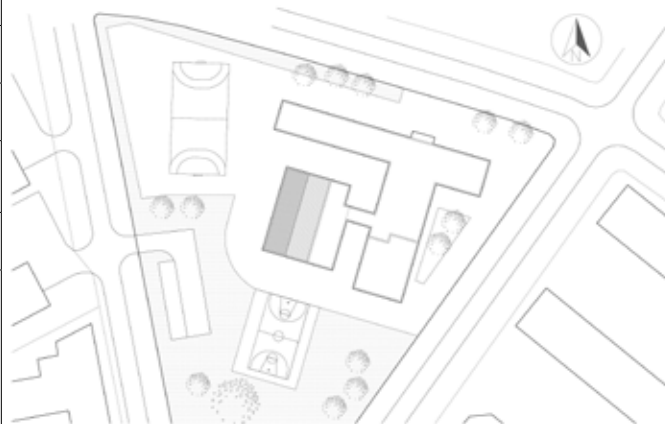
Укупна површина косог крова
Total pitched roof area

538 m²

Организациона шема објекта
Organisational scheme of the building








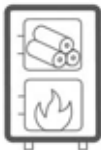

Ситуациони приказ
Layout



ПОТЕНЦИЈАЛ ЗА КОРИШЋЕЊЕ ОБНОВЉИВИХ ИЗВОРА POTENTIAL FOR THE USE OF RENEWABLE SOURCES

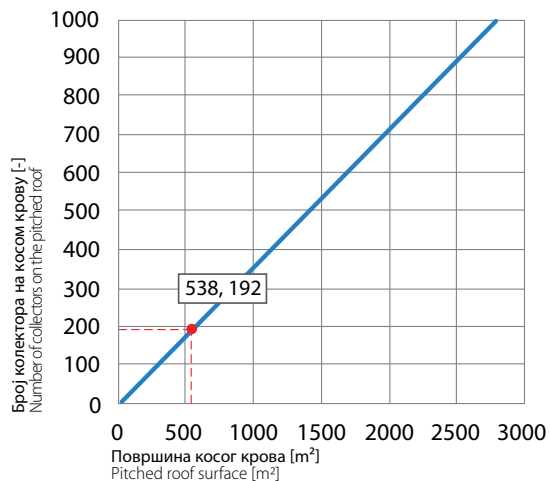
			
ФОТОНАПОНСКИ ПАНЕЛИ PHOTOVOLTAIC PANELS	СОЛАРНИ КОЛЕКТОРИ SOLAR COLLECTORS	ТОПЛОТНЕ ПУМПЕ, тип "земља - вода" HEAT PUMPS "ground-water"	
		Хоризонталне сонде (колектори)	Вертикалне сонде (колектори)
Максимални потенцијал производње електричне енергије за оптимално расположиве површине крова [MWhе/god] Maximum potential for power generation for optimum available roof surfaces [MWhе/p/a]	Максимални потенцијал производње топлотне енергије за оптимално расположиве површине крова [MWh/god] Maximum potential for heat generation for optimum available roof surfaces [MWhе/p/a]	Максимални грејни капацитет за расположиву површину дворишта [kW] Maximum heating capacity for the available yard area [kW]	
63,0	284,6	-	-

КОРИШЋЕЊЕ ОБНОВЉИВИХ ИЗВОРА – подмирење потреба објекта USE OF RENEWABLE SOURCES- meeting building demand

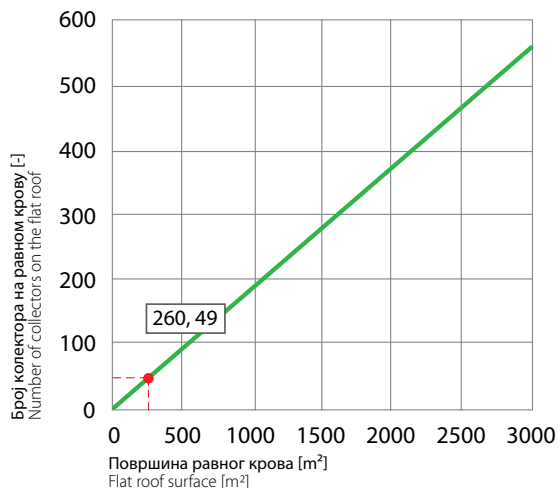
						
ФОТОНАПОНСКИ ПАНЕЛИ PHOTOVOLTAIC PANELS	ТОПЛОТНЕ ПУМПЕ HEAT PUMPS			БИОМАСА BIOMASS		
	тип "ваздух - вода" "air-water" type	тип "земља - вода" "ground-water" type		пелет pellet	брикет briquette	сечка chips
Производње електричне енергије [MWh/god] / Ангажована површина крова [m ²] Power production [MWh/p/a] / Deployed roof surface [m ²]	Потребни топлотни капацитет пумпе [kW] / Потрошња електричне енергије за погон топлотне пумпе [MWh/god] Required thermal pump capacity [kW] / Electricity consumption for the heat pump drive [MWh/p/a]			Количине поједине дрвне биомасе средњег квалитета, које подмирују потребе објекта за грејањем [t/god] Quantities of specific biomass of average quality, meeting the building heating demand [t/p/a]		
15,3 / 175	80,5 / 59,9	-		22,6	25,2	41,7

ПОТЕНЦИЈАЛ ЗА КОРИШЋЕЊЕ СОЛАРНИХ КОЛЕКТОРА POTENTIAL FOR THE USE OF SOLAR COLLECTORS

Максималан број инсталираних колектора по површини косог крова у зависности од површине крова
Maximum number of installed collectors per pitched roof surface depending on the roof area



Максималан број инсталираних колектора по површини равног крова у зависности од површине крова
Maximum number of installed collectors per flat roof surface depending on the roof area



FS03	Оптимально расположива површина косог крова [m²] Optimum available pitched roof area [m²]	Нагибни угао [°] Tilt angle [°]	Оптимально расположива површина равног крова [m²] Optimum available flat roof area [m²]	Површина колектора [m²] Collector surface [m²]	Минимална запремина танка [l] Minimum tank volume [l]	Производња топлотне енергије на годишњем нивоу [kWh/год] Annual heat generation [kWh/yr]	Могуће смањење емисије CO ₂ у зависности од енергента који се супституише [kgCO ₂] Potential CO ₂ emission reduction depending on the substituted fuel [kgCO ₂]		
							угаљ coal	гас gas	мазут heavy oil
Y1 I1	538	6	260	566,28	28.318	284.603	122.095	62.613	95.627
Y2 I2	538	6	260	566,28	28.318	284.603	122.095	62.613	95.627

Y1: Унапређење 1 – Покривеност 100% површине кровова јужне, југоисточне и југозападне оријентације.

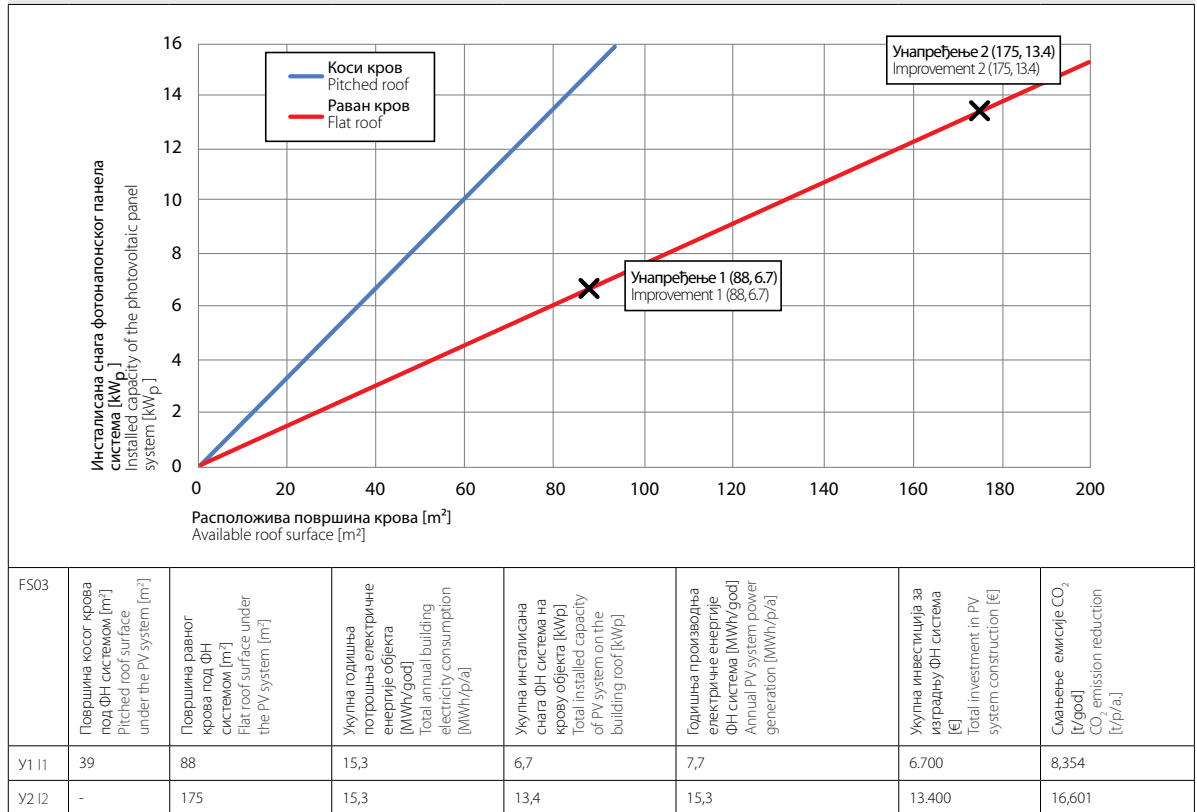
Y2: Унапређење 2 – Покривеност 100% површине кровова јужне, југоисточне, југозападне, источне и западне оријентације.

I1: Improvement 1 - 100% coverage of the roof surface of South, Southeast and Southwest orientation.

I2: Improvement 2 - 100% coverage of the roof surface of South, Southeast, Southwest, East and West orientation.

ПОТЕНЦИЈАЛ ЗА КОРИШЋЕЊЕ СОЛАРНИХ ФОТОНАПОНСКИХ СИСТЕМА

POTENTIAL FOR THE USE OF SOLAR PHOTOVOLTAIC SYSTEMS



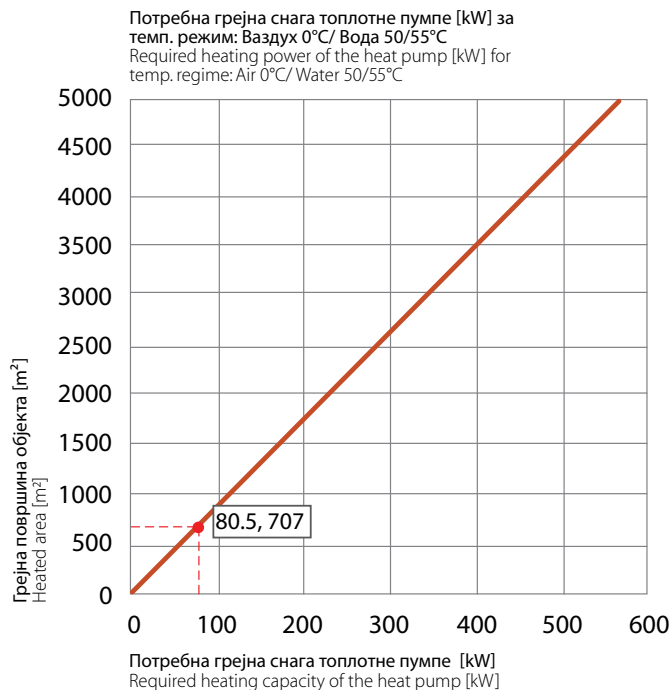
У1: Унапређење 1 – Прво унапређење подразумева изградњу фотонапонских система на расположивим кровним површинама које имају најбољу просторну оријентацију са аспекта укупне годишње инсолације. Инсталирана снага фотонапонског система треба да обезбеди годишњу производњу електричне енергије која покрива до 50% укупне годишње потрошње електричне енергије у анализираном школском објекту.

У2: Унапређење 2 – Друго унапређење подразумева изградњу фотонапонских система на расположивим кровним површинама које имају најбољу просторну оријентацију са аспекта укупне годишње инсолације. Инсталирана снага фотонапонског система треба да обезбеди годишњу производњу електричне енергије која покрива 100% укупне годишње потрошње електричне енергије у анализираном школском објекту.

I1: Improvement 1- Improvement 1 implies construction of photovoltaic systems with available roof surfaces with best possible spatial orientation from the perspective of total annual insolation. The installed photovoltaic system capacity needs to ensure annual power generation covering up to 50% of the total annual power consumption in the analysed school building.

I2: Improvement 2- Improvement 1 implies construction of photovoltaic systems with available roof surfaces with best possible spatial orientation from the perspective of total annual insolation. The installed photovoltaic system capacity needs to ensure annual power generation covering 100% of the total annual power consumption in the analysed school building.

ПОТЕНЦИЈАЛ ЗА КОРИШЋЕЊЕ ТОПЛОТНИХ ПУМПИ ТОПЛОТНЕ ПУМПЕ ВАЗДУХ-ВОДА POTENTIAL FOR THE USE OF HEAT PUMPS HEAT PUMPS "AIR- WATER"

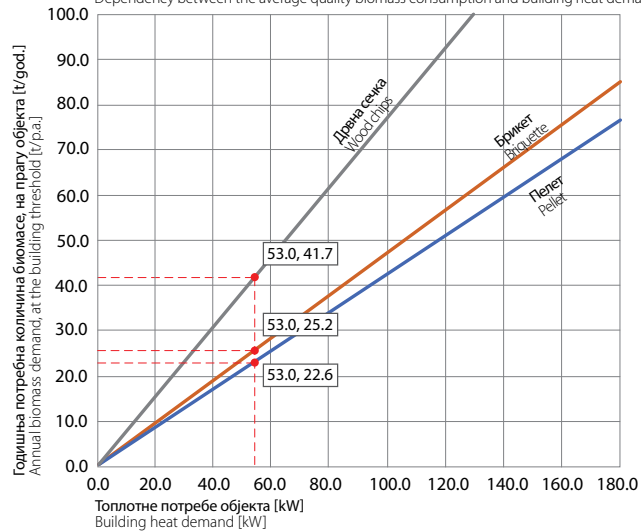


FS03	Потребан капацитет пумпе [kW] Required pump capacity [kW]	Ангажована електрична снага [kW] Deployed power [kW]	Електрична енергија [kWh/god] Electricity [kWh/p/a.]	Емисија CO ₂ [t/god] Emission of CO ₂ [t/p/a.]	Смањење емисије CO ₂ [t/god] у односу на CO ₂ emission reduction [t/p/a.] in relation to		
					СДГ или угаљ DHS or coal	лож уље fuel oil	природни гас natural gas
	80,5	27,8	59,967	31,8	6,0	0,3	-8,9

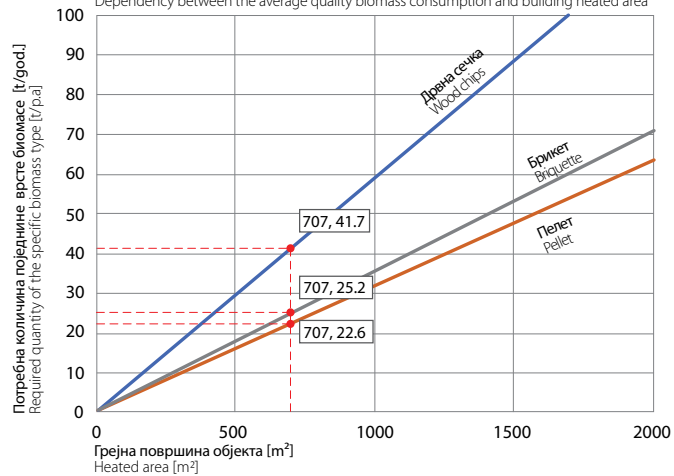
ПОТЕНЦИЈАЛ ЗА КОРИШЋЕЊЕ БИОМАСЕ

POTENTIAL FOR THE USE OF BIOMASS

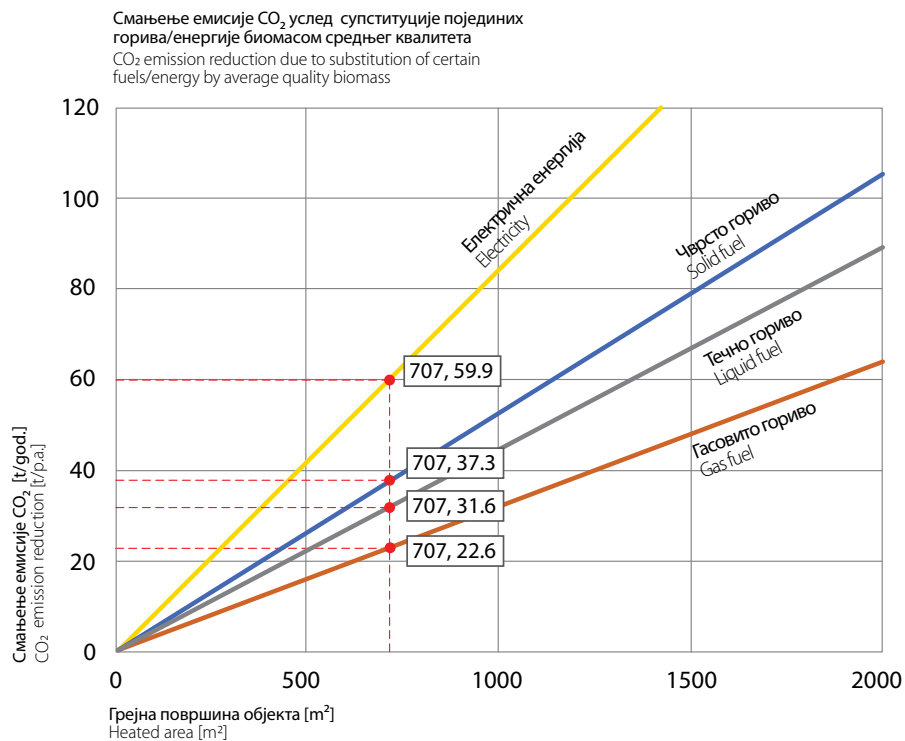
Зависност потрошње биомасе средњег квалитета од топлотних потреба објекта (рачунато 75 W/m²)
Dependency between the average quality biomass consumption and building heat demand (calculated 75 W/m²)



Зависност потрошње биомасе средњег квалитета од грејне површине објекта
Dependency between the average quality biomass consumption and building heated area



FS03	Површина објекта 707 m ² Топлотне потребе објекта 53,0 kW Building area 707 m ² Heat demand of the building 53,0 kW	Врста биомасе Biomass type	Потребан капацитет котла Required boiler capacity	Потребна енергија горива Required fuel energy	Потребна количина поједине биомасе Required specific biomass quantity
			kW	MWh/god MWh/p/a	[t/god] [t/p/a]
		Дрвни пелет Wood pellet	66,9	110,5	22,6
		Дрвни брикет Wood briquette	68,5	113,0	25,2
		Дрвна сечка Wood chips	70,1	115,7	41,7



FS03 Смањење емисије CO₂ [t/god] у случају супституције наведеног горива/енергије биомасом средњег енергетског потенцијала (4,5 MWh/t), у постројењу средњег степена корисности (77%)
CO₂ [t/p/a] emission reduction in case of substitution of the said fuel/energy by biomass of average energy potential (4,5 MWh/t), in the plant of medium efficiency level (77%)

Чврсто гориво Solid fuel	Течно гориво Liquid fuel	Гасовито гориво Gas fuel	Електрична енергија Electricity
37,3	31,6	22,6	59,9

9.2 Зграде предшколских установа

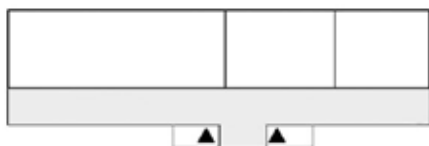
9.2 Kindergarten buildings



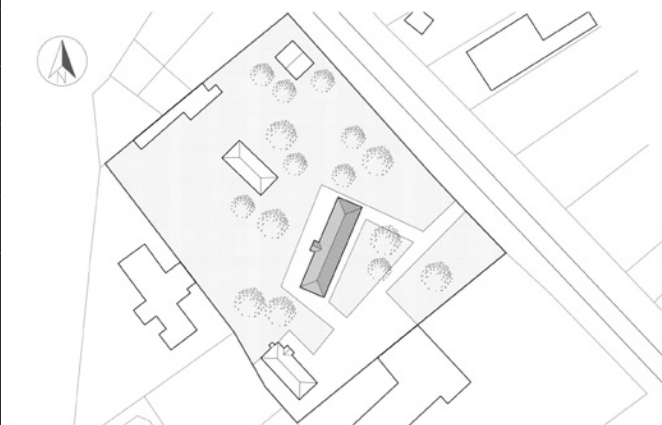
Основни подаци о објекту
Basic building data

Површина парцеле Lot area	10658 m ²
Слободна површина парцеле за примену ОИ Available lot area for RES implementation	7818 m ²
Површина објекта Building area	300 m ²
Укупна површина равног крова Total flat roof area	/
Укупна површина косог крова Total pitched roof area	989 m ²

Организациона шема објекта
Organisational scheme of the building








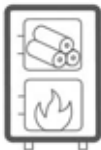

Ситуциони приказ
Layout



ПОТЕНЦИЈАЛ ЗА КОРИШЋЕЊЕ ОБНОВЉИВИХ ИЗВОРА POTENTIAL FOR THE USE OF RENEWABLE SOURCES

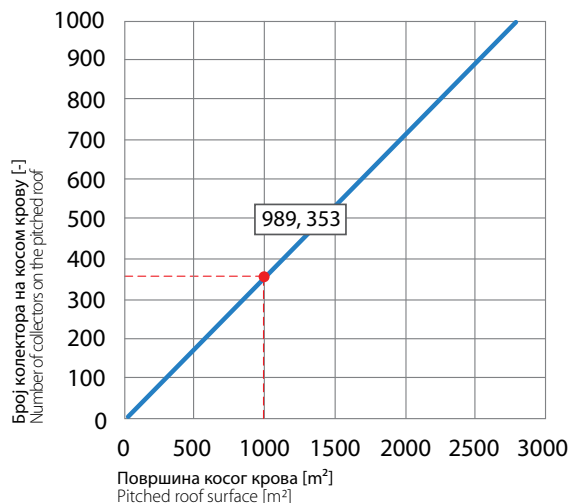
			
ФОТОНАПОНСКИ ПАНЕЛИ PHOTOVOLTAIC PANELS	СОЛАРНИ КОЛЕКТОРИ SOLAR COLLECTORS	ТОПЛОТНЕ ПУМПЕ, тип "земља - вода" HEAT PUMPS "ground-water"	
		Хоризонталне сонде (колектори)	Вертикалне сонде (колектори)
Максимални потенцијал производње електричне енергије за оптимално расположиве површине крова [MWhе/god] Maximum potential for power generation for optimum available roof surfaces [MWhе/p/a]	Максимални потенцијал производње топлотне енергије за оптимално расположиве површине крова [MWh/god] Maximum potential for heat generation for optimum available roof surfaces [MWhе/p/a]	Максимални грејни капацитет за расположиву површину дворишта [kW] Maximum heating capacity for the available yard area [kW]	
65,6	181,6	224,3	607,5

КОРИШЋЕЊЕ ОБНОВЉИВИХ ИЗВОРА – подмирење потреба објекта USE OF RENEWABLE SOURCES- meeting building demand

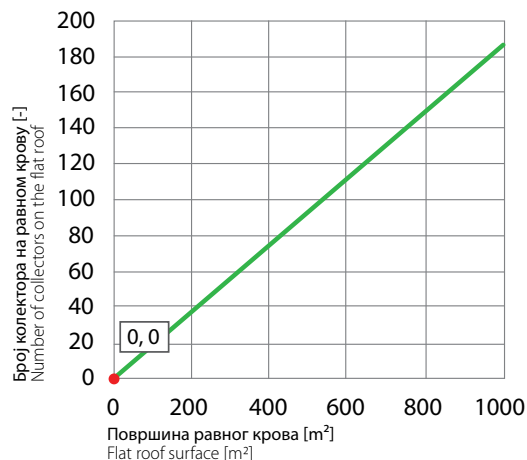
						
ФОТОНАПОНСКИ ПАНЕЛИ PHOTOVOLTAIC PANELS	ТОПЛОТНЕ ПУМПЕ HEAT PUMPS		БИОМАСА BIOMASS			
	тип "ваздух - вода" "air-water" type	тип "земља - вода" "ground-water" type	пелет pellet	брикет briquette	сечка chips	
Производње електричне енергије [MWh/god] / Ангажована површина крова [m ²] Power production [MWh/p/a] / Deployed roof surface [m ²]	Потребни топлотни капацитет пумпе [kW] / Потрошња електричне енергије за погон топлотне пумпе [MWh/god] Required thermal pump capacity [kW] / Electricity consumption for the heat pump drive [MWh/p/a]		Количине поједине дрвне биомасе средњег квалитета, које подмирују потребе објекта за грејањем [t/god] Quantities of specific biomass of average quality, meeting the building heating demand [t/p/a]			
12,4 / 70	34,2 / 25,5	27,8 / 17,6	9,6	10,7	17,7	

ПОТЕНЦИЈАЛ ЗА КОРИШЋЕЊЕ СОЛАРНИХ КОЛЕКТОРА POTENTIAL FOR THE USE OF SOLAR COLLECTORS

Максималан број инсталираних колектора по површини косог крова у зависности од површине крова
Maximum number of installed collectors per pitched roof surface depending on the roof area



Максималан број инсталираних колектора по површини равног крова у зависности од површине крова
Maximum number of installed collectors per flat roof surface depending on the roof area



A1	Оптимально расположива површина косог крова [m²] Optimum available pitched roof area [m²]	Нагибни угао [°] Tilt angle [°]	Оптимально расположива површина равног крова [m²] Optimum available flat roof area [m²]	Површина колектора [m²] Collector surface [m²]	Минимална запремина танка [l] Minimum tank volume [l]	Производња топлотне енергије на годишњем нивоу [kWhт/god] Annual heat generation [kWhт/yr]	Могуће смањење емисије CO ₂ у зависности од енергента који се супституише [kgCO ₂] Potential CO ₂ emission reduction depending on the substituted fuel [kgCO ₂]		
							угаљ coal	гас gas	мазут heavy oil
Y1 I1	35	30	-	30,68	1.534	17.779	7.627	3.911	5.974
Y2 I2	443	30	-	372,86	18.642	181.568	77.893	39.945	61.007

U1: Унапређење 1 – Покривеност 100% површине кровова јужне, југоисточне и југозападне оријентације.

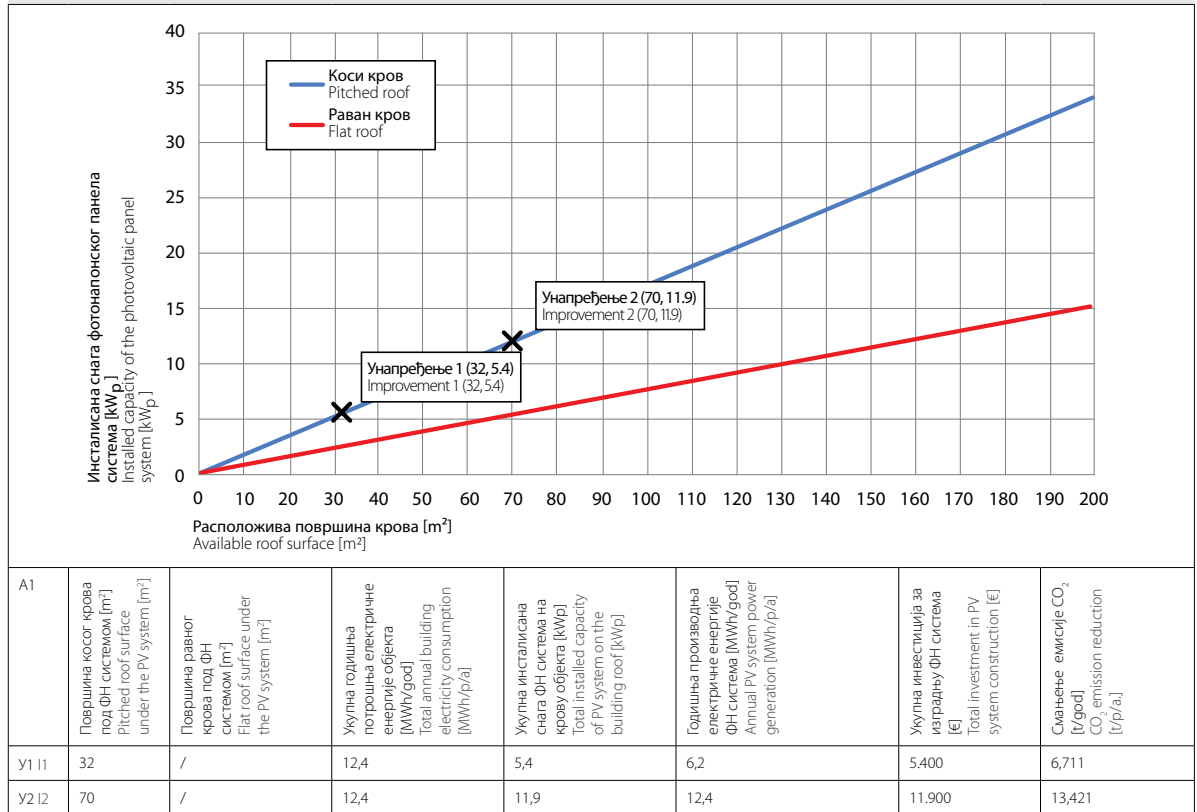
U2: Унапређење 2 – Покривеност 100% површине кровова јужне, југоисточне, југозападне, источне и западне оријентације.

I1: Improvement 1 - 100% coverage of the roof surface of South, Southeast and Southwest orientation.

I2: Improvement 2 - 100% coverage of the roof surface of South, Southeast, Southwest, East and West orientation.

ПОТЕНЦИЈАЛ ЗА КОРИШЋЕЊЕ СОЛАРНИХ ФОТОНАПОНСКИХ СИСТЕМА

POTENTIAL FOR THE USE OF SOLAR PHOTOVOLTAIC SYSTEMS



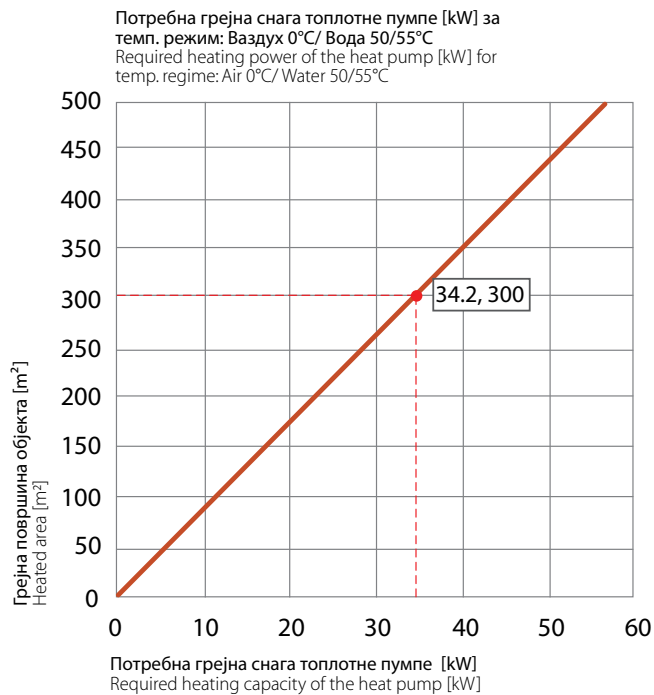
У1: Унапређење 1 – Прво унапређење подразумева изградњу фотонапонских система на расположивим кровним површинама које имају најбољу просторну оријентацију са аспекта укупне годишње инсолације. Инсталисана снага фотонапонског система треба да обезбеди годишњу производњу електричне енергије која покрива до 50% укупне годишње потрошње електричне енергије у анализираном школском објекту.

У2: Унапређење 2 – Друго унапређење подразумева изградњу фотонапонских система на расположивим кровним површинама које имају најбољу просторну оријентацију са аспекта укупне годишње инсолације. Инсталисана снага фотонапонског система треба да обезбеди годишњу производњу електричне енергије која покрива 100% укупне годишње потрошње електричне енергије у анализираном школском објекту.

I1: Improvement 1- Improvement 1 implies construction of photovoltaic systems with available roof surfaces with best possible spatial orientation from the perspective of total annual insolation. The installed photovoltaic system capacity needs to ensure annual power generation covering up to 50% of the total annual power consumption in the analysed school building.

I2: Improvement 2- Improvement 1 implies construction of photovoltaic systems with available roof surfaces with best possible spatial orientation from the perspective of total annual insolation. The installed photovoltaic system capacity needs to ensure annual power generation covering 100% of the total annual power consumption in the analysed school building.

ПОТЕНЦИЈАЛ ЗА КОРИШЋЕЊЕ ТОПЛОТНИХ ПУМПИ ТОПЛОТНЕ ПУМПЕ ВАЗДУХ-ВОДА POTENTIAL FOR THE USE OF HEAT PUMPS HEAT PUMPS "AIR- WATER"



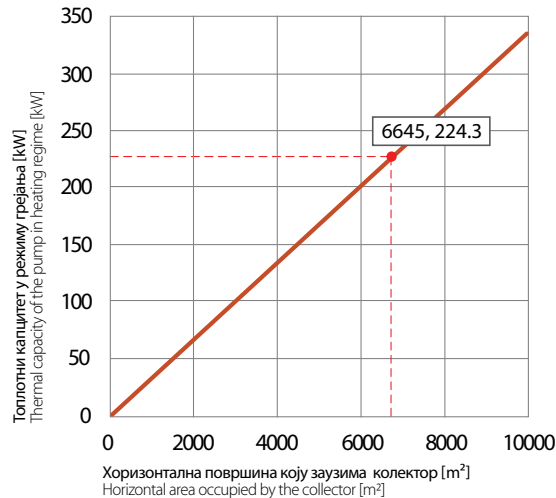
A1	Потребан капацитет пумпе [kW] Required pump capacity [kW]	Ангажована електрична снага [kW] Deployed power [kW]	Електрична енергија [kWh/god] Electricity [kWh/p/a.]	Емисија CO ₂ [t/god] Emission of CO ₂ [t/p/a.]	Смањење емисије CO ₂ [t/god] у односу на CO ₂ emission reduction [t/p/a.] in relation to		
					СДГ или угаљ DHS or coal	лож уље fuel oil	природни гас natural gas
	34,2	11,8	25.446	13,5	2,6	0,1	-3,8

ТОПЛОТНЕ ПУМПЕ ЗЕМЉА-ВОДА: ХОРИЗОНТАЛНЕ СОНДЕ

HEAT PUMPS "GROUND-WATER" HORIZONTAL PROBES

Топлотни капацитет пумпе у режиму грејања за усвојено:

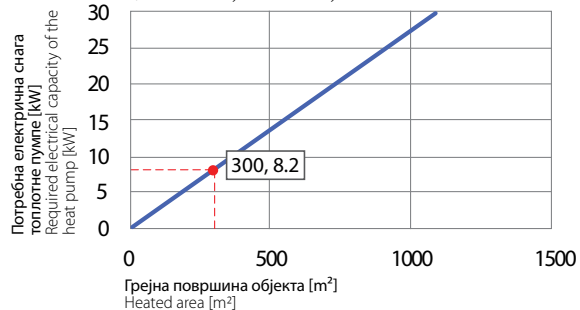
- a). Топлотни флуks колектора = 25 W/ m²
 б). Температура прилагођена за радијаторско грејање = 55°C
 Thermal capacity of the pump in the heating regime for the adopted:
 a). Heat flux of the collector = 25 W/m²
 b). Temperature adjusted for radiator heating = 55°C



Зависност потребне електричне снаге и

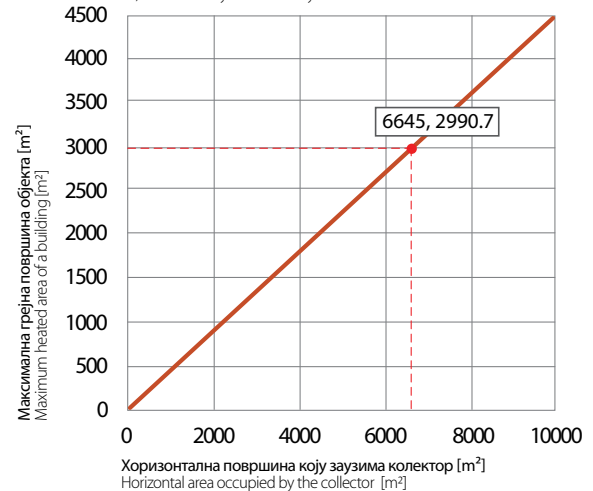
грејне површине објекта за усвојено:

- a). Специфичне топлотне потребе = 75 W/ m²
 б). COP топлотне пумпе = 3,4
 ц). Ефикасност система дистрибуције = 89 %
 Dependency between the required electrical capacity and building heated area for the adopted:
 a). Specific heat demand = 75 W/m²
 б). Heat pump SOR = 3.4
 ц). Distribution system efficiency = 89 %



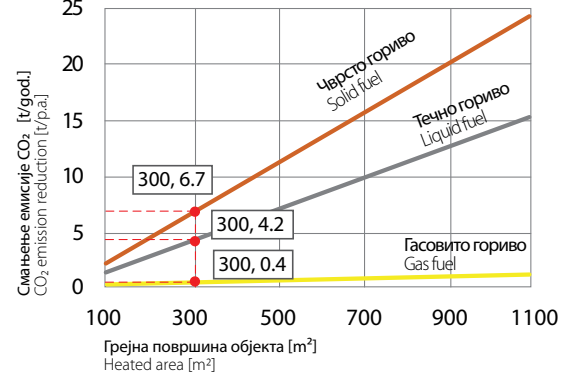
Максимална грејна површина објекта у зависности од

- површине коју заузима колектор за усвојено:
 а). Специфична топлотна потреба објекта = 75 W/m²
 б). Ефикасност система дистрибуције = 89 %
 Maximum heated area depending on the area occupied by the collector for the adopted:
 а). Specific building heat demand = 75 W/m²
 б). Distribution system efficiency = 89 %



Смањење емисије CO₂ приликом супституције фосилних горива електричном енергијом путем топлотних пумпи

CO₂ emission reduction due to substitution of fossil fuels by electrical power via heat pumps

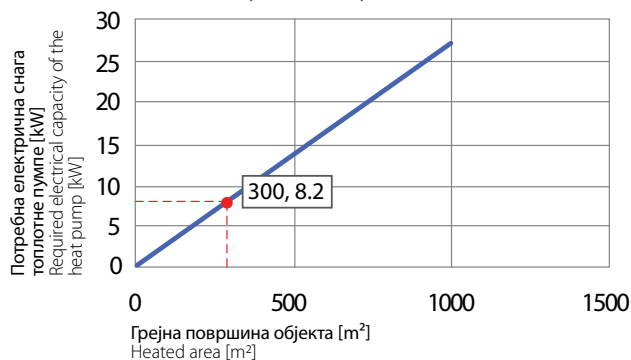


A1	Потребан капацитет пумпе [kW] Required pump capacity [kW]	Расположива површина дворишта [m ²] Available yard area [m ²]	Могући грејни капацитет [kW] Potential heating capacity [kW]	Електрична енергија [kWh/god] Electricity [kWh/p/a.]	Емисија CO ₂ [t/god] Emission of CO ₂ [t/p/a.]	Смањење емисије CO ₂ [t/god] у односу на CO ₂ emission reduction [t/p/a.] in relation to		
						СДГ или угљањ DHS or coal	лож уље fuel oil	природни гас natural gas
	27,8	6.645	224,3	17.667	9,4	6,7	4,2	0,4

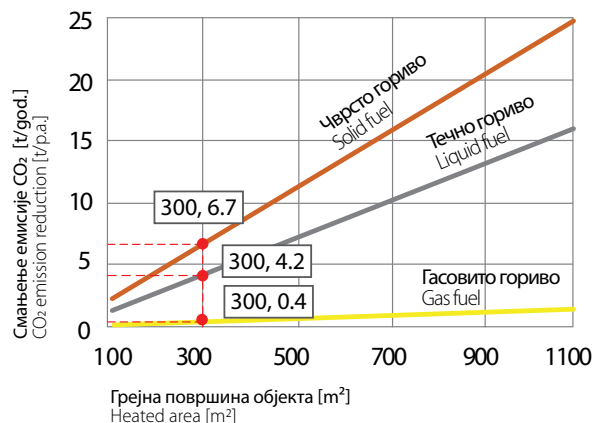
ТОПЛОТНЕ ПУМПЕ ЗЕМЉА-ВОДА: ВЕРТИКАЛНЕ СОНДЕ

HEAT PUMPS "GROUND- WATER" VERTICAL PROBES

Зависност потребне електричне снаге и грејне површине објекта за усвојено:
 а). Специфичне топлотне потребе = 75 W/m^2
 б). COP топлотне пумпе = 3,4
 ц). Ефикасност система дистрибуције = 89 %
 Dependency between the required electrical capacity and building heated area for the adopted:
 а). Specific heat demand = 75 W/m^2
 б). Heat pump SOR = 3.4
 ц). Distribution system efficiency = 89 %



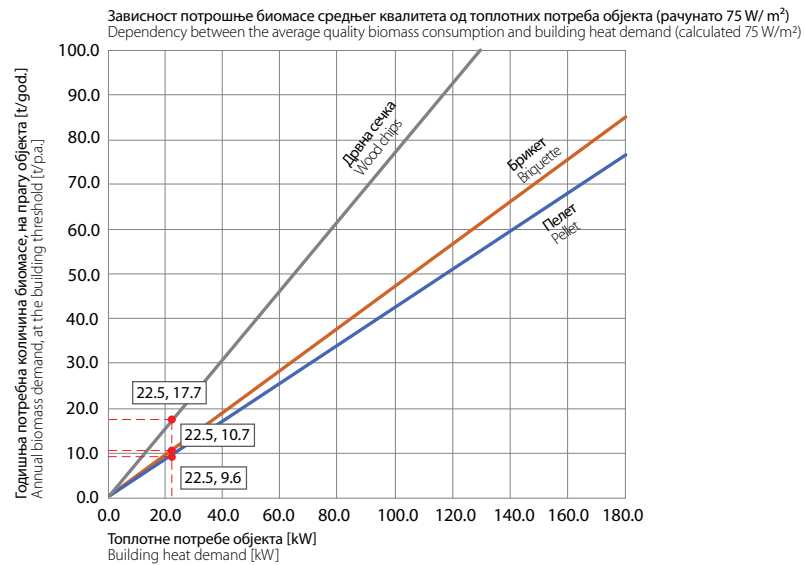
Смањење емисије CO₂ приликом супституције фосилних горива електричном енергијом путем топлотних пумпи
 CO₂ emission reduction due to substitution of fossil fuels by electrical power via heat pumps



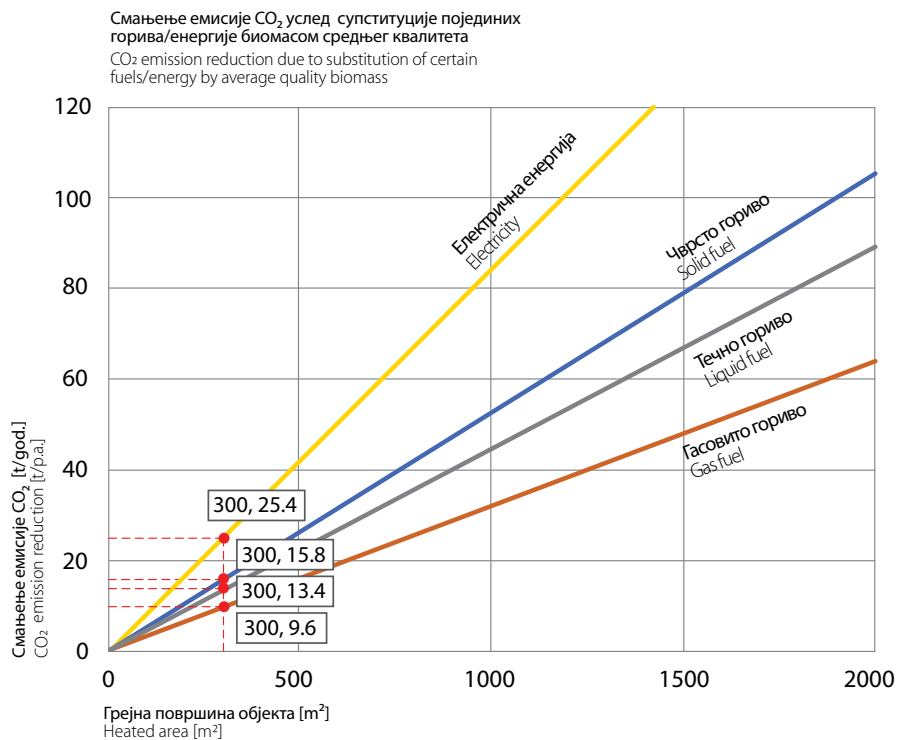
A1	Потребан капацитет пумпе [kW] Required pump capacity [kW]	Расположива површина дворишта [m²] Available yard area [m²]	Могући грејни капацитет [kW] Potential heating capacity [kW]	Електрична енергија [kWh/god] Electricity [kWh/p/a.]	Емисија CO ₂ [t/god] Emission of CO ₂ [t/p/a.]	Смањење емисије CO ₂ [t/god] у односу на CO ₂ emission reduction [t/p/a.] in relation to		
						СДГ или угаљ DHS or coal	лож уље fuel oil	природни гас natural gas
	27,8	6.645	607,5	17.667	9,4	6,7	4,2	0,4

ПОТЕНЦИЈАЛ ЗА КОРИШЋЕЊЕ БИОМАСЕ

POTENTIAL FOR THE USE OF BIOMASS

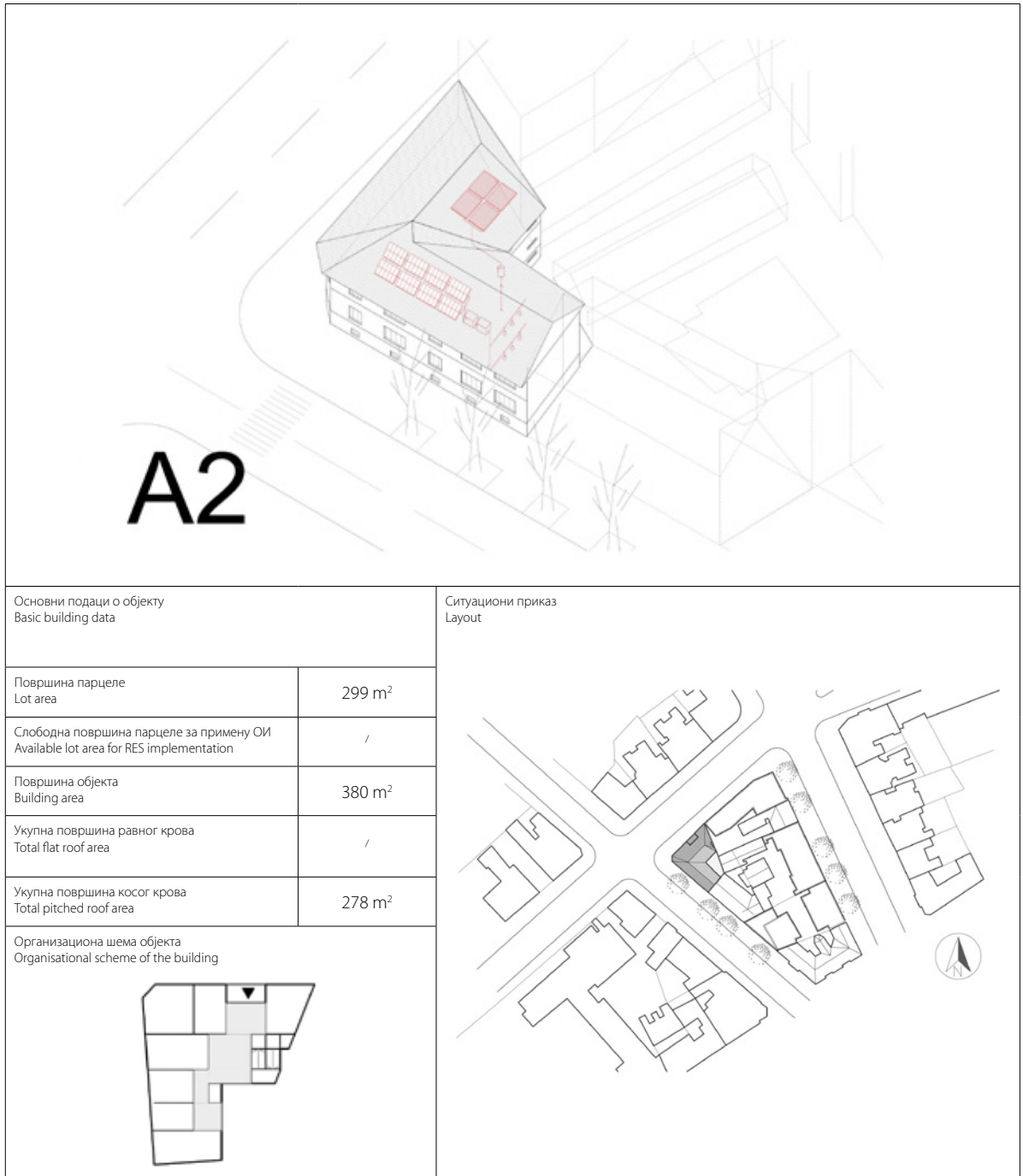


A1	Површина објекта 300 m ² Топлотне потребе објекта 22,5 kW Building area 300 m ² Heat demand of the building 22.5 kW	Врста биомасе Biomass type	Потребан капацитет котла Required boiler capacity	Потребна енергија горива Required fuel energy	Потребна количина поједине биомасе Required specific biomass quantity
			kW	MWh/god MWh/p/a	[t/god] [t/p/a]
		Дрвни пелет Wood pellet	28,4	46,9	9,6
		Дрвни брикет Wood briquette	29,1	47,9	10,7
		Дрвна сечка Wood chips	29,7	49,1	17,7



A1 Смањење емисије CO₂ [t/god] у случају супституције наведеног горива/енергије биомасом средњег енергетског потенцијала (4,5 MWh/t), у постројењу средњег степена корисности (77%)
CO₂ [t/p/a] emission reduction in case of substitution of the said fuel/energy by biomass of average energy potential (4,5 MWh/t), in the plant of medium efficiency level (77%)

Чврсто гориво Solid fuel	Течно гориво Liquid fuel	Гасовито гориво Gas fuel	Електрична енергија Electricity
15,8	13,4	9,6	25,4



ПОТЕНЦИЈАЛ ЗА КОРИШЋЕЊЕ ОБНОВЉИВИХ ИЗВОРА POTENTIAL FOR THE USE OF RENEWABLE SOURCES

			
ФОТОНАПОНСКИ ПАНЕЛИ PHOTOVOLTAIC PANELS	СОЛАРНИ КОЛЕКТОРИ SOLAR COLLECTORS	ТОПЛОТНЕ ПУМПЕ, тип "земља - вода" HEAT PUMPS "ground-water"	
		Хоризонталне сонде (колектори)	Вертикалне сонде (колектори)
Максимални потенцијал производње електричне енергије за оптимално расположиве површине крова [MWh/god] Maximum potential for power generation for optimum available roof surfaces [MWh/p/a]	Максимални потенцијал производње топлотне енергије за оптимално расположиве површине крова [MWh/god] Maximum potential for heat generation for optimum available roof surfaces [MWh/p/a]	Максимални грејни капацитет за расположиву површину дворишта [kW] Maximum heating capacity for the available yard area [kW]	
25,3	70,4	0,0	0,0

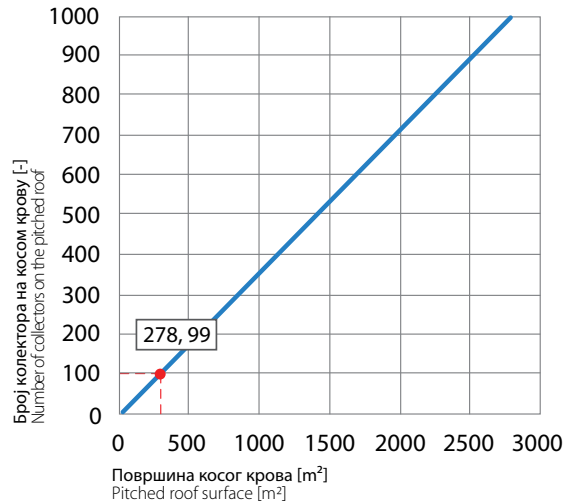
КОРИШЋЕЊЕ ОБНОВЉИВИХ ИЗВОРА – подмирење потреба објекта USE OF RENEWABLE SOURCES- meeting building demand

						
ФОТОНАПОНСКИ ПАНЕЛИ PHOTOVOLTAIC PANELS	ТОПЛОТНЕ ПУМПЕ HEAT PUMPS			БИОМАСА BIOMASS		
	тип "ваздух - вода" "air-water" type	тип "земља - вода" "ground-water" type		пелет pellet	брикет briquette	сечка chips
Производње електричне енергије [MWh/god] / Ангажована површина крова [m ²] Power production [MWh/p/a] / Deployed roof surface [m ²]	Потребни топлотни капацитет пумпе [kW] / Потрошња електричне енергије за погон топлотне пумпе [MWh/god] Required thermal pump capacity [kW] / Electricity consumption for the heat pump drive [MWh/p/a]			Количине поједине дрвне биомасе средњег квалитета, које подмирују потребе објекта за грејањем [t/god] Quantities of specific biomass of average quality, meeting the building heating demand [t/p/a]		
24 / 128	43,3 / 32,3	35,2 / Недовољна површина дворишта insufficient yard area		12,1	13,5	22,4

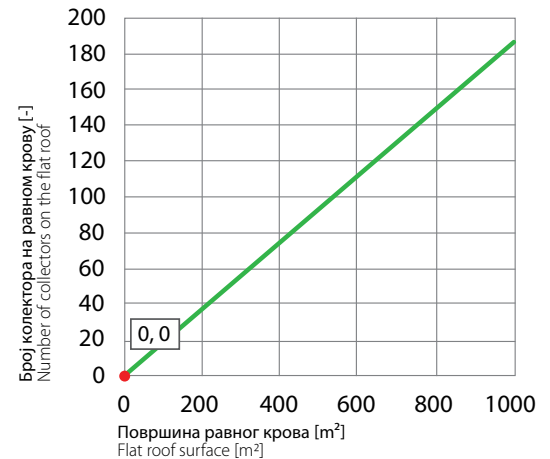
ПОТЕНЦИЈАЛ ЗА КОРИШЋЕЊЕ СОЛАРНИХ КОЛЕКТОРА

POTENTIAL FOR THE USE OF SOLAR COLLECTORS

Максималан број инсталираних колектора по површини косог крова у зависности од површине крова
Maximum number of installed collectors per pitched roof surface depending on the roof area



Максималан број инсталираних колектора по површини равног крова у зависности од површине крова
Maximum number of installed collectors per flat roof surface depending on the roof area



A2	Оптимально расположива површина косог крова [m²] Optimum available pitched roof area [m²]	Нагибни угао [°] Tilt angle [°]	Оптимально расположива површина равног крова [m²] Optimum available flat roof area [m²]	Површина колектора [m²] Collector surface [m²]	Минимална запремина танка [l] Minimum tank volume [l]	Производња топлотне енергије на годишњем нивоу [kWh/t/год] Annual heat generation [kWh/t/yr]	Могуће смањење емисије CO ₂ у зависности од енергента који се супституише [kgCO ₂] Potential CO ₂ emission reduction depending on the substituted fuel [kgCO ₂]		
							угаљ coal	гас gas	мазут heavy oil
У1 I1	155	25	-	132.15	6.607	70.407	30.205	15.489	23.657
У2 I2	155	25	-	132.15	6.607	70.407	30.205	15.490	23.657

У1: Унапређење 1 – Покривеност 100% површине кровова јужне, југоисточне и југозападне оријентације.

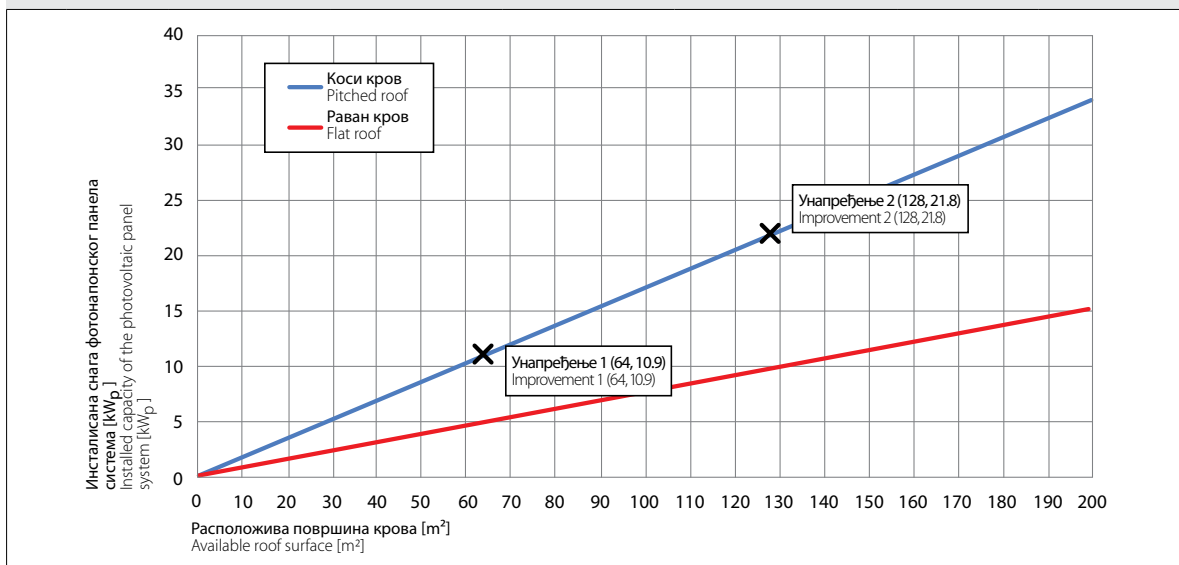
У2: Унапређење 2 – Покривеност 100% површине кровова јужне, југоисточне, југозападне, источне и западне оријентације.

I1: Improvement 1 - 100% coverage of the roof surface of South, Southeast and Southwest orientation.

I2: Improvement 2 - 100% coverage of the roof surface of South, Southeast, Southwest, East and West orientation.

ПОТЕНЦИЈАЛ ЗА КОРИШЋЕЊЕ СОЛАРНИХ ФОТОНАПОНСКИХ СИСТЕМА

POTENTIAL FOR THE USE OF SOLAR PHOTOVOLTAIC SYSTEMS



A2	Површина косог крова под ФН системом [m²] Pitched roof surface under the PV system [m²]	Површина равног крова под ФН системом [m²] Flat roof surface under the PV system [m²]	Укупна годишња потрошња електричне енергије објекта [MWh/god] Total annual building electricity consumption [MWh/p/a]	Укупна инсталисана снага ФН система на крову објекта [kWp] Total installed capacity of PV system on the building roof [kWp]	Годишња производња електричне енергије ФН система [MWh/god] Annual PV system power generation [MWh/p/a]	Укупна инвестиција за изградњу ФН система [€] Total investment in PV system construction [€]	Смањење емисије CO ₂ [t/god] CO ₂ emission reduction [t/p/a]
У1.11	64	/	24,0	10,9	12,0	10.900	13,020
У2.12	128	/	24,0	21,8	24,0	21.000	26,040

У1: Унапређење 1 – Прво унапређење подразумева изградњу фотонапонских система на расположивим кровним површинама које имају најбољу просторну оријентацију са аспекта укупне годишње инсолације. Инсталисана снага фотонапонског система треба да обезбеди годишњу производњу електричне енергије која покрива до 50% укупне годишње потрошње електричне енергије у анализираном школском објекту.

У2: Унапређење 2 – Друго унапређење подразумева изградњу фотонапонских система на расположивим кровним површинама које имају најбољу просторну оријентацију са аспекта укупне годишње инсолације. Инсталисана снага фотонапонског система треба да обезбеди годишњу производњу електричне енергије која покрива 100% укупне годишње потрошње електричне енергије у анализираном школском објекту.

И1: Improvement 1- Improvement 1 implies construction of photovoltaic systems with available roof surfaces with best possible spatial orientation from the perspective of total annual insolation. The installed photovoltaic system capacity needs to ensure annual power generation covering up to 50% of the total annual power consumption in the analysed school building.

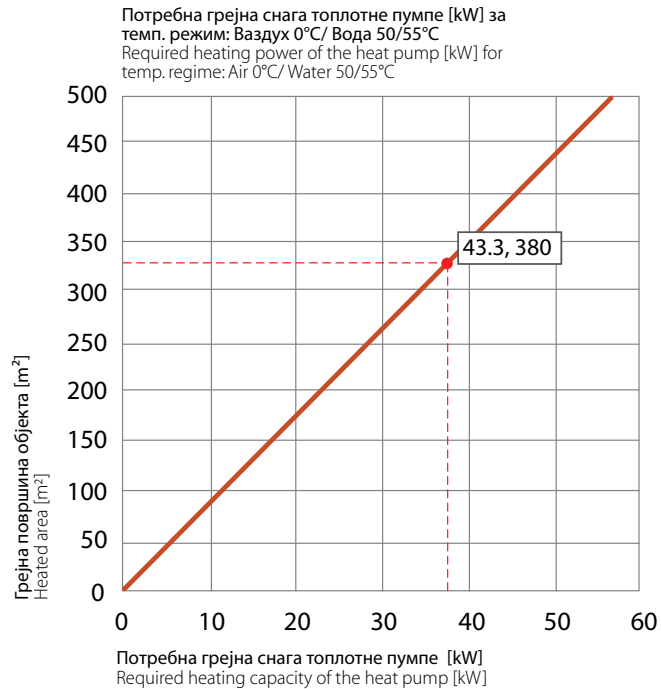
И2: Improvement 2- Improvement 1 implies construction of photovoltaic systems with available roof surfaces with best possible spatial orientation from the perspective of total annual insolation. The installed photovoltaic system capacity needs to ensure annual power generation covering 100% of the total annual power consumption in the analysed school building.

ПОТЕНЦИЈАЛ ЗА КОРИШЋЕЊЕ ТОПЛОТНИХ ПУМПИ

ТОПЛОТНЕ ПУМПЕ ВАЗДУХ-ВОДА

POTENTIAL FOR THE USE OF HEAT PUMPS

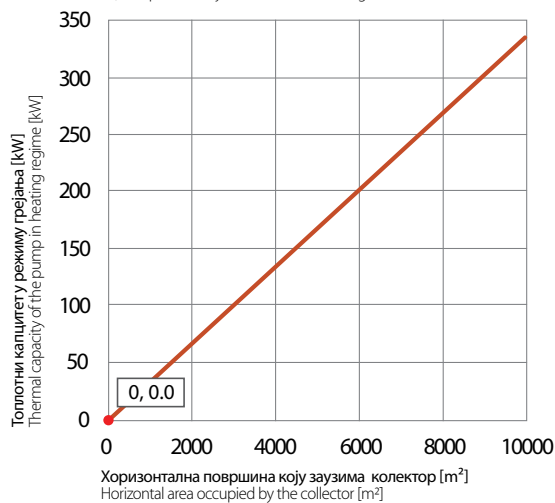
HEAT PUMPS "AIR- WATER"



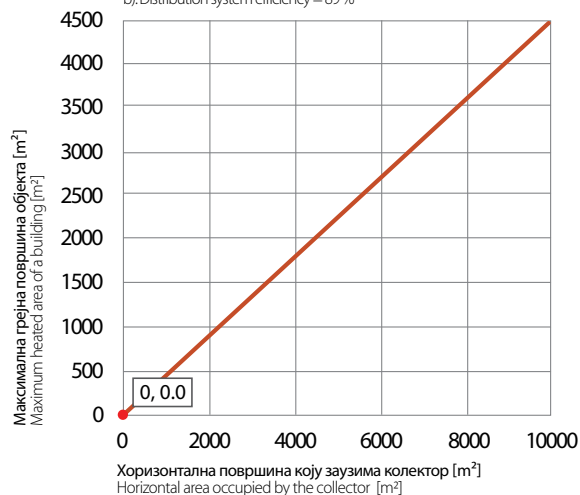
A2	Потребан капацитет пумпе [kW] Required pump capacity [kW]	Ангажована електрична снага [kW] Deployed power [kW]	Електрична енергија [kWh/god] Electricity [kWh/p/a.]	Емисија CO ₂ [t/god] Emission of CO ₂ [t/p/a.]	Смањење емисије CO ₂ [t/god] у односу на CO ₂ emission reduction [t/p/a.] in relation to		
					СДГ или угаљ DHS or coal	лож уље fuel oil	природни гас natural gas
	43,3	14,9	32.231	17,1	3,2	0,2	-4,8

ТОПЛОТНЕ ПУМПЕ ЗЕМЉА-ВОДА: ХОРИЗОНТАЛНЕ СОНДЕ HEAT PUMPS "GROUND- WATER" HORIZONTAL PROBES

Топлотни капацитет пумпе у режиму грејања за усвојено:
 а). Топлотни флуks колектора = 25W/ m²
 б). Температура прилагођена за радијаторско грејање = 55°C
 Thermal capacity of the pump in the heating regime for the adopted:
 а). Heat flux of the collector = 25 W/m²
 б). Temperature adjusted for radiator heating = 55°C



Максимална грејна површина објекта у зависности од површине коју заузима колектор за усвојено:
 а). Специфична топлотна потреба објекта = 75 W/m²
 б). Ефикасност система дистрибуције = 89 %
 Maximum heated area depending on the area occupied by the collector for the adopted:
 а). Specific building heat demand = 75 W/m²
 б). Distribution system efficiency = 89 %



A2	Потребан капацитет пумпе [kW] Required pump capacity [kW]	Расположива површина дворишта [m ²] Available yard area [m ²]	Могући грејни капацитет [kW] Potential heating capacity [kW]	Електрична енергија [kWh/god] Electricity [kWh/p/a.]	Емисија CO ₂ [t/god] Emission of CO ₂ [t/p/a.]	Смањење емисије CO ₂ [t/god] у односу на CO ₂ emission reduction [t/p/a.] in relation to		
						СДГ или угаљ DHS or coal	лож уље fuel oil	природни гас natural gas
	35,2	0	0,0	-	-	-	-	-

ТОПЛОТНЕ ПУМПЕ ЗЕМЉА-ВОДА: ВЕРТИКАЛНЕ СОНДЕ

HEAT PUMPS "GROUND-WATER" VERTICAL PROBES

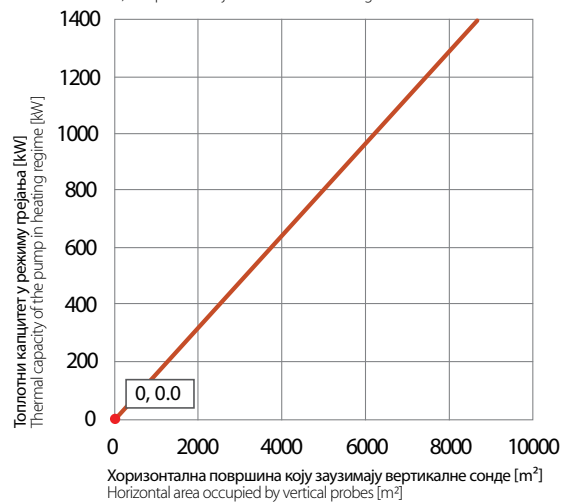
Топлотни капацитет пумпе са вертикалним сондама у зависности од хоризонталне површине дворишта за усвојено:

а). Топлотни флуks колектора = 50 W/m²

б). Температура прилагођена за радијаторско грејање = 55°C
Thermal capacity of the pump with vertical probes depending on the horizontal yard surface for the adopted:

а). Heat flux of the collector = 50 W/m²

б). Temperature adjusted for radiator heating = 55°C



Максимална грејна површина објекта узависности од хоризонталне површине дворишта за усвојено:

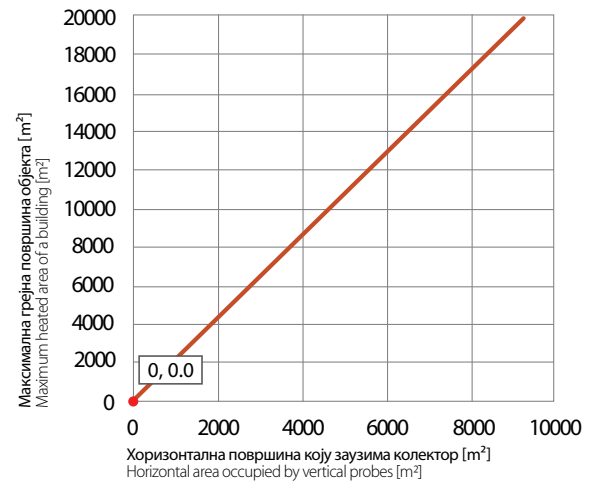
а). Специфична топлотна потреба објекта = 75 W/m²

б). Ефикасност система дистрибуције = 89%

Maximum heated area depending on the horizontal yard surface for the adopted:

а). Specific building heat demand = 75 W/m²

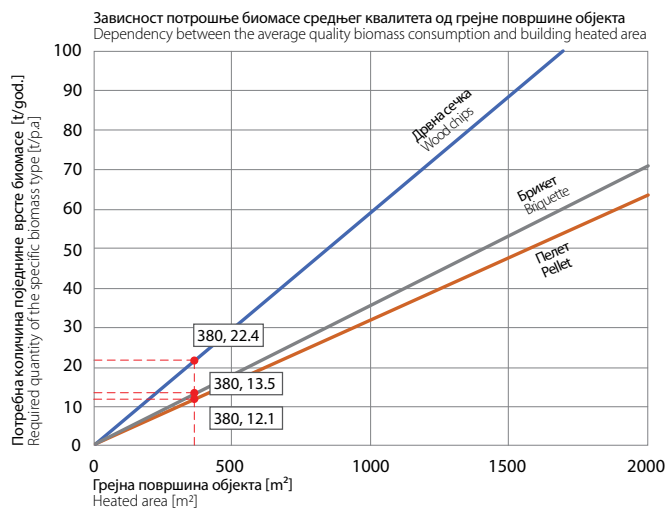
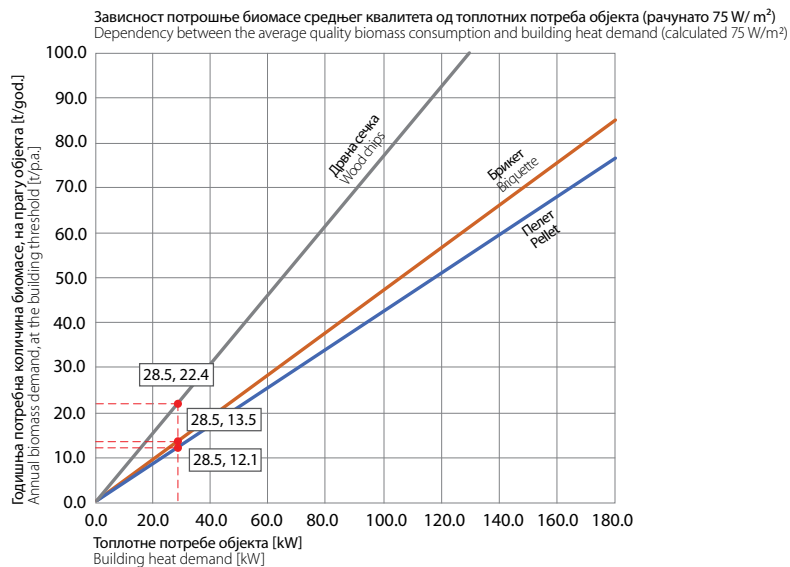
б). Distribution system efficiency = 89%



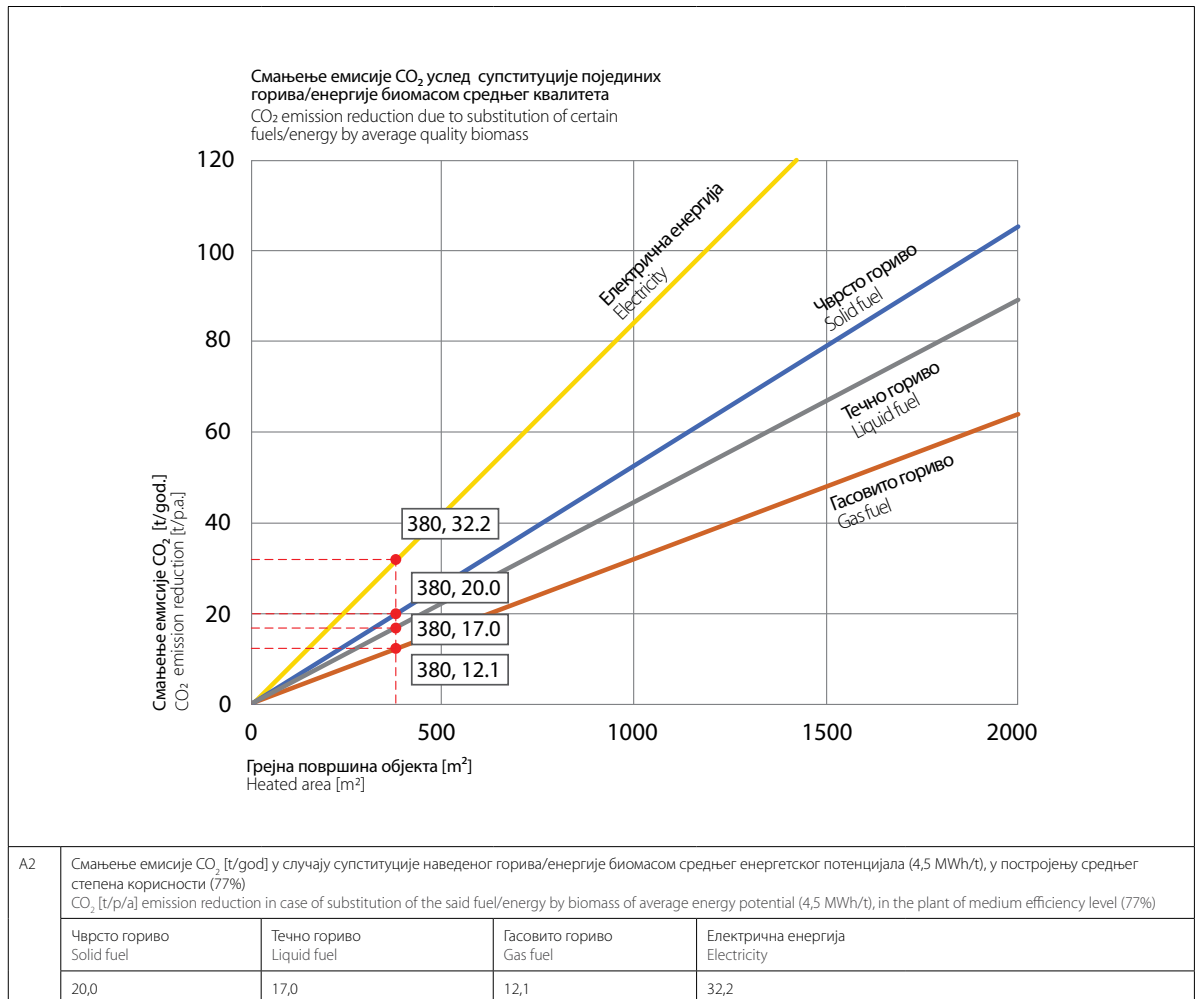
A2	Потребан капацитет пумпе [kW] Required pump capacity [kW]	Расположива површина дворишта [m ²] Available yard area [m ²]	Могући грејни капацитет [kW] Potential heating capacity [kW]	Електрична енергија [kWh/god] Electricity [kWh/p/a.]	Емисија CO ₂ [t/god] Emission of CO ₂ [t/p/a.]	Смањење емисије CO ₂ [t/god] у односу на CO ₂ emission reduction [t/p/a.] in relation to		
						СДГ или угаљ DHS or coal	лож уље fuel oil	природни гас natural gas
	35,2	0	0,0	-	-	-	-	-

ПОТЕНЦИЈАЛ ЗА КОРИШЋЕЊЕ БИОМАСЕ

POTENTIAL FOR THE USE OF BIOMASS



A2	Површина објекта 380 m ² Топлотне потребе објекта 28,5 kW Building area 380 m ² Heat demand of the building 28.5 kW	Врста биомасе Biomass type	Потребан капацитет котла Required boiler capacity	Потребна енергија горива Required fuel energy	Потребна количина поједине биомасе Required specific biomass quantity
			kW	MWh/god MWh/p/a	[t/god] [t/p/a]
		Дрвени пелет Wood pellet	36,0	59,4	12,1
		Дрвени брикет Wood briquette	36,8	60,7	13,5
	Дрвна сечка Wood chips	37,7	62,2	22,4	





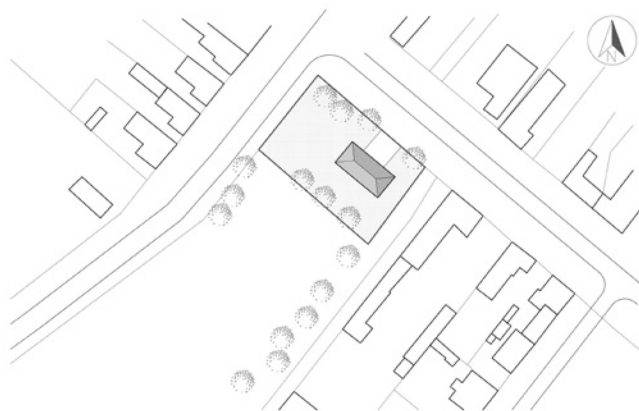
Основни подаци о објекту
Basic building data

Површина парцеле Lot area	1.858 m ²
Слободна површина парцеле за примену ОИ Available lot area for RES implementation	1.549 m ²
Површина објекта Building area	170 m ²
Укупна површина равног крова Total flat roof area	/
Укупна површина косог крова Total pitched roof area	230 m ²

Организациона шема објекта
Organisational scheme of the building








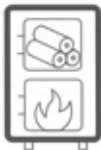

Ситуациони приказ
Layout



ПОТЕНЦИЈАЛ ЗА КОРИШЋЕЊЕ ОБНОВЉИВИХ ИЗВОРА POTENTIAL FOR THE USE OF RENEWABLE SOURCES

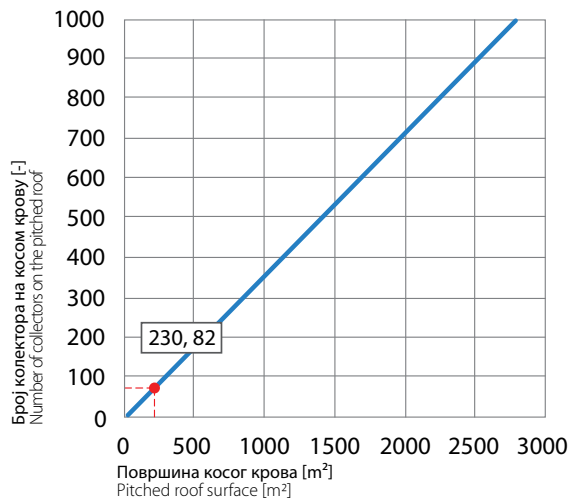
			
ФОТОНАПОНСКИ ПАНЕЛИ PHOTOVOLTAIC PANELS	СОЛАРНИ КОЛЕКТОРИ SOLAR COLLECTORS	ТОПЛОТНЕ ПУМПЕ, тип "земља - вода" HEAT PUMPS "ground-water"	
		Хоризонталне сонде (колектори)	Вертикалне сонде (колектори)
Максимални потенцијал производње електричне енергије за оптимално расположиве површине крова [MWhе/god] Maximum potential for power generation for optimum available roof surfaces [MWhе/p/a]	Максимални потенцијал производње топлотне енергије за оптимално расположиве површине крова [MWh/god] Maximum potential for heat generation for optimum available roof surfaces [MWhе/p/a]	Максимални грејни капацитет за расположиву површину дворишта [kW] Maximum heating capacity for the available yard area [kW]	
19,3	50,9	44,4	230,9

КОРИШЋЕЊЕ ОБНОВЉИВИХ ИЗВОРА – подмирење потреба објекта USE OF RENEWABLE SOURCES- meeting building demand

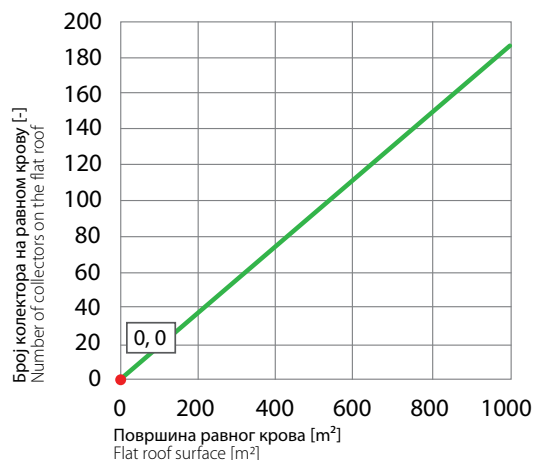
						
ФОТОНАПОНСКИ ПАНЕЛИ PHOTOVOLTAIC PANELS	ТОПЛОТНЕ ПУМПЕ HEAT PUMPS		БИОМАСА BIOMASS			
	тип "ваздух - вода" "air-water" type	тип "земља - вода" "ground-water" type	пелет pellet	брикет briquette	сечка chips	
Производње електричне енергије [MWh/god] / Ангажована површина крова [m ²] Power production [MWh/p/a] / Deployed roof surface [m ²]	Потребни топлотни капацитет пумпе [kW] / Потрошња електричне енергије за погон топлотне пумпе [MWh/god] Required thermal pump capacity [kW] / Electricity consumption for the heat pump drive [MWh/p/a]		Количине поједине дрвне биомасе средњег квалитета, које подмирују потребе објекта за грејањем [t/god] Quantities of specific biomass of average quality, meeting the building heating demand [t/p/a]			
12,9 / 69	19,4 / 14,4	15,8 / 10,1	5,4	6,0	10,0	

ПОТЕНЦИЈАЛ ЗА КОРИШЋЕЊЕ СОЛАРНИХ КОЛЕКТОРА POTENTIAL FOR THE USE OF SOLAR COLLECTORS

Максималан број инсталираних колектора по површини косог крова у зависности од површине крова
Maximum number of installed collectors per pitched roof surface depending on the roof area



Максималан број инсталираних колектора по површини равног крова у зависности од површине крова
Maximum number of installed collectors per flat roof surface depending on the roof area



B1	Оптимально расположива површина косог крова [m²] Optimum available pitched roof area (m²)	Нагибни угао [°] Tilt angle [°]	Оптимально расположива површина равног крова [m²] Optimum available flat roof area (m²)	Површина колектора [m²] Collector surface [m²]	Минимална запремина танка [l] Minimum tank volume [l]	Производња топлотне енергије на годишњем нивоу [kWh/god] Annual heat generation [kWh/gp/5]	Могуће смањење емисије CO ₂ у зависности од енергента који се супституише [kgCO ₂] Potential CO ₂ emission reduction depending on the substituted fuel [kgCO ₂]		
							угаљ coal	гас gas	мазут heavy oil
Y1 I1	115	20	-	96,75	4.838	50.925	21.847	11.203	17.111
Y2 I2	115	20	-	96,75	4.838	50.925	21.847	11.203	17.111

Y1: Унапређење 1 – Покривеност 100% површине кровова јужне, југоисточне и југозападне оријентације.

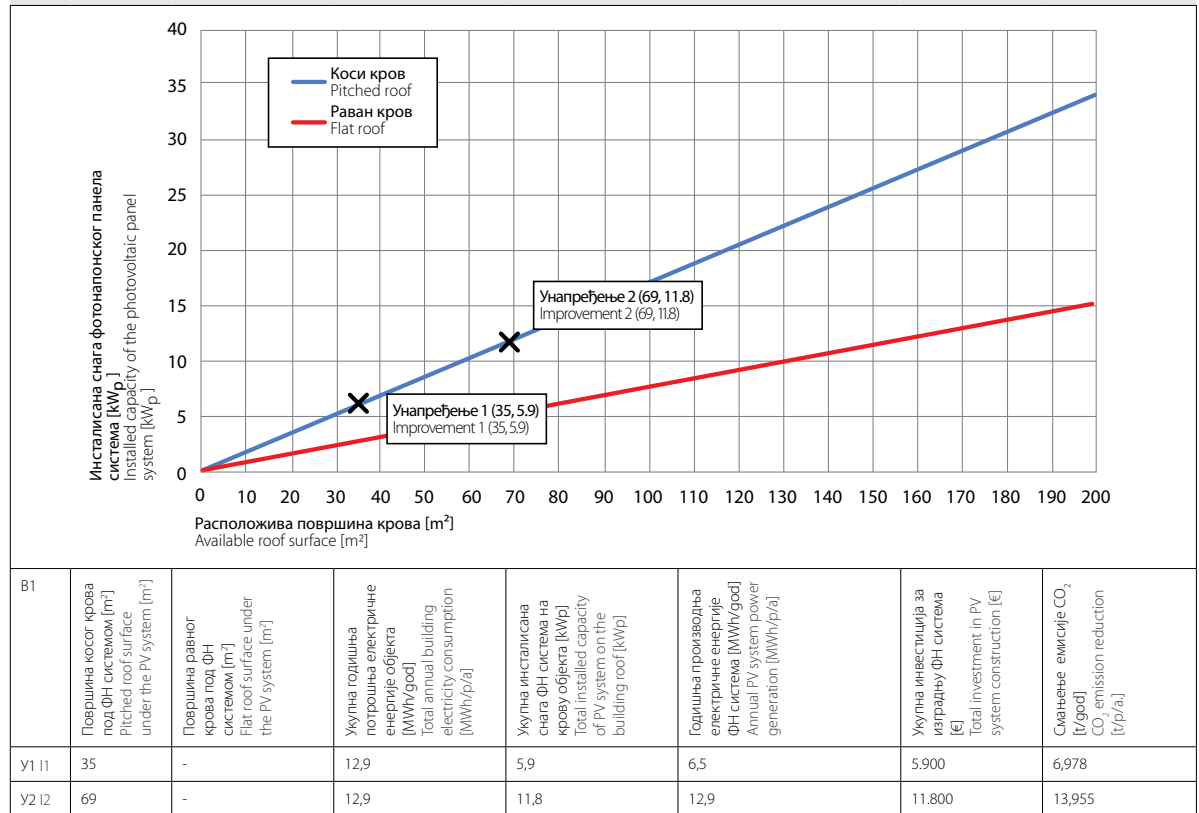
Y2: Унапређење 2 – Покривеност 100% површине кровова јужне, југоисточне, југозападне, источне и западне оријентације.

I1: Improvement 1 - 100% coverage of the roof surface of South, Southeast and Southwest orientation.

I2: Improvement 2 - 100% coverage of the roof surface of South, Southeast, Southwest, East and West orientation.

ПОТЕНЦИЈАЛ ЗА КОРИШЋЕЊЕ СОЛАРНИХ ФОТОНАПОНСКИХ СИСТЕМА

POTENTIAL FOR THE USE OF SOLAR PHOTOVOLTAIC SYSTEMS



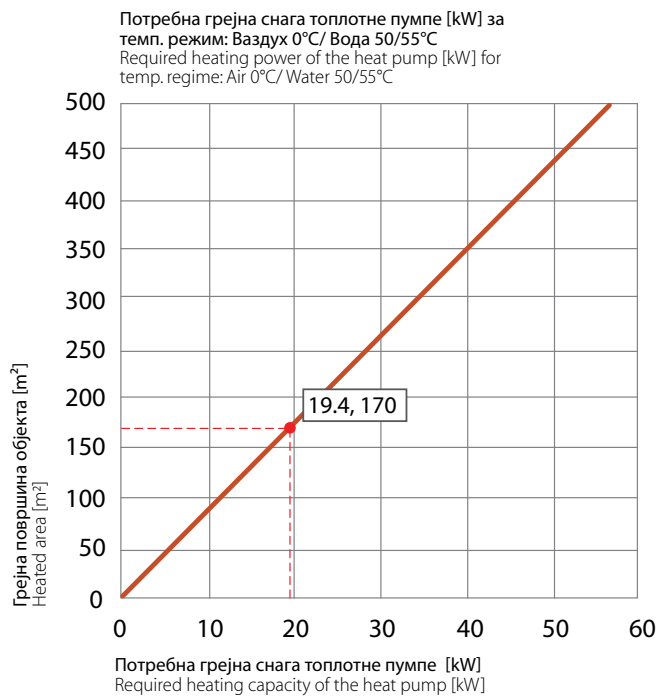
У1: Унапређење 1 – Прво унапређење подразумева изградњу фотонапонских система на расположивим кровним површинама које имају најбољу просторну оријентацију са аспекта укупне годишње инсолације. Инсталисана снага фотонапонског система треба да обезбеди годишњу производњу електричне енергије која покрива до 50% укупне годишње потрошње електричне енергије у анализираном школском објекту.

У2: Унапређење 2 – Друго унапређење подразумева изградњу фотонапонских система на расположивим кровним површинама које имају најбољу просторну оријентацију са аспекта укупне годишње инсолације. Инсталисана снага фотонапонског система треба да обезбеди годишњу производњу електричне енергије која покрива 100% укупне годишње потрошње електричне енергије у анализираном школском објекту.

I1: Improvement 1- Improvement 1 implies construction of photovoltaic systems with available roof surfaces with best possible spatial orientation from the perspective of total annual insolation. The installed photovoltaic system capacity needs to ensure annual power generation covering up to 50% of the total annual power consumption in the analysed school building.

I2: Improvement 2- Improvement 1 implies construction of photovoltaic systems with available roof surfaces with best possible spatial orientation from the perspective of total annual insolation. The installed photovoltaic system capacity needs to ensure annual power generation covering 100% of the total annual power consumption in the analysed school building.

ПОТЕНЦИЈАЛ ЗА КОРИШЋЕЊЕ ТОПЛОТНИХ ПУМПИ ТОПЛОТНЕ ПУМПЕ ВАЗДУХ-ВОДА POTENTIAL FOR THE USE OF HEAT PUMPS HEAT PUMPS "AIR- WATER"

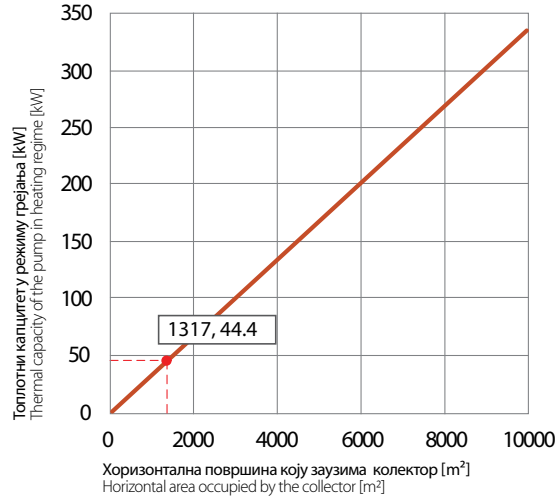


B1	Потребан капацитет пумпе [kW] Required pump capacity [kW]	Ангажована електрична снага [kW] Deployed power [kW]	Електрична енергија [kWh/god] Electricity [kWh/p/a.]	Емисија CO ₂ [t/god] Emission of CO ₂ [t/p/a.]	Смањење емисије CO ₂ [t/god] у односу на CO ₂ emission reduction [t/p/a.] in relation to		
					СДГ или угаљ DHS or coal	лож уље fuel oil	природни гас natural gas
	19,4	6,7	14.419	7,6	1,4	0,1	-2,1

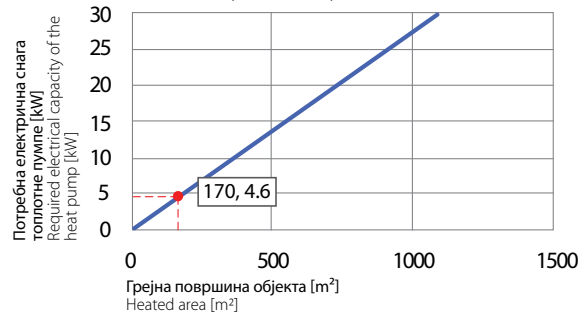
ТОПЛОТНЕ ПУМПЕ ЗЕМЉА-ВОДА: ХОРИЗОНТАЛНЕ СОНДЕ

HEAT PUMPS "GROUND-WATER" HORIZONTAL PROBES

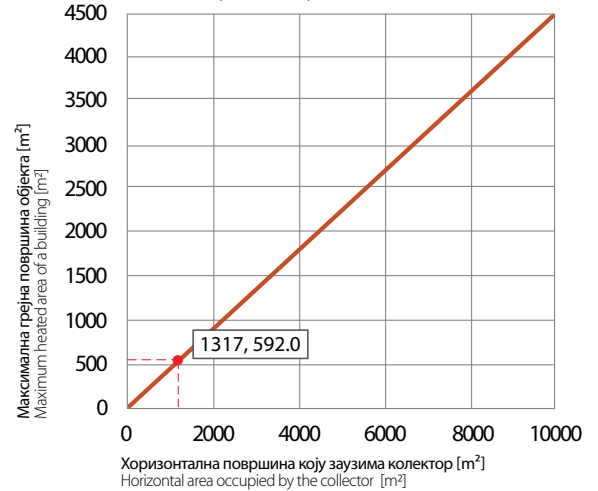
Топлотни капацитет пумпе у режиму грејања за усвојено:
 а). Топлотни флуks колектора = 25W/ m²
 б). Температура прилагођена за радијаторско грејање = 55°C
 Thermal capacity of the pump in the heating regime for the adopted:
 а). Heat flux of the collector = 25 W/m²
 б). Temperature adjusted for radiator heating = 55°C



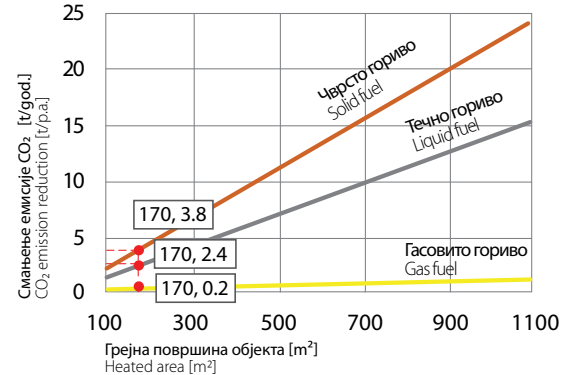
Зависност потребне електричне снаге и грејне површине објекта за усвојено:
 а). Специфичне топлотне потребе = 75 W/ m²
 б). COP топлотне пумпе = 3,4
 ц). Ефикасност система дистрибуције = 89 %
 Dependency between the required electrical capacity and building heated area for the adopted:
 а). Specific heat demand = 75 W/m²
 б). Heat pump SOR = 3.4
 ц). Distribution system efficiency = 89 %



Максимална грејна површина објекта у зависности од површине коју заузима колектор за усвојено:
 а). Специфична топлотна потреба објекта = 75 W/m²
 б). Ефикасност система дистрибуције = 89 %
 Maximum heated area of a building depending on the area occupied by the collector for the adopted:
 а). Specific building heat demand = 75 W/m²
 б). Distribution system efficiency = 89 %



Смањење емисије CO₂ приликом супституције фосилних горива електричном енергијом путем топлотних пумпи
 CO₂ emission reduction due to substitution of fossil fuels by electrical power via heat pumps

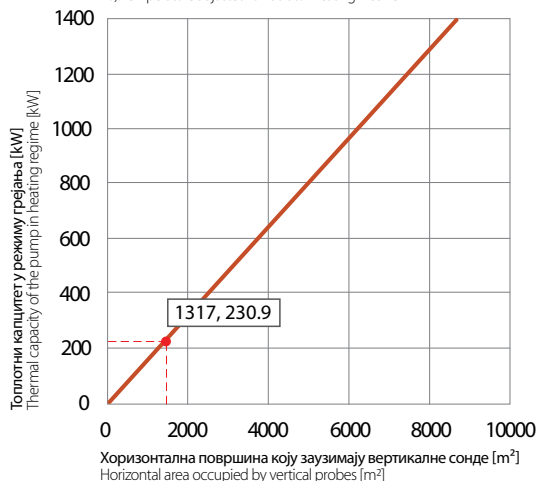


B1	Потребан капацитет пумпе [kW] Required pump capacity [kW]	Расположива површина дворишта [m ²] Available yard area [m ²]	Могући грејни капацитет [kW] Potential heating capacity [kW]	Електрична енергија [kWh/god] Electricity [kWh/p.a.]	Емисија CO ₂ [t/god] Emission of CO ₂ [t/p.a.]	Смањење емисије CO ₂ [t/god] у односу на CO ₂ emission reduction [t/p.a.] in relation to		
	15,8	1.317	44,4	10.011	5,3	СДГ или угљ DHS or coal	лож уље fuel oil	природни гас natural gas
						3,8	2,4	0,2

ТОПЛОТНЕ ПУМПЕ ЗЕМЉА-ВОДА: ВЕРТИКАЛНЕ СОНДЕ HEAT PUMPS "GROUND-WATER" VERTICAL PROBES

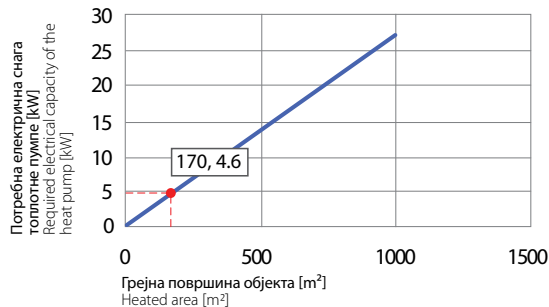
Топлотни капацитет пумпе са вертикалним сондама у зависности од хоризонталне површине дворишта за усвојено:

- a). Топлотни флуks колектора = 50 W/m²
 б). Температура прилагођена за радијаторско грејање = 55°C
 Thermal capacity of the pump with vertical probes depending on the horizontal yard surface for the adopted:
 a). Heat flux of the collector = 50 W/m²
 b). Temperature adjusted for radiator heating = 55°C



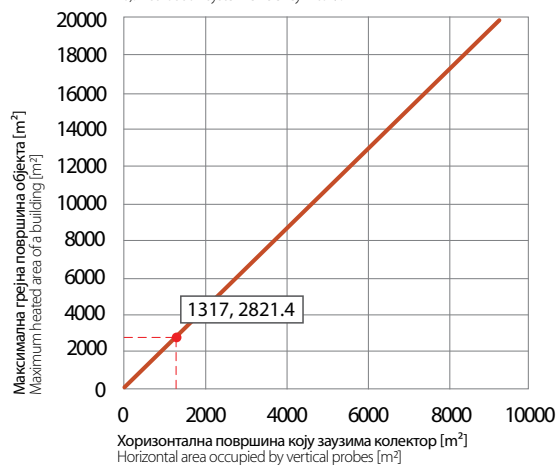
Зависност потребне електричне снаге и грејне површине објекта за усвојено:

a). Специфичне топлотне потребе = 75 W/m²
 б). COP топлотне пумпе = 3,4
 ц). Ефикасност система дистрибуције = 89 %
 Dependency between the required electrical capacity and building heated area for the adopted:
 a). Specific heat demand = 75 W/m²
 b). Heat pump SOR = 3.4
 c). Distribution system efficiency = 89 %

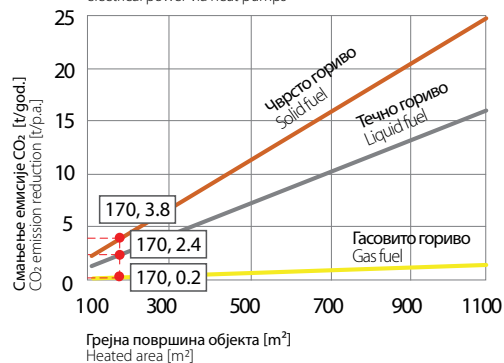


Максимална грејна површина објекта у зависности од хоризонталне површине дворишта за усвојено:

- a). Специфична топлотна потреба објекта = 75 W/m²
 б). Ефикасност система дистрибуције = 89 %
 Maximum heated area depending on the horizontal yard surface for the adopted:
 a). Specific building heat demand = 75 W/m²
 b). Distribution system efficiency = 89 %



Смањење емисије CO₂ приликом супституције фосилних горива електричном енергијом путем топлотних пумпи
 CO₂ emission reduction due to substitution of fossil fuels by electrical power via heat pumps

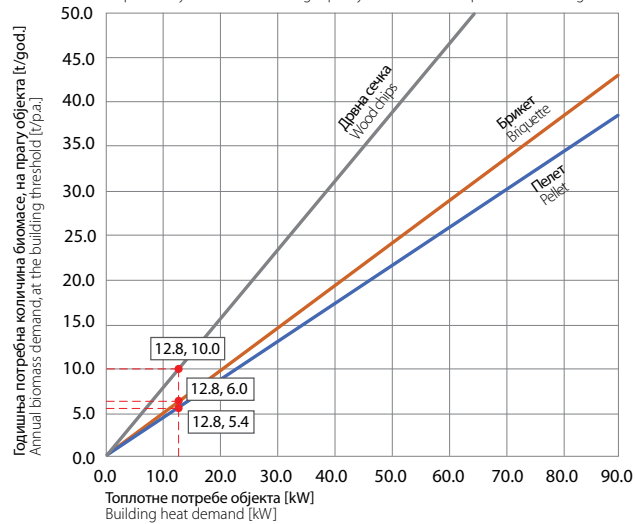


B1	Потребан капацитет пумпе [kW] Required pump capacity [kW]	Расположива површина дворишта [m ²] Available yard area [m ²]	Могући грејни капацитет [kW] Potential heating capacity [kW]	Електрична енергија [kWh/god] Electricity [kWh/p.a.]	Емисија CO ₂ [t/god] Emission of CO ₂ [t/p.a.]	Смањење емисије CO ₂ [t/god] у односу на CO ₂ emission reduction [t/p.a.] in relation to		
						СДГ или угаљ DHS or coal	лож уље fuel oil	природни гас natural gas
	15,8	1.317	230,9	10.011	5,3	3,8	2,4	0,2

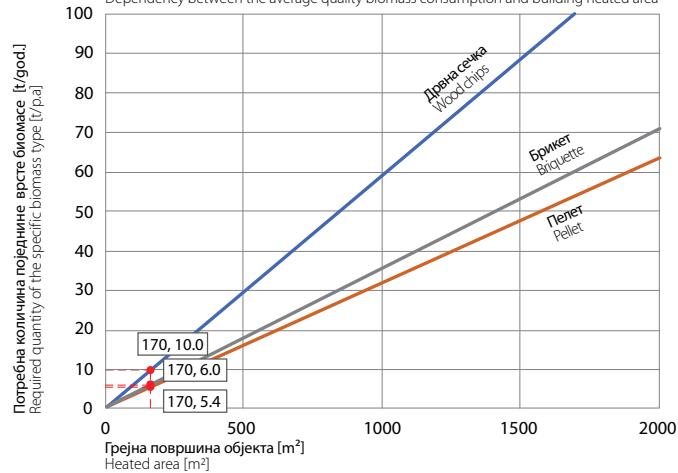
ПОТЕНЦИЈАЛ ЗА КОРИШЋЕЊЕ БИОМАСЕ

POTENTIAL FOR THE USE OF BIOMASS

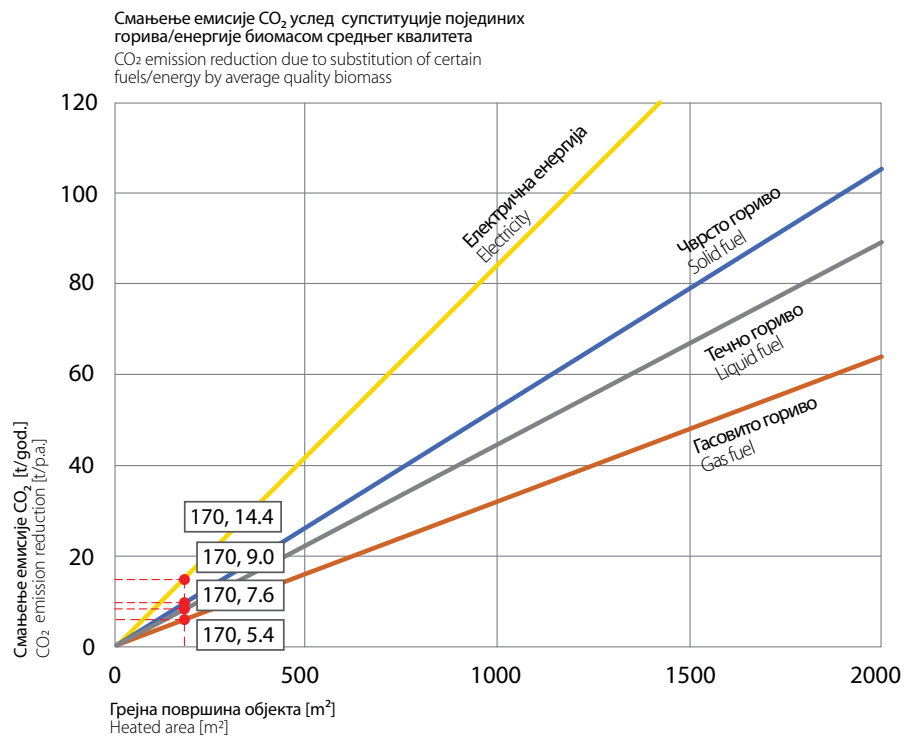
Зависност потрошње биомасе средњег квалитета од топлотних потреба објекта (рачунато 75 W/m²)
Dependency between the average quality biomass consumption and building heat demand (calculated 75 W/m²)



Зависност потрошње биомасе средњег квалитета од грејне површине објекта
Dependency between the average quality biomass consumption and building heated area

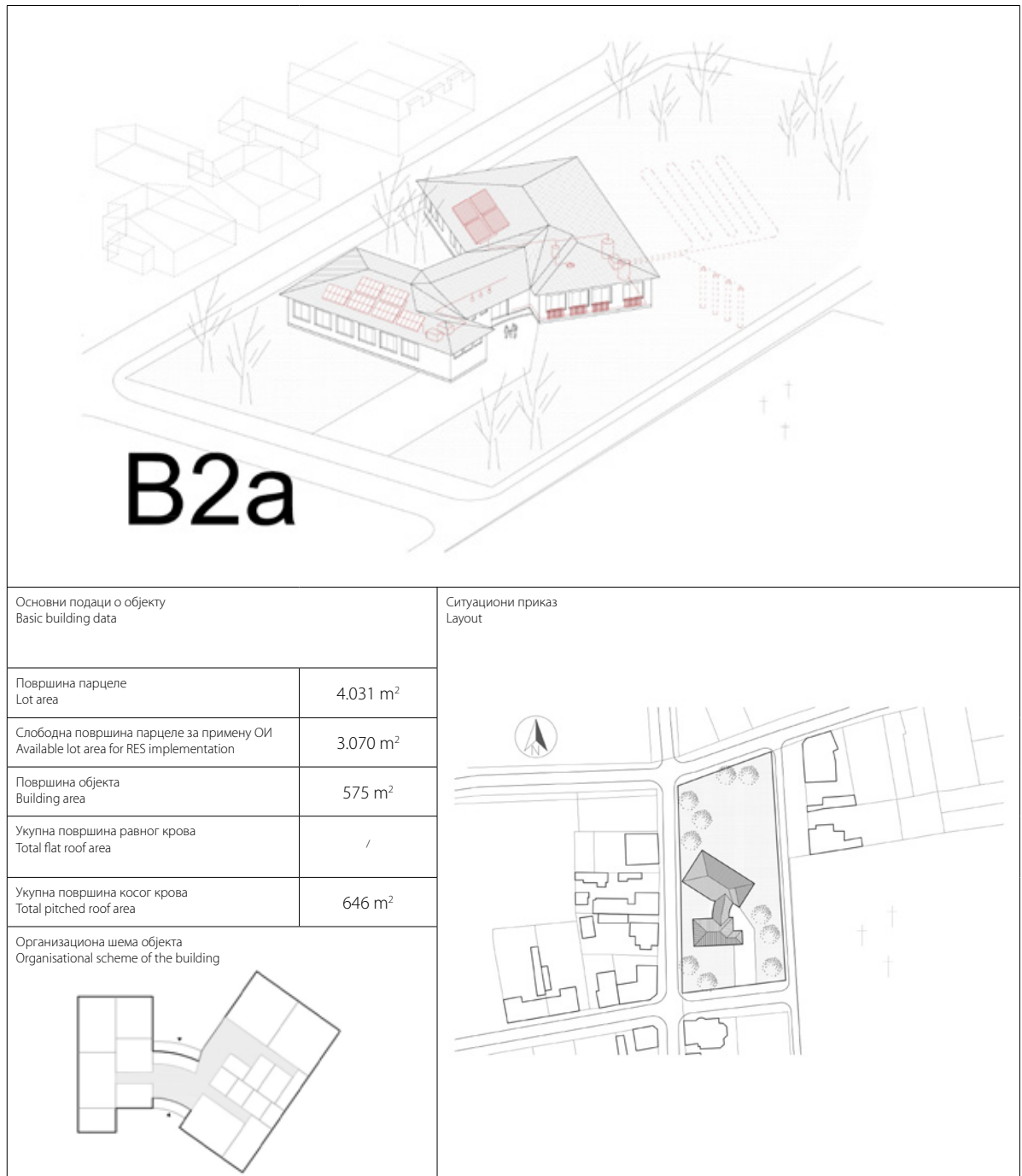


B1	Површина објекта 170 m ² Топлотне потребе објекта 12,8 kW Building area 170 m ² Heat demand of the building 12,8 kW	Врста биомасе Biomass type	Потребан капацитет котла Required boiler capacity	Потребна енергија горива Required fuel energy	Потребна количина поједине биомасе Required specific biomass quantity
			kW	MWh/god MWh/p/a	[t/god] [t/p/a]
		Дрвни пелет Wood pellet	16,1	26,6	5,4
		Дрвни брикет Wood briquette	16,5	27,2	6,0
		Дрвна сечка Wood chips	16,9	27,8	10,0



B1 Смањење емисије CO₂ [t/god] у случају супституције наведеног горива/енергије биомасом средњег енергетског потенцијала (4,5 MWh/t), у постројењу средњег степена корисности (77%)
 CO₂ [t/p/a] emission reduction in case of substitution of the said fuel/energy by biomass of average energy potential (4,5 MWh/t), in the plant of medium efficiency level (77%)






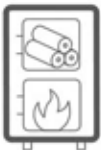

Чврсто гориво Solid fuel	Течно гориво Liquid fuel	Гасовито гориво Gas fuel	Електрична енергија Electricity
9,0	7,6	5,4	14,4



ПОТЕНЦИЈАЛ ЗА КОРИШЋЕЊЕ ОБНОВЉИВИХ ИЗВОРА POTENTIAL FOR THE USE OF RENEWABLE SOURCES

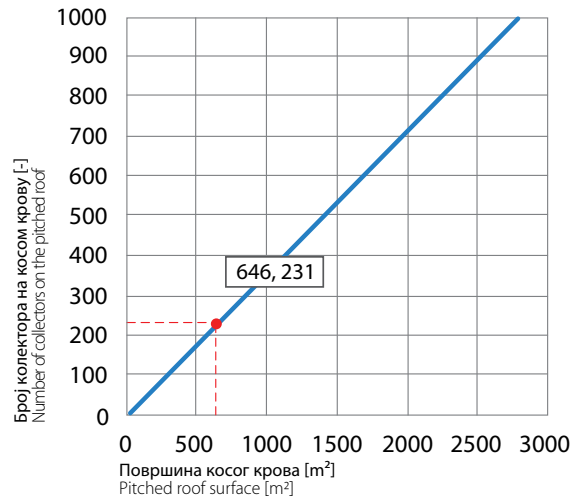
			
ФОТОНАПОНСКИ ПАНЕЛИ PHOTOVOLTAIC PANELS	СОЛАРНИ КОЛЕКТОРИ SOLAR COLLECTORS	ТОПЛОТНЕ ПУМПЕ, тип "земља - вода" HEAT PUMPS "ground-water"	
		Хоризонталне сонде (колектори)	Вертикалне сонде (колектори)
Максимални потенцијал производње електричне енергије за оптимално расположиве површине крова [MWhе/god] Maximum potential for power generation for optimum available roof surfaces [MWhе/p/a]	Максимални потенцијал производње топлотне енергије за оптимално расположиве површине крова [MWh/god] Maximum potential for heat generation for optimum available roof surfaces [MWhе/p/a]	Максимални грејни капацитет за расположиву површину дворишта [kW] Maximum heating capacity for the available yard area [kW]	
82,6	230,2	88,1	394,9

КОРИШЋЕЊЕ ОБНОВЉИВИХ ИЗВОРА – подмирење потреба објекта USE OF RENEWABLE SOURCES- meeting building demand

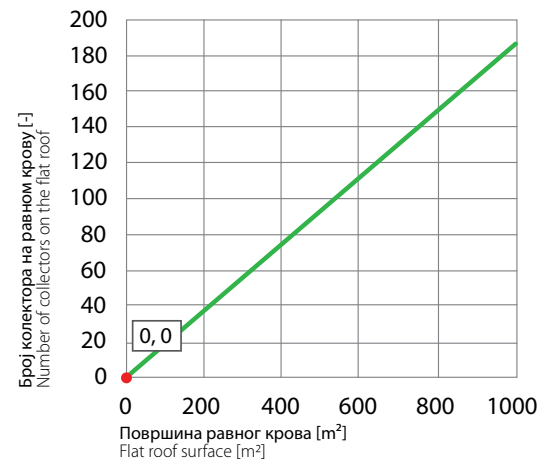
						
ФОТОНАПОНСКИ ПАНЕЛИ PHOTOVOLTAIC PANELS	ТОПЛОТНЕ ПУМПЕ HEAT PUMPS			БИОМАСА BIOMASS		
	тип "ваздух - вода" "air-water" type	тип "земља - вода" "ground-water" type		пелет pellet	брикет briquette	сечка chips
Производње електричне енергије [MWh/god] / Ангажована површина крова [m ²] Power production [MWh/p/a] / Deployed roof surface [m ²]	Потребни топлотни капацитет пумпе [kW] / Потрошња електричне енергије за погон топлотне пумпе [MWh/god] Required thermal pump capacity [kW] / Electricity consumption for the heat pump drive [MWh/p/a]			Количине поједине дрвне биомасе средњег квалитета, које подмирују потребе објекта за грејањем [t/god] Quantities of specific biomass of average quality, meeting the building heating demand [t/p/a]		
20,2 / 106	65,5 / 48,7	53,3 / 33,8		18,4	20,5	33,9

ПОТЕНЦИЈАЛ ЗА КОРИШЋЕЊЕ СОЛАРНИХ КОЛЕКТОРА POTENTIAL FOR THE USE OF SOLAR COLLECTORS

Максималан број инсталираних колектора по површини косог крова у зависности од површине крова
Maximum number of installed collectors per pitched roof surface depending on the roof area



Максималан број инсталираних колектора по површини равног крова у зависности од површине крова
Maximum number of installed collectors per flat roof surface depending on the roof area



B2a	Оптимально расположива површина косог крова [m ²] Optimum available pitched roof area [m ²]	Нагибни угао [°] Tilt angle [°]	Оптимально расположива површина равног крова [m ²] Optimum available flat roof area [m ²]	Површина колектора [m ²] Collector surface [m ²]	Минимална запремина танка [l] Minimum tank volume [l]	Производња топлотне енергије на годишњем нивоу [kWh/t/god] Annual heat generation [kWh/t/yr]	Могуће смањење емисије CO ₂ у зависности од енергента који се супституише [kgCO ₂] Potential CO ₂ emission reduction depending on the substituted fuel [kgCO ₂]		
							угаљ coal	гас gas	мазут heavy oil
Y1 I1	285	20	-	240,70	12.035	130.335	55.914	28.674	66.611
Y2 I2	524	20	-	441,62	22.081	230.218	98.764	50.648	77.353

Y1: Унапређење 1 – Покривеност 100% површине кровова јужне, југоисточне и југозападне оријентације.

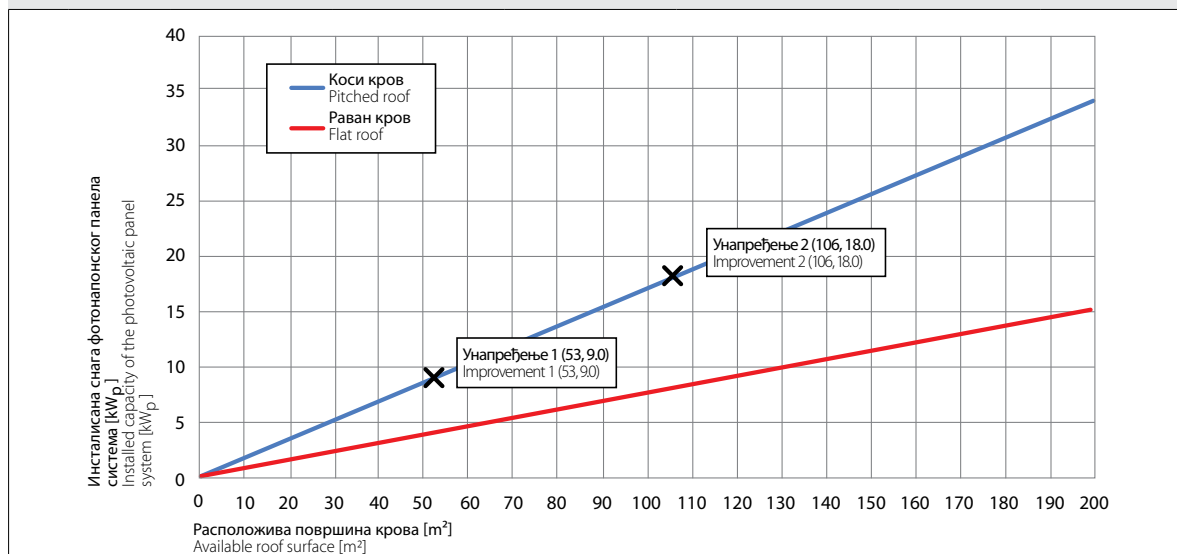
Y2: Унапређење 2 – Покривеност 100% површине кровова јужне, југоисточне, југозападне, источне и западне оријентације.

I1: Improvement 1 - 100% coverage of the roof surface of South, Southeast and Southwest orientation.

I2: Improvement 2 - 100% coverage of the roof surface of South, Southeast, Southwest, East and West orientation.

ПОТЕНЦИЈАЛ ЗА КОРИШЋЕЊЕ СОЛАРНИХ ФОТОНАПОНСКИХ СИСТЕМА

POTENTIAL FOR THE USE OF SOLAR PHOTOVOLTAIC SYSTEMS



B2a	Површина косог крова под ФН системом [m²] Pitched roof surface under the PV system [m²]	Површина равног крова под ФН системом [m²] Flat roof surface under the PV system [m²]	Укупна годишња потрошња електричне енергије објекта [MWh/god] Total annual building electricity consumption [MWh/p/a]	Укупна инсталисана снага ФН система на крову објекта [kWp] Total installed capacity of PV system on the building roof [kWp]	Годишња производња електричне енергије ФН система [MWh/god] Annual PV system power generation [MWh/p/a]	Укупна инвестиција за изградњу ФН система [€] Total investment in PV system construction [€]	Смањење емисије CO ₂ [t/god] CO ₂ emission reduction [t/p/a]
У1.11	53	-	20,2	9,0	10,1	9.000	10,990
У2.12	106	-	20,2	18,0	20,2	18.000	21,979

У1: Унапређење 1 – Прво унапређење подразумева изградњу фотонапонских система на расположивим кровним површинама које имају најбољу просторну оријентацију са аспекта укупне годишње инсолације. Инсталисана снага фотонапонског система треба да обезбеди годишњу производњу електричне енергије која покрива до 50% укупне годишње потрошње електричне енергије у анализираном школском објекту.

У2: Унапређење 2 – Друго унапређење подразумева изградњу фотонапонских система на расположивим кровним површинама које имају најбољу просторну оријентацију са аспекта укупне годишње инсолације. Инсталисана снага фотонапонског система треба да обезбеди годишњу производњу електричне енергије која покрива 100% укупне годишње потрошње електричне енергије у анализираном школском објекту.

I1: Improvement 1- Improvement 1 implies construction of photovoltaic systems with available roof surfaces with best possible spatial orientation from the perspective of total annual insolation. The installed photovoltaic system capacity needs to ensure annual power generation covering up to 50% of the total annual power consumption in the analysed school building.

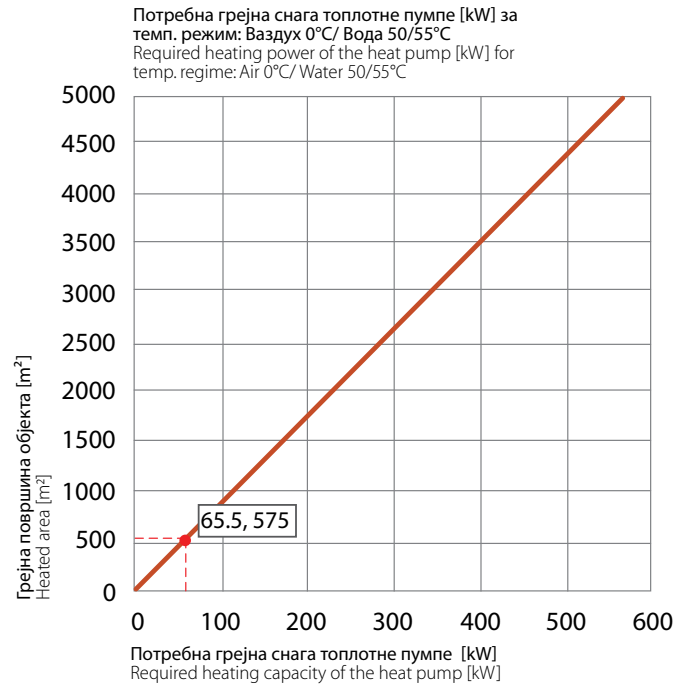
I2: Improvement 2- Improvement 1 implies construction of photovoltaic systems with available roof surfaces with best possible spatial orientation from the perspective of total annual insolation. The installed photovoltaic system capacity needs to ensure annual power generation covering 100% of the total annual power consumption in the analysed school building.

ПОТЕНЦИЈАЛ ЗА КОРИШЋЕЊЕ ТОПЛОТНИХ ПУМПИ

ТОПЛОТНЕ ПУМПЕ ВАЗДУХ-ВОДА

POTENTIAL FOR THE USE OF HEAT PUMPS

HEAT PUMPS "AIR- WATER"

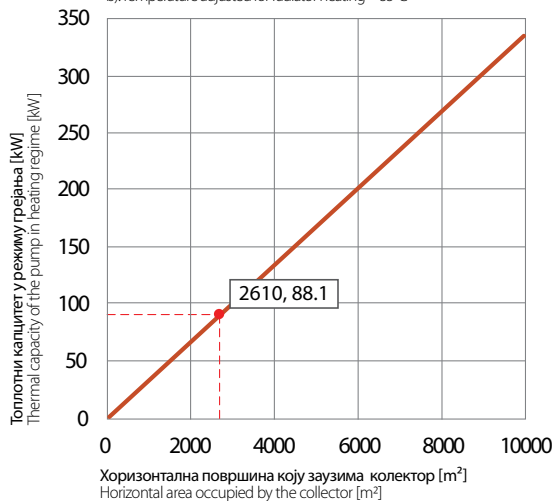


B2a	Потребан капацитет пумпе [kW] Required pump capacity [kW]	Ангажована електрична снага [kW] Deployed power [kW]	Електрична енергија [kWh/god] Electricity [kWh/p/a.]	Емисија CO ₂ [t/god] Emission of CO ₂ [t/p/a.]	Смањење емисије CO ₂ [t/god] у односу на CO ₂ emission reduction [t/p/a.] in relation to		
					СДГ или угаљ DHS or coal	лож уље fuel oil	природни гас natural gas
	65,5	22,6	48,771	25,8	4,9	0,2	-7,2

ТОПЛОТНЕ ПУМПЕ ЗЕМЉА-ВОДА: ХОРИЗОНТАЛНЕ СОНДЕ HEAT PUMPS "GROUND- WATER" HORIZONTAL PROBES

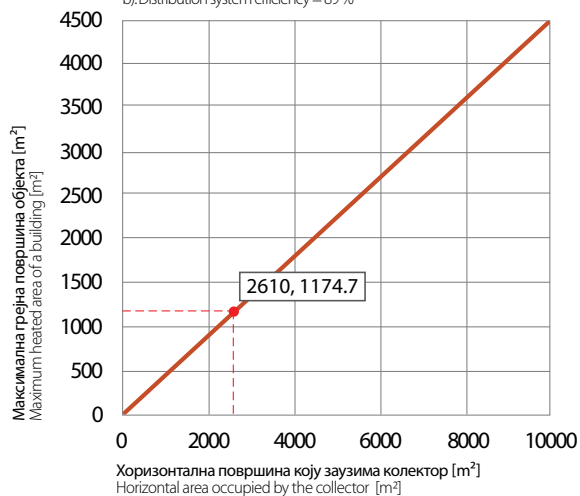
Топлотни капацитет пумпе у режиму грејања за усвојено:

- a). Топлотни флуks колектора = 25 W/m^2
 б). Температура прилагођена за радијаторско грејање = 55°C
 Thermal capacity of the pump in the heating regime for the adopted:
 a). Heat flux of the collector = 25 W/m^2
 б). Temperature adjusted for radiator heating = 55°C



Максимална грејна површина објекта у зависности од површине коју заузима колектор за усвојено:

- a). Специфична топлотна потреба објекта = 75 W/m^2
 б). Ефикасност система дистрибуције = 89 %
 Maximum heated area depending on the area occupied by the collector for the adopted:
 a). Specific building heat demand = 75 W/m^2
 б). Distribution system efficiency = 89 %



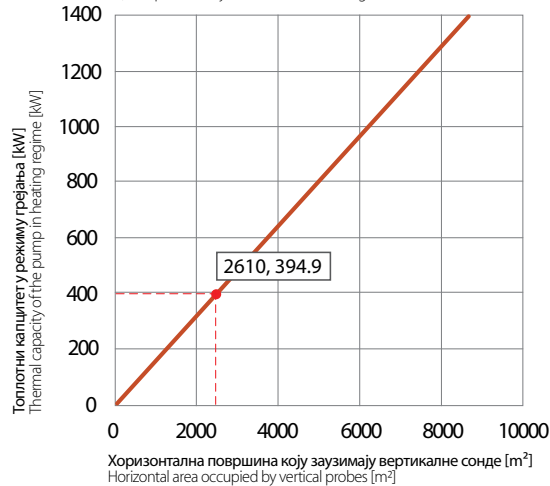
B2a	Потребан капацитет пумпе [kW] Required pump capacity [kW]	Расположива површина дворишта [m ²] Available yard area [m ²]	Могући грејни капацитет [kW] Potential heating capacity [kW]	Електрична енергија [kWh/god] Electricity [kWh/p/a.]	Емисија CO ₂ [t/god] Emission of CO ₂ [t/p/a.]	Смањење емисије CO ₂ [t/god] у односу на CO ₂ emission reduction [t/p/a.] in relation to		
						СДГ или угаљ DHS or coal	лож уље fuel oil	природни гас natural gas
	53,3	2.610	88,1	33.862	17,9	12,8	8,1	0,7

ТОПЛОТНЕ ПУМПЕ ЗЕМЉА-ВОДА: ВЕРТИКАЛНЕ СОНДЕ

HEAT PUMPS "GROUND-WATER" VERTICAL PROBES

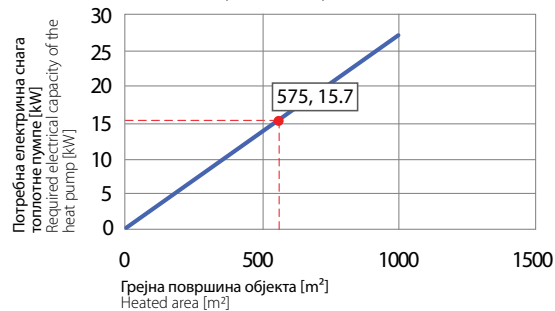
Топлотни капацитет пумпе са вертикалним сондама у зависности од хоризонталне површине дворишта за усвојено:

- а). Топлотни флуks колектора = 50 W/m^2
 б). Температура прилагођена за радијаторско грејање = 55°C
 Thermal capacity of the pump with vertical probes depending on the horizontal yard surface for the adopted:
 а). Heat flux of the collector = 50 W/m^2
 б). Temperature adjusted for radiator heating = 55°C



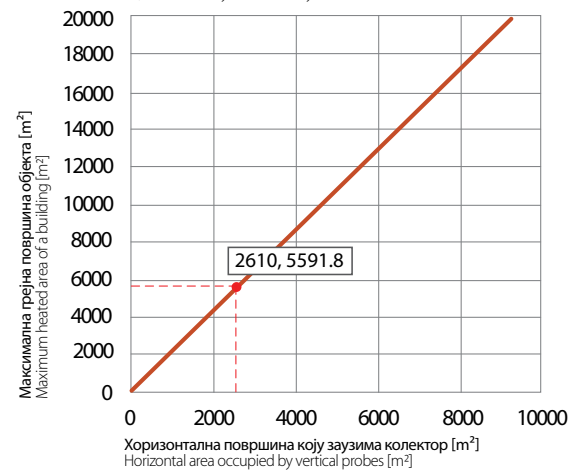
Зависност потребне електричне снаге и грејне површине објекта за усвојено:

- а). Специфичне топлотне потребе = 75 W/m^2
 б). COP топлотне пумпе = 3,4
 ц). Ефикасност система дистрибуције = 89 %
 Dependency between the required electrical capacity and building heated area for the adopted:
 а). Specific heat demand = 75 W/m^2
 б). Heat pump SOR = 3.4
 ц). Distribution system efficiency = 89 %

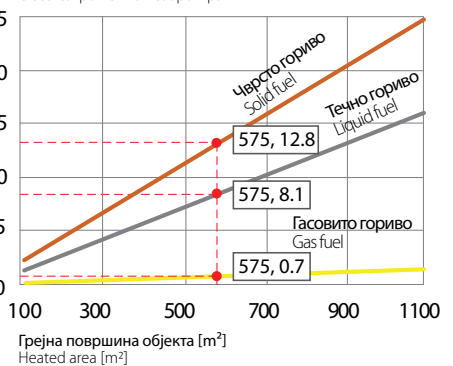


Максимална грејна површина објекта узависности од хоризонталне површине дворишта за усвојено:

- а). Специфична топлотна потреба објекта = 75 W/m^2
 б). Ефикасност система дистрибуције = 89 %
 Maximum heated area depending on the horizontal yard surface for the adopted:
 а). Specific building heat demand = 75 W/m^2
 б). Distribution system efficiency = 89 %

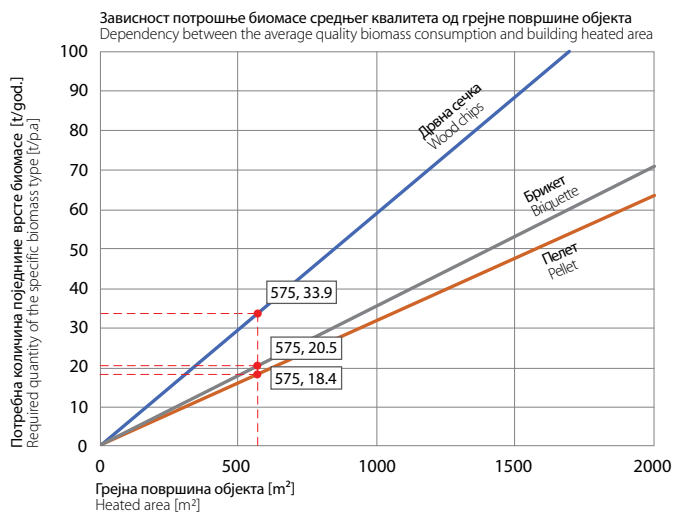
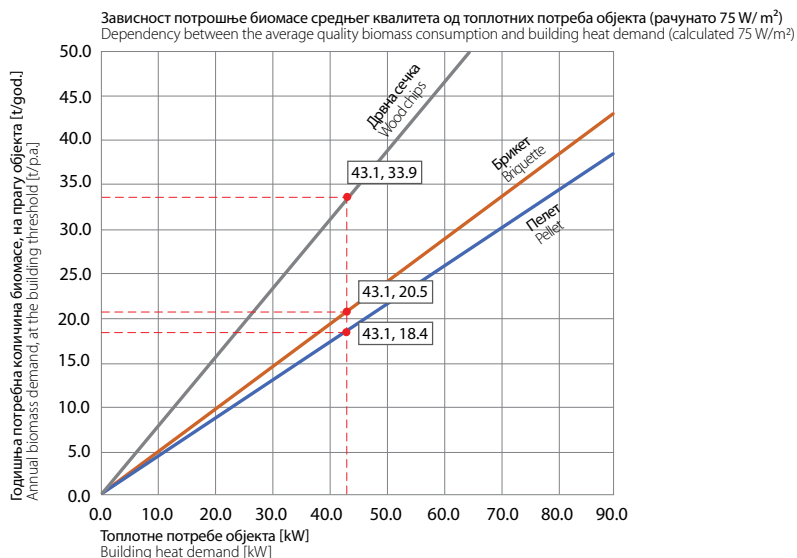


Смањење емисије CO₂ приликом супституције фосилних горива електричном енергијом путем топлотних пумпи

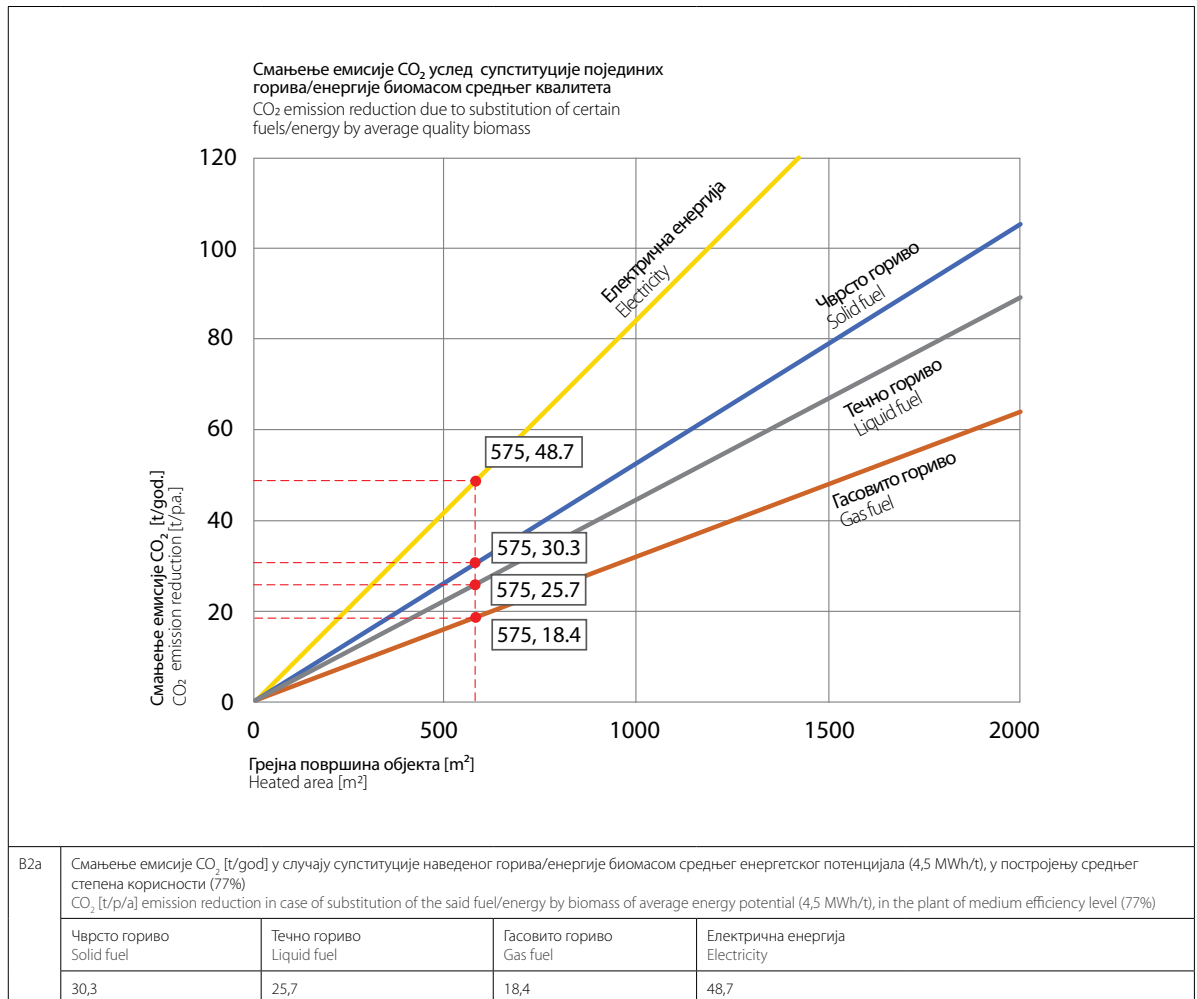


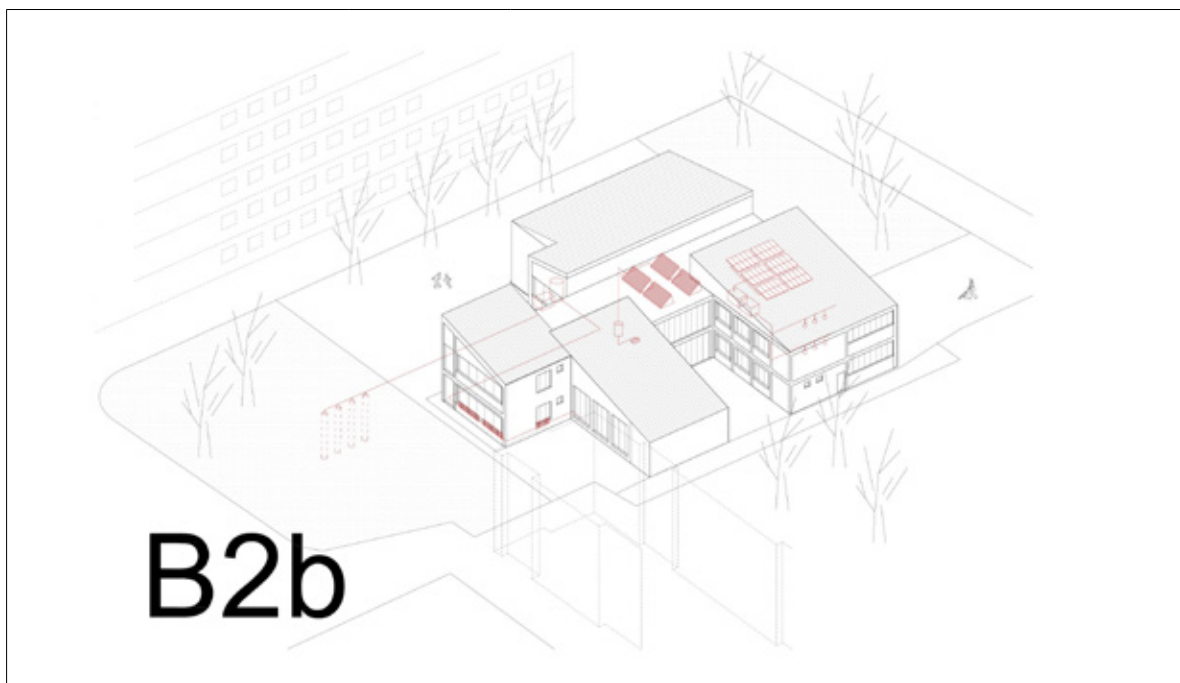
B2a	Потребан капацитет пумпе [kW] Required pump capacity [kW]	Расположива површина дворишта [m ²] Available yard area [m ²]	Могући грејни капацитет [kW] Potential heating capacity [kW]	Електрична енергија [kWh/god] Electricity [kWh/p.a.]	Емисија CO ₂ [t/god] Emission of CO ₂ [t/p.a.]	Смањење емисије CO ₂ [t/god] у односу на CO ₂ emission reduction [t/p.a.] in relation to		
	53,3	2.610	394,9	33.862	17,9	СДГ или угаљ DHS or coal	лож уље fuel oil	природни гас natural gas
						12,8	8,1	0,7

ПОТЕНЦИЈАЛ ЗА КОРИШЋЕЊЕ БИОМАСЕ POTENTIAL FOR THE USE OF BIOMASS



B2a	Површина објекта 575 m ² Топлотне потребе објекта 43,1 kW Building area 575 m ² Heat demand of the building 43,1 kW	Врста биомасе Biomass type	Потребан капацитет котла Required boiler capacity	Потребна енергија горива Required fuel energy	Потребна количина поједине биомасе Required specific biomass quantity
			kW	MWh/god MWh/p/a	[t/god] [t/p/a]
		Дрвни пелет Wood pellet	54,4	89,8	18,4
		Дрвни брикет Wood briquette	55,7	91,9	20,5
		Дрвна сечка Wood chips	57,0	94,1	33,9





Основни подаци о објекту
Basic building data

Површина парцеле Lot area	2.877 m ²
Слободна површина парцеле за примену ОИ Available lot area for RES implementation	1.125 m ²
Површина објекта Building area	1.130 m ²
Укупна површина равног крова Total flat roof area	129 m ²
Укупна површина косог крова Total pitched roof area	587 m ²

Организациона шема објекта
Organisational scheme of the building






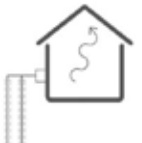

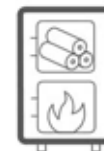

Ситуациони приказ
Layout



ПОТЕНЦИЈАЛ ЗА КОРИШЋЕЊЕ ОБНОВЉИВИХ ИЗВОРА POTENTIAL FOR THE USE OF RENEWABLE SOURCES

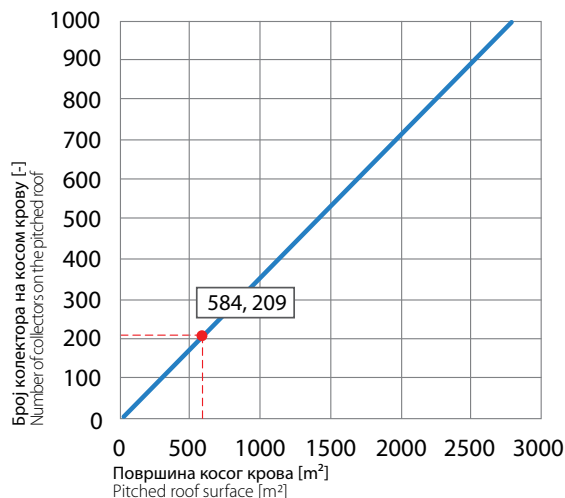
			
ФОТОНАПОНСКИ ПАНЕЛИ PHOTOVOLTAIC PANELS	СОЛАРНИ КОЛЕКТОРИ SOLAR COLLECTORS	ТОПЛОТНЕ ПУМПЕ, тип "земља - вода" HEAT PUMPS "ground-water"	
		Хоризонталне сонде (колектори)	Вертикалне сонде (колектори)
Максимални потенцијал производње електричне енергије за оптимално расположиве површине крова [MWhе/god] Maximum potential for power generation for optimum available roof surfaces [MWhе/p/a]	Максимални потенцијал производње топлотне енергије за оптимално расположиве површине крова [MWh/god] Maximum potential for heat generation for optimum available roof surfaces [MWhе/p/a]	Максимални грејни капацитет за расположиву површину дворишта [kW] Maximum heating capacity for the available yard area [kW]	
89,6	246,4	32,3	182,3

КОРИШЋЕЊЕ ОБНОВЉИВИХ ИЗВОРА – подмирење потреба објекта USE OF RENEWABLE SOURCES- meeting building demand

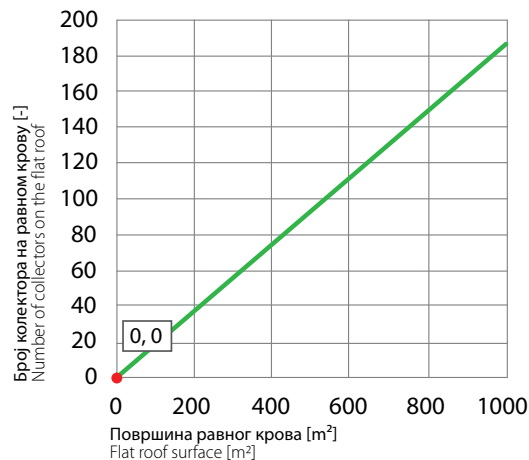
						
ФОТОНАПОНСКИ ПАНЕЛИ PHOTOVOLTAIC PANELS	ТОПЛОТНЕ ПУМПЕ HEAT PUMPS		БИОМАСА BIOMASS			
	тип "ваздух - вода" "air-water" type	тип "земља - вода" "ground-water" type	пелет pellet	брикет briquette	сечка chips	
Производње електричне енергије [MWh/god] / Ангажована површина крова [m ²] Power production [MWh/p/a] / Deployed roof surface [m ²]	Потребни топлотни капацитет пумпе [kW] / Потрошња електричне енергије за погон топлотне пумпе [MWh/god] Required thermal pump capacity [kW] / Electricity consumption for the heat pump drive [MWh/p/a]		Количине поједине дрвне биомасе средњег квалитета, које подмирују потребе објекта за грејањем [t/god] Quantities of specific biomass of average quality, meeting the building heating demand [t/p/a]			
47,2 / 279	128,7 / 95,8	104,7 / 66,5	36,1	40,2	66,6	

ПОТЕНЦИЈАЛ ЗА КОРИШЋЕЊЕ СОЛАРНИХ КОЛЕКТОРА POTENTIAL FOR THE USE OF SOLAR COLLECTORS

Максималан број инсталираних колектора по површини косог крова у зависности од површине крова
Maximum number of installed collectors per pitched roof surface depending on the roof area



Максималан број инсталираних колектора по површини равног крова у зависности од површине крова
Maximum number of installed collectors per flat roof surface depending on the roof area



B2b	Оптимально расположива површина косог крова [m ²] Optimum available pitched roof area [m ²]	Нагибни угао [°] Tilt angle [°]	Оптимально расположива површина равног крова [m ²] Optimum available flat roof area [m ²]	Површина колектора [m ²] Collector surface [m ²]	Минимална запремина танка [l] Minimum tank volume [l]	Производња топлотне енергије на годишњем нивоу [kWh/год] Annual heat generation [kWh/yr]	Могуће смањење емисије CO ₂ у зависности од енергента који се супституише [kgCO ₂] Potential CO ₂ emission reduction depending on the substituted fuel [kgCO ₂]		
							угаљ coal	гас gas	мазут heavy oil
Y1 I1	-	15	-	-	-	-	-	-	-
Y2 I2	587	15	-	493,20	24.660	246.416	105.712	54.212	82.796

Y1: Унапређење 1 – Покривеност 100% површине кровова јужне, југоисточне и југозападне оријентације.

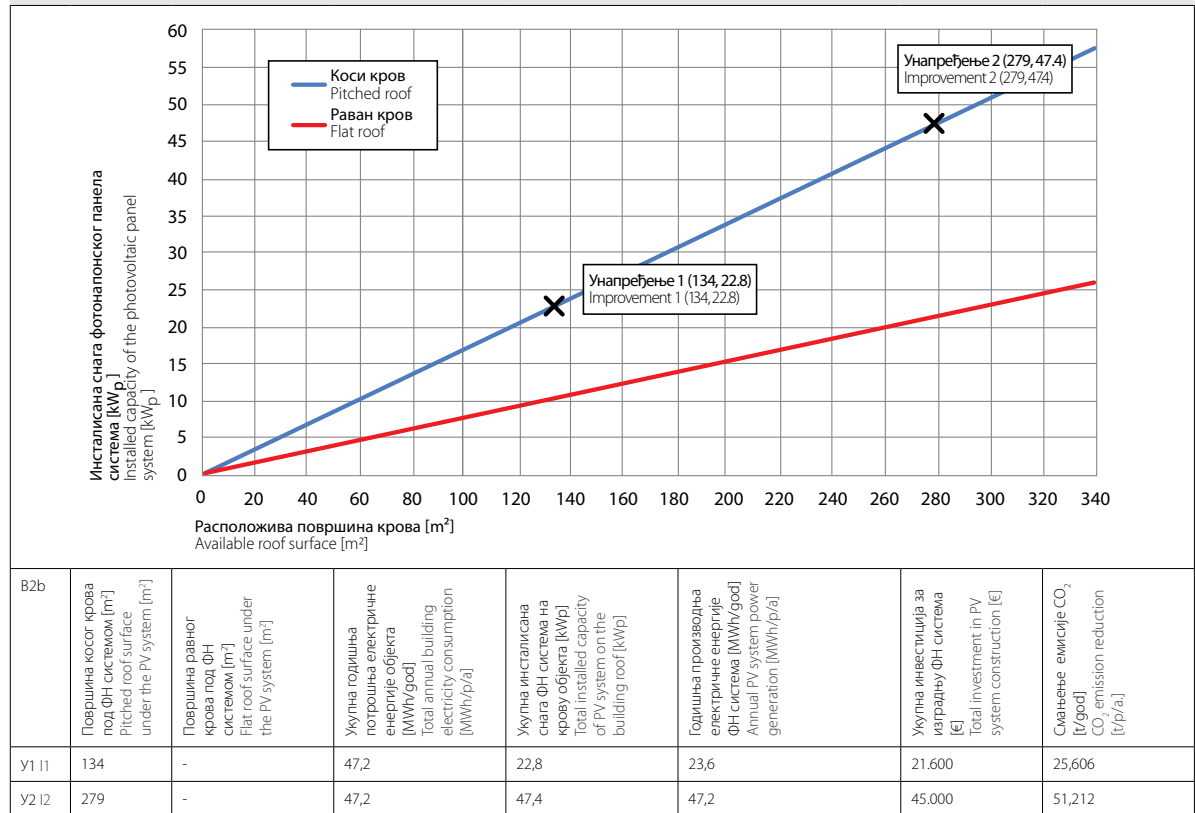
Y2: Унапређење 2 – Покривеност 100% површине кровова јужне, југоисточне, југозападне, источне и западне оријентације.

I1: Improvement 1 - 100% coverage of the roof surface of South, Southeast and Southwest orientation.

I2: Improvement 2 - 100% coverage of the roof surface of South, Southeast, Southwest, East and West orientation.

ПОТЕНЦИЈАЛ ЗА КОРИШЋЕЊЕ СОЛАРНИХ ФОТОНАПОНСКИХ СИСТЕМА

POTENTIAL FOR THE USE OF SOLAR PHOTOVOLTAIC SYSTEMS



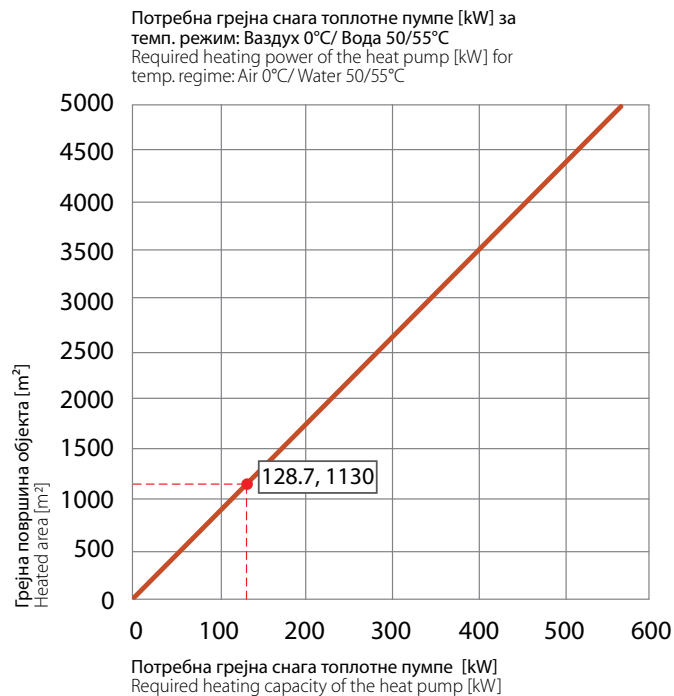
Y1: Унапређење 1 – Прво унапређење подразумева изградњу фотонапонских система на расположивим кровним површинама које имају најбољу просторну оријентацију са аспекта укупне годишње инсолације. Инсталисана снага фотонапонског система треба да обезбеди годишњу производњу електричне енергије која покрива до 50% укупне годишње потрошње електричне енергије у анализираном школском објекту.

Y2: Унапређење 2 – Друго унапређење подразумева изградњу фотонапонских система на расположивим кровним површинама које имају најбољу просторну оријентацију са аспекта укупне годишње инсолације. Инсталисана снага фотонапонског система треба да обезбеди годишњу производњу електричне енергије која покрива 100% укупне годишње потрошње електричне енергије у анализираном школском објекту.

I1: Improvement 1- Improvement 1 implies construction of photovoltaic systems with available roof surfaces with best possible spatial orientation from the perspective of total annual insolation. The installed photovoltaic system capacity needs to ensure annual power generation covering up to 50% of the total annual power consumption in the analysed school building.

I2: Improvement 2- Improvement 1 implies construction of photovoltaic systems with available roof surfaces with best possible spatial orientation from the perspective of total annual insolation. The installed photovoltaic system capacity needs to ensure annual power generation covering 100% of the total annual power consumption in the analysed school building.

ПОТЕНЦИЈАЛ ЗА КОРИШЋЕЊЕ ТОПЛОТНИХ ПУМПИ ТОПЛОТНЕ ПУМПЕ ВАЗДУХ-ВОДА POTENTIAL FOR THE USE OF HEAT PUMPS HEAT PUMPS "AIR- WATER"



B2b	Потребан капацитет пумпе [kW] Required pump capacity [kW]	Ангажована електрична снага [kW] Deployed power [kW]	Електрична енергија [kWh/god] Electricity [kWh/p/a.]	Емисија CO ₂ [t/god] Emission of CO ₂ [t/p/a.]	Смањење емисије CO ₂ [t/god] у односу на CO ₂ emission reduction [t/p/a.] in relation to		
					СДГ или угаљ DHS or coal	лож уље fuel oil	природни гас natural gas
	128,7	44,4	95,846	50,8	9,6	0,5	-14,2

ТОПЛОТНЕ ПУМПЕ ЗЕМЉА-ВОДА: ХОРИЗОНТАЛНЕ СОНДЕ

HEAT PUMPS "GROUND-WATER" HORIZONTAL PROBES

Топлотни капацитет пумпе у режиму грејања за усвојено:

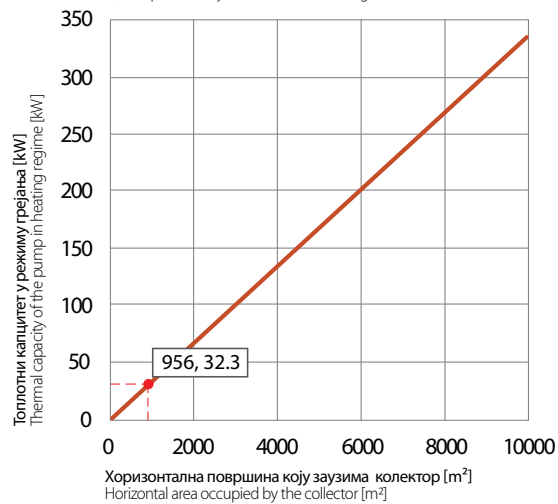
а). Топлотни флуks колектора = 25 W/m^2

б). Температура прилагођена за радијаторско грејање = 55°C

Thermal capacity of the pump in the heating regime for the adopted:

a). Heat flux of the collector = 25 W/m^2

b). Temperature adjusted for radiator heating = 55°C



Максимална грејна површина објекта у зависности од

површине коју заузима колектор за усвојено:

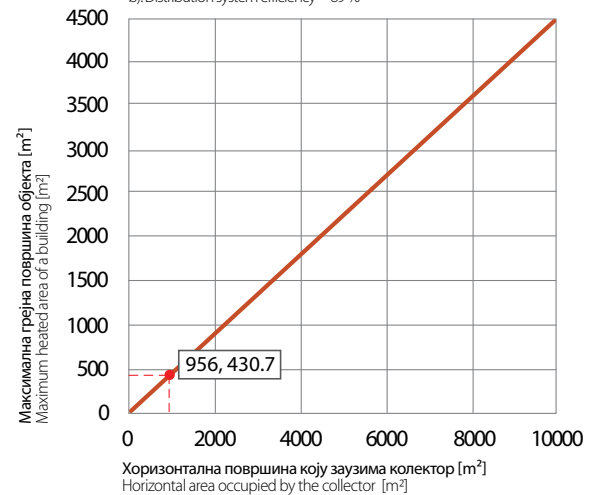
а). Специфична топлотна потреба објекта = 75 W/m^2

б). Ефикасност система дистрибуције = 89 %

Maximum heated area depending on the area occupied by the collector for the adopted:

a). Specific building heat demand = 75 W/m^2

b). Distribution system efficiency = 89 %

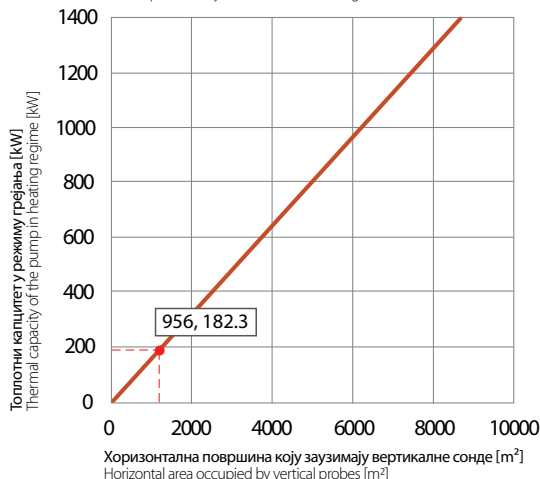


B2b	Потребан капацитет пумпе [kW] Required pump capacity [kW]	Расположива површина дворишта [m ²] Available yard area [m ²]	Могући грејни капацитет [kW] Potential heating capacity [kW]	Електрична енергија [kWh/god] Electricity [kWh/p/a.]	Емисија CO ₂ [t/god] Emission of CO ₂ [t/p.a.]	Смањење емисије CO ₂ [t/god] у односу на CO ₂ emission reduction [t/p/a.] in relation to		
						СДГ или угљь DHS or coal	лож уље fuel oil	природни гас natural gas
	104,7	956	32,3	-	-	-	-	-

ТОПЛОТНЕ ПУМПЕ ЗЕМЉА-ВОДА: ВЕРТИКАЛНЕ СОНДЕ HEAT PUMPS "GROUND-WATER" VERTICAL PROBES

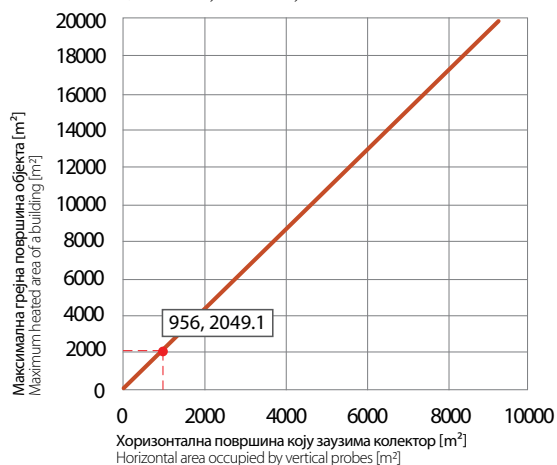
Топлотни капацитет пумпе са вертикалним сондама у зависности од хоризонталне површине дворишта за усвојено:

- a). Топлотни флуks колектора = 50 W/m^2
 б). Температура прилагођена за радијаторско грејање = 55°C
 Thermal capacity of the pump with vertical probes depending on the horizontal yard surface for the adopted:
 a). Heat flux of the collector = 50 W/m^2
 b). Temperature adjusted for radiator heating = 55°C



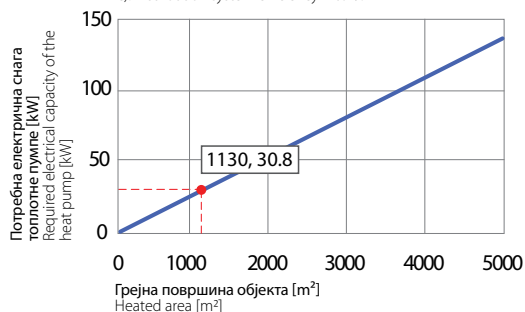
Максимална грејна површина објекта у зависности од хоризонталне површине дворишта за усвојено:

- a). Специфична топлотна потреба објекта = 75 W/m^2
 б). Ефикасност система дистрибуције = 89 %
 Maximum heated area depending on the horizontal yard surface for the adopted:
 a). Specific building heat demand = 75 W/m^2
 b). Distribution system efficiency = 89 %

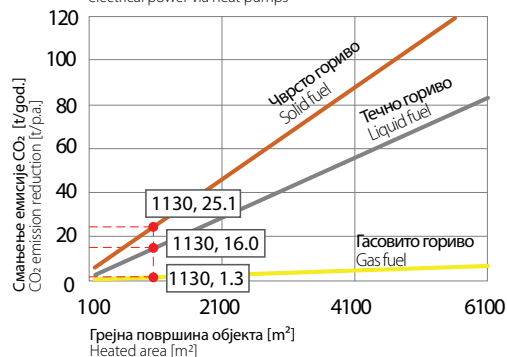


Зависност потребне електричне снаге и грејне површине објекта за усвојено:

- a). Специфичне топлотне потребе = 75 W/m^2
 б). COP топлотне пумпе = 3,4
 ц). Ефикасност система дистрибуције = 89 %
 Dependency between the required electrical capacity and building heated area for the adopted:
 a). Specific heat demand = 75 W/m^2
 b). Heat pump SOR = 3.4
 c). Distribution system efficiency = 89 %



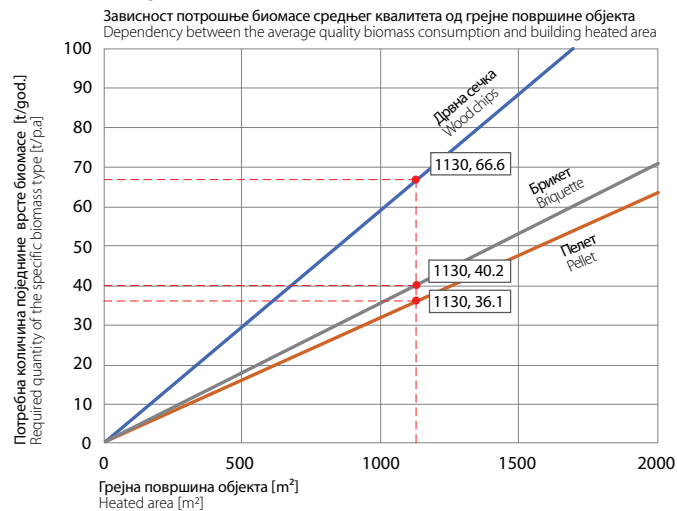
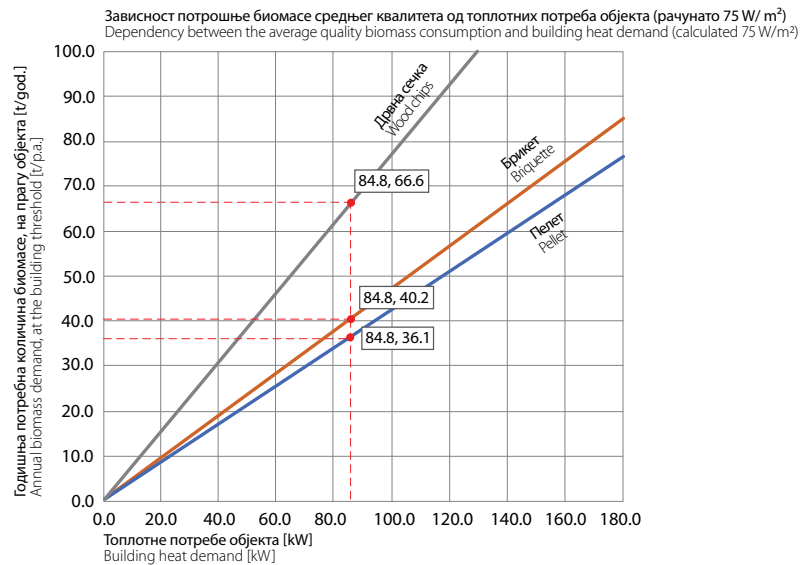
Смањење емисије CO₂ приликом супституције фосилних горива електричном енергијом путем топлотних пумпи



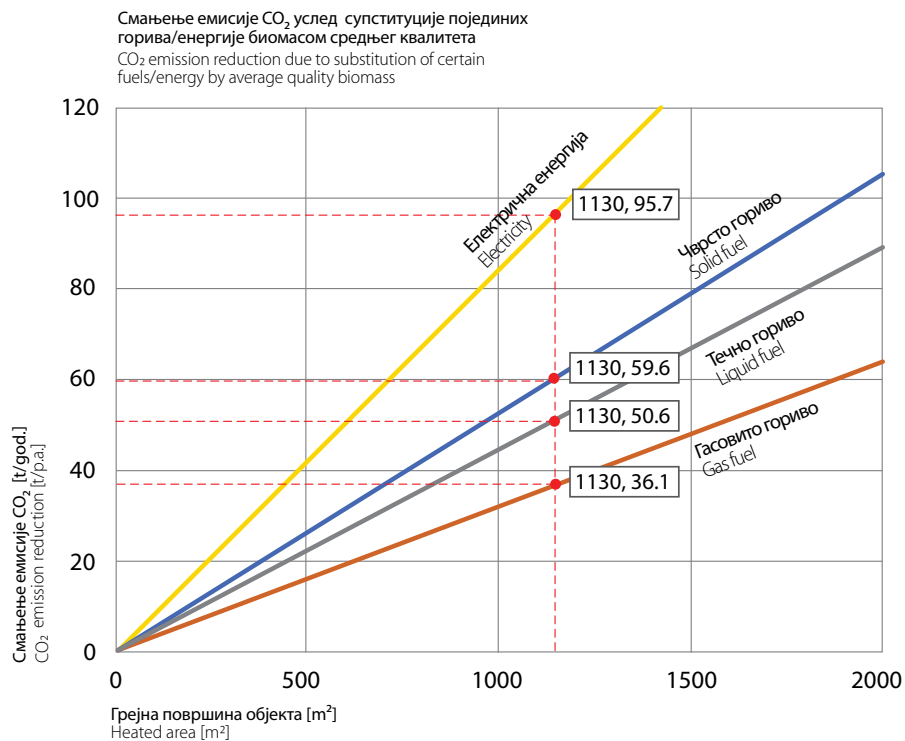
B2b	Потребан капацитет пумпе [kW] Required pump capacity [kW]	Расположива површина дворишта [m ²] Available yard area [m ²]	Могући грејни капацитет [kW] Potential heating capacity [kW]	Електрична енергија [kWh/god] Electricity [kWh/p.a.]	Емисија CO ₂ [t/god] Emission of CO ₂ [t/p.a.]	Смањење емисије CO ₂ [t/god] у односу на CO ₂ emission reduction [t/p.a.] in relation to		
						СДГ или угаљ DHS or coal	лож уље fuel oil	природни гас natural gas
	104,7	956	182,3	66.545	35,3	25,1	16,0	1,3

ПОТЕНЦИЈАЛ ЗА КОРИШЋЕЊЕ БИОМАСЕ

POTENTIAL FOR THE USE OF BIOMASS

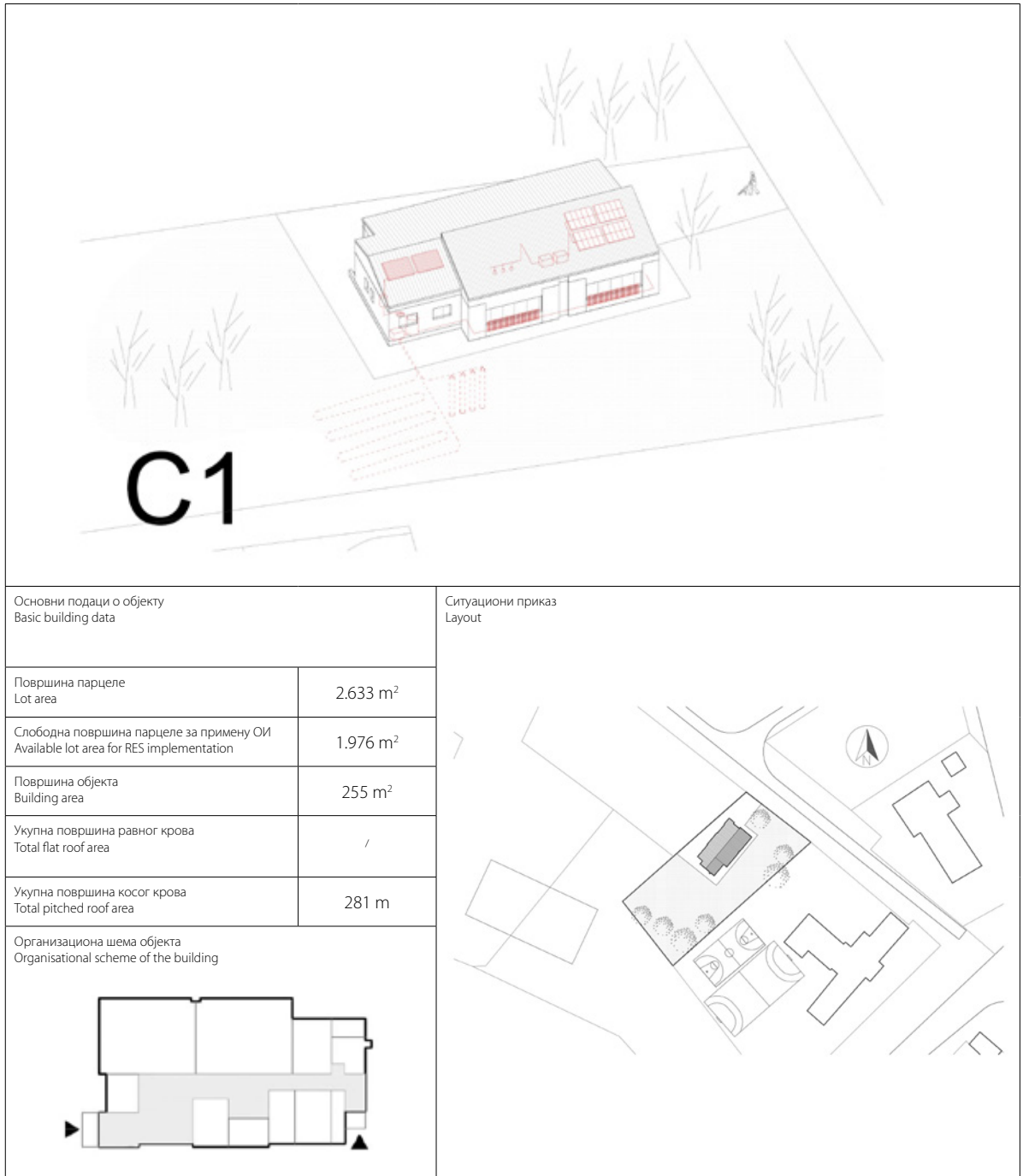


B2b	Површина објекта 1.130 m ² Топлотне потребе објекта 84,8 kW Building area 1.130 m ² Heat demand of the building 84,8 kW	Врста биомасе Biomass type	Потребан капацитет котла Required boiler capacity	Потребна енергија горива Required fuel energy	Потребна количина поједине биомасе Required specific biomass quantity
			kW	MWh/god MWh/p/a	[t/god] [t/p/a]
		Дрвени пелет Wood pellet	107,0	176,5	36,1
		Дрвени брикет Wood briquette	109,5	180,6	40,2
		Дрвна сечка Wood chips	112,0	184,8	66,6




B2b Смањење емисије CO₂ [t/god] у случају супституције наведеног горива/енергије биомасом средњег енергетског потенцијала (4,5 MWh/t), у постројењу средњег степена корисности (77%)
CO₂ [t/p/a] emission reduction in case of substitution of the said fuel/energy by biomass of average energy potential (4,5 MWh/t), in the plant of medium efficiency level (77%)






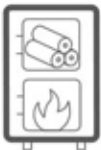

Чврсто гориво Solid fuel	Течно гориво Liquid fuel	Гасовито гориво Gas fuel	Електрична енергија Electricity
59,6	50,6	36,1	95,7



ПОТЕНЦИЈАЛ ЗА КОРИШЋЕЊЕ ОБНОВЉИВИХ ИЗВОРА POTENTIAL FOR THE USE OF RENEWABLE SOURCES

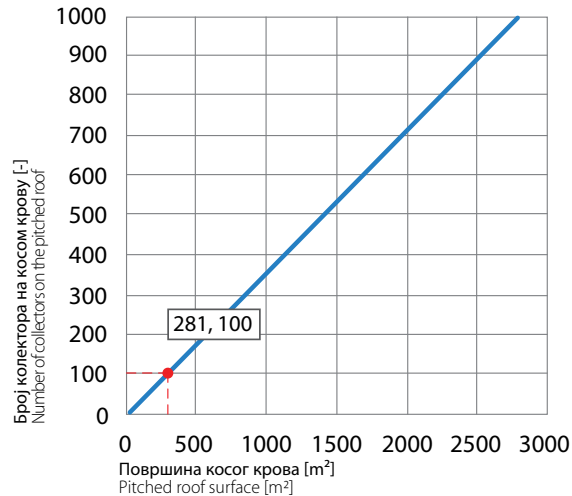
			
ФОТОНАПОНСКИ ПАНЕЛИ PHOTOVOLTAIC PANELS	СОЛАРНИ КОЛЕКТОРИ SOLAR COLLECTORS	ТОПЛОТНЕ ПУМПЕ, тип "земља - вода" HEAT PUMPS "ground-water"	
		Хоризонталне сонде (колектори)	Вертикалне сонде (колектори)
Максимални потенцијал производње електричне енергије за оптимално расположиве површине крова [MWh/god] Maximum potential for power generation for optimum available roof surfaces [MWh/p/a]	Максимални потенцијал производње топлотне енергије за оптимално расположиве површине крова [MWh/god] Maximum potential for heat generation for optimum available roof surfaces [MWh/p/a]	Максимални грејни капацитет за расположиву површину дворишта [kW] Maximum heating capacity for the available yard area [kW]	
24,6	67,4	56,7	273,4

КОРИШЋЕЊЕ ОБНОВЉИВИХ ИЗВОРА – подмирење потреба објекта USE OF RENEWABLE SOURCES- meeting building demand

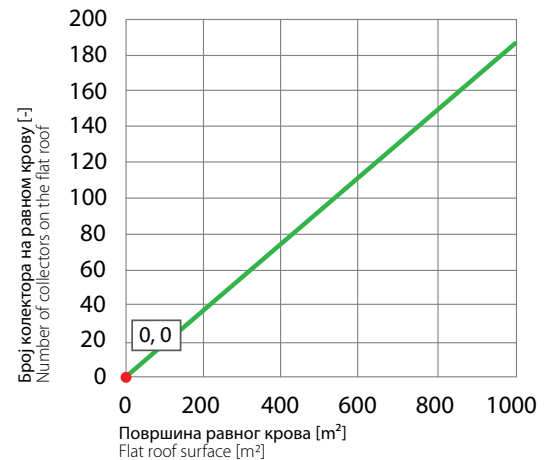
						
ФОТОНАПОНСКИ ПАНЕЛИ PHOTOVOLTAIC PANELS	ТОПЛОТНЕ ПУМПЕ HEAT PUMPS			БИОМАСА BIOMASS		
	тип "ваздух - вода" "air-water" type	тип "земља - вода" "ground-water" type		пелет pellet	брикет briquette	сечка chips
Производње електричне енергије [MWh/god] / Ангажована површина крова [m ²] Power production [MWh/p/a] / Deployed roof surface [m ²]	Потребни топлотни капацитет пумпе [kW] / Потрошња електричне енергије за погон топлотне пумпе [MWh/god] Required thermal pump capacity [kW] / Electricity consumption for the heat pump drive [MWh/p/a]			Количине поједине дрвне биомасе средњег квалитета, које подмирују потребе објекта за грејањем [t/god] Quantities of specific biomass of average quality, meeting the building heating demand [t/p/a]		
4,3 / 22	29 / 21,6	23,6 / 15,1		8,1	9,1	15,0

ПОТЕНЦИЈАЛ ЗА КОРИШЋЕЊЕ СОЛАРНИХ КОЛЕКТОРА POTENTIAL FOR THE USE OF SOLAR COLLECTORS

Максималан број инсталираних колектора по површини косог крова у зависности од површине крова
Maximum number of installed collectors per pitched roof surface depending on the roof area



Максималан број инсталираних колектора по површини равнор крова у зависности од површине крова
Maximum number of installed collectors per flat roof surface depending on the roof area



C1	Оптimalно расположива површина косог крова [m ²] Optimum available pitched roof area [m ²]	Нагибни угао [°] Tilt angle [°]	Оптimalно расположива површина равнор крова [m ²] Optimum available flat roof area [m ²]	Површина колектора [m ²] Collector surface [m ²]	Минимална запремина танка [l] Minimum tank volume [l]	Производња топлотне енергије на годишњем нивоу [kWh/t/year] Annual heat generation [kWh/t/yr]	Могуће смањење емисије CO ₂ у зависности од енергента који се супституише [kgCO ₂] Potential CO ₂ emission reduction depending on the substituted fuel [kgCO ₂]		
							угаљ coal	гас gas	мазут heavy oil
Y1 I1	146	16	-	123	6.152	67.362	28.898	14.820	22.634
Y2 I2	146	16	-	123	6.152	67.362	28.898	14.820	22.634

Y1: Унапређење 1 – Покривеност 100% површине кровова јужне, југоисточне и југозападне оријентације.

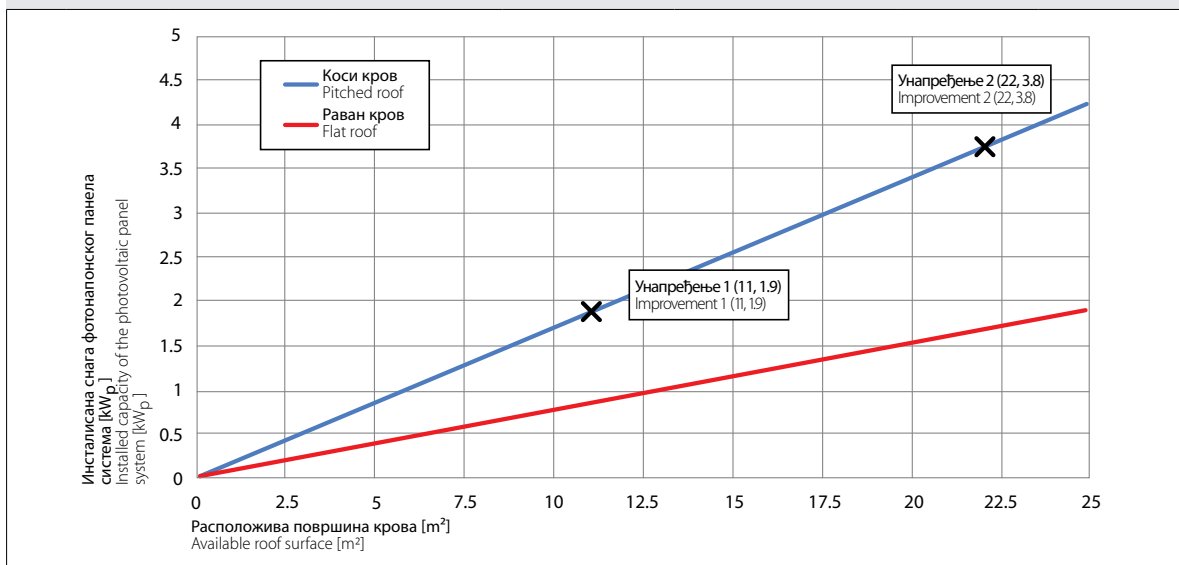
Y2: Унапређење 2 – Покривеност 100% површине кровова јужне, југоисточне, југозападне, источне и западне оријентације.

I1: Improvement 1 - 100% coverage of the roof surface of South, Southeast and Southwest orientation.

I2: Improvement 2 - 100% coverage of the roof surface of South, Southeast, Southwest, East and West orientation.

ПОТЕНЦИЈАЛ ЗА КОРИШЋЕЊЕ СОЛАРНИХ ФОТОНАПОНСКИХ СИСТЕМА

POTENTIAL FOR THE USE OF SOLAR PHOTOVOLTAIC SYSTEMS



C1	Површина косог крова под ФН системом [m²] Pitched roof surface under the PV system [m²]	Површина равног крова под ФН системом [m²] Flat roof surface under the PV system [m²]	Укупна годишња потрошња електричне енергије објекта [MWh/good] Total annual building electricity consumption [MWh/p/a]	Укупна инсталирана снага ФН система на крову објекта [kWp] Total installed capacity of PV system on the building roof [kWp]	Годишња производња електричне енергије ФН система [MWh/good] Annual PV system power generation [MWh/p/a]	Укупна инвестиција за изградњу ФН система [€] Total investment in PV system construction [€]	Смањење емисије CO ₂ [t/good] CO ₂ emission reduction [t/p/a]
У1 I1	11	-	4,5	1,9	2,3	1.900	2.304
У2 I2	22	-	4,5	3,8	4,3	3.800	4.607

У1: Унапређење 1 – Прво унапређење подразумева изградњу фотонапонских система на расположивим кровним површинама које имају најбољу просторну оријентацију са аспекта укупне годишње инсолације. Инсталисана снага фотонапонског система треба да обезбеди годишњу производњу електричне енергије која покрива до 50% укупне годишње потрошње електричне енергије у анализираном школском објекту.

У2: Унапређење 2 – Друго унапређење подразумева изградњу фотонапонских система на расположивим кровним површинама које имају најбољу просторну оријентацију са аспекта укупне годишње инсолације. Инсталисана снага фотонапонског система треба да обезбеди годишњу производњу електричне енергије која покрива 100% укупне годишње потрошње електричне енергије у анализираном школском објекту.

I1: Improvement 1- Improvement 1 implies construction of photovoltaic systems with available roof surfaces with best possible spatial orientation from the perspective of total annual insolation. The installed photovoltaic system capacity needs to ensure annual power generation covering up to 50% of the total annual power consumption in the analysed school building.

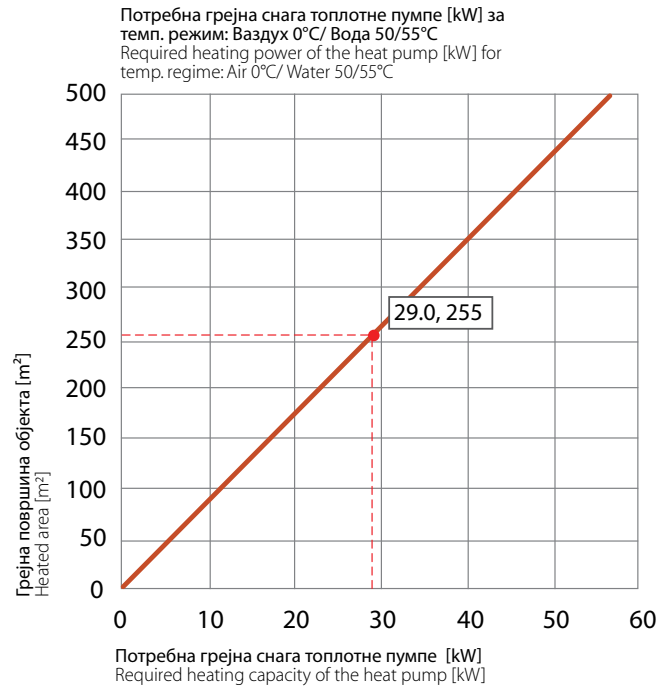
I2: Improvement 2- Improvement 1 implies construction of photovoltaic systems with available roof surfaces with best possible spatial orientation from the perspective of total annual insolation. The installed photovoltaic system capacity needs to ensure annual power generation covering 100% of the total annual power consumption in the analysed school building.

ПОТЕНЦИЈАЛ ЗА КОРИШЋЕЊЕ ТОПЛОТНИХ ПУМПИ

ТОПЛОТНЕ ПУМПЕ ВАЗДУХ-ВОДА

POTENTIAL FOR THE USE OF HEAT PUMPS

HEAT PUMPS "AIR- WATER"

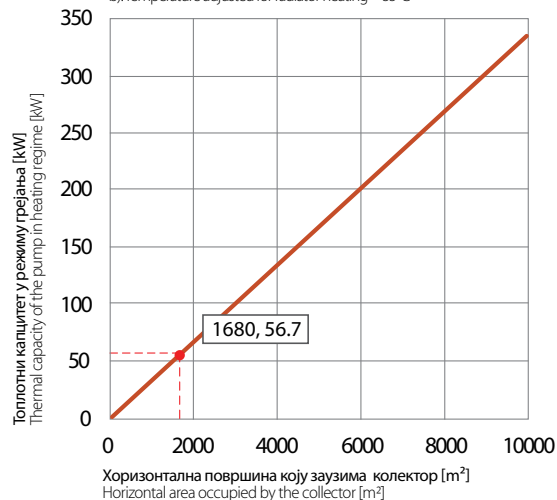


C1	Потребан капацитет пумпе [kW] Required pump capacity [kW]	Ангажована електрична снага [kW] Deployed power [kW]	Електрична енергија [kWh/god] Electricity [kWh/p/a.]	Емисија CO ₂ [t/god] Emission of CO ₂ [t/p/a.]	Смањење емисије CO ₂ [t/god] у односу на CO ₂ emission reduction [t/p/a.] in relation to		
					СДГ или угаљ DHS or coal	лож уље fuel oil	природни гас natural gas
	29,0	10,0	21.629	11,5	2,2	0,1	-3,2

ТОПЛОТНЕ ПУМПЕ ЗЕМЉА-ВОДА: ХОРИЗОНТАЛНЕ СОНДЕ

HEAT PUMPS "GROUND- WATER" HORIZONTAL PROBES

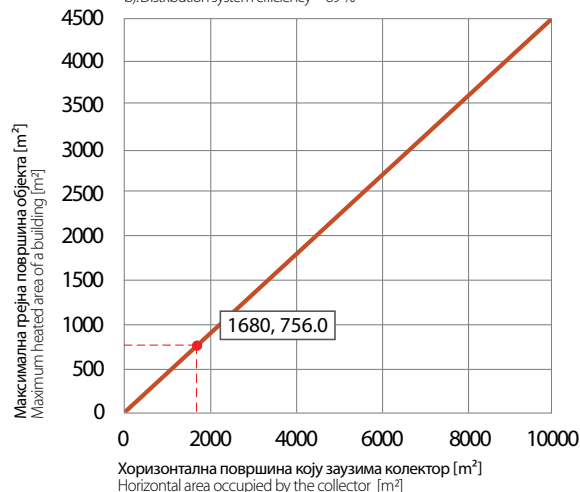
Топлотни капацитет пумпе у режиму грејања за усвојено:
 а). Топлотни флуks колектора = 25W/ m²
 б). Температура прилагођена за радијаторско грејање = 55°C
 Thermal capacity of the pump in the heating regime for the adopted:
 а). Heat flux of the collector = 25 W/m²
 б). Temperature adjusted for radiator heating = 55°C



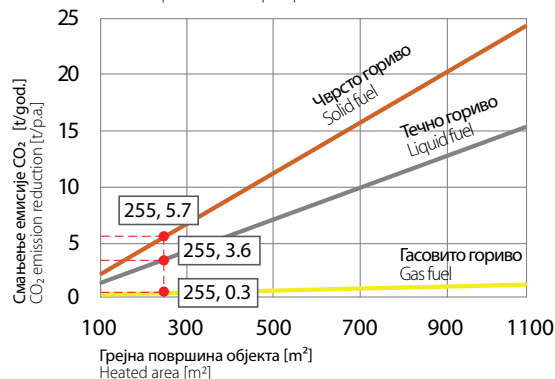
Зависност потребне електричне снаге и грејне површине објекта за усвојено:
 а). Специфичне топлотне потребе = 75 W/ m²
 б). COP топлотне пумпе = 3,4
 ц). Ефикасност система дистрибуције = 89 %
 Dependency between the required electrical capacity and building heated area for the adopted:
 а). Specific heat demand = 75 W/m²
 б). Heat pump SOR = 3.4
 ц). Distribution system efficiency = 89 %



Максимална грејна површина објекта у зависности од површине коју заузима колектор за усвојено:
 а). Специфична топлотна потреба објекта = 75 W/m²
 б). Ефикасност система дистрибуције = 89 %
 Maximum heated area depending on the area occupied by the collector for the adopted:
 а). Specific building heat demand = 75 W/m²
 б). Distribution system efficiency = 89 %



Смањење емисије CO₂ приликом супституције фосилних горива електричном енергијом путем топлотних пумпи
 CO₂ emission reduction due to substitution of fossil fuels by electrical power via heat pumps



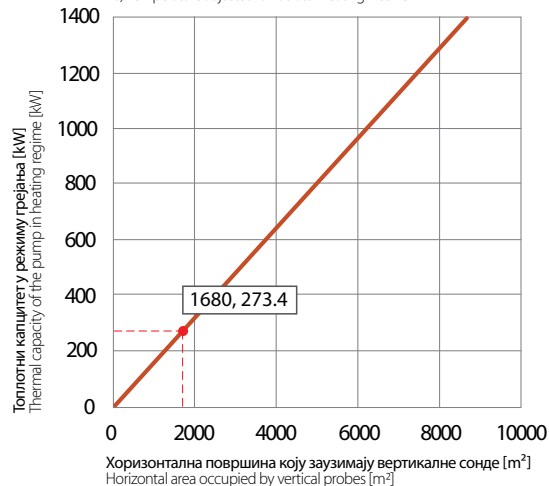
C1	Потребан капацитет пумпе [kW] Required pump capacity [kW]	Расположива површина дворишта [m ²] Available yard area [m ²]	Могући грејни капацитет [kW] Potential heating capacity [kW]	Електрична енергија [kWh/god] Electricity [kWh/p.a.]	Емисија CO ₂ [t/god] Emission of CO ₂ [t/p.a.]	Смањење емисије CO ₂ [t/god] у односу на CO ₂ emission reduction [t/p.a.] in relation to		
						СДГ или угаљ DHS or coal	лож уље fuel oil	природни гас natural gas
	23,6	1.680	56,7	15.017	8,0	5,7	3,6	0,3

ТОПЛОТНЕ ПУМПЕ ЗЕМЉА-ВОДА: ВЕРТИКАЛНЕ СОНДЕ

HEAT PUMPS "GROUND-WATER" VERTICAL PROBES

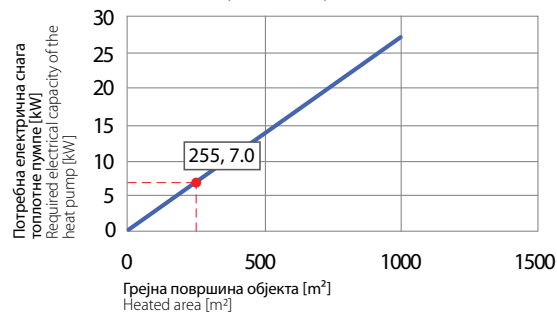
Топлотни капацитет пумпе са вертикалним сондама у зависности од хоризонталне површине дворишта за усвојено:

- a). Топлотни флуks колектора = 50 W/m²
 б). Температура прилагођена за радијаторско грејање = 55°C
 Thermal capacity of the pump with vertical probes depending on the horizontal yard surface for the adopted:
 a). Heat flux of the collector = 50 W/m²
 b). Temperature adjusted for radiator heating = 55°C



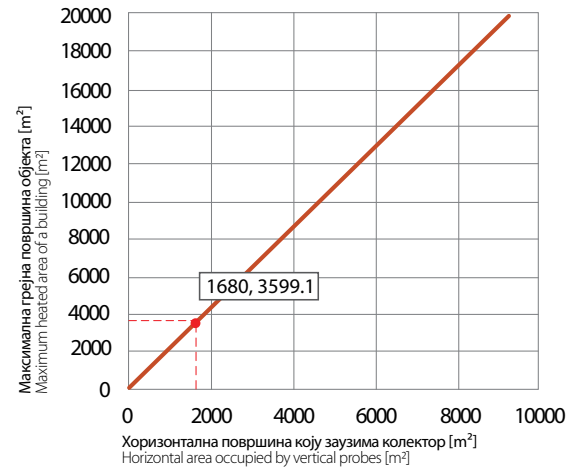
Зависност потребне електричне снаге и грејне површине објекта за усвојено:

- a). Специфичне топлотне потребе = 75 W/m²
 б). COP топлотне пумпе = 3,4
 ц). Ефикасност система дистрибуције = 89 %
 Dependency between the required electrical capacity and building heated area for the adopted:
 a). Specific heat demand = 75 W/m²
 b). Heat pump SOR = 3.4
 c). Distribution system efficiency = 89 %

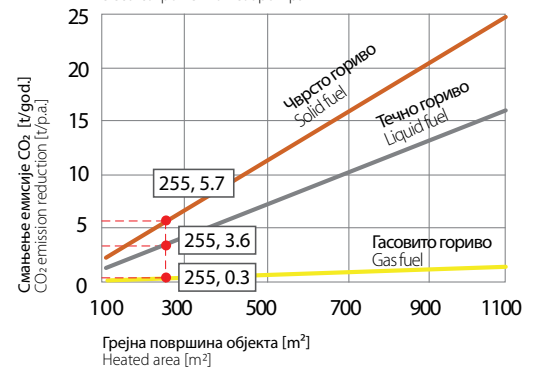


Максимална грејна површина објекта у зависности од хоризонталне површине дворишта за усвојено:

- a). Специфична топлотна потреба објекта = 75 W/m²
 б). Ефикасност система дистрибуције = 89 %
 Maximum heated area depending on the horizontal yard surface for the adopted:
 a). Specific building heat demand = 75 W/m²
 b). Distribution system efficiency = 89 %



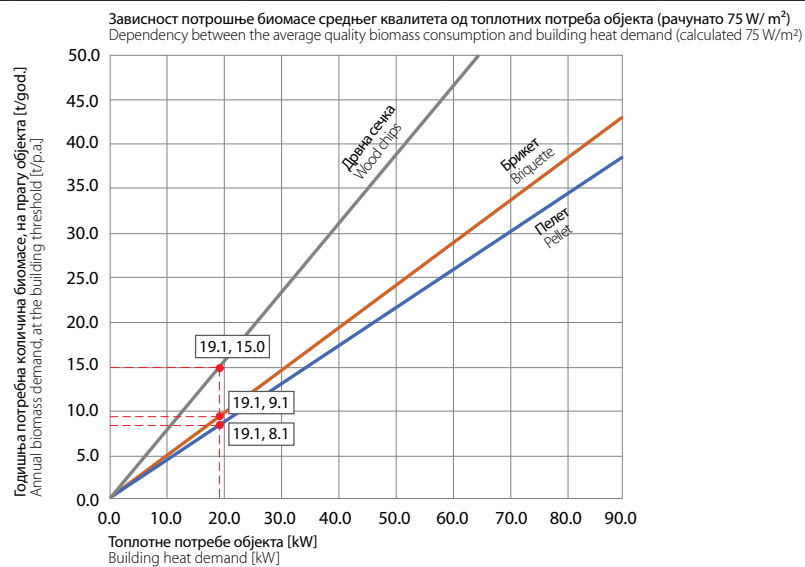
Смањење емисије CO₂ приликом супституције фосилних горива електричном енергијом путем топлотних пумпи



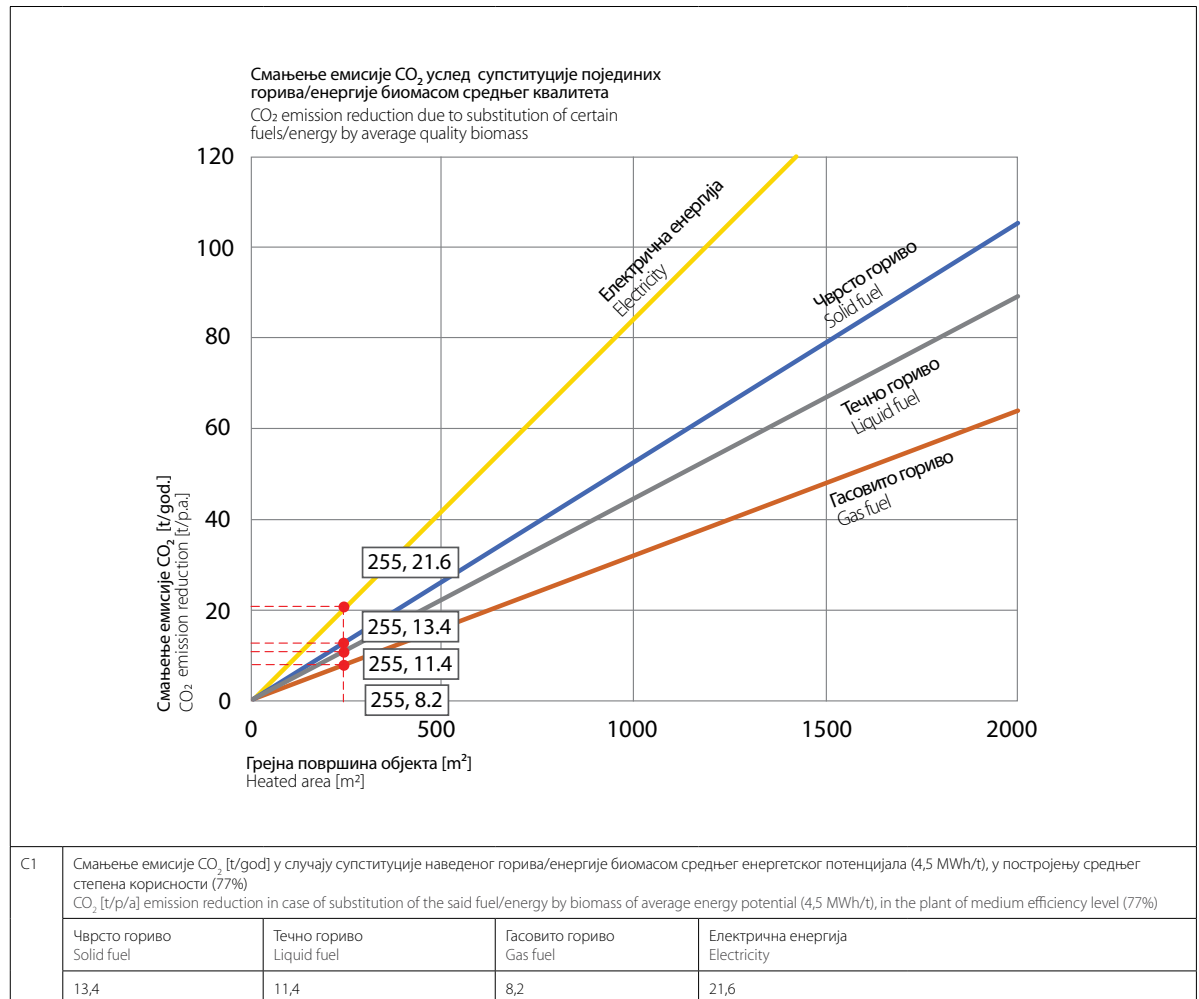
C1	Потребан капацитет пумпе [kW] Required pump capacity [kW]	Расположива површина дворишта [m ²] Available yard area [m ²]	Могући грејни капацитет [kW] Potential heating capacity [kW]	Електрична енергија [kWh/god] Electricity [kWh/p/a.]	Емисија CO ₂ [t/god] Emission of CO ₂ [t/p.a.]	Смањење емисије CO ₂ [t/god] у односу на CO ₂ emission reduction [t/p.a.] in relation to		
						СДГ или угаљ DHS or coal	лож уље fuel oil	природни гас natural gas
	23,6	1.680	273,4	15.017	8,0	5,7	3,6	0,3

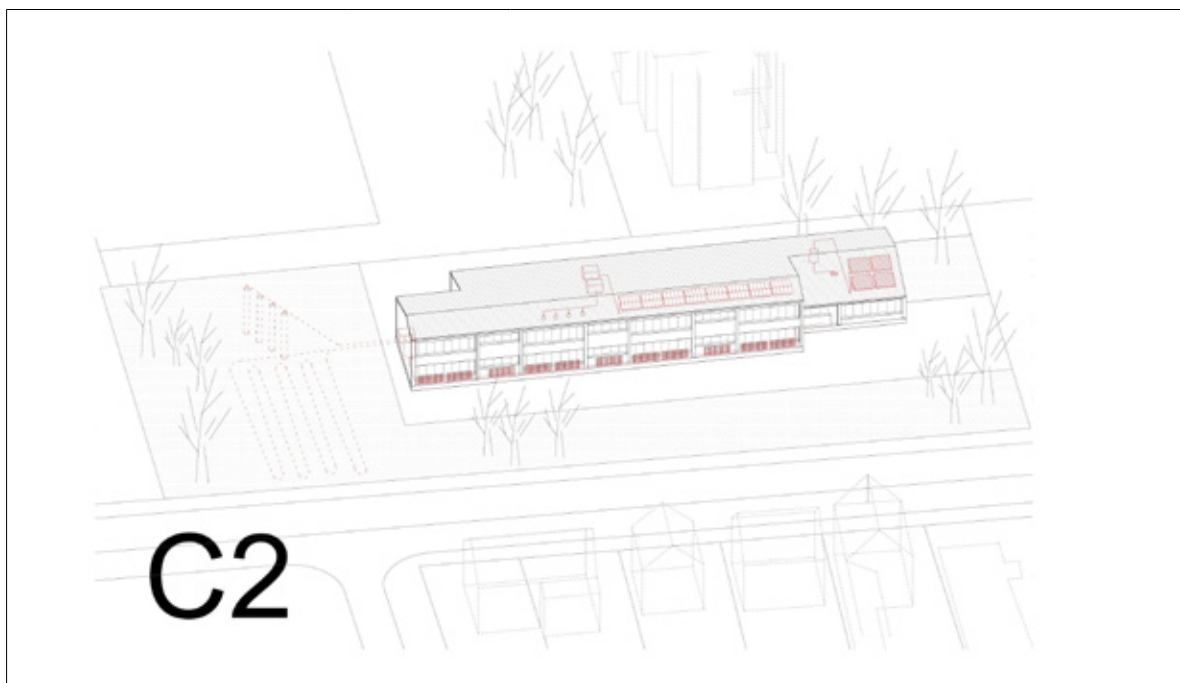
ПОТЕНЦИЈАЛ ЗА КОРИШЋЕЊЕ БИОМАСЕ

POTENTIAL FOR THE USE OF BIOMASS



C1	Површина објекта 255 m ² Топлотне потребе објекта 19,1 kW Building area 255 m ² Heat demand of the building 19,1 kW	Врста биомасе Biomass type	Потребан капацитет котла Required boiler capacity	Потребна енергија горива Required fuel energy	Потребна количина поједине биомасе Required specific biomass quantity
			kW	MWh/god MWh/p/a	[t/god] [t/p/a]
		Дрвени пелет Wood pellet	24,1	39,8	8,1
		Дрвени брикет Wood briquette	24,7	40,8	9,1
		Дрвна сечка Wood chips	25,3	41,7	15,0





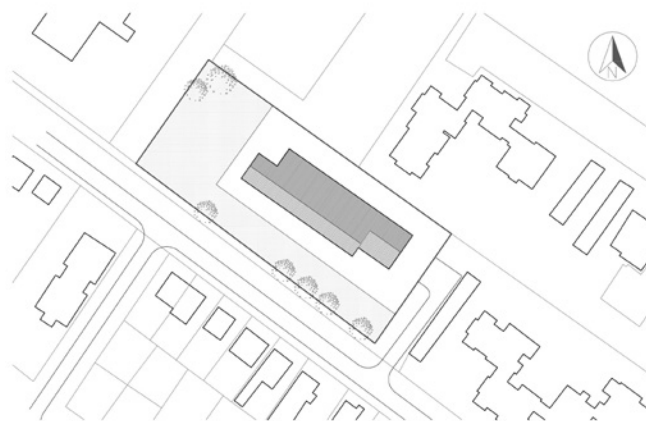
Основни подаци о објекту
Basic building data

Површина парцеле Lot area	5.306 m ²
Слободна површина парцеле за примену ОИ Available lot area for RES implementation	2367 m ²
Површина објекта Building area	1.530 m ²
Укупна површина равног крова Total flat roof area	/
Укупна површина косог крова Total pitched roof area	1.160 m

Организациона шема објекта
Organisational scheme of the building








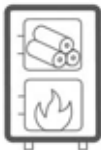

Ситуциони приказ
Layout



ПОТЕНЦИЈАЛ ЗА КОРИШЋЕЊЕ ОБНОВЉИВИХ ИЗВОРА POTENTIAL FOR THE USE OF RENEWABLE SOURCES

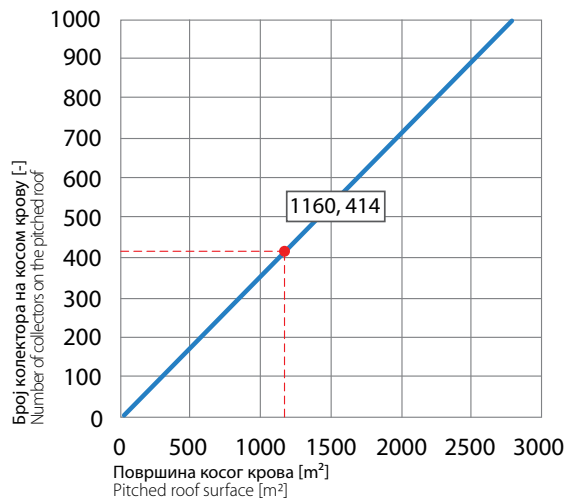
			
ФОТОНАПОНСКИ ПАНЕЛИ PHOTOVOLTAIC PANELS	СОЛАРНИ КОЛЕКТОРИ SOLAR COLLECTORS	ТОПЛОТНЕ ПУМПЕ, тип "земља - вода" HEAT PUMPS "ground-water"	
		Хоризонталне сонде (колектори)	Вертикалне сонде (колектори)
Максимални потенцијал производње електричне енергије за оптимално расположиве површине крова [MWhе/god] Maximum potential for power generation for optimum available roof surfaces [MWhе/p/a]	Максимални потенцијал производње топлотне енергије за оптимално расположиве површине крова [MWh/god] Maximum potential for heat generation for optimum available roof surfaces [MWhе/p/a]	Максимални грејни капацитет за расположиву површину дворишта [kW] Maximum heating capacity for the available yard area [kW]	
51,0	135,0	67,9	334,1

КОРИШЋЕЊЕ ОБНОВЉИВИХ ИЗВОРА – подмирење потреба објекта USE OF RENEWABLE SOURCES- meeting building demand

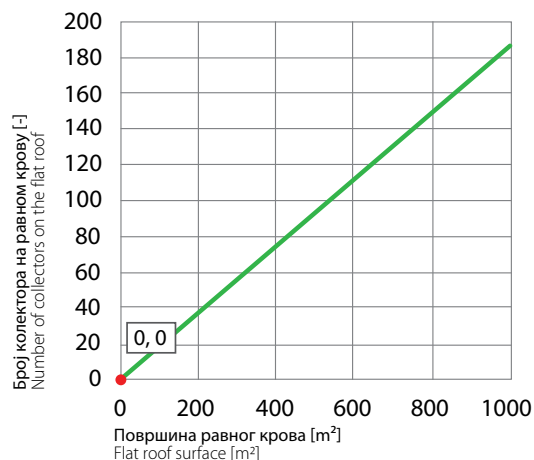
						
ФОТОНАПОНСКИ ПАНЕЛИ PHOTOVOLTAIC PANELS	ТОПЛОТНЕ ПУМПЕ HEAT PUMPS		БИОМАСА BIOMASS			
	тип "ваздух - вода" "air-water" type	тип "земља - вода" "ground-water" type	пелет pellet	брикет briquette	сечка chips	
Производње електричне енергије [MWh/god] / Ангажована површина крова [m ²] Power production [MWh/p/a] / Deployed roof surface [m ²]	Потребни топлотни капацитет пумпе [kW] / Потрошња електричне енергије за погон топлотне пумпе [MWh/god] Required thermal pump capacity [kW] / Electricity consumption for the heat pump drive [MWh/p/a]		Количине поједине дрвне биомасе средњег квалитета, које подмирују потребе објекта за грејањем [t/god] Quantities of specific biomass of average quality, meeting the building heating demand [t/p/a]			
51 / 275	174,2 / 129,7	141,8 / 90,1	48,9	54,4	90,2	

ПОТЕНЦИЈАЛ ЗА КОРИШЋЕЊЕ СОЛАРНИХ КОЛЕКТОРА POTENTIAL FOR THE USE OF SOLAR COLLECTORS

Максималан број инсталираних колектора по површини косог крова у зависности од површине крова
Maximum number of installed collectors per pitched roof surface depending on the roof area



Максималан број инсталираних колектора по површини равног крова у зависности од површине крова
Maximum number of installed collectors per flat roof surface depending on the roof area



C2	Оптимально расположива површина косог крова [m²] Optimum available pitched roof area [m²]	Нагибни угао [°] Tilt angle [°]	Оптимально расположива површина равног крова [m²] Optimum available flat roof area [m²]	Површина колектора [m²] Collector surface [m²]	Минимална запремина танка [l] Minimum tank volume [l]	Производња топлотне енергије на годишњем нивоу [kWh/год] Annual heat generation [kWh/yr]	Могуће смањење емисије CO ₂ у зависности од енергента који се супституише [kgCO ₂] Potential CO ₂ emission reduction depending on the substituted fuel [kgCO ₂]		
							угаљ coal	гас gas	мазут heavy oil
Y1 I1	305	18	-	257	1.286	135.023	57.925	29.705	45.368
Y2 I2	305	18	-	257	1.286	135.023	57.925	29.705	45.368

Y1: Унапређење 1 – Покривеност 100% површине кровова јужне, југоисточне и југозападне оријентације.

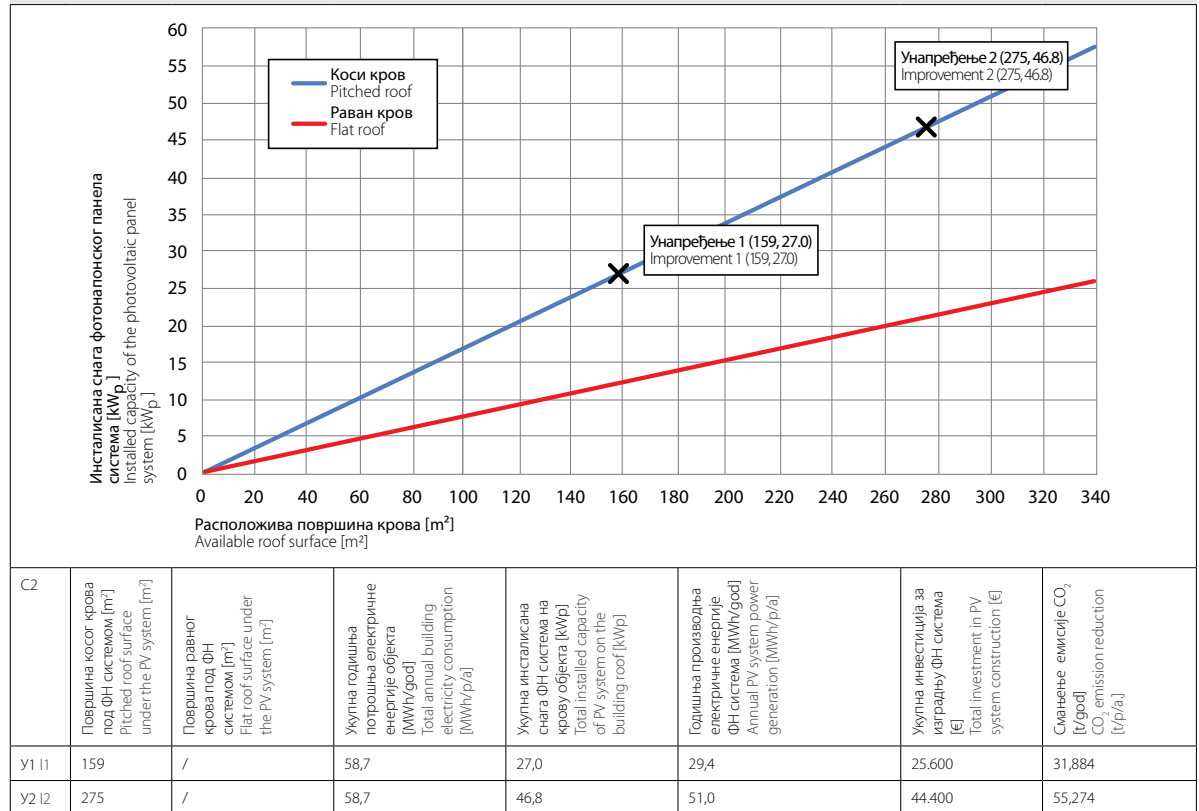
Y2: Унапређење 2 – Покривеност 100% површине кровова јужне, југоисточне, југозападне, источне и западне оријентације.

I1: Improvement 1 - 100% coverage of the roof surface of South, Southeast and Southwest orientation.

I2: Improvement 2 - 100% coverage of the roof surface of South, Southeast, Southwest, East and West orientation.

ПОТЕНЦИЈАЛ ЗА КОРИШЋЕЊЕ СОЛАРНИХ ФОТОНАПОНСКИХ СИСТЕМА

POTENTIAL FOR THE USE OF SOLAR PHOTOVOLTAIC SYSTEMS



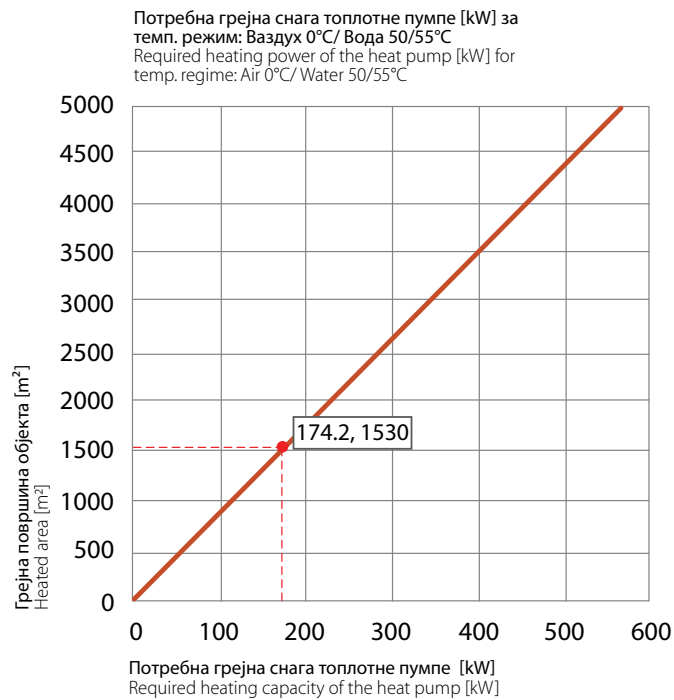
У1: Унапређење 1 – Прво унапређење подразумева изградњу фотонапонских система на расположивим кровним површинама које имају најбољу просторну оријентацију са аспекта укупне годишње инсолације. Инсталисана снага фотонапонског система треба да обезбеди годишњу производњу електричне енергије која покрива до 50% укупне годишње потрошње електричне енергије у анализираном школском објекту.

У2: Унапређење 2 – Друго унапређење подразумева изградњу фотонапонских система на расположивим кровним површинама које имају најбољу просторну оријентацију са аспекта укупне годишње инсолације. Инсталисана снага фотонапонског система треба да обезбеди годишњу производњу електричне енергије која покрива 100% укупне годишње потрошње електричне енергије у анализираном школском објекту.

И1: Improvement 1- Improvement 1 implies construction of photovoltaic systems with available roof surfaces with best possible spatial orientation from the perspective of total annual insolation. The installed photovoltaic system capacity needs to ensure annual power generation covering up to 50% of the total annual power consumption in the analysed school building.

И2: Improvement 2- Improvement 1 implies construction of photovoltaic systems with available roof surfaces with best possible spatial orientation from the perspective of total annual insolation. The installed photovoltaic system capacity needs to ensure annual power generation covering 100% of the total annual power consumption in the analysed school building.

ПОТЕНЦИЈАЛ ЗА КОРИШЋЕЊЕ ТОПЛОТНИХ ПУМПИ ТОПЛОТНЕ ПУМПЕ ВАЗДУХ-ВОДА POTENTIAL FOR THE USE OF HEAT PUMPS HEAT PUMPS "AIR- WATER"



C2	Потребан капацитет пумпе [kW] Required pump capacity [kW]	Ангажована електрична снага [kW] Deployed power [kW]	Електрична енергија [kWh/god] Electricity [kWh/p/a.]	Емисија CO ₂ [t/god] Emission of CO ₂ [t/p/a.]	Смањење емисије CO ₂ [t/god] у односу на CO ₂ emission reduction [t/p/a.] in relation to		
					СДГ или угаљ DHS or coal	лож уље fuel oil	природни гас natural gas
	174,2	60,1	129,774	68,8	13,0	0,6	-19,2

ТОПЛОТНЕ ПУМПЕ ЗЕМЉА-ВОДА: ХОРИЗОНТАЛНЕ СОНДЕ

HEAT PUMPS "GROUND-WATER" HORIZONTAL PROBES

Топлотни капацитет пумпе у режиму грејања за усвојено:

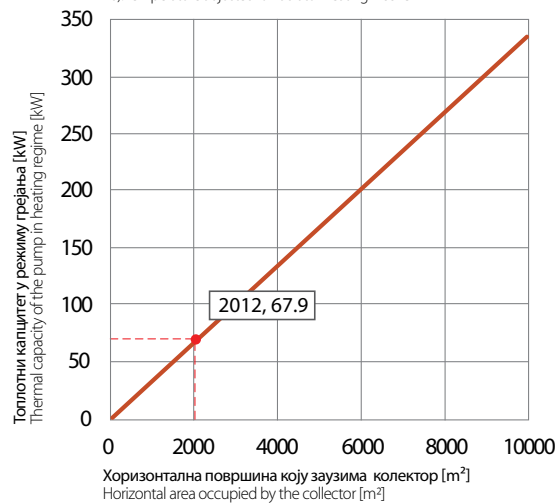
а). Топлотни флуks колектора = 25W/ m²

б). Температура прилагођена за радијаторско грејање = 55°C

Thermal capacity of the pump in the heating regime for the adopted:

a). Heat flux of the collector = 25 W/m²

b). Temperature adjusted for radiator heating = 55°C



Максимална грејна површина објекта у зависности од површине коју заузима колектор за усвојено:

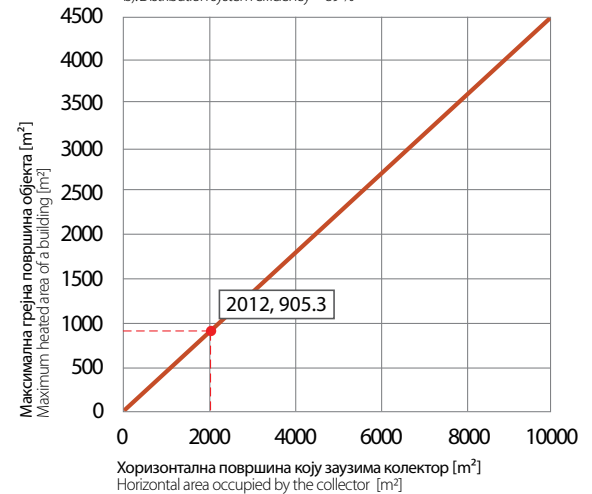
а). Специфична топлотна потреба објекта = 75 W/m²

б). Ефикасност система дистрибуције = 89 %

Maximum heated area depending on the area occupied by the collector for the adopted:

a). Specific building heat demand = 75 W/m²

b). Distribution system efficiency = 89 %

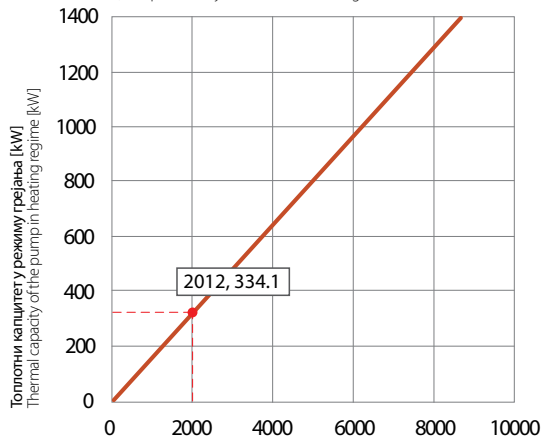


C2	Потребан капацитет пумпе [kW] Required pump capacity [kW]	Расположива површина дворишта [m ²] Available yard area [m ²]	Могући грејни капацитет [kW] Potential heating capacity [kW]	Електрична енергија [kWh/god] Electricity [kWh/p/a.]	Емисија CO ₂ [t/god] Emission of CO ₂ [t/p/a.]	Смањење емисије CO ₂ [t/god] у односу на CO ₂ emission reduction [t/p/a.] in relation to		
						СДГ или угљь DHS or coal	лож уље fuel oil	природни гас natural gas
	141,8	2012	67,9	-	-	-	-	-

ТОПЛОТНЕ ПУМПЕ ЗЕМЉА-ВОДА: ВЕРТИКАЛНЕ СОНДЕ HEAT PUMPS "GROUND-WATER" VERTICAL PROBES

Топлотни капацитет пумпе са вертикалним сондама у зависности од хоризонталне површине дворишта за усвојено:

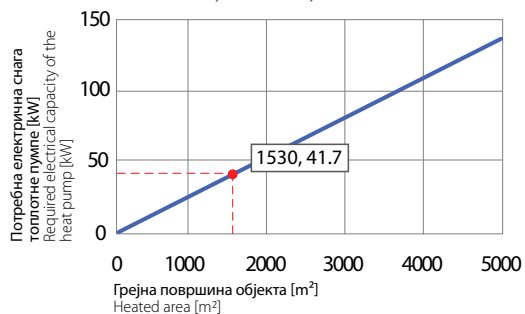
- а). Топлотни флуks колектора = 50 W/m²
 б). Температура прилагођена за радијаторско грејање = 55°C
 Thermal capacity of the pump with vertical probes depending on the horizontal yard surface for the adopted:
 а). Heat flux of the collector = 50 W/m²
 б). Temperature adjusted for radiator heating = 55°C



Хоризонтална површина коју заузимају вертикалне сонде [m²]
Horizontal area occupied by vertical probes [m²]

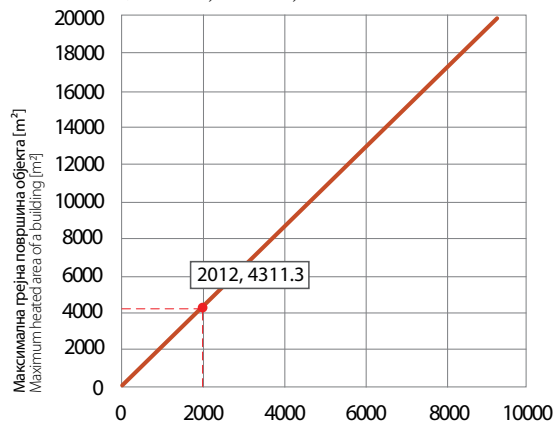
Зависност потребне електричне снаге и грејне површине објекта за усвојено:

- а). Специфичне топлотне потребе = 75 W/m²
 б). COP топлотне пумпе = 3,4
 ц). Ефикасност система дистрибуције = 89 %
 Dependency between the required electrical capacity and building heated area for the adopted:
 а). Specific heat demand = 75 W/m²
 б). Heat pump SOR = 3.4
 ц). Distribution system efficiency = 89 %



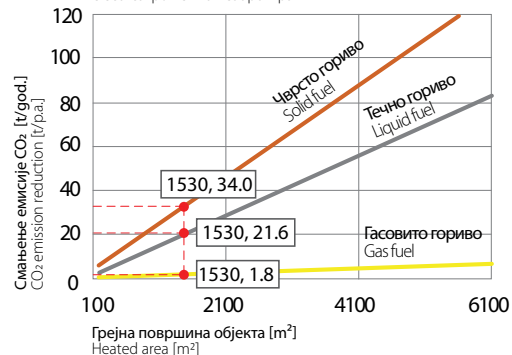
Максимална грејна површина објекта у зависности од хоризонталне површине дворишта за усвојено:

- а). Специфична топлотна потреба објекта = 75 W/m²
 б). Ефикасност система дистрибуције = 89 %
 Maximum heated area depending on the horizontal yard surface for the adopted:
 а). Specific building heat demand = 75 W/m²
 б). Distribution system efficiency = 89 %



Хоризонтална површина коју заузима колектор [m²]
Horizontal area occupied by vertical probes [m²]

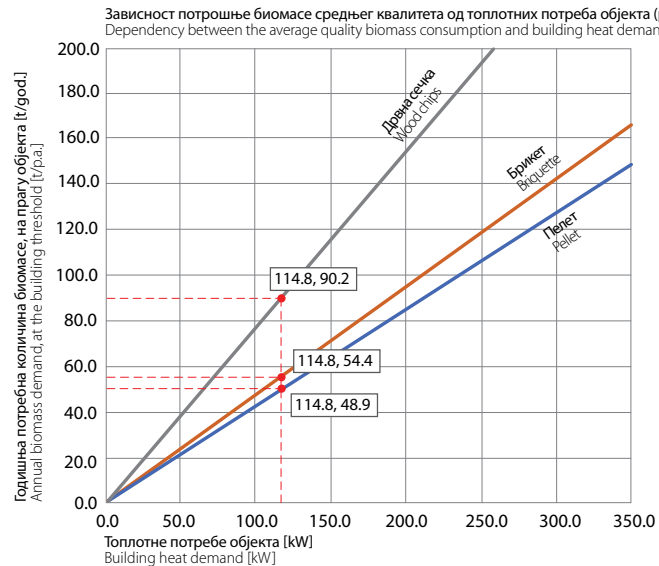
Смањење емисије CO₂ приликом супституције фосилних горива електричном енергијом путем топлотних пумпи
CO₂ emission reduction due to substitution of fossil fuels by electrical power via heat pumps



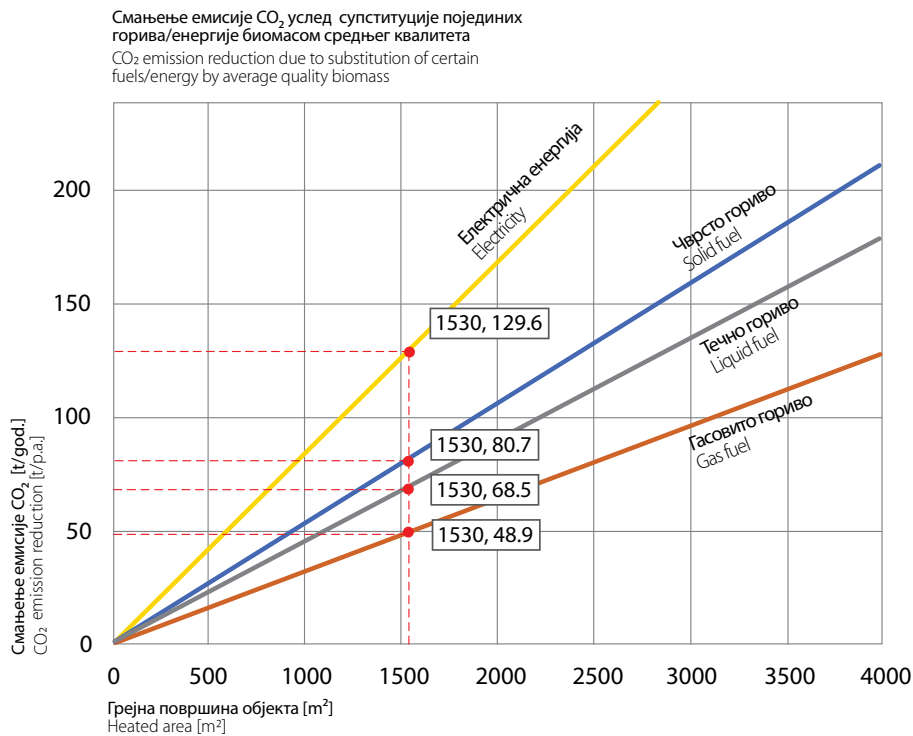
C2	Потребан капацитет пумпе [kW] Required pump capacity [kW]	Расположива површина дворишта [m ²] Available yard area [m ²]	Могући грејни капацитет [kW] Potential heating capacity [kW]	Електрична енергија [kWh/god] Electricity [kWh/p.a.]	Емисија CO ₂ [t/god] Emission of CO ₂ [t/p.a.]	Смањење емисије CO ₂ [t/god] у односу на CO ₂ emission reduction [t/p.a.] in relation to		
						СДГ или угаљ DHS or coal	лож уље fuel oil	природни гас natural gas
	141,8	2.012	334,1	90.101	47,8	34,0	21,6	1,8

ПОТЕНЦИЈАЛ ЗА КОРИШЋЕЊЕ БИОМАСЕ

POTENTIAL FOR THE USE OF BIOMASS

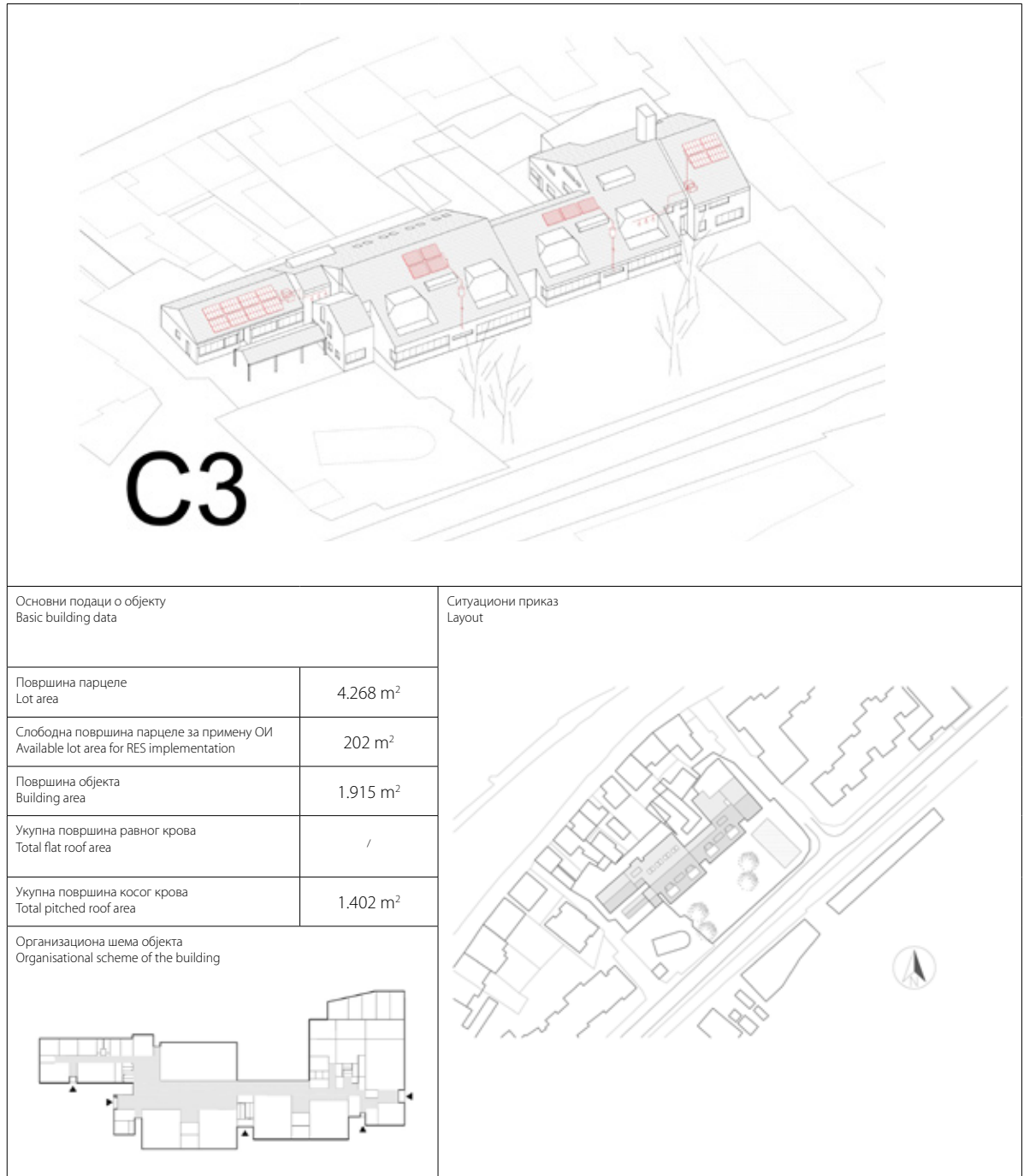


C2	Површина објекта 1.530 m ² Топлотне потребе објекта 114,8 kW Building area 1.530 m ² Heat demand of the building 114,8 kW	Врста биомасе Biomass type	Потребан капацитет котла Required boiler capacity	Потребна енергија горива Required fuel energy	Потребна количина поједине биомасе Required specific biomass quantity
			kW	MWh/god MWh/p/a	[t/god] [t/p/a]
		Дрвни пелет Wood pellet	144,9	239,0	48,9
		Дрвни брикет Wood briquette	148,2	244,5	54,4
		Дрвна сечка Wood chips	151,7	250,3	90,2



C2 Смањење емисије CO₂ [t/god] у случају супституције наведеног горива/енергије биомасом средњег енергетског потенцијала (4,5 MWh/t), у постројењу средњег степена корисности (77%)
CO₂ [t/p/a] emission reduction in case of substitution of the said fuel/energy by biomass of average energy potential (4,5 MWh/t), in the plant of medium efficiency level (77%)

Чврсто гориво Solid fuel	Течно гориво Liquid fuel	Гасовито гориво Gas fuel	Електрична енергија Electricity
80,7	68,5	48,9	129,6



ПОТЕНЦИЈАЛ ЗА КОРИШЋЕЊЕ ОБНОВЉИВИХ ИЗВОРА POTENTIAL FOR THE USE OF RENEWABLE SOURCES

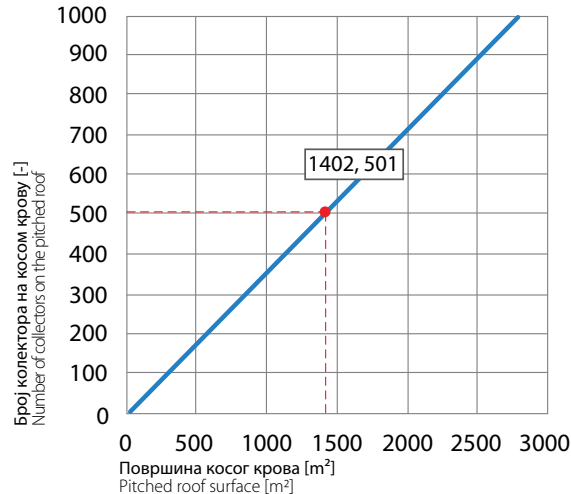
			
ФОТОНАПОНСКИ ПАНЕЛИ PHOTOVOLTAIC PANELS	СОЛАРНИ КОЛЕКТОРИ SOLAR COLLECTORS	ТОПЛОТНЕ ПУМПЕ, тип "земља - вода" HEAT PUMPS "ground-water"	
		Хоризонталне сонде (колектори)	Вертикалне сонде (колектори)
Максимални потенцијал производње електричне енергије за оптимално расположиве површине крова [MWhе/god] Maximum potential for power generation for optimum available roof surfaces [MWhе/p/a]	Максимални потенцијал производње топлотне енергије за оптимално расположиве површине крова [MWh/god] Maximum potential for heat generation for optimum available roof surfaces [MWhе/p/a]	Максимални грејни капацитет за расположиву површину дворишта [kW] Maximum heating capacity for the available yard area [kW]	
95,2	257,8	5,8	48,6

КОРИШЋЕЊЕ ОБНОВЉИВИХ ИЗВОРА – подмирење потреба објекта USE OF RENEWABLE SOURCES- meeting building demand

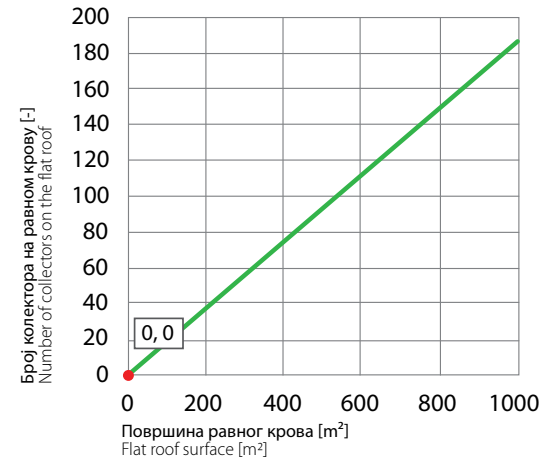
						
ФОТОНАПОНСКИ ПАНЕЛИ PHOTOVOLTAIC PANELS	ТОПЛОТНЕ ПУМПЕ HEAT PUMPS			БИОМАСА BIOMASS		
	тип "ваздух - вода" "air-water" type	тип "земља - вода" "ground-water" type		пелет pellet	брикет briquette	сечка chips
Производње електричне енергије [MWh/god] / Ангажована површина крова [m ²] Power production [MWh/p/a] / Deployed roof surface [m ²]	Потребни топлотни капацитет пумпе [kW] / Потрошња електричне енергије за погон топлотне пумпе [MWh/god] Required thermal pump capacity [kW] / Electricity consumption for the heat pump drive [MWh/p/a]			Количине поједине дрвне биомасе средњег квалитета, које подмирују потребе објекта за грејањем [t/god] Quantities of specific biomass of average quality, meeting the building heating demand [t/p/a]		
95,2 / 44	218,1 / 162,4	177,5 / Недоволна површина дворишта insufficient yard area		61,2	68,1	112,9

ПОТЕНЦИЈАЛ ЗА КОРИШЋЕЊЕ СОЛАРНИХ КОЛЕКТОРА POTENTIAL FOR THE USE OF SOLAR COLLECTORS

Максималан број инсталираних колектора по површини косог крова у зависности од површине крова
Maximum number of installed collectors per pitched roof surface depending on the roof area



Максималан број инсталираних колектора по површини равног крова у зависности од површине крова
Maximum number of installed collectors per flat roof surface depending on the roof area



СЗ	Оптimalно расположива површина косог крова [m²] Optimum available pitched roof area [m²]	Нагибни угао [°] Tilt angle [°]	Оптimalно расположива површина равног крова [m²] Optimum available flat roof area [m²]	Површина колектора [m²] Collector surface [m²]	Минимална запремина танка [l] Minimum tank volume [l]	Производња топлотне енергије на годишњем нивоу [kWh/t/year] Annual heat generation [kWh/t/yr]	Могуће смањење емисије CO ₂ у зависности од енергента који се супституише [kgCO ₂] Potential CO ₂ emission reduction depending on the substituted fuel [kgCO ₂]		
							угаљ coal	гас gas	мазут heavy oil
У1 I1	571	30	-	481,40	24.070	257.772	110.584	56.710	86.611
У2 I2	571	30	-	481,40	24.070	257.772	110.584	56.710	86.612

У1: Унапређење 1 – Покривеност 100% површине кровова јужне, југоисточне и југозападне оријентације.

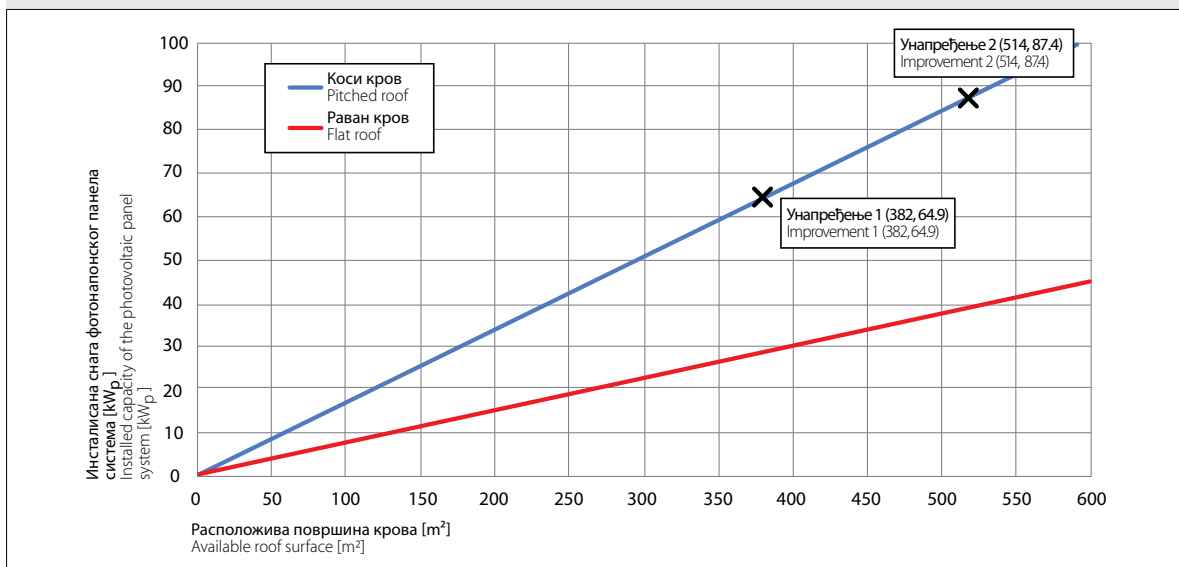
У2: Унапређење 2 – Покривеност 100% површине кровова јужне, југоисточне, југозападне, источне и западне оријентације.

I1: Improvement 1 - 100% coverage of the roof surface of South, Southeast and Southwest orientation.

I2: Improvement 2 - 100% coverage of the roof surface of South, Southeast, Southwest, East and West orientation.

ПОТЕНЦИЈАЛ ЗА КОРИШЋЕЊЕ СОЛАРНИХ ФОТОНАПОНСКИХ СИСТЕМА

POTENTIAL FOR THE USE OF SOLAR PHOTOVOLTAIC SYSTEMS



С3	Површина косог крова под ФН системом [m²] Pitched roof surface under the PV system [m²]	Површина равног крова под ФН системом [m²] Flat roof surface under the PV system [m²]	Укупна годишња потрошња електричне енергије објекта [MWh/god] Total annual building electricity consumption [MWh/p/a]	Укупна инсталисана снага ФН система на крову објекта [kWp] Total installed capacity of PV system on the building roof [kWp]	Годишња производња електричне енергије ФН система [MWh/god] Annual PV system power generation [MWh/p/a]	Укупна инвестиција за изградњу ФН система [€] Total investment in PV system construction [€]	Смањење емисије CO ₂ [t/god] CO ₂ emission reduction [t/p/a]
У1.11	382	-	143,3	64,9	71,7	58.400	77,759
У2.12	514	-	143,3	87,4	95,2	78.600	103,311

У1: Унапређење 1 – Прво унапређење подразумева изградњу фотонапонских система на расположивим кровним површинама које имају најбољу просторну оријентацију са аспекта укупне годишње инсолације. Инсталисана снага фотонапонског система треба да обезбеди годишњу производњу електричне енергије која покрива до 50% укупне годишње потрошње електричне енергије у анализираном школском објекту.

У2: Унапређење 2 – Друго унапређење подразумева изградњу фотонапонских система на расположивим кровним површинама које имају најбољу просторну оријентацију са аспекта укупне годишње инсолације. Инсталисана снага фотонапонског система треба да обезбеди годишњу производњу електричне енергије која покрива 100% укупне годишње потрошње електричне енергије у анализираном школском објекту.

11: Improvement 1- Improvement 1 implies construction of photovoltaic systems with available roof surfaces with best possible spatial orientation from the perspective of total annual insolation. The installed photovoltaic system capacity needs to ensure annual power generation covering up to 50% of the total annual power consumption in the analysed school building.

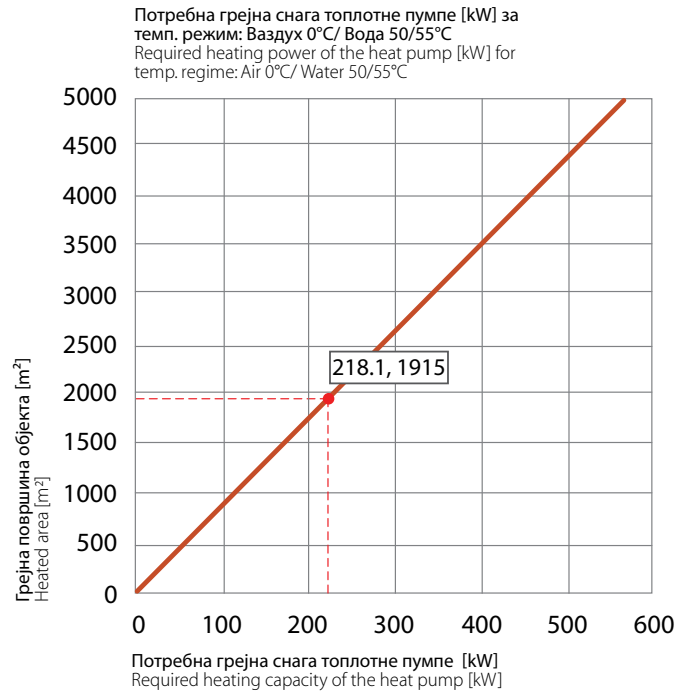
12: Improvement 2- Improvement 1 implies construction of photovoltaic systems with available roof surfaces with best possible spatial orientation from the perspective of total annual insolation. The installed photovoltaic system capacity needs to ensure annual power generation covering 100% of the total annual power consumption in the analysed school building.

ПОТЕНЦИЈАЛ ЗА КОРИШЋЕЊЕ ТОПЛОТНИХ ПУМПИ

ТОПЛОТНЕ ПУМПЕ ВАЗДУХ-ВОДА

POTENTIAL FOR THE USE OF HEAT PUMPS

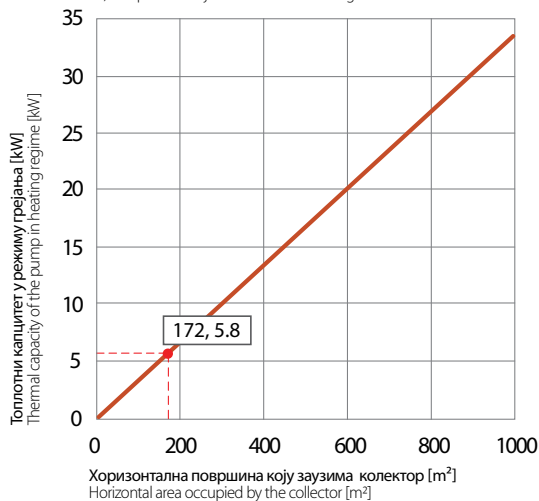
HEAT PUMPS "AIR- WATER"



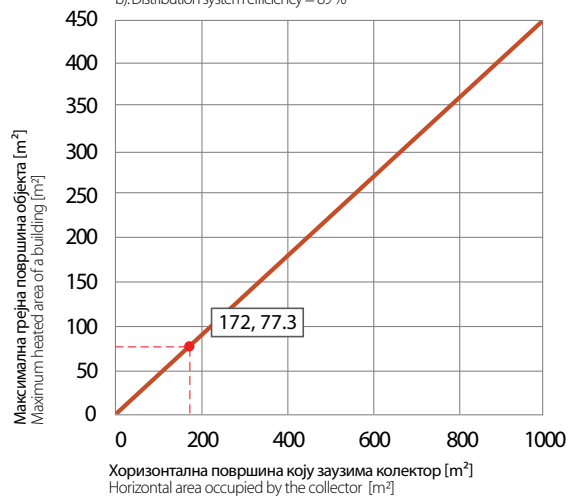
C3	Потребан капацитет пумпе [kW] Required pump capacity [kW]	Ангажована електрична снага [kW] Deployed power [kW]	Електрична енергија [kWh/god] Electricity [kWh/p/a.]	Емисија CO ₂ [t/god] Emission of CO ₂ [t/p/a.]	Смањење емисије CO ₂ [t/god] у односу на CO ₂ emission reduction [t/p/a.] in relation to		
					СДГ или угаљ DHS or coal	лож уље fuel oil	природни гас natural gas
	218,1	75,2	162.429	86,1	16,3	0,8	-24,0

ТОПЛОТНЕ ПУМПЕ ЗЕМЉА-ВОДА: ХОРИЗОНТАЛНЕ СОНДЕ HEAT PUMPS "GROUND-WATER" HORIZONTAL PROBES

Топлотни капацитет пумпе у режиму грејања за усвојено:
 а). Топлотни флуks колектора = 25 W/m^2
 б). Температура прилагођена за радијаторско грејање = 55°C
 Thermal capacity of the pump in the heating regime for the adopted:
 а). Heat flux of the collector = 25 W/m^2
 б). Temperature adjusted for radiator heating = 55°C



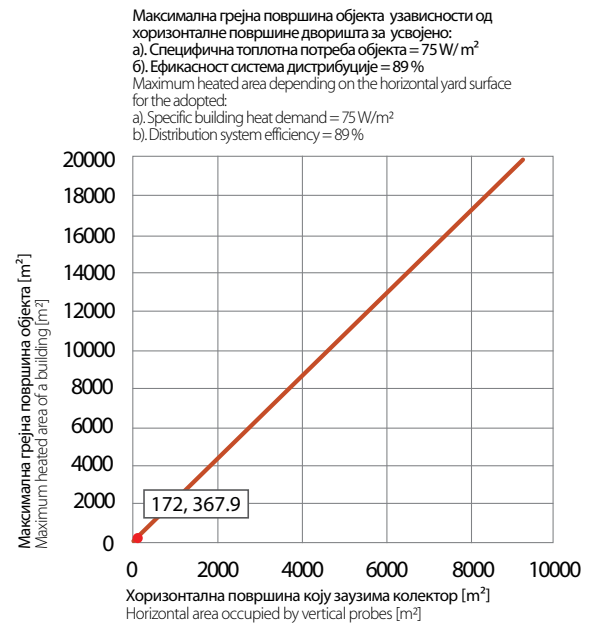
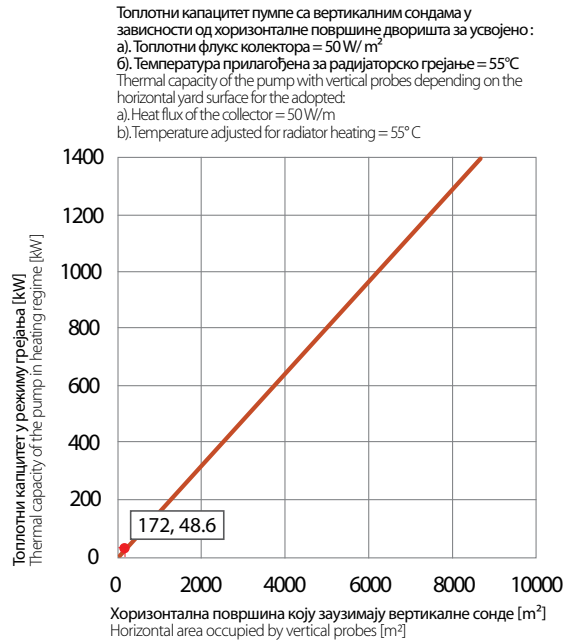
Максимална грејна површина објекта у зависности од површине коју заузима колектор за усвојено:
 а). Специфична топлотна потреба објекта = 75 W/m^2
 б). Ефикасност система дистрибуције = 89%
 Maximum heated area depending on the area occupied by the collector for the adopted:
 а). Specific building heat demand = 75 W/m^2
 б). Distribution system efficiency = 89%



C3	Потребан капацитет пумпе [kW] Required pump capacity [kW]	Расположива површина дворишта [m^2] Available yard area [m^2]	Могући грејни капацитет [kW] Potential heating capacity [kW]	Електрична енергија [kWh/god] Electricity [kWh/p/a.]	Емисија CO_2 [t/god] Emission of CO_2 [t/p/a.]	Смањење емисије CO_2 [t/god] у односу на CO_2 emission reduction [t/p/a.] in relation to		
						СДГ или угаљ DHS or coal	лож уље fuel oil	природни гас natural gas
	177,5	172	5,8	-	-	-	-	-

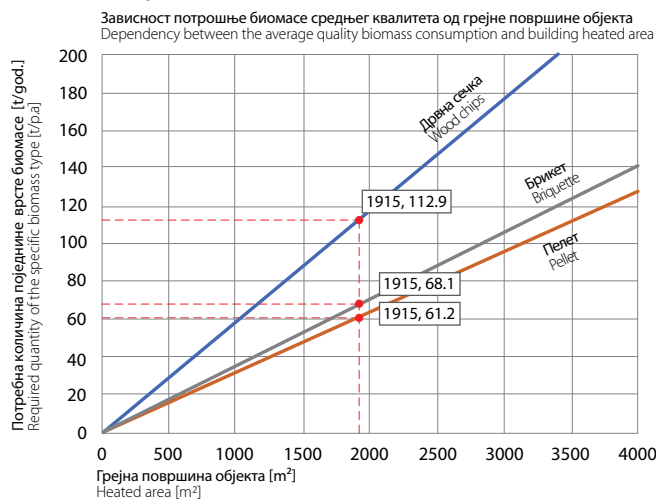
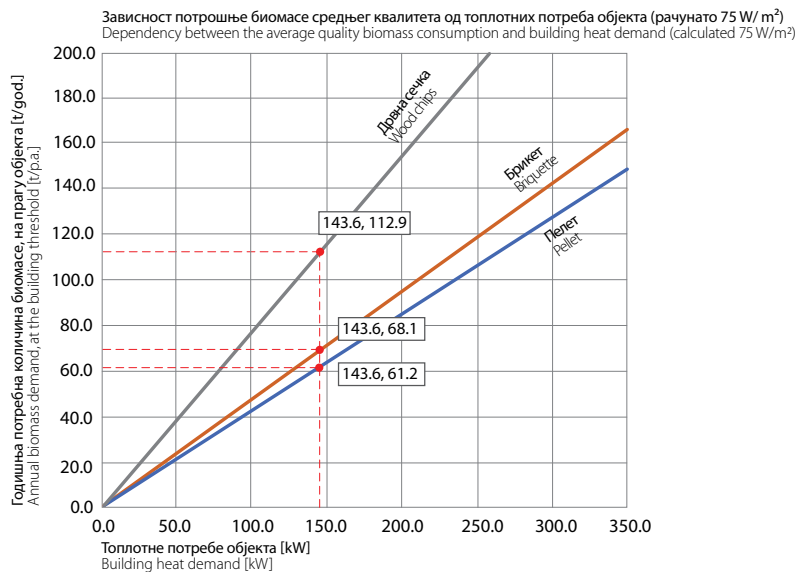
ТОПЛОТНЕ ПУМПЕ ЗЕМЉА-ВОДА: ВЕРТИКАЛНЕ СОНДЕ

HEAT PUMPS "GROUND-WATER" VERTICAL PROBES

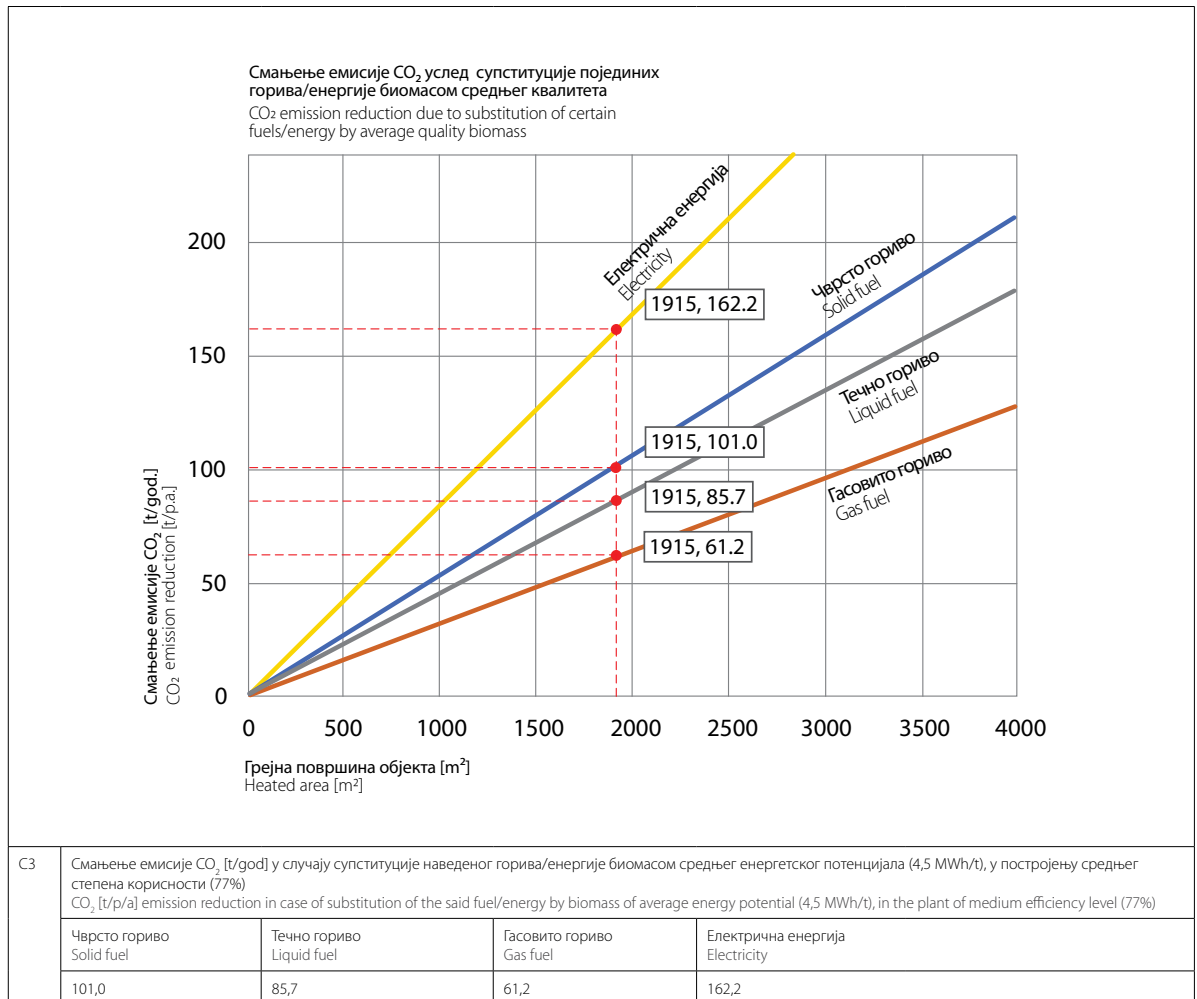


C3	Потребан капацитет пумпе [kW] Required pump capacity [kW]	Расположива површина дворишта [m ²] Available yard area [m ²]	Могући грејни капацитет [kW] Potential heating capacity [kW]	Електрична енергија [kWh/god] Electricity [kWh/p/a.]	Емисија CO ₂ [t/god] Emission of CO ₂ [t/p/a.]	Смањење емисије CO ₂ [t/god] у односу на CO ₂ emission reduction [t/p/a.] in relation to		
						СДГ или угаљ DHS or coal	лож уље fuel oil	природни гас natural gas
	177,5	172	48,6	-	-	-	-	-

ПОТЕНЦИЈАЛ ЗА КОРИШЋЕЊЕ БИОМАСЕ POTENTIAL FOR THE USE OF BIOMASS



C3	Површина објекта 1.915 m ² Топлотне потребе објекта 143,6 kW Building area 1.915 m ² Heat demand of the building 143,6 kW	Врста биомасе Biomass type	Потребан капацитет котла Required boiler capacity	Потребна енергија горива Required fuel energy	Потребна количина поједине биомасе Required specific biomass quantity
			kW	MWh/god MWh/p/a	[t/god] [t/p/a]
		Дрвени пелет Wood pellet	181,3	299,2	61,2
		Дрвени брикет Wood briquette	185,5	306,1	68,1
		Дрвна сечка Wood chips	189,9	313,3	112,9





D2

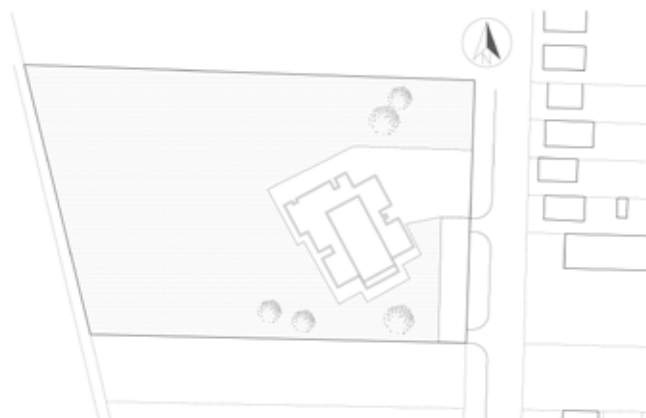
Основни подаци о објекту
Basic building data

Површина парцеле Lot area	14.670 m ²
Слободна површина парцеле за примену ОИ Available lot area for RES implementation	11.508 m ²
Површина објекта Building area	1.450 m ²
Укупна површина равног крова Total flat roof area	1.002 m ²
Укупна површина косог крова Total pitched roof area	/

Организациона шема објекта
Organisational scheme of the building








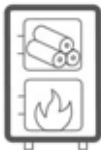

Ситуциони приказ
Layout



ПОТЕНЦИЈАЛ ЗА КОРИШЋЕЊЕ ОБНОВЉИВИХ ИЗВОРА POTENTIAL FOR THE USE OF RENEWABLE SOURCES

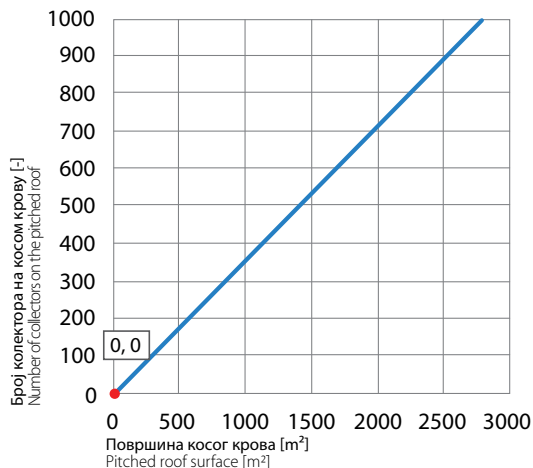
			
ФОТОНАПОНСКИ ПАНЕЛИ PHOTOVOLTAIC PANELS	СОЛАРНИ КОЛЕКТОРИ SOLAR COLLECTORS	ТОПЛОТНЕ ПУМПЕ, тип "земља - вода" HEAT PUMPS "ground-water"	
		Хоризонталне сонде (колектори)	Вертикалне сонде (колектори)
Максимални потенцијал производње електричне енергије за оптимално расположиве површине крова [MWhе/god] Maximum potential for power generation for optimum available roof surfaces [MWhе/p/a]	Максимални потенцијал производње топлотне енергије за оптимално расположиве површине крова [MWh/god] Maximum potential for heat generation for optimum available roof surfaces [MWhе/p/a]	Максимални грејни капацитет за расположиву површину дворишта [kW] Maximum heating capacity for the available yard area [kW]	
79,1	257,3	330,1	607,5

КОРИШЋЕЊЕ ОБНОВЉИВИХ ИЗВОРА – подмирење потреба објекта USE OF RENEWABLE SOURCES- meeting building demand

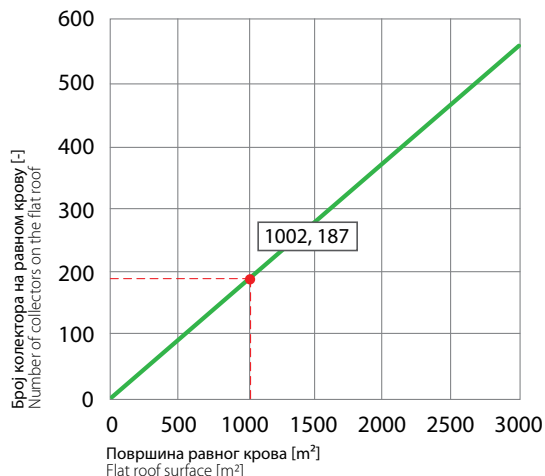
						
ФОТОНАПОНСКИ ПАНЕЛИ PHOTOVOLTAIC PANELS	ТОПЛОТНЕ ПУМПЕ HEAT PUMPS		БИОМАСА BIOMASS			
	тип "ваздух - вода" "air-water" type	тип "земља - вода" "ground-water" type	пелет pellet	брикет briquette	сечка chips	
Производње електричне енергије [MWh/god] / Ангажована површина крова [m ²] Power production [MWh/p/a] / Deployed roof surface [m ²]	Потребни топлотни капацитет пумпе [kW] / Потрошња електричне енергије за погон топлотне пумпе [MWh/god] Required thermal pump capacity [kW] / Electricity consumption for the heat pump drive [MWh/p/a]		Количине поједине дрвне биомасе средњег квалитета, које подмирују потребе објекта за грејањем [t/god] Quantities of specific biomass of average quality, meeting the building heating demand [t/p/a]			
65,6 / 749	165,1 / 122,9	134,4 / 85,4	46,3	51,6	85,4	

ПОТЕНЦИЈАЛ ЗА КОРИШЋЕЊЕ СОЛАРНИХ КОЛЕКТОРА POTENTIAL FOR THE USE OF SOLAR COLLECTORS

Максималан број инсталираних колектора по површини косог крова у зависности од површине крова
Maximum number of installed collectors per pitched roof surface depending on the roof area



Максималан број инсталираних колектора по површини равног крова у зависности од површине крова
Maximum number of installed collectors per flat roof surface depending on the roof area



D2	Оптимально расположива површина косог крова [m ²] Optimum available pitched roof area [m ²]	Нагибни угао [°] Tilt angle [°]	Оптимально расположива површина равног крова [m ²] Optimum available flat roof area [m ²]	Површина колектора [m ²] Collector surface [m ²]	Минимална запремина танка [l] Minimum tank volume [l]	Производња топлотне енергије на годишњем нивоу [kWh/(год)] Annual heat generation [kWh/yr]	Могуће смањење емисије CO ₂ у зависности од енергента који се супституише [kgCO ₂] Potential CO ₂ emission reduction depending on the substituted fuel [kgCO ₂]		
							угаљ coal	гас gas	мазут heavy oil
Y1 I1	-	-	1.002	441,43	22.072	257.354	110.405	56.618	86.471
Y2 I2	-	-	1.002	441,43	22.072	257.354	110.405	56.618	86.471

Y1: Унапређење 1 – Покривеност 100% површине кровова јужне, југоисточне и југозападне оријентације.

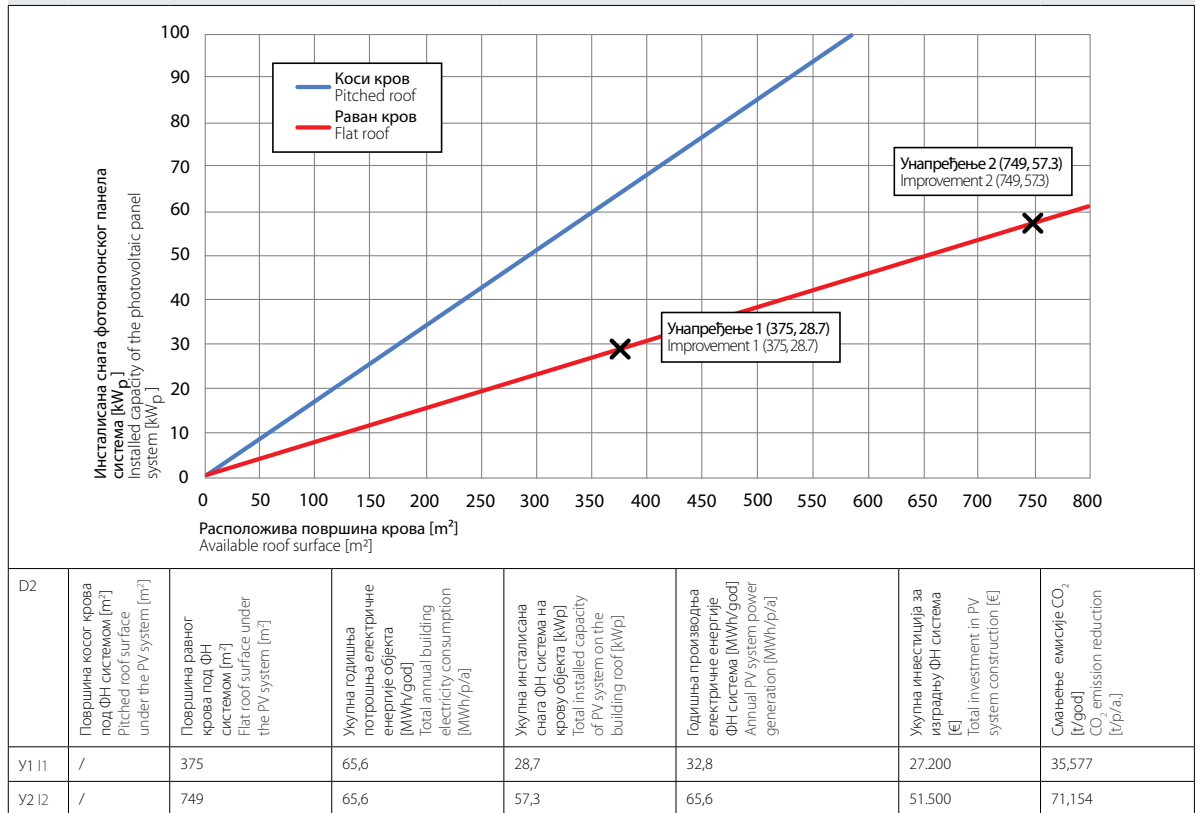
Y2: Унапређење 2 – Покривеност 100% површине кровова јужне, југоисточне, југозападне, источне и западне оријентације.

I1: Improvement 1 - 100% coverage of the roof surface of South, Southeast and Southwest orientation.

I2: Improvement 2 - 100% coverage of the roof surface of South, Southeast, Southwest, East and West orientation.

ПОТЕНЦИЈАЛ ЗА КОРИШЋЕЊЕ СОЛАРНИХ ФОТОНАПОНСКИХ СИСТЕМА

POTENTIAL FOR THE USE OF SOLAR PHOTOVOLTAIC SYSTEMS



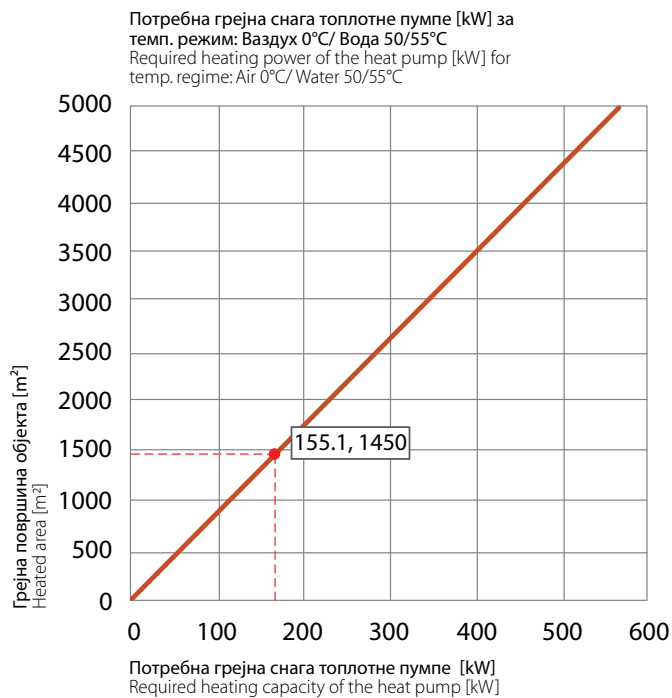
У1: Унапређење 1 – Прво унапређење подразумева изградњу фотонапонских система на расположивим кровним површинама које имају најбољу просторну оријентацију са аспекта укупне годишње инсолације. Инсталисана снага фотонапонског система треба да обезбеди годишњу производњу електричне енергије која покрива до 50% укупне годишње потрошње електричне енергије у анализираном школском објекту.

У2: Унапређење 2 – Друго унапређење подразумева изградњу фотонапонских система на расположивим кровним површинама које имају најбољу просторну оријентацију са аспекта укупне годишње инсолације. Инсталисана снага фотонапонског система треба да обезбеди годишњу производњу електричне енергије која покрива 100% укупне годишње потрошње електричне енергије у анализираном школском објекту.

I1: Improvement 1- Improvement 1 implies construction of photovoltaic systems with available roof surfaces with best possible spatial orientation from the perspective of total annual insolation. The installed photovoltaic system capacity needs to ensure annual power generation covering up to 50% of the total annual power consumption in the analysed school building.

I2: Improvement 2- Improvement 1 implies construction of photovoltaic systems with available roof surfaces with best possible spatial orientation from the perspective of total annual insolation. The installed photovoltaic system capacity needs to ensure annual power generation covering 100% of the total annual power consumption in the analysed school building.

ПОТЕНЦИЈАЛ ЗА КОРИШЋЕЊЕ ТОПЛОТНИХ ПУМПИ ТОПЛОТНЕ ПУМПЕ ВАЗДУХ-ВОДА POTENTIAL FOR THE USE OF HEAT PUMPS HEAT PUMPS "AIR- WATER"

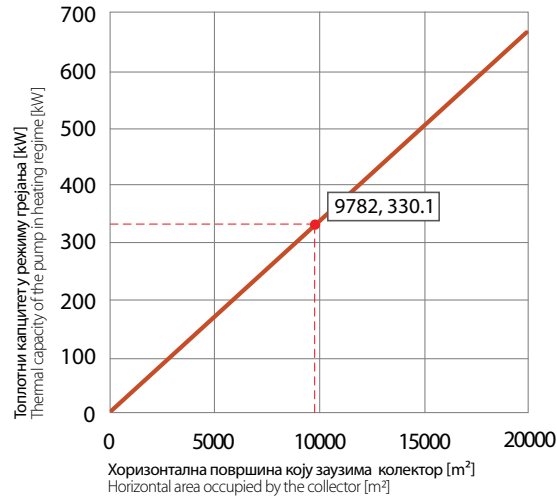


D2	Потребан капацитет пумпе [kW] Required pump capacity [kW]	Ангажована електрична снага [kW] Deployed power [kW]	Електрична енергија [kWh/god] Electricity [kWh/p/a.]	Емисија CO ₂ [t/god] Emission of CO ₂ [t/p/a.]	Смањење емисије CO ₂ [t/god] у односу на CO ₂ emission reduction [t/p/a.] in relation to		
					СДГ или угаљ DHS or coal	лож уље fuel oil	природни гас natural gas
	165,1	56,9	122.988	65,2	12,3	0,6	-18,2

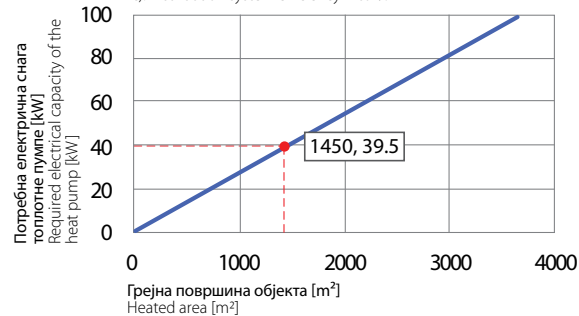
ТОПЛОТНЕ ПУМПЕ ЗЕМЉА-ВОДА: ХОРИЗОНТАЛНЕ СОНДЕ

HEAT PUMPS "GROUND-WATER" HORIZONTAL PROBES

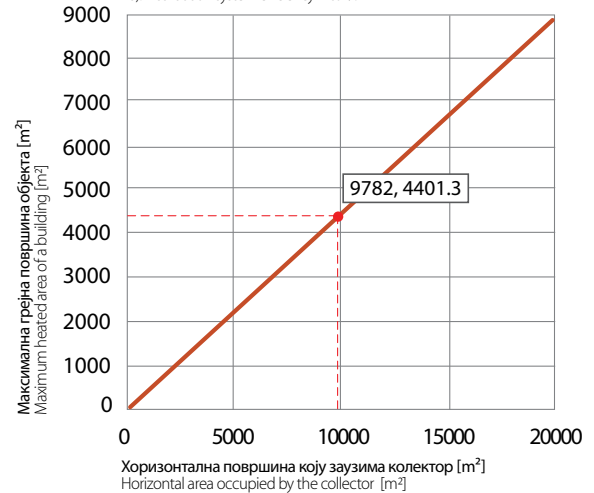
Топлотни капацитет пумпе у режиму грејања за усвојено:
 а). Топлотни флуks колектора = 25 W/m²
 б). Температура прилагођена за радијаторско грејање = 55°C
 Thermal capacity of the pump in the heating regime for the adopted:
 а). Heat flux of the collector = 25 W/m²
 б). Temperature adjusted for radiator heating = 55°C



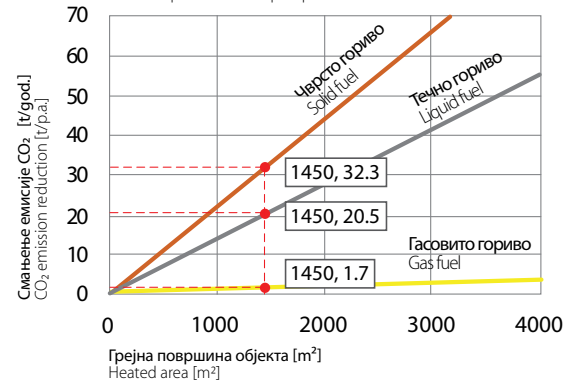
Зависност потребне електричне снаге и грејне површине објекта за усвојено:
 а). Специфичне топлотне потребе = 75 W/m²
 б). COP топлотне пумпе = 3,4
 ц). Ефикасност система дистрибуције = 89 %
 Dependency between the required electrical capacity and building heated area for the adopted:
 а). Specific heat demand = 75 W/m²
 б). Heat pump SOR = 3.4
 ц). Distribution system efficiency = 89 %



Максимална грејна површина објекта у зависности од површине коју заузима колектор за усвојено:
 а). Специфична топлотна потреба објекта = 75 W/m²
 б). Ефикасност система дистрибуције = 89 %
 Maximum heated area depending on the area occupied by the collector for the adopted:
 а). Specific building heat demand = 75 W/m²
 б). Distribution system efficiency = 89 %



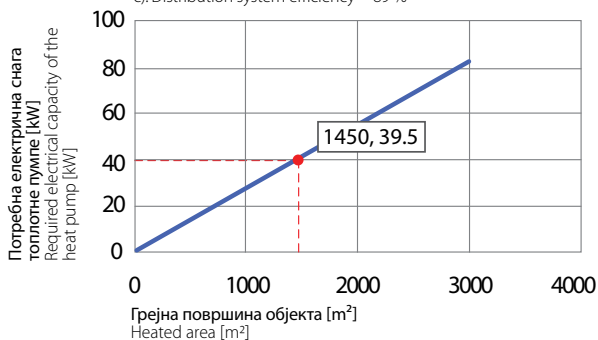
Смањење емисије CO₂ приликом супституције фосилних горива електричном енергијом путем топлотних пумпи
 CO₂ emission reduction due to substitution of fossil fuels by electrical power via heat pumps



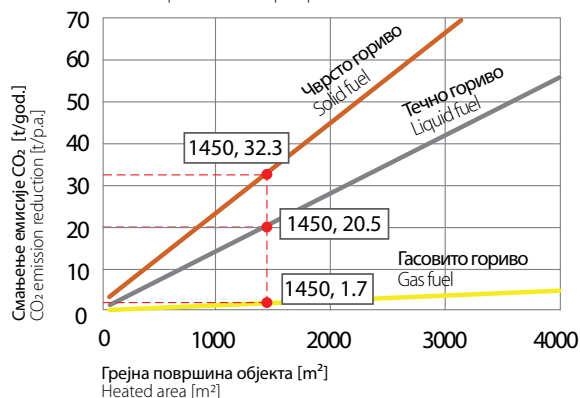
D2	Потребан капацитет пумпе [kW] Required pump capacity [kW]	Расположива површина дворишта [m ²] Available yard area [m ²]	Могући грејни капацитет [kW] Potential heating capacity [kW]	Електрична енергија [kWh/god] Electricity [kWh/p.a.]	Емисија CO ₂ [t/god] Emission of CO ₂ [t/p.a.]	Смањење емисије CO ₂ [t/god] у односу на CO ₂ emission reduction [t/p.a.] in relation to		
						СДГ или угљаь DHS or coal	лож уље fuel oil	природни гас natural gas
	134,4	9.782	330,1	85.390	45,3	32,3	20,5	1,7

ТОПЛОТНЕ ПУМПЕ ЗЕМЉА-ВОДА: ВЕРТИКАЛНЕ СОНДЕ HEAT PUMPS "GROUND- WATER" VERTICAL PROBES

Зависност потребне електричне снаге и грејне површине објекта за усвојено:
 а). Специфичне топлотне потребе = 75 W/ m²
 б). COP топлотне пумпе = 3,4
 ц). Ефикасност система дистрибуције = 89 %
 Dependency between the required electrical capacity and building heated area for the adopted:
 а). Specific heat demand = 75 W/m²
 б). Heat pump SOR = 3.4
 ц). Distribution system efficiency = 89 %



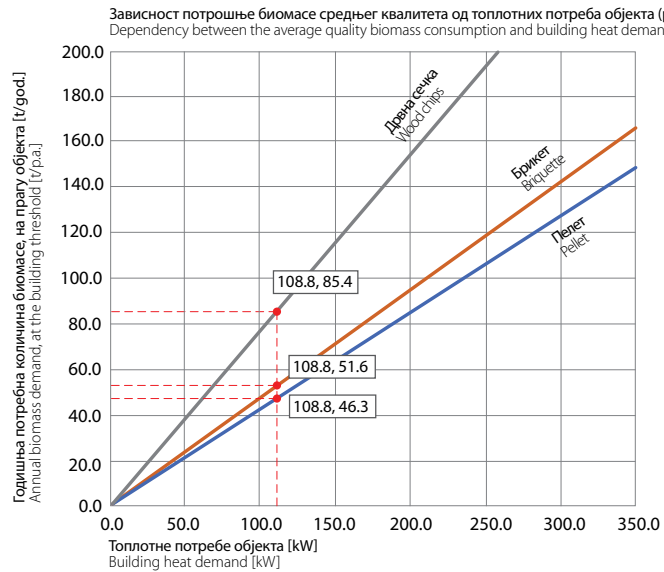
Смањење емисије CO₂ приликом супституције фосилних горива електричном енергијом путем топлотних пумпи
 CO₂ emission reduction due to substitution of fossil fuels by electrical power via heat pumps



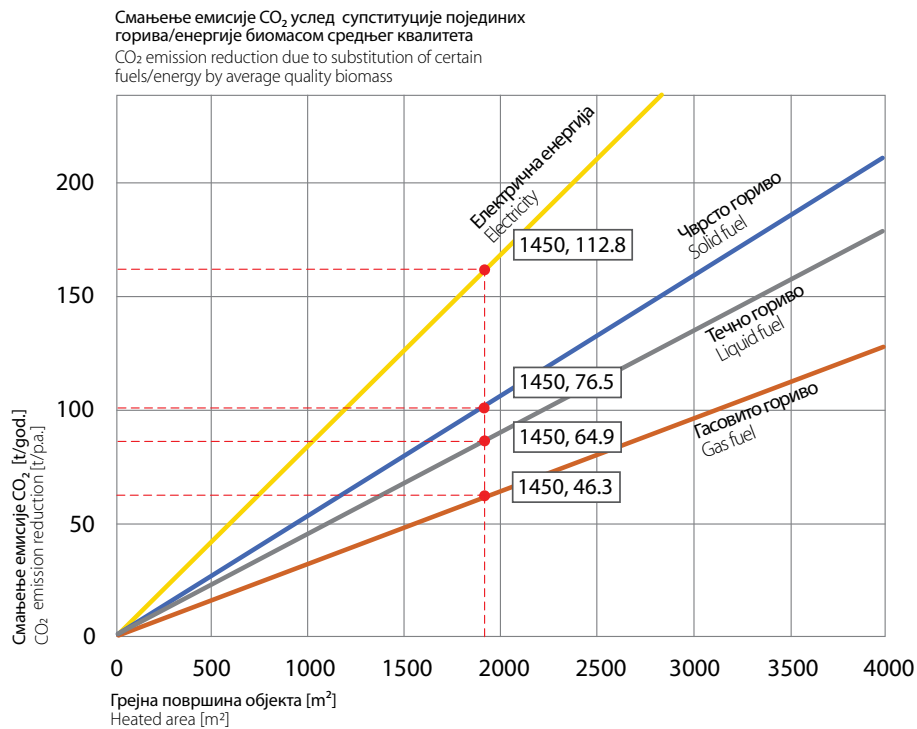
D2	Потребан капацитет пумпе [kW] Required pump capacity [kW]	Расположива површина дворишта [m ²] Available yard area [m ²]	Могући грејни капацитет [kW] Potential heating capacity [kW]	Електрична енергија [kWh/god] Electricity [kWh/p.a.]	Емисија CO ₂ [t/god] Emission of CO ₂ [t/p.a.]	Смањење емисије CO ₂ [t/god] у односу на CO ₂ emission reduction [t/p.a.] in relation to		
						СДГ или угаљ DHS or coal	лож уље fuel oil	природни гас natural gas
	134,4	9,782	607,5	85,390	45,3	32,3	20,5	1,7

ПОТЕНЦИЈАЛ ЗА КОРИШЋЕЊЕ БИОМАСЕ

POTENTIAL FOR THE USE OF BIOMASS

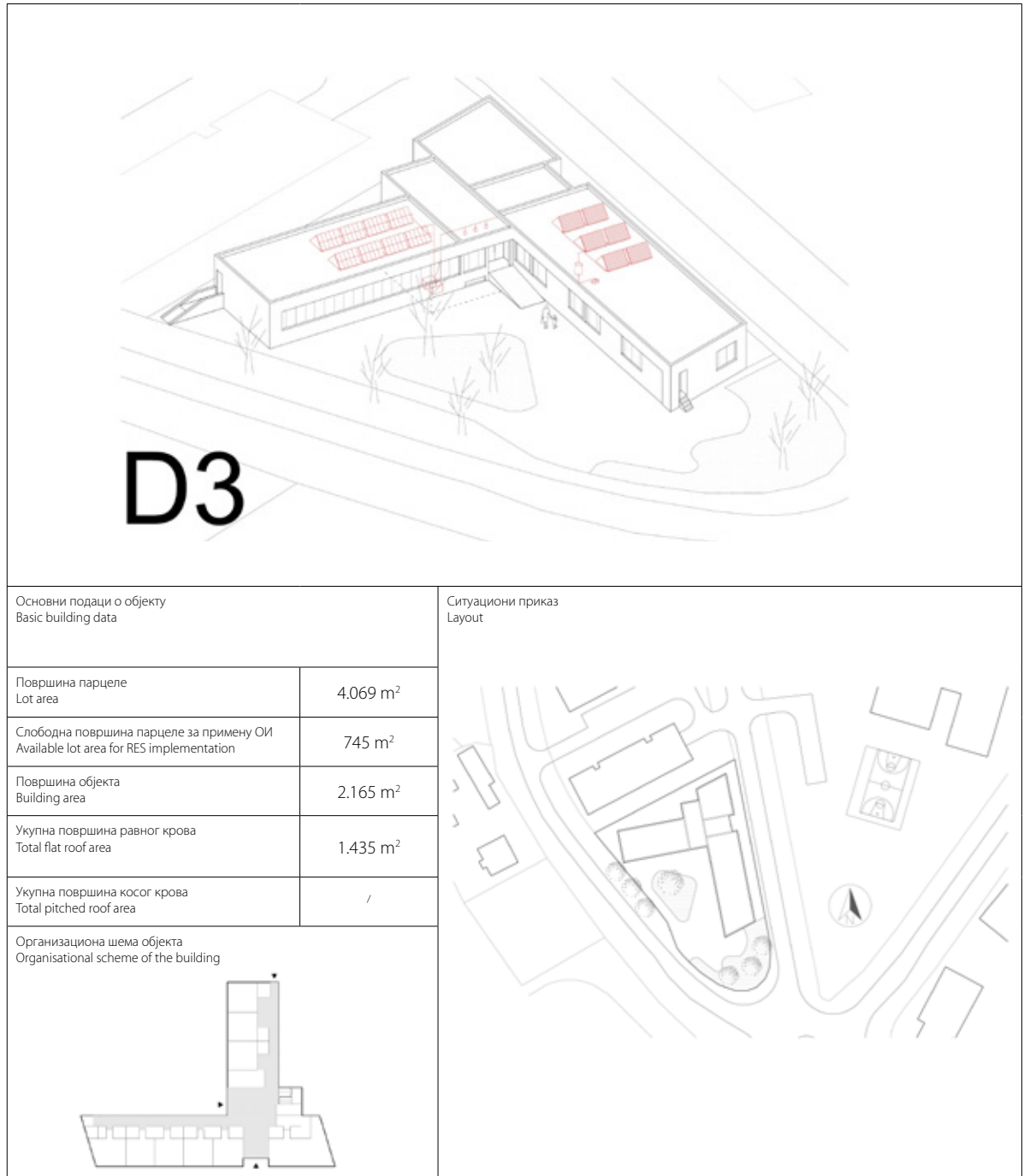


D2	Површина објекта 1.450 m ² Топлотне потребе објекта 108,8 kW Building area 1.450 m ² Heat demand of the building 108,8 kW	Врста биомасе Biomass type	Потребан капацитет котла Required boiler capacity	Потребна енергија горива Required fuel energy	Потребна количина поједине биомасе Required specific biomass quantity
			kW	MWh/god MWh/p/a	[t/god] [t/p/a]
		Дрвни пелет Wood pellet	137,3	226,5	46,3
		Дрвни брикет Wood briquette	140,4	231,7	51,6
		Дрвна сечка Wood chips	143,8	237,2	85,4



D2 Смањење емисије CO₂ [t/god] у случају супституције наведеног горива/енергије биомасом средњег енергетског потенцијала (4,5 MWh/t), у постројењу средњег степена корисности (77%)
CO₂ [t/p/a] emission reduction in case of substitution of the said fuel/energy by biomass of average energy potential (4,5 MWh/t), in the plant of medium efficiency level (77%)

Чврсто гориво Solid fuel	Течно гориво Liquid fuel	Гасовито гориво Gas fuel	Електрична енергија Electricity
76,5	64,9	46,3	122,8



ПОТЕНЦИЈАЛ ЗА КОРИШЋЕЊЕ ОБНОВЉИВИХ ИЗВОРА POTENTIAL FOR THE USE OF RENEWABLE SOURCES

			
ФОТОНАПОНСКИ ПАНЕЛИ PHOTOVOLTAIC PANELS	СОЛАРНИ КОЛЕКТОРИ SOLAR COLLECTORS	ТОПЛОТНЕ ПУМПЕ, тип "земља - вода" HEAT PUMPS "ground-water"	
		Хоризонталне сонде (колектори)	Вертикалне сонде (колектори)
Максимални потенцијал производње електричне енергије за оптимално расположиве површине крова [MWhе/god] Maximum potential for power generation for optimum available roof surfaces [MWhе/p/a]	Максимални потенцијал производње топлотне енергије за оптимално расположиве површине крова [MWh/god] Maximum potential for heat generation for optimum available roof surfaces [MWhе/p/a]	Максимални грејни капацитет за расположиву површину дворишта [kW] Maximum heating capacity for the available yard area [kW]	
107,0	348,1	21,4	121,5

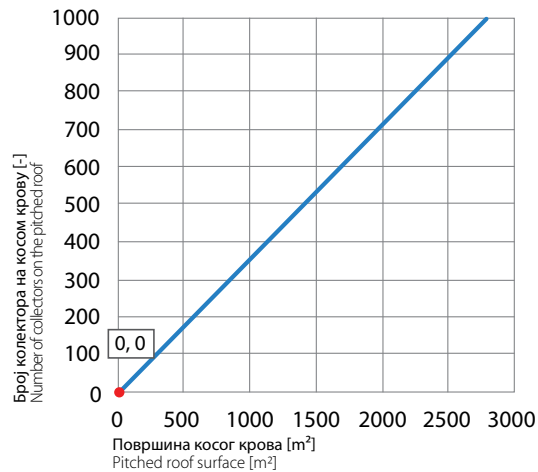
КОРИШЋЕЊЕ ОБНОВЉИВИХ ИЗВОРА – подмирење потреба објекта USE OF RENEWABLE SOURCES- meeting building demand

						
ФОТОНАПОНСКИ ПАНЕЛИ PHOTOVOLTAIC PANELS	ТОПЛОТНЕ ПУМПЕ HEAT PUMPS			БИОМАСА BIOMASS		
	тип "ваздух - вода" "air-water" type	тип "земља - вода" "ground-water" type		пелет pellet	брикет briquette	сечка chips
Производње електричне енергије [MWh/god] / Ангажована површина крова [m²] Power production [MWh/p/a] / Deployed roof surface [m²]	Потребни топлотни капацитет пумпе [kW] / Потрошња електричне енергије за погон топлотне пумпе [MWh/god] Required thermal pump capacity [kW] / Electricity consumption for the heat pump drive [MWh/p/a]			Количине поједине дрвне биомасе средњег квалитета, које подмирују потребе објекта за грејањем [t/god] Quantities of specific biomass of average quality, meeting the building heating demand [t/p/a]		
107 / 1220	246,5 / 183,6	200,7 / Недоволна површина дворишта insufficient yard area		69,1	77,0	127,6

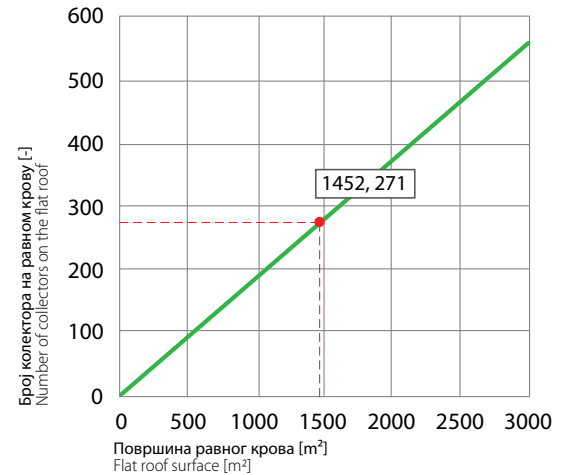
ПОТЕНЦИЈАЛ ЗА КОРИШЋЕЊЕ СОЛАРНИХ КОЛЕКТОРА

POTENTIAL FOR THE USE OF SOLAR COLLECTORS

Максималан број инсталираних колектора по површини косог крова у зависности од површине крова
Maximum number of installed collectors per pitched roof surface depending on the roof area



Максималан број инсталираних колектора по површини равног крова у зависности од површине крова
Maximum number of installed collectors per flat roof surface depending on the roof area



D3	Оптimalно расположива површина косог крова [m ²] Optimum available pitched roof area [m ²]	Нагибни угао [°] Tilt angle [°]	Оптimalно расположива површина равног крова [m ²] Optimum available flat roof area [m ²]	Површина колектора [m ²] Collector surface [m ²]	Минимална запремина танка [l] Minimum tank volume [l]	Производња топлотне енергије на годишњем нивоу [kWh/t/year] Annual heat generation [kWh/t/yr]	Могуће смањење емисије CO ₂ у зависности од енергента који се супституише [kgCO ₂] Potential CO ₂ emission reduction depending on the substituted fuel [kgCO ₂]		
							угаљ coal	гас gas	мазут heavy oil
Y1 I1	-	-	1.355	597,03	29.852	348.069	149.322	76.575	116.951
Y2 I2	-	-	1.355	597,03	29.851	348.069	149.321	76.575	116.951

Y1: Унапређење 1 – Покривеност 100% површине кровова јужне, југоисточне и југозападне оријентације.

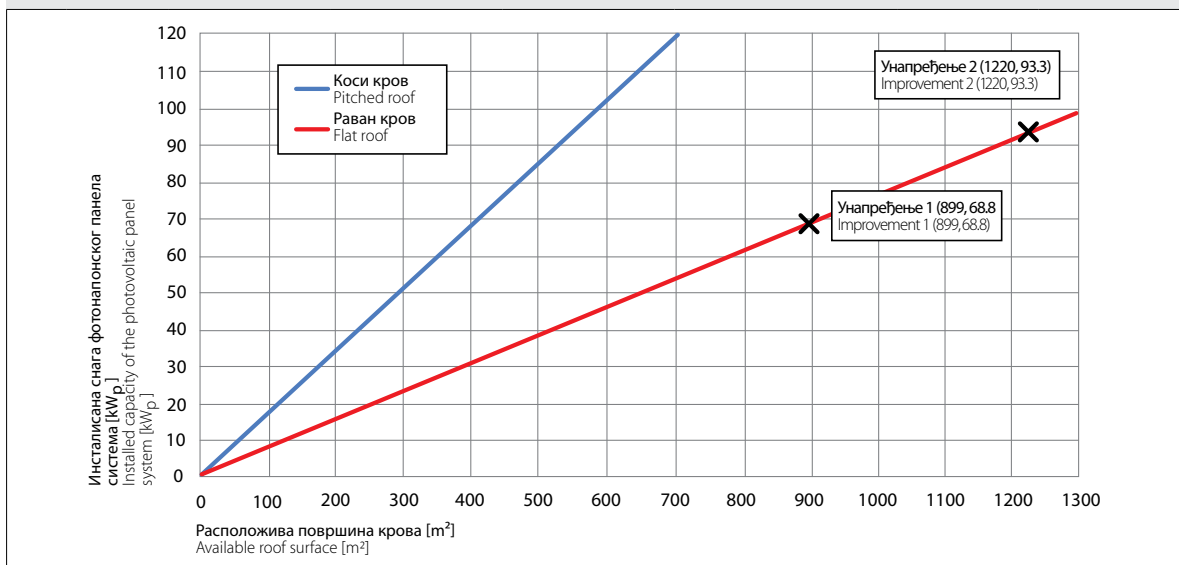
Y2: Унапређење 2 – Покривеност 100% површине кровова јужне, југоисточне, југозападне, источне и западне оријентације.

I1: Improvement 1 - 100% coverage of the roof surface of South, Southeast and Southwest orientation.

I2: Improvement 2 - 100% coverage of the roof surface of South, Southeast, Southwest, East and West orientation.

ПОТЕНЦИЈАЛ ЗА КОРИШЋЕЊЕ СОЛАРНИХ ФОТОНАПОНСКИХ СИСТЕМА

POTENTIAL FOR THE USE OF SOLAR PHOTOVOLTAIC SYSTEMS



D3	Површина косог крова под ФН системом [m²] Pitched roof surface under the PV system [m²]	Површина равног крова под ФН системом [m²] Flat roof surface under the PV system [m²]	Укупна годишња потрошња електричне енергије објекта [MWh/god] Total annual building electricity consumption [MWh/p/a]	Укупна инсталисана снага ФН система на крову објекта [kWp] Total installed capacity of PV system on the building roof [kWp]	Годишња производња електричне енергије ФН система [MWh/god] Annual PV system power generation [MWh/p/a]	Укупна инвестиција за изградњу ФН система [€] Total investment in PV system construction [€]	Смањење емисије CO ₂ [t/god] CO ₂ emission reduction [t/p/a]
У1.11	/	899	157,7	68,8	78,9	61.900	85,567
У2.12	/	1220	157,7	93,3	107,0	83.900	116,149

У1: Унапређење 1 – Прво унапређење подразумева изградњу фотонапонских система на расположивим кровним површинама које имају најбољу просторну оријентацију са аспекта укупне годишње инсолације. Инсталисана снага фотонапонског система треба да обезбеди годишњу производњу електричне енергије која покрива до 50% укупне годишње потрошње електричне енергије у анализираном школском објекту.

У2: Унапређење 2 – Друго унапређење подразумева изградњу фотонапонских система на расположивим кровним површинама које имају најбољу просторну оријентацију са аспекта укупне годишње инсолације. Инсталисана снага фотонапонског система треба да обезбеди годишњу производњу електричне енергије која покрива 100% укупне годишње потрошње електричне енергије у анализираном школском објекту.

I1: Improvement 1- Improvement 1 implies construction of photovoltaic systems with available roof surfaces with best possible spatial orientation from the perspective of total annual insolation. The installed photovoltaic system capacity needs to ensure annual power generation covering up to 50% of the total annual power consumption in the analysed school building.

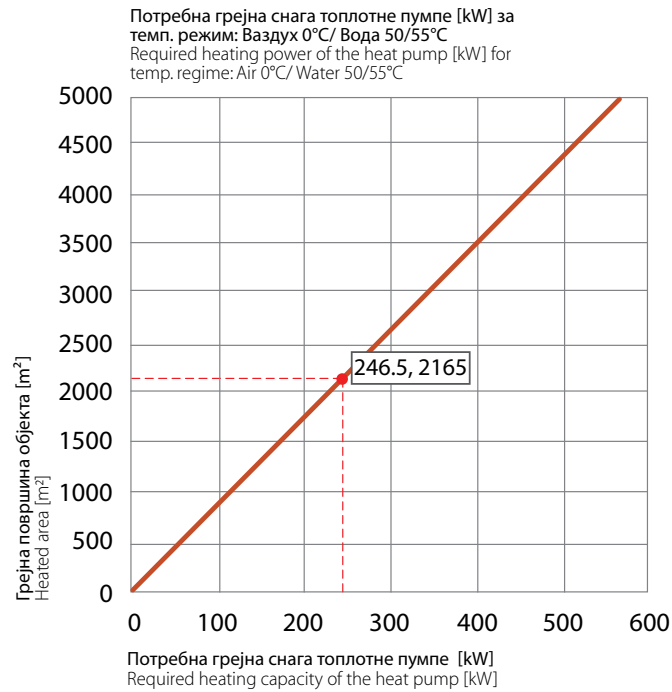
I2: Improvement 2- Improvement 1 implies construction of photovoltaic systems with available roof surfaces with best possible spatial orientation from the perspective of total annual insolation. The installed photovoltaic system capacity needs to ensure annual power generation covering 100% of the total annual power consumption in the analysed school building.

ПОТЕНЦИЈАЛ ЗА КОРИШЋЕЊЕ ТОПЛОТНИХ ПУМПИ

ТОПЛОТНЕ ПУМПЕ ВАЗДУХ-ВОДА

POTENTIAL FOR THE USE OF HEAT PUMPS

HEAT PUMPS "AIR- WATER"



D3	Потребан капацитет пумпе [kW] Required pump capacity [kW]	Ангажована електрична снага [kW] Deployed power [kW]	Електрична енергија [kWh/god] Electricity [kWh/p/a.]	Емисија CO ₂ [t/god] Emission of CO ₂ [t/p/a.]	Смањење емисије CO ₂ [t/god] у односу на CO ₂ emission reduction [t/p/a.] in relation to		
					СДГ или угаљ DHS or coal	лож уље fuel oil	природни гас natural gas
	246,5	85,0	183.634	97,3	18,4	0,9	-27,2

ТОПЛОТНЕ ПУМПЕ ЗЕМЉА-ВОДА: ХОРИЗОНТАЛНЕ СОНДЕ HEAT PUMPS "GROUND- WATER" HORIZONTAL PROBES

Топлотни капацитет пумпе у режиму грејања за усвојено:

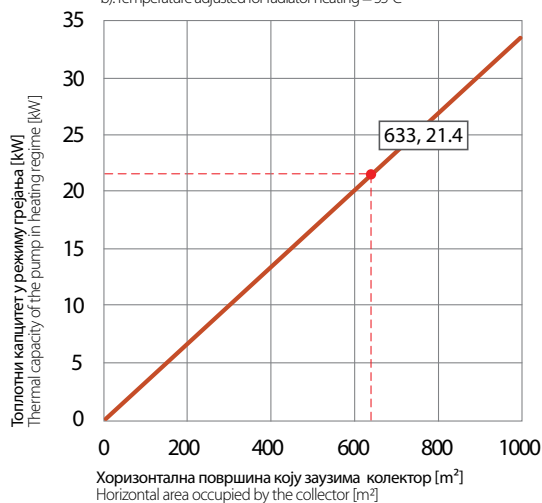
а). Топлотни флуks колектора = 25 W/ m²

б). Температура прилагођена за радијаторско грејање = 55°C

Thermal capacity of the pump in the heating regime for the adopted:

a). Heat flux of the collector = 25 W/m²

b). Temperature adjusted for radiator heating = 55°C



Максимална грејна површина објекта у зависности од површине коју заузима колектор за усвојено:

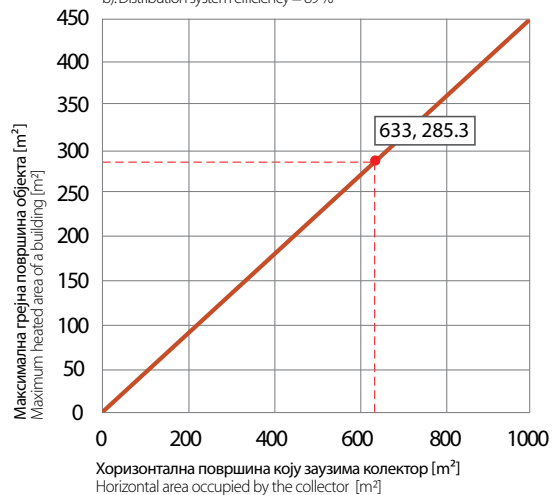
а). Специфична топлотна потреба објекта = 75 W/m²

б). Ефикасност система дистрибуције = 89 %

Maximum heated area depending on the area occupied by the collector for the adopted:

a). Specific building heat demand = 75 W/m²

b). Distribution system efficiency = 89%



D3	Потребан капацитет пумпе [kW] Required pump capacity [kW]	Расположива површина дворишта [m ²] Available yard area [m ²]	Могући грејни капацитет [kW] Potential heating capacity [kW]	Електрична енергија [kWh/god] Electricity [kWh/p/a.]	Емисија CO ₂ [t/god] Emission of CO ₂ [t/p/a.]	Смањење емисије CO ₂ [t/god] у односу на CO ₂ emission reduction [t/p/a.] in relation to		
						СДГ или угљь DHS or coal	лож уље fuel oil	природни гас natural gas
	200,7	633	21,4	-	-	-	-	-

ТОПЛОТНЕ ПУМПЕ ЗЕМЉА-ВОДА: ВЕРТИКАЛНЕ СОНДЕ

HEAT PUMPS "GROUND-WATER" VERTICAL PROBES

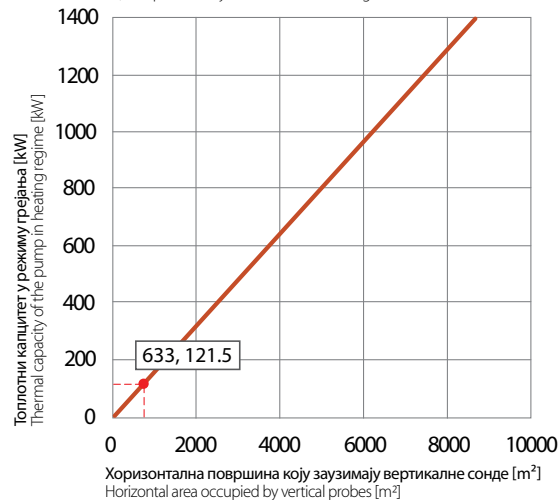
Топлотни капацитет пумпе са вертикалним сондама у зависности од хоризонталне површине дворишта за усвојено:

а). Топлотни флуks колектора = 50 W/ m²

б). Температура прилагођена за радијаторско грејање = 55°C
Thermal capacity of the pump with vertical probes depending on the horizontal yard surface for the adopted:

а). Heat flux of the collector = 50W/m²

б). Temperature adjusted for radiator heating = 55° C



Максимална грејна површина објекта узависности од хоризонталне површине дворишта за усвојено:

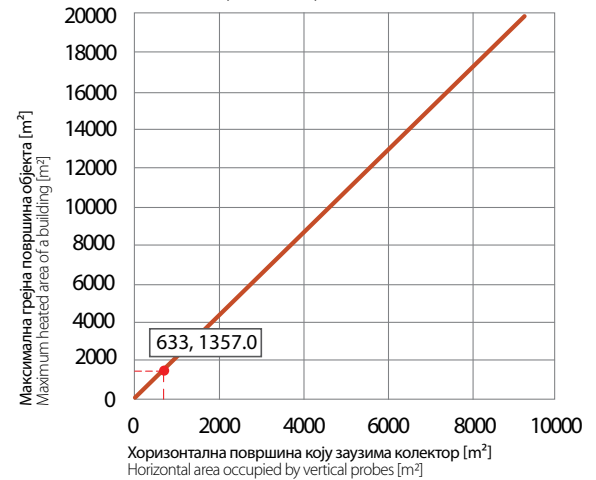
а). Специфична топлотна потреба објекта = 75 W/ m²

б). Ефикасност система дистрибуције = 89%

Maximum heated area depending on the horizontal yard surface for the adopted:

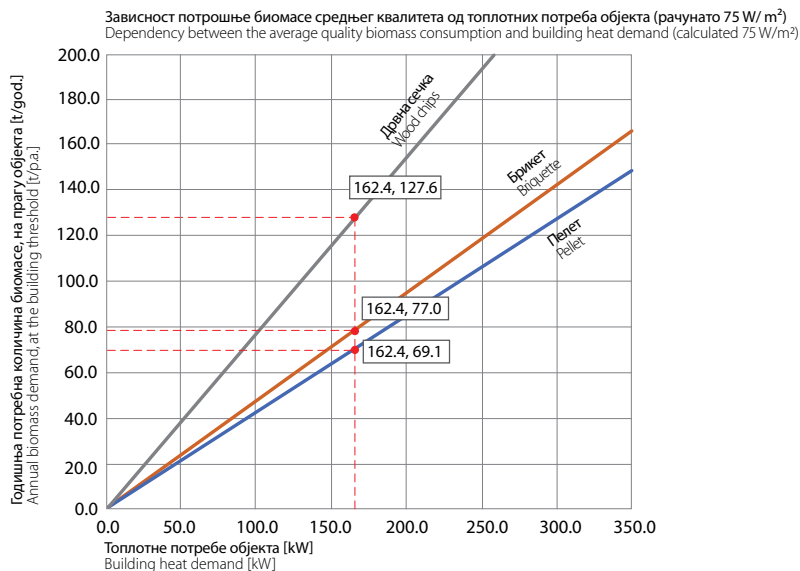
а). Specific building heat demand = 75 W/m²

б). Distribution system efficiency = 89%

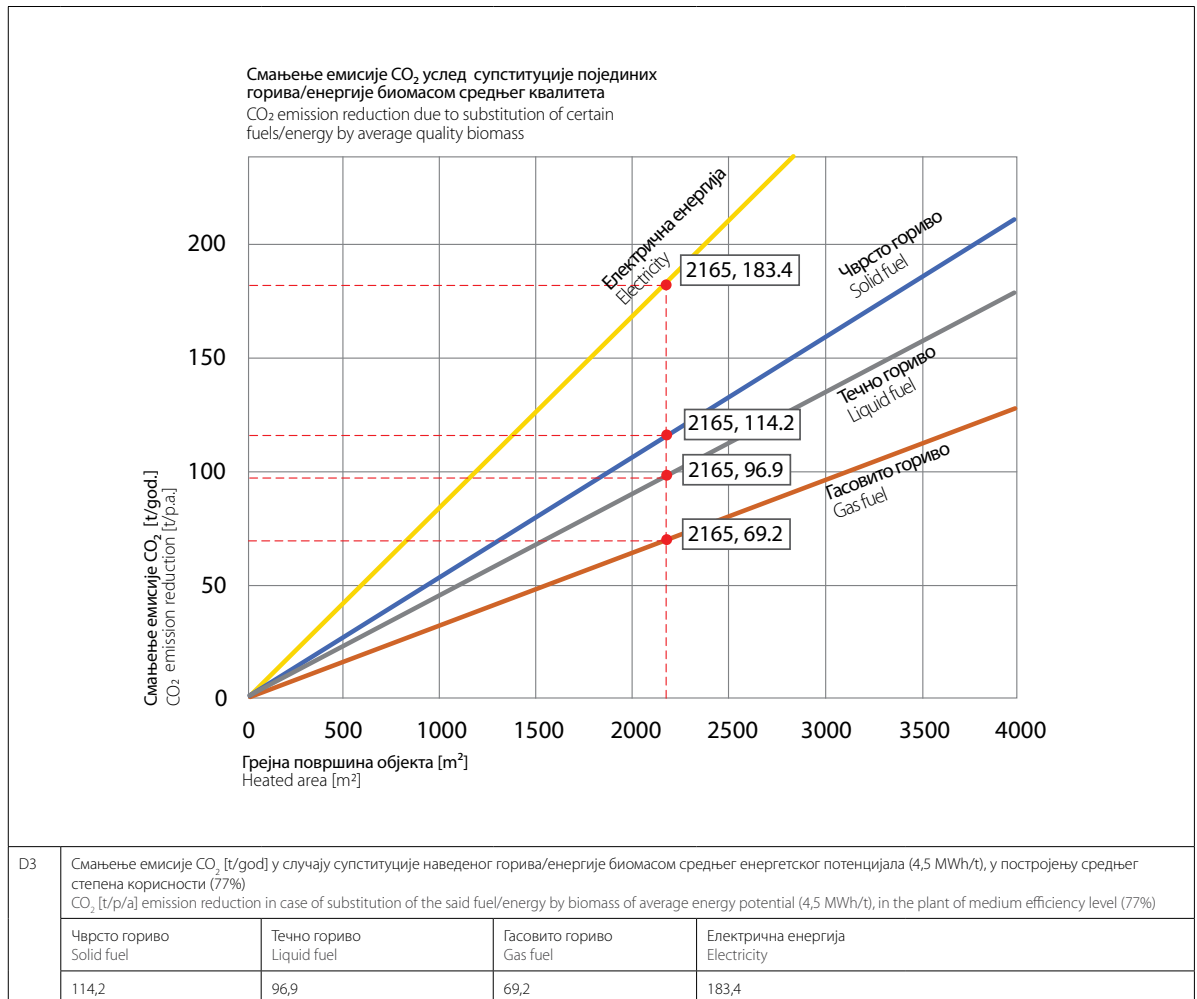


D3	Потребан капацитет пумпе [kW] Required pump capacity [kW]	Расположива површина дворишта [m ²] Available yard area [m ²]	Могући грејни капацитет [kW] Potential heating capacity [kW]	Електрична енергија [kWh/ god] Electricity [kWh/p/a.]	Емисија CO ₂ [t/god] Emission of CO ₂ [t/p/a.]	Смањење емисије CO ₂ [t/god] у односу на CO ₂ emission reduction [t/p/a.] in relation to		
						СДГ или угаљ DHS or coal	лож уље fuel oil	природни гас natural gas
	200,7	633	121,5	-	-	-	-	-

ПОТЕНЦИЈАЛ ЗА КОРИШЋЕЊЕ БИОМАСЕ POTENTIAL FOR THE USE OF BIOMASS



D3	Површина објекта 2.165 m ² Топлотне потребе објекта 162,4 kW Building area 2.165 m ² Heat demand of the building 162,4 kW	Врста биомасе Biomass type	Потребан капацитет котла Required boiler capacity	Потребна енергија горива Required fuel energy	Потребна количина поједине биомасе Required specific biomass quantity
			kW	MWh/god MWh/p/a	[t/god] [t/p/a]
		Дрвени пелет Wood pellet	114,2	96,9	69,2
		Дрвени брикет Wood briquette	77,0	77,0	77,0
		Дрвна сечка Wood chips	214,6	354,2	127,6



ЛИТЕРАТУРА REFERENCES

Јовановић Поповић М., Игњатовић Д., Рајчић А., Ђукановић Љ., Недић М., Станковић Б., Ђуковић Игњатовић Н., Живковић Б., Сретеновић А., Ђуришић Ж., Котур Д. (2018) Зграде школских и предшколских установа – методолошки оквир формирања типологије и побољшања енергетске ефикасности / School and Kindergarten Buildings / A methodological framework for the formulation of typology and the improvement of energy efficiency, Београд: GIZ-Deutsche Gesellschaft fur Internationale Zusammenarbeit GIZ GmbH, (двојезично издање) ISBN 978-86-80390-28-4, COBISS SR-ID 270972428, 97стр, доступно на: <http://eeplatforma.arh.bg.ac.rs/publikacije/zgrade-%C5%A1kolskih-i-pred%C5%A1kolskih-ustanova-%E2%80%93metodolo%C5%A1ki-okvir-formiranja-tipologije-i-pobolj%C5%A1anja-energetske-efikasnosti>

Јовановић Поповић М., Игњатовић Д., Рајчић А., Ђукановић Љ., Недић М., Станковић Б., Ђуковић Игњатовић Н., Живковић Б., Сретеновић А., Ђуришић Ж., Котур Д. (2018) Национална Типологија Школских зграда Србије/National Typology of School Buildings in Serbia, Београд: GIZ-Deutsche Gesellschaft fur Internationale Zusammenarbeit GIZ GmbH-Deutsche Gesellschaft fur Internationale Zusammenarbeit GIZ GmbH, (двојезично издање) ISBN 978-86-80390-29-1, COBISS SR-ID 270974732, 261 стр. доступно на: <http://eeplatforma.arh.bg.ac.rs/publikacije/nacionalna-tipologija-%C5%A1kolskih-zgrada-srbije>

Јовановић Поповић М., Игњатовић Д., Рајчић А., Ђукановић Љ., Недић М., Станковић Б., Ђуковић Игњатовић Н., Живковић Б., Сретеновић А., Ђуришић Ж., Котур Д. (2018) Национална Типологија зграда предшколских установа Србије/National Typology of Kindergartens in Serbia, Београд: GIZ (двојезично издање)

ISBN 978-86-80390-30-7, COBISS SR-ID 270979340, 225 стр доступно на: <http://eeplatforma.arh.bg.ac.rs/publikacije/nacionalna-tipologija-zgrada-pred%C5%A1kolskih-ustanova-srbije>

Novikova A., Csoknyai T., Jovanovic-Popović M., Stanković B., Szalay Z. (2018) Assessment of decarbonisation scenarios for the residential buildings of Serbia. *Thermal Science*, Vol. 22, Suppl.4, pp. S1231-S1247.

Macut N., Jovanovic-Popović M., Andrić S. (2018) Possibilities for the use of geothermal energy in new residential buildings in Serbia, case study: urban blocks in city of Kragujevac. *Thermal Science*, Vol. 22, Suppl.4, pp. S1195-S1204.

Andrić S., Jovanovic-Popović M., Macut N. (2018) Development for CO2 emissions reduction by the use of solar thermal collectors in the process of urban planning. *Thermal Science*, Vol. 22, Suppl.4, pp. S1249-S1258.

Ignjatović D, Ćuković Ignjatović N, Jovanović Popović M. (2017) Potential for Energy Efficiency and CO2 emission reduction by refurbishment of housing building stock built before 1919 in Serbia. *Fresenius Environmental Bulletin*, Vol 26, No. 2, 1201-1209.

Ignjatović D, Ćuković Ignjatović N, Jovanović Popović M. (2017) Potential for Energy Efficiency and CO2 emission reduction by refurbishment of housing building stock built before 1919 in Serbia. *Fresenius Environmental Bulletin*, Vol 26, No. 2, 1201-1209.

Ćuković Ignjatović N., Ignjatović D., Stanković B. (2016) Possibilities for energy rehabilitation of typical single family house in Belgrade—Case study. *Energy and Buildings*, Vol. 115, Speccial Issue: A selection of International AcademicConference “Places and Technologies 2014”, 154-162.

M. Forcan, Ž. Đurišić, J. Mikulović (2016) An algorithm for elimination of partial shading effect based on a Theory of Reference PV String, *Solar Energy* 132, pp. 51–63

Ignjatović D., Jovanović Popović M., Kavran J. (2015) Application of sunspaces in fostering energy efficiency and economical viability of residential buildings in Serbia. *Energy and Buildings*, Vol.98, Special Issue: Renewable Energy Sources and Healthy Buildings, 3-9.

Dejan Cvetinović, Predrag Stefanović, Zoran Marković, Vukman Bakić, Valentina Turanjanin, Marina Jovanović,

Biljana Vučićević (2013) GHG (Greenhouse Gases) Emission Inventory and Mitigation Measures for Public District Heating Plants in the Republic of Serbia, *Energy*, Vol. 57., pp. 788-795.

Biljana Vučićević, Mladen Stojiljković, Naim Afgan, Valentina Turanjanin, Marina Jovanović, Vukman Bakić (2013) Sustainability Assessment of Residential Buildings by Non-linear Normalization Procedure, *Energy and Buildings*, Vol. 58., pp. 348-354.

Vukman Bakić, Milada Pezo, Žana Stevanović, Marija Živković, Borislav Grubor (2012) Dynamic Simulation of PV/Wind hybrid energy conversion system, *Energy*, Vol. 45., No.1, pp. 324-328.

G. Dobrić, Ž. Đurišić, Z. Stojković (2012) Software tool for evaluation of electrical energy produced by photovoltaic systems, *International Journal of Electrical Engineering Education (IJEED)*, 49, pp. 383-401.

Dusan Z. Djurdjevic, Perspectives and assessments of solar PV power engineering in the Republic of Serbia, *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 15 (2011) 2431–2446

Marina Jovanović, Valentina Turanjanin, Vukman Bakić, Milada Pezo, Biljana Vučićević (2011) Sustainability estimation of energy system options that use gas and renewable resources for domestic hot water production, *Fuel and Energy Abstracts*, Vol.36, No.4., pp. 2169-2175.

Vukman Bakić, Goran Živković, Milada Pezo (2011) Numerical Simulation of the Air Flow Around the Arrays of Solar Collectors, *Thermal Science*, Vol.15, No.2, pp. 457-465.

V. Turanjanin, V. Bakić, M. Jovanović, M. Pezo (2009) Fossil fuels substitution by the solar energy utilization for the hot water production in the heating plant "Cerak" in Belgrade, *International journal of hydrogen energy*, Vol.34, pp. 7075-7080.

Daniel Schneider, Neven Duić, Igor Raguzin, Vukman Bakić et al (2007) Mapping the Potential for Decentralized Energy Generation Based on RES In Western Balkans, *Thermal Science*, Vol.11, No.3., pp. 7-26.

ИЗВОРИ BIBLIOGRAPHY

EC, Directive 2001/77/EC of the European Parliament and of the Council of 27 September 2001 on the promotion of electricity produced from renewable energy sources in the internal electricity market, Official Journal of the European Union 27.10.2001, L 283, p. 33–40.

EC, Directive 2002/91/EC of the European Parliament and of the Council of 16 December 2002 on the Energy Performance of Buildings. Official Journal of European Communities 04.01.2003, L1/65-71.

EC, Directive 2009/28/EC of the European parliament and of the Council of 23 April 2009 on the Promotion of the use of energy from renewable sources and amending and subsequently repealing Directive 2001/77/EC and 2003/77/EC, Official Journal of the European Union 5.06.2009, L 140/16. доступно на: <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:140:0016:0062:en:PDF>

EC, Directive 2010/31/EU of the European Parliament and of the Council of 19 May 2010 on the Energy Performance of Buildings (recast), Official Journal of the European Union 18.06.2010, L 153, 13-35.

EC, Directive 2012/27/EU of the European parliament and of the Council of 25 October 2012 on energy efficiency, amending Directives 2009/125/EC and 2010/30/EU and repealing Directives 2004/8/EC and 2006/32/EC, Official Journal of the European Union 14.11.2012, L 315/1.

EC, Directive (EU) 2018/844 of the European Parliament and of the Council of 30 May 2018 amending Directive 2010/31/EU on the energy performance of buildings and Directive 2012/27/EU on energy efficiency (Text with EEA relevance), Official Journal of the European Union 19.06.2018, L 156, 75.

Barklund Å. (2012) The global need for food, fibre and fuel: Land use perspectives on constraints and opportunities in meeting future demand. Report from two seminars at the Royal Swedish Academy of Agriculture and Forestry, 27 September and 22 November 2011. ISBN 978-91-86573-25-6. доступно на:

<http://www.ksla.se/wp-content/uploads/2012/06/KSLAT-4-2012-Food-fibre-and-fuel.pdf>

Правилник о енергетској ефикасности зграда, Службени гласник Републике Србије бр. 61/2011

Правилник о условима, садржини и начину издавања сертификата о енергетским својствима зграда, Службени гласник Републике Србије бр. 69/2012

Трећи акциони план за енергетску ефикасност Републике Србије за период до 2018. године, Сл. гласник РС бр. 1/17 од 6. јануара 2017. године, доступно на: http://www.mre.gov.rs/doc/efikasnost-izvori/efikasnost/Treci_akcioni_plan_za_energetsku_efikasnost_Republike_Srbije_za_period_do_2018_godine.pdf

Закон о ратификацији Уговора о оснивању Енергетске заједнице између Европске заједнице и Републике Албаније, Републике Бугарске, Босне и Херцеговине, Републике Хрватске, Бивше Југословенске Републике Македоније, Републике Црне Горе, Румуније, Републике Србије и Привремене Мисије Уједињених нација на Косову у складу са Резолуцијом 1244 Савета безбедности Уједињених нација, "Службени гласник РС", број 62 од 19. јула 2006. („Службени гласник РС", број 62/06), доступно на: http://www.pravno-informacioni-sistem.rs/SlGlasnikPortal/prilozi/Ugovor_o_osnivanju_Energetske_zajednice.htm®actid=404637&doctype=reg

Национални акциони план за коришћење обновљивих извора енергије Републике Србије (2013), доступно на: http://www.mre.gov.rs/doc/efikasnost-izvori/NAPOIE%20KONACNO%2028_jun_2013.pdf?uri=CELEX:32009L0028

Стратегија развоја енергетике Републике Србије за период до 2025. године са пројекцијом до 2030. године (2014) доступно на: http://www.parlament.gov.rs/upload/archive/files/lat/pdf/akta_procedura/2014/113-14Lat.pdf

COM (2005) Biomass action plan. {SEC(2005) 157}, доступно на: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=CELEX%3A52005DC0628>

COM(2006) Renewable Energy Road Map Renewable energies in the 21st century: building a more sustainable future {SEC(2006) 1719}{SEC(2006) 1720}{SEC(2007) 12}, доступно на: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52006DC0848&from=EN>

Initial National Communication to the UNFCCC for Republic of Serbia/Enabling activities for the preparation of the Initial National Communication of the Republic of Serbia to the United Nations Framework Convention on Climate Change-UNFCCC, Belgrade (2010)

World Health Organization: Millennium Development Goals, доступно на: (MDGs)https://www.who.int/topics/millennium_development_goals/about/en/

Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development, United Nations (2015) доступно на: http://www.un.org/en/development/desa/population/migration/generalassembly/docs/globalcompact/A_RES_70_1_E.pdf

2020 climate & energy package, доступно на: https://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2020_en

European Union Emissions Trading Scheme, доступно на: <https://www.emissions-euets.com/internal-electricity-market-glossary/331-directive-on-the-promotion-of-the-use-of-energy-from-renewable-sources>

“Energy Atlas in a nutshell”, доступно на: <https://gr.boell.org/en/2018/05/10/energy-atlas-nutshell>

“Clean energy for all Europeans”, више информација доступно на: <https://ec.europa.eu/energy/en/topics/energy-strategy-and-energy-union/clean-energy-all-europeans>

“Renewable energy: Council confirms deal reached with the European Parliament”, више информација доступно на: <https://www.consilium.europa.eu/en/press/press-releases/2018/06/27/renewable-energy-council-confirms-deal-reached-with-the-european-parliament/#>

European Commission: EnergyTopics – Energy Efficiency – Buildings, доступно на: <https://ec.europa.eu/energy/en/topics/energy-efficiency/buildings>

„Регулаторни оквир за коришћење обновљивих извора енергије у Србији: Све нијансе зеленог“, више информација доступно на: <http://bif.rs/2013/06/regulatorni-okvir-za-korisjenje-obnovljivih-izvora-energi-je-u-srbiji-sve-nijanse-zelenog/>

<https://solargis.com/>

