



Немачка
сарадња

DEUTSCHE ZUSAMMENARBEIT

Sprovedeno od strane:
Implemented by:

giz Deutsche Gesellschaft
für Internationale
Zusammenarbeit (GIZ) GmbH



Универзитет у Београду - Архитектонски факултет
University of Belgrade - Faculty of Architecture



Република Србија
Министарство грађевинарства,
саобраћаја и инфраструктуре



Република Србија
Министарство рударства
и енергетике

Национална типологија школских зграда Србије

National Typology of School Buildings in Serbia

Милица Јовановић Поповић, Душан Игњатовић, Александар Рајчић, Љиљана Ђукановић,
Милош Недић, Бојана Станковић, Наташа Ђуковић Игњатовић, Бранислав Живковић,
Александра Сретеновић, Жељко Ђуришић, Димитрије Котур

Milica Jovanović Popović, Dušan Ignjatović, Aleksandar Rajčić, Ljiljana Đukanović,
Miloš Nedić, Bojana Stanković, Nataša Ćuković Ignjatović, Branislav Živković,
Aleksandra Sretenović, Željko Đurišić, Dimitrije Kotur



Национална типологија школских зграда Србије National Typology of School Buildings in Serbia

Милица Јовановић Поповић, Душан Игњатовић, Александар Рајчић,
Љиљана Ђукановић, Милош Недић, Бојана Станковић,
Наташа Ђуковић Игњатовић, Бранислав Живковић,
Александра Сретеновић, Жељко Ђуришић, Димитрије Котур

Milica Jovanović Popović, Dušan Ignjatović, Aleksandar Rajčić,
Ljiljana Đukanović, Miloš Nedić, Bojana Stanković,
Nataša Ćuković Ignjatović, Branislav Živković,
Aleksandra Sretenović, Željko Đurišić, Dimitrije Kotur

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

Аутор

Универзитет у Београду

Уредници

Проф. др Милица Јовановић Поповић
В. проф. др Душан Игњатовић

Рецензенти

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

Лектор за српски текст

Ивана Радовановић Вуја

Лектор за енглески текст

Тамара Николић

Дизајн

Алекса Бијеловић, Милица Максимовић

Тираж

300 примерака

Штампа

Цицеро, Београд

Октобар 2018.

Impressum

Published by the

Deutsche Gesellschaft für
Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

Registered offices
Bonn and Eschborn, Germany

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

Author

University of Belgrade

Editors

Full Professor Milica Jovanović Popović
Associate Professor Dušan Ignjatović

Reviewers

Professor Branka Dimitrijević
Professor Tillmann Klein
Professor Ana Radivojević
Mila Pucar

Proofreading for Serbian text

Ivana Radovanović Vuja

Proofreading for English text

Tamara Nikolić

Design

Aleksa Bijelović, Milica Maksimović

Circulation

300 copies

Printed by

Cicero, Belgrade

October 2018

Ауторски тим

Милица Јовановић Поповић
Душан Игњатовић
Александар Рајчић
Љиљана Ђукановић
Милош Недић
Бојана Станковић
Наташа Ђуковић Игњатовић
Бранислав Живковић
Александра Сретеновић
Жељко Ђуришић
Димитрије Котур

Сарадници

Никола Мацут
Анђела Дубљевић
Невена Лукић
Владимир Бојовић

Фотографије репрезентата типова

Срђан Боснић

Authors

Milica Jovanović Popović
Dušan Ignjatović
Aleksandar Rajčić
Ljiljana Đukanović
Miloš Nedić
Bojana Stanković
Nataša Ćuković Ignjatović
Branislav Živković
Aleksandra Sretenović
Željko Đurišić
Dimitrije Kotur

Associates

Nikola Macut
Anđela Dubljević
Nevena Lukić
Vladimir Bojović

Photographs of building type representatives

Srđan Bosnić

Садржај

1. УВОД	6
2. ШКОЛСКЕ ЗГРАДЕ У БРОЈЕВИМА	
2.1. Архитектонске карактеристике	12
2.2. Термотехничке инсталације	24
2.3. Електроенергетске инсталације	30
3. ДЕФИНИСАЊЕ ТИПОЛОГИЈЕ ШКОЛСКИХ ЗГРАДА	34
4. АНАЛИЗА ПРИКУПЉЕНИХ ПОДАТАКА ПО ПЕРИОДИМА	41
Период до 1945. године	41
Период 1946-1970. године	51
Период 1971-1990. године	61
Период после 1991. године	71
5. ПОБОЉШАЊЕ ЕНЕРГЕТСКЕ ЕФИКАСНОСТИ И СМАЊЕЊЕ ЕМИСИЈЕ CO ₂ УНАПРЕЂЕЊЕМ ШКОЛСКИХ ЗГРАДА	81
А – Период до 1945.	96
Б – Период 1946-1970.	158
Ц – Период 1971-1990.	196
Д – Период после 1991.	246
Литература	260
Извори	261

Contents

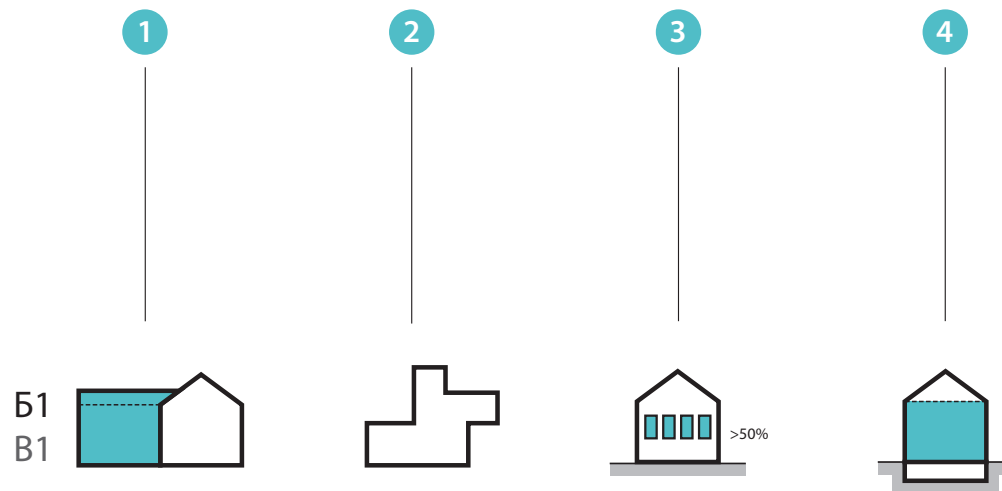
1. INTRODUCTION	6
2. SCHOOL BUILDINGS IN FIGURES	
2.1. Architectural characteristics	12
2.2 HVAC systems	24
2.3. Electrical installations	30
3. DEFINING THE TYPOLOGY OF SCHOOL BUILDINGS	34
4. DATA ANALYSIS ACROSS PERIODS	41
Period before 1945	41
Period 1946-1970	51
Period 1971-1990	61
Period after 1991	71
5. INCREASING ENERGY EFFICIENCY AND REDUCING CO ₂ EMISSIONS BY IMPROVING SCHOOL BUILDINGS	81
A – Period before 1945	96
B – Period 1946-1970	158
C – Period 1971-1990	196
D – Period after 1991	246
References	260
Bibliography	261

Легенда симбола

- 1 Тип зграде
- 2 Основа зграде
- 3 Прозори
- 4 Тип крова и коришћење таванског и подрумског простора

Legend of the symbols

- 1 Building type
- 2 Building layout
- 3 Windows
- 4 Roof type and use of attic and basement



1. УВОД

Након вишегодишњег проучавања и рада на изради типологија стамбених зграда Србије објављених у више научних монографија¹, исти истраживачки тим Архитектонског факултета, Машинског и Електротехничког факултета, дефинисао је и Националну типологију школских зграда. Она је део ширег проучавања, спроведеног у периоду 2016-2018. године, које се публикује истовремено а бави истраживањем енергетске

¹ Видети монографије групе аутора (Јовановић Поповић М, Игњатовић Д, Радивојевић А, Рајчић А, Ћуковић Игњатовић Н, Ђукановић Љ. и Неђић М) у издању GIZ-а и Архитектонског факултета: Атлас породичних кућа Србије/*Atlas of Family housing in Serbia* (2012), Атлас вишепородичних зграда Србије/*Atlas of Family housing in Serbia* (2013) и Национална типологија стамбених зграда Србије/*National Typology of Residential Buildings in Serbia* (2013).

1. INTRODUCTION

Having completed the extensive research and development work on the typologies of Serbian residential buildings that were published in a number of scientific monographs,¹ the same research team from University of Belgrade Faculties of Architecture, Mechanical Engineering and Electrical Engineering went on to define the National Typology of School Buildings. This typology is part of a wider research into the energy efficiency of the public buildings in Serbia, conducted between 2016 and 2018, and published concurrently. The research as well as the publication of the results was supported by the GIZ

¹ See monographs by a group of authors (Jovanović Popović M., Ignjatović D., Radivojević A., Rajčić A., Ćuković Ignjatović N., Đukanović Lj. & Nedić M.) published by GIZ and Faculty of Architecture: *Atlas of Family Housing in Serbia* (2012), *Atlas of Family Housing in Serbia* (2013) and *National Typology of Residential Buildings in Serbia* (2013).

ефикасности фонда јавних зграда у Србији. Истраживање, као и публикавање резултата подржао је ГИЗ (Deutsche Gesellschaft für internationale Zusammenarbeit). Резултати истраживања публикују се, ради лакшег праћења материје и великог обима, у оквиру три монографије:

- Књига 1 *Зграде школских и предшколских установа – методолошки оквир формирања типологије и побољшања енергетске ефикасности* подразумева историјски преглед развоја зграда школских и предшколских установа, развој регулативе из ове области, методологију вршења пописа и формирања типологије зграда, прорачун потенцијалних уштеда енергије и смањења емисије угљен- диоксида кроз процесе енергетске обнове зграда
- Књига 2 *Типологија школских зграда*
- Књига 3 *Типологија зграда предшколских установа*

Подстицај за истраживање квалитета зграда јавне намене јесте чињеница да, уз стамбене зграде, оне чине највећи део грађевинског фонда земље, а њиховом енергетском обновом може се, у великој мери, смањити потрошња енергије, али и емисија угљен-диоксида у Србији. Такође, чланством у Енергетској заједници, Србија је преузела на себе обавезе које су у потпуности усклађене са Директивама Европске уније² а тичу се унапређења енергетске ефикасности грађевинског фонда зграда па је ово истраживање у контексту постојећих обавеза али и потреба.

Књига 2 *Типологија школских зграда* подразумева класификовање школских зграда по величини и периодима градње, дефинише могуће нивое енергетске обнове (омотач зграде, али и машински и електроенергетски системи, као и потенцијалне уштеде енергије на нивоу Републике Србије). Изабрани и приказани репрезенти представљају стварне зграде које

² Directive 2010/31/EU on the energy performance of buildings (recast) - 19 May 2010 и Directive 2012/27/EU of the European Parliament and of the Council of 25 October 2012 on energy efficiency, amending Directives 2009/125/EC and 2010/30/EU and repealing Directives 2004/8/EC and 2006/32/EC Text with EEA relevance

(Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit GmbH). For the purpose of easier perusal of the voluminous research, it was decided to publish the results in three separate monographs:

- Book 1 *School and Kindergarten Buildings – A methodological framework for the formation of typology and the improvement of energy efficiency*, which provides a historical overview of the development of school and kindergarten buildings, the advancement of the regulations in this field, the methodology of the inventory and the formation of the typology of buildings, and the calculations of potential energy savings and the reduction of carbon dioxide emissions through the processes of energy-efficient renovation of the buildings
- Book 2 *Typology of School Buildings*
- Book 3 *Typology of Kindergarten Buildings*

The incentive to research the quality of public buildings was provided by the fact that they, along with residential buildings, account for the largest share of the country's building stock and that their deep renovation can greatly reduce energy consumption and carbon dioxide emissions in Serbia. Moreover, by joining the Energy Community, Serbia has assumed obligations that are fully harmonized with the European Union directives² and are concerned with the improvement of the energy efficiency of the building stock. In this light, the present research should be viewed in the context of both the existing obligations and demands.

Book 2, *Typology of School Buildings*, offers the classification of school buildings by size and periods of construction, and defines possible scope of energy-efficient renovation of not only the envelope of the buildings but also mechanical and electrical power and energy systems, as well as the potential energy savings at the level of the Republic of Serbia. The selected and presented samples are real buildings that correspond to the

² Directive 2010/31/EU on the energy performance of buildings (recast) - 19 May 2010 and Directive 2012/27/EU of the European Parliament and of the Council of 25 October 2012 on energy efficiency, amending Directives 2009/125/EC and 2010/30/EU and repealing Directives 2004/8/EC and 2006/32/EC Text with EEA relevance

одговарају моделским зградама чије су карактеристике утврђене на основу пописа и кластер анализе. Значај типолошке класификације школских зграда огледа се у широкој применљивости при доношењу стратешких одлука за обнову и осталих школских зграда које чине овај део грађевинског фонда Србије.

2. ШКОЛСКЕ ЗГРАДЕ У БРОЈЕВИМА

Попис школских зграда је спроведен на терену током 2016. и 2017. године, а добијени подаци су унети у специјално креирану базу података, потом преузети, коришћени и претраживани применом специјално креираног софтвера што је детаљно изложено у Књизи 1 *Зграде школских и предшколских установа – методолошки оквир формирања типологије и побољшања енергетске ефикасности*.

Коришћење овог софтвера је омогућило претраживање креиране базе по свим постављеним питањима кроз три нивоа упитника³:

- први ниво упитника обухвата пет питања којима су идентификоване институције јавне намене,
- други ниво упитника чини 14 питања, а намењен је искључиво за административне зграде, школе и вртиће; питањима су дефинисани положај (адреса, катастарска парцела) као и основни подаци о згради (време грађења, намена градње, постојање елабората енергетске ефикасности или енергетског прегледа, као и сертификата о енергетским својствима зграда тј. енергетски пасош),
- трећи, и најобимнији, ниво упитника садржи 48 питања и намењен је само за школе и вртиће, а обухватио је архитектонске карактеристике зграде, као и примењене системе из домена машинских и електроинсталација.

Након спроведеног пописа, уношења података у формирану базу и валидације прикупљених података формиран је узорак од 1.857 школских зграда.

³ У Књизи 1 *Зграде школских и предшколских установа – методолошки оквир формирања типологије и побољшања енергетске ефикасности* дато је прецизно објашњење структуре и начина формирања упитника

model buildings, characteristics of which have been determined upon the inventory and cluster analysis. The significance of a typological classification of schools lies in its wide applicability to strategic decisions about the renovation of other schools that make up this segment of the building stock of Serbia.

2. SCHOOL BUILDINGS IN FIGURES

The inventory of school buildings was compiled in the field in 2016 and 2017. The obtained data were entered into a specially created database and then retrieved, processed and searched using custom-designed software, which is detailed in Book 1 *School and Kindergarten Buildings – A methodological framework for the formation of typology and the improvement of energy efficiency*.

The software made it possible to search the created database by all the queries through the three levels of the inventory questionnaire:³

- The first level of the questionnaire with five queries, which identified public bodies;
- The second level with 14 queries, which was filled only for administration buildings, schools and kindergartens, and which specified the location (address, cadastral parcel) and basic data about the building: when it was built, whether it was purpose-built, whether an energy efficiency study or energy audit were conducted, and whether it was issued Certificate of Energy Performance of Buildings (energy passport);
- The third and most comprehensive level with 48 queries, which was filled only for schools and kindergartens, and which included the architectural characteristics of the building as well as the applied mechanical and electrical installation systems.

After the compilation of the inventory, the formation of the database and the validation of the data, it was found that a sample of 1,857 school buildings was formed.

³ Book 1 *School and Kindergarten Buildings – A methodological framework for the formation of typology and the improvement of energy efficiency*, offers a precise explanation of the structure and the method of forming the questionnaire

Број школских зграда у Србији

Укупан број школских зграда у Србији усвојен је на основу анализе података које дају два јавно доступна извора:

1. На сајту Републичког завода за статистику Србије редовно се објављују публикације из области деловања ове институције. Школске зграде су обрађене у више извора:

- *Статистички годишњак Републике Србије- образовање*⁴, који се објављује годишње и
- у оквиру Саопштења: *Основно школско образовање у Републици Србији*⁵ и *Средњошколско образовање у Републици Србији*⁶ који се објављују почетком и крајем сваке школске године.

У оба извора је уочено да не постоји прецизно дефинисана разлика између школских зграда и институција школа и тек поређењем са другим изворима могло се закључити да је реч о школским зградама. Такође, број школа, па тиме и школских зграда, променљив је из године у годину: број основних школа опада а број средњих школа расте. Ове промене су у оба случаја минималне, мање од 1%.

2. Министарство просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије такође објављује податке о школама и школским зградама у Србији⁷. Увидом у податке може се констатовати да се база састоји од укупно 4.444 институције, школе и подружне школе са укупно 6.052 различита објекта у свом саставу. Међутим, велики број школа не поседује ниједну зграду, а наведен је велики број школа са врло малим бројем ученика (до пет). Избацивањем из базе школа без зграда, као и институција са мањим бројем ђака од пет, број школских зграда је сведен на 5.474. Овај број

⁴ <http://webrzs.stat.gov.rs/WebSite/repository/documents/00/02/63/78/05-Obrazovanje.pdf>

⁵ <http://www.stat.gov.rs/WebSite/repository/documents/00/02/06/06/dd10032016.pdf>

⁶ <http://webrzs.stat.gov.rs/WebSite/repository/documents/00/02/48/33/SB-621-SrednjeSkole2016-17.pdf>

⁷ <http://opendata.mpn.gov.rs/>

The number of school buildings in Serbia

The total number of school buildings in Serbia was adopted upon the data analysis provided by two publicly available sources:

1. The Statistical Office of the Republic of Serbia regularly publishes updates on its activities on its website. School buildings are covered in several sources:

- *Statistical Yearbook of the Republic of Serbia – Education*,⁴ published annually, and
- within the Communiqués: *Primary School Education in the Republic of Serbia*,⁵ and *Secondary Education in the Republic of Serbia*,⁶ published at the beginning and end of each school year.

As it was noticed that neither of the sources contained a precisely defined difference between school buildings and school institutions, the conclusion that the figures referred to school buildings was only possible by comparison with other sources. Besides, the number of schools, i.e. school buildings, varied from year to year: the number of primary schools was decreasing while the number of secondary schools was growing. In either case, the changes were minimal as they were lower than 1%.

2. The Ministry of Education, Science and Technological Development of the Republic of Serbia also publishes data on schools and school buildings in Serbia.⁷ In light of the data presented, it can be concluded that the inventory lists a total of 4,444 institutions, schools and affiliated schools with 6,052 facilities. However, as a considerable number of schools do not either own a single building or have very few pupils (up to 5), these were omitted from the study, so the number of school buildings was reduced to 5,474. This figure should also not be considered as final because other facilities, such as

⁴ <http://webrzs.stat.gov.rs/WebSite/repository/documents/00/02/63/78/05-Obrazovanje.pdf>

⁵ <http://www.stat.gov.rs/WebSite/repository/documents/00/02/06/06/dd10032016.pdf>

⁶ <http://webrzs.stat.gov.rs/WebSite/repository/documents/00/02/48/33/SB-621-SrednjeSkole2016-17.pdf>

⁷ <http://opendata.mpn.gov.rs/>

није коначан будући да су пописани и други објекти, а не само они у којима се одвија учioniчка настава: сале, котларнице, радионице, оставе, пољопривредни објекти, станови за учитеље.

Премда подацима Министарства просвете, иако врло обимни и са великим бројем података по свакој школској институцији, не дају прецизан број школских зграда које су у функцији и у којима се редовно одвија настава, за даљу анализу је коришћен податак Завода за статистику. Тако, у 2016. години у Србији има укупно 3.890 основних и средњих школа свих профила. Како је даља анализа спроведена на узорку од 1.857 пописаних школских зграда, што у односу на усвојени укупан број од 3.890 школских зграда у Србији у 2016. години представља изузетно велики статистички узорак, констатовано је да формирана база података омогућава доношење релевантних закључака.

Основне карактеристике школских зграда израђених на територији Србије, на основу извршеног истраживања, могу се исказати кроз већи број аспеката обрађених у даљем тексту.

Период изградње

Анализирајући број школа по времену када су израђене констатујемо да је сачуван велики број школских зграда из периода пре Првог светског рата и између два светска рата које су још увек у функцији. Као периоди најинтензивније изградње истичу се периоди после Другог светског рата па се може закључити да је изградња школа пратила обимну обнову и изградњу стамбених зграда у Србији која је била најинтензивнија у периоду 1946–1979. године.⁸ Процентуална расподела пописаних школских зграда по временској класификацији датај у упитнику приказана је на Графикону 2.1.

⁸ Јовановић Поповић М, Игњатовић Д, Радивојевић А, Рајчић А, Ђуковић Игњатовић Н, Ђукановић Љ, Недић М. (2013) *Национална типологија стамбених зграда Србије*. Архитектонски факултет, ГИЗ.

gymnasiums, boiler rooms, workshops, storages, agricultural facilities, and teachers' accommodation quarters were listed together with classrooms.

Since the data of the Ministry of Education, although extensive and detailed in the account of each school institution, did not provide the exact number of functional school buildings that maintained regular classroom operation, the data from the Statistical Office were used for further analysis. According to this source, there were 3,890 primary and secondary schools of all profiles in Serbia in 2016. As the present study was carried out on the sample of 1,857 school buildings listed, it was noted that the statistical sample used to create the database was large enough to allow for valid conclusions.

Based on the current research, the main characteristics of school buildings built on the territory of Serbia can be expressed through a number of aspects discussed below.

Period of construction

The analysis of the number of schools by the time they were built indicates that there are many school buildings built before the First World War and between the two World Wars that have been preserved and that are still in operation. The periods of most intensive renewal and construction of residential buildings in Serbia occurred after the Second World War, in the period between 1946 and 1979,⁸ which suggests that it was accompanied by the extensive construction of schools. The percentage distribution of the listed school buildings according to the time classification given in the questionnaire is shown in Figure 2.1.

⁸ Jovanović Popović M., Ignjatović D., Radivojević A., Rajčić A., Ćuković Ignjatović N., Đuknović Lj., Nedić M. (2013) *National Typology of Residential Buildings in Serbia*. Faculty of Architecture, GIZ.

Графикон 2.1. Заступљеност школских зграда према периоду изградње [%]

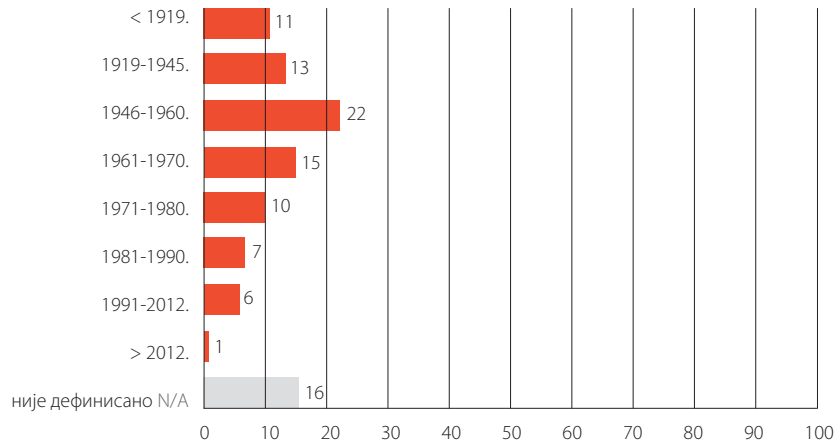


Figure 2.1. Distribution of school buildings by the period of construction [%]

Будући да се по својим обликовним карактеристикама, као и карактеристикама термичког омотача и примењених инсталационих система, школске зграде нису интензивно мењале, за потребе формирања типологије периодизација је сведена на четири карактеристична периода изградње обједињавањем периода дефинисаних кроз анкетна питања у упитницима. Исте карактеристике периодизације задржане су и у класификацији примењеној за израду типологије са периодима обједињеним на основу архитектонских карактеристика зграда и постојеће регулативе⁹. (Графикон 2.2.)

However, as there had not been any dramatic changes in school buildings with respect to the characteristics of design, the thermal envelope, or the applied installation systems, the periodization was reduced to four characteristic periods of construction in order to form the typology by unifying the periods defined by questionnaire queries. The same periodization characteristics were retained in the classification used to develop the typology, with the periods classified according to the architectural characteristics of buildings and the existing regulations (Figure 2.2).⁹

Графикон 2.2. Заступљеност школских зграда према периодизацији усвојеној ради формирања типологије [%]

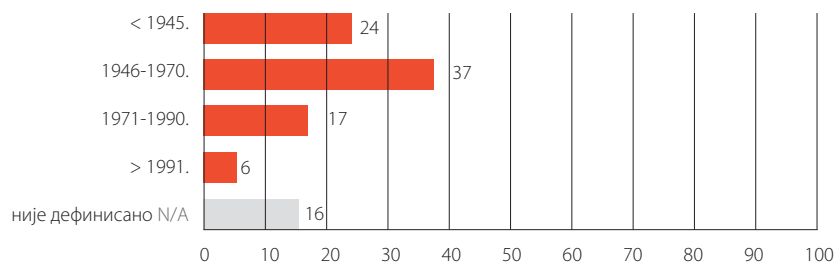


Figure 2.2. Distribution of school buildings according to the periodization used to form the typology [%]

⁹ Књига 1 *Зграде школских и предшколских установа – методолошки оквир формирања типологије и побољшања енергетске ефикасности*

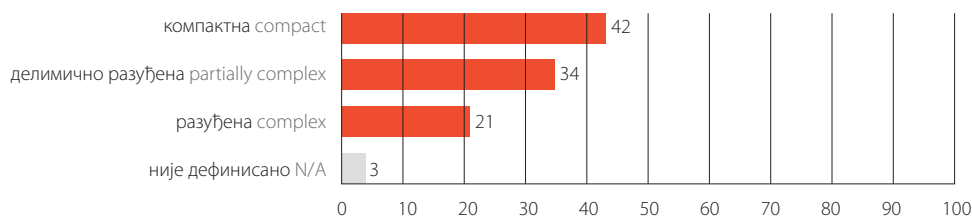
⁹ Book 1 *School and Kindergarten Buildings – A methodological framework for the formation of typology and the improvement of energy efficiency*

2.1. Архитектонске карактеристике

Компактност зграде

Школске зграде делимичне разуђености форме, а потом и зграде компактне форме чине највећи део фонда школских зграда у Србији; док су ретко, у само 21% случајева, школе грађене као разуђене форме. Овакав пројектантски приступ произлази из функције школског објекта где се учионице, стандардног облика и димензија, и кабинети са пратећим комуникацијама и санитарним простором најчешће групишу око холског, мултифункционалног простора. Исти просторни распоред понавља се и на спратним етажама код већих објеката. На Графикону 2.3. приказана је процентуална заступљеност броја зграда према компактности.

Графикон 2.3. Заступљеност броја школских зграда према компактности [%]



2.1. Architectural characteristics

Compactness of floor plan

Most of the school building stock in Serbia is comprised of schools with a partially complex or compact floor plan, whereas the rare fully complex layout accounts for only 21%. Such a design approach is derived from the very function of the school facility, where the classrooms, of standard shapes and sizes, the science laboratories, the art and music rooms, and the accompanying communications and sanitary facilities are most commonly grouped around a multifunctional space of the central hall. The same spatial arrangement is then repeated on the upper floors in larger buildings. Figure 2.3 shows the percentage distribution of the number of buildings according to the compactness of the floor plan.

Figure 2.3. Distribution of school buildings by compactness of floor plan [%]

Спратност школа

Далеко највећи број школа у Србији, скоро половина, грађене су као приземне зграде. Нешто више од четвртине зграда има две надземне етаже (П+1), то јест нешто више од четвртине има приземље и два спрата. (Графикон 2.4.)

Број школа са више етажа је изузетно мали и већа спратност се среће само код школа са већим бројем учионица, то јест веће површине. Такође, школе су ретко грађене са подрумима, више од пола школа нема

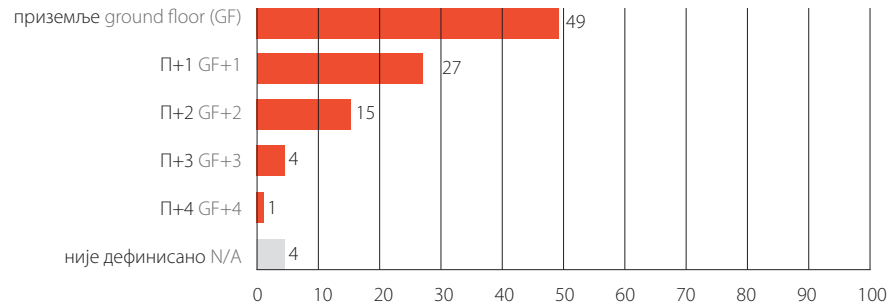
Number of floors

By far the largest number, almost half, of the schools in Serbia was built as one-story buildings. Slightly more than a quarter have two levels above the ground (GF + 1), while almost the same percentage has the ground floor and two floors above (Figure 2.4).

Multi-storey schools are very few, with more floors found only in schools with a great number of classrooms or larger floor areas. Moreover, schools rarely have basements; more than a half have no basement (55%), or

подруме (55%) или постоји једна подрумска етажа у коју се смештају помоћне просторије, најчешће оставе за огрев. (Графикон 2.5.)

Графикон 2.4. Заступљеност школских зграда према спратности – у односу на број надземних етажа [%]



there is a single basement level with the auxiliary rooms, most often fuel storages (Figure 2.5).

Figure 2.4. Distribution of school buildings by the number of floors relative to the number of levels above the ground floor [%]

Графикон 2.5. Заступљеност школских зграда према спратности – у односу на број подземних етажа [%]

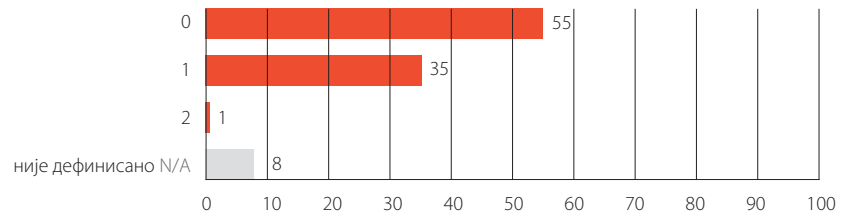


Figure 2.5. Distribution of school buildings by the number of floors relative to the number of levels below the ground floor [%]

Површина школе (брuto развијена грађевинска површина)

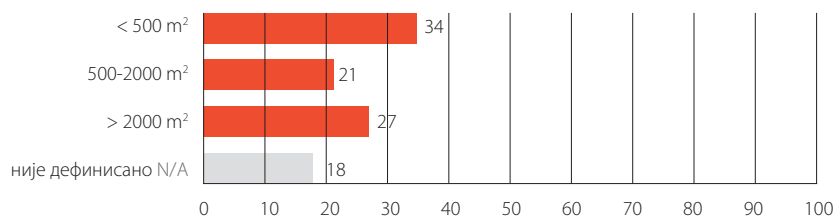
Највећи број школа у Србији, мада не и доминантно, спада у класу малих школа, до 500 m², што потврђује и чињеница да су то углавном приземне зграде грађене у ранијим периодима и најчешће ван градских средина. Средњих и великих школа има приближно једнак број и може се закључити да су грађене у каснијим периодима, у градским срединама, када је и дошло до наглог пораста броја становништва и наталитета (период после Другог светског рата). (Графикон 2.6.)

Building size (gross floor area)

In Serbia, there is a slight preponderance of the type of small schools with the gross floor area of up to 500 m², which corroborates the fact that these are mostly one-story buildings, built usually outside the city in earlier periods. There is an approximately equal number of medium-sized and large schools, which were mainly built in urban areas in later periods, when there was a rapid increase in population and birth rates (post-Second World War period) (Figure 2.6).

Графикон 2.6. Заступљеност школских зграда према развијеној бруто површини [%]

Figure 2.6. Distribution of school buildings by the gross floor area [%]



Тип крова и коришћење поткровне етажe

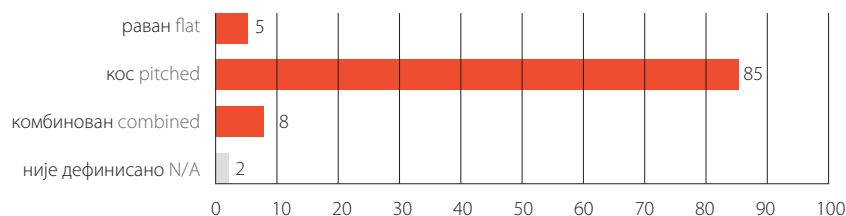
Roof type and attic use

Када је обликовање крова у питању, далеко највећи број школских зграда има коси кров, чак 85%. (Графикон 2.7.) Доминантна је изградња косих кровова у свим периодима, са ретким изузецима пројектовања равног крова када су то карактеристични архитектонски правци у одређеним периодима наметали, првенствено 70-их и 80-их година прошлог века. Честе су интервенције на оригиналним крововима што се код косих кровова огледа у виду адаптација таванског простора у користан простор, а тиме и повећава квадратура школских зграда. Код равних кровова се накнадне адаптације односе на доградњу новог простора, где је истовремено извршена и реконструкција равних кровова које, услед старости и појаве цурења, треба санирати.

With respect to the roof form, by far the most common type is the pitched roof, accounting for as much as 85% of the school buildings (Figure 2.7). The pitched roof was predominant in all the construction periods, while the flat roof design was a rare exception imposed by the architectural styles characteristic of certain periods, primarily the nineteen-seventies and -eighties. The interventions on the original roof were very common. In pitched roofs, the attic was usually converted to a usable space, which at the same time increased the floor area of the school building. In flat roofs, the subsequent adaptations were vertical extensions to gain more space and at the same time to reconstruct the flat roof in need for rehabilitation, probably due to age and leakage.

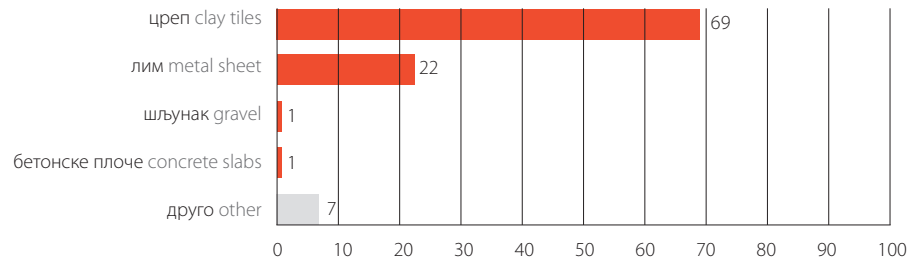
Графикон 2.7. Заступљеност школских зграда према типу крова [%]

Figure 2.7. Distribution of school buildings by roof type [%]



Графикон 2.8. Заступљеност различитих кровних покривача на школским зградама [%]

Figure 2.8. Distribution of roofing materials [%]

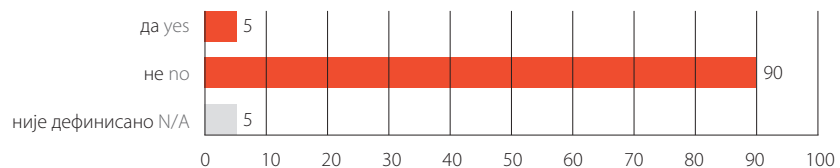


Заступљеност различитих кровних покривача приказана је на Графикону 2.8. Може се констатовати да далеко највећи број зграда има цреп као кровни покривач, док је други по заступљености лим. Ово у потпуности одговара ранијој констатацији да је највећи број школа грађен са косим кровом. Наравно, школе из ранијих периода покриване су црепом, док се нешто касније користио лим. Мали број школа, изведених са равним кровом, покриван је шљуном или бетонским плочама. На основу процентуалне заступљености, тавански простор се у највећем броју случајева (90%) не користи. (Графикон 2.9.) Само у изузетним случајевима поткровље је пројектовано као користан школски простор или је накнадно адаптирано. Као што је поменуто, адаптација таванских простора и доградња етажа код школа са равним кровом је вид накнадне интервенције, али будући да се истраживање базира на оригиналном пројектованом стању, ове доградње нису узимане у обзир.

The distribution of the types of roof cladding is shown in Figure 2.8. It can be noted that most buildings were clad in clay tiles, followed by metal roofing sheets. This fully supports the earlier finding that most schools were built with a pitched roof. Obviously, the schools built in the earlier periods were clad in clay tile, while metal roofing appeared later. Gravel or concrete slabs were used in the few schools with flat roofs. Based on the percentage distribution, most of the attic space (90%) was not utilized (Figure 2.9). Very rarely, the attic was designed as a purposeful school facility, or was subsequently adapted. As mentioned above, the adaptations of attic spaces and the vertical extensions on flat roofs occurred as types of subsequent interventions so that such additions were not considered in the present research, as it was based on the original designs.

Графикон 2.9. Заступљеност коришћења таванског простора [%]

Figure 2.9. Distribution of the use of the attic space [%]

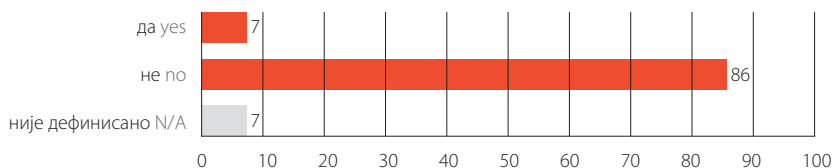


Такође, таваница испод негрејаног тавана, у највећој мери, није изолована. (Графикон 2.10.)

Moreover, most floor constructions to the unheated attic were not insulated (Figure 2.10.).

Графикон 2.10. Постојање термоизолације у склопу таванице ка негрејаном тавану [%]

Figure 2.10. Existence of thermal insulation in the floor construction to the unheated attic [%]



Коришћење подрумских простора

Већ је наглашено да више од половине анализираних школа нема подрум. У случајевима када школска зграда има подрум, слично третману таванског простора, користи се као помоћни простор који се не греје, а таваница ка подруму у свом склопу нема слој термичке заштите што је илустровано на Графикону 2.11.

Само 1% школа има уграђену термоизолацију у склопу међусpratне конструкције ка негрејаном подруму. Претпоставља се да су то углавном школе пројектоване у скоријем периоду, од увођења првих прописа о термичкој заштити зграда који су обавезивали на прорачун термичких карактеристика свих елемената термичког омотача зграде. У неким случајевима, каснијом адаптацијом, нарочито после прикључења зграда на даљинске системе грејања, подрумске просторије раније коришћене као оставе за огрев и ложионице пренамењене су у корисне радне просторе (трпезарије, библиотеке).

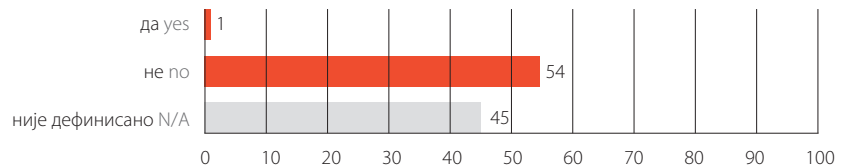
Basement use

As it was mentioned above, more than half of the school buildings in the present study did not have a basement. In cases where there was a basement, it was treated similarly to the attic area, as an unheated auxiliary space with a floor above the basement without thermal insulation in the construction (Figure 2.11).

Only 1% of schools had thermal insulation installed as part of the floor construction to the unheated basement. It can be assumed that these are mainly schools designed in the recent period, since the introduction of the first regulations on thermal protection of buildings that obligated the calculation of thermal properties of all elements of the thermal envelope. In some cases, especially after the buildings were connected to the district heating systems, the basement areas previously used for boiler rooms or fuel storage were converted into useful workspaces, such as dining rooms or libraries.

Графикон 2.11. Постојање термоизолације у склопу таванице ка негрејаном подруму [%]

Figure 2.11. Existence of thermal insulation in the floor construction to the unheated basement [%]



Заступљеност прозора на фасади

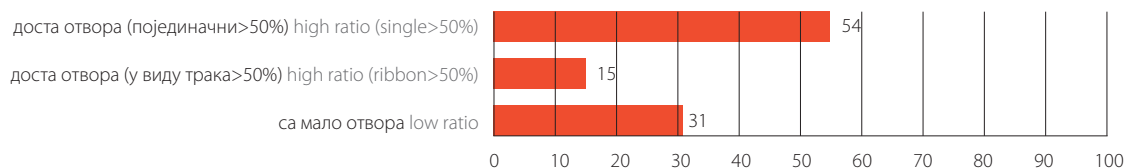
Анализа заступљености прозора на фасади је урађена према архитектонским карактеристикама зграда, то јест према начину третмана прозора у различитим историјским периодима. Може се рећи да су у ранијим периодима прозори третирани појединачно, и у односу на површину учионице као мањи отвори, са већим бројем подеоних пречки, узрокујући често и недовољан осветљај у простору. Са напретком индустрије и појавом квалитетнијих прозора и могућношћу уградње већих стаклених површина, као и увођењем прописа са дефинисаним нивоима осветљаја и висине парапета у учионицама, и прозорски отвори су постали већи обезбеђујући у учионицама не само квалитетан осветљај неопходан за квалитетно праћење наставе већ и бољи визуелни контакт са спољном средином. Школа са великим процентом отвора на фасади у анализираном узорку има око 70%, што је приказано на Графикону 2.12. Код мањег броја ових школа прозори су спојени у виду прозорских трака, што се такође може тумачити као поштовање стилских одлика архитектуре одређеног периода.

Window-to-wall ratio

The facade window-to-wall ratio was analyzed with regard to the architectural characteristics of the buildings, i.e. how this feature was treated in different historical periods. It can be said that in the earlier periods windows were treated as single openings, small in relation to the classroom floor area, with a multitude of muntins, which frequently provided insufficient lighting of the space. With the advancement in window manufacturing that enabled the installation of large glass surfaces, as well as the introduction of regulations that defined the illumination levels and parapet heights in the classrooms, the window openings became larger, providing not only good lighting conditions necessary for classwork, but also better visual contact with the outside environment. In the analyzed sample, approximately 70% of schools had a high window-to-wall ratio, as shown in Figure 2.12. In a few of these schools, the windows were organized in ribbons, which can be interpreted as respecting the stylistic features of the architecture of a particular period.

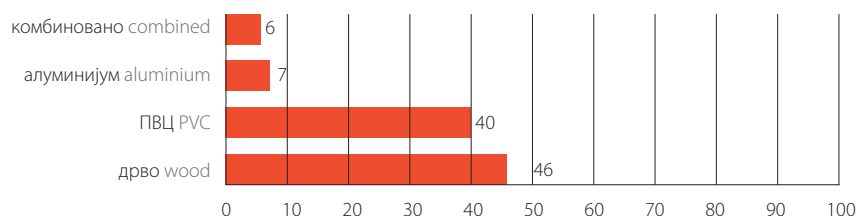
Графикон 2.12. Заступљеност прозора на фасади [%]

Figure 2.12. Facade window-to-wall ratio [%]



Графикон 2.13. Заступљеност врста прозора према материјалу прозорског оквира [%]

Figure 2.13. Distribution of window types by frame materials [%]



До појаве PVC прозора најзаступљенији су били дрвени прозори, у почетку једноструки, а касније двоструки са широком или уском кутијом или тип прозора „крило на крило“. Истовремено, споредни или холски простори могли су бити застакљени и металним прозорима, то јест преградама, тзв. црном браваријом. Данас, скоро 90% школа има прозоре са дрвеним, односно PVC рамовима, док је примена алуминијумских прозора ретка што приказује Графикон 2.13.

Треба истаћи да је у процесу санације школских зграда прва мера обнове управо била замена дотрајалих дрвених прозора и црне браварије PVC прозорима са изолационим стаклима, чиме се постизало и побољшање енергетске ефикасности обновљених зграда. Иако је примена ове мера обнове у великом броју случајева довела до побољшања енергетског разреда за једну класу како је нашим прописима о термичкој заштити објеката условљено¹⁰, PVC прозо-

Before the emergence of PVC units, wood was the most common material for windows. At first, these were single- and later double-framed units in a wide or a narrow box, or had connected double frames. At the same time, the auxiliary spaces or hall areas could have cast iron windows or muntins installed. As soon as PVC windows appeared, they gained wide popularity so that almost 90% of schools in the present study had wooden or PVC frames, while the use of aluminum windows was rare (Figure 2.13).

It should be noted that the first measure in the process of renovation of school buildings was the replacement of deteriorated wooden and cast iron windows with PVC insulating glass units, which also helped to improve the energy efficiency of the renovated buildings. Although in many cases this renovation measure led to an improvement of one energy class according to our regulations on thermal protection of buildings,¹⁰ the PVC

¹⁰ Правилник о условима, садржини и начину издавања сертификата о енергетским својствима зграда (Сл. гласник РС, бр.69/2012)

¹⁰ The Rulebook on the conditions, content and manner of issuance of certificates of energy performance of buildings (*Official Gazette of the RS*, No. 69/12)

ри уграђивани при реконструкцији најчешће нису одговарали данашњим захтевима регулативе¹¹, иако примењени стаклопакети јесу двоструки изолациони, али прозорски рам није задовољавајућих карактеристика. Зато се, као једна од мера унапређења школских зграда, примењује и мера која дефинише само замену прозора, али са карактеристикама према захтевним савременим прописима. Треба истаћи да у случајевима где су прозори замењени, мера поновне замене може довести до жељеног побољшања само ако су прозори изузетно квалитетни и уграђени тако да се постигне добра заптивеност.

Застори

Упркос постојању великих прозорских површина јужне оријентације, највећи број школских зграда у Србији није опремљен засторима (чак 63 %) док само 1% школа има спољашње засторе, што је јасно видљиво на Графикону 2.14.

Ова чињеница указује на лоше услове топлотног и светлосног комфора у школама. Мада школе не раде током јула и августа, директно Сунчево зрачење, чак и током зимских месеци, може довести до прегревања које се најчешће решава отварањем прозора па се непотребно губи топлота. Директно Сунчево зрачење, код прозора без унутрашњих и спољашњих застора, било да су покретни или у форми стреха и брисолеја, сигурно доводи и до појаве бљеска који омета квалитетно праћење наставе и један је од битних фактора светлосног комфора (Станковић, Костић, Јовановић Поповић, 2014).

¹¹ За прозоре у постојећим зградама које се обнављају коефицијент пролаза топлоте прозора износи најмање $U=1,4 \text{ W/m}^2\text{K}$, према Правилнику о енергетској ефикасности зграда (Сл. гласник РС, бр. 61/2011)

windows installed often did not comply with the current requirements.¹¹ The characteristics of the window frames were found to be unsatisfactory even though double-glazed glass units were applied. For this reason, as one of the measures for the improvement of school buildings, there is a suggestion that defines only the replacement of windows, the performance of which will be in accordance with the contemporary regulations. It should be noted that in schools in which windows have already been replaced, the replacement measure can lead to the desired improvement only if the windows are of high quality and installed so that solid water- and air-sealing is ensured.

Blinds

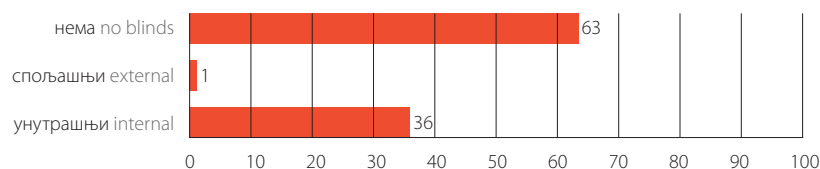
Despite the fact that there were large south-oriented window surfaces, most school buildings in Serbia were not equipped with blinds (as much as 63%), while only 1% of schools had external blinds (Figure 2.14).

This indicates poor thermal and lighting comfort in schools. Although schools do not work during July and August, direct sunlight can lead to overheating even during the winter months; this is most often solved by opening the windows, which causes unnecessary heat losses. Without a shade, either internal or external, movable or fixed as in awnings or brise soleil, direct sunlight will invariably cause a reflection that interferes with classwork, and is an important factor of light comfort (Stanković, Jovanović Popović, 2014).

¹¹ For windows in existing buildings to undergo renovation, the heat transfer coefficient for windows is at least $U=1.4 \text{ W/m}^2\text{K}$, according to the Rulebook on Energy Efficiency of Buildings (*Official Gazette of the RS*, No.61/2011)

Графикон 2.14. Заступљеност и врсте застора на прозорима школских зграда [%]

Figure 2.14. Distribution and types of blinds in schools [%]



Примењени материјали фасадног зида

Традиционално најчешће коришћени материјали за зидање зграда у Србији су опека (прво пуна а потом и ошупљена) а затим у новијем периоду опекарски блок. Ова два материјала су заступљена у фасадним зидовима школских зграда чак у 85% случајева, што је илустровано на Графикону 2.15. кроз процентуалну заступљеност различитих грађевинских материјала. Заступљеност бетонских зидова је изузетно мала, тако да се примена бетона среће најчешће само као саставни део конструктивног система. Мада се у периоду пре Другог светског рата а нарочито пре Великог рата ћерпић или набој користио као конструктивни материјал у појединим регионима Србије, а у другима дрво, њихова заступљеност у посматраном узорку је тако мала да се може у потпуности занемарити. То је у складу са претходним закључцима о губљењу регионалних карактеристика градње након Другог светског рата (Јовановић Поповић, Станковић, Пајкић, 2014). Ипак, школским зградама саграђеним од ових материјала треба посветити посебну пажњу, па и у случају да престане њихово коришћење као школског простора. Треба их сачувати, обновити и заштитити као део наше историјске баштине, а питање њихове енергетске санације захтева посебну пажњу у склопу свеобухватне проблематике обнове и заштите, слично питању обнове стамбеног фонда који датира из истог периода (Ђукановић, Радивојевић, Рајчић, 2016).

Facade wall materials

Traditionally, the most commonly used building material in Serbia is brick (solid in earlier periods and hollow afterwards), followed by hollow clay block in recent times. These two materials accounted for as much as 85% of the facade walls of school buildings, as illustrated in Figure 2.15, which shows the percentage distribution of different construction materials used in school buildings. The share of concrete walls is low, whereas concrete was most often used only as an integral part of the construction system. Although adobe and rammed earth were used as structural materials in some regions of Serbia while timber was used in others in the period prior to the Second World War and especially before the Great War, their representation in the observed sample was so small that it could be completely ignored. This is in line with the previous observations on the disappearance of regional characteristics in construction after the Second World War (Jovanović Popović, Stanković, Pajkić, 2014). However, the school buildings built of these materials should be given special attention, even if their original use was discontinued. They should be preserved, restored and protected as part of our heritage, while the issues of their energy rehabilitation require special attention as part of a comprehensive program of reconstruction and protection, similarly to the issues of the renewal of the housing stock that dates from the same period (Đukanović, Radivojević, Rajčić, 2016).

Графикон 2.15. Заступљеност примењених материјала фасадних зидова школских зграда [%]

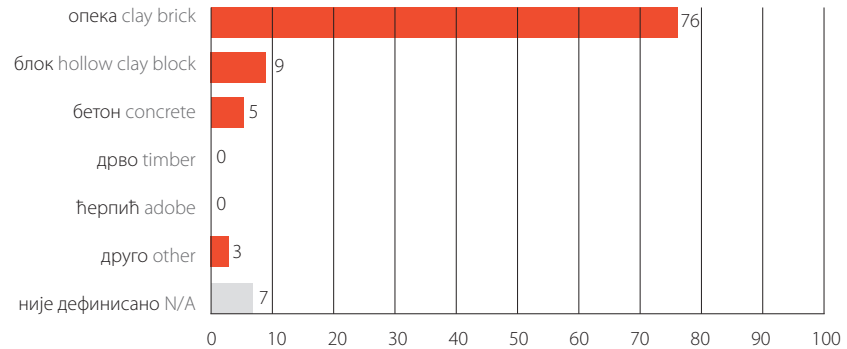


Figure 2.15. Distribution of the materials used for the facade wall [%]

Термоизолација фасадног зида

Најзначајнији прописи о термичкој заштити зграда, који су обухватили све типове зграда па и школе, објављени су 1980. године¹². Ако се упореди број изграђених школских зграда у периоду после 1980. године до данас са процентом зграда које имају термоизоловану фасаду, може се констатовати да је управо тај фонд зграда (у оба случаја 14%, Графикон 2.16) пројектован са слојем термоизолације у склопу фасадног зида, док су старије зграде изграђене без термоизолације. Дебљина примењене термоизолације је у највећем броју случајева, што је одговарало тадашњој пракси, била до 5 cm (у чак 61% случајева, Графикон 2.17). Дебљи слојеви термоизолације примењују се у каснијим периодима, нарочито по ступању на снагу савремених прописа¹³ па је њихова заступљеност у испитиваном узорку мала: само 3% школских зграда у склопу фасадног зида има термоизолацију дебљине 15 cm. (Графикон 2.17)

¹² ЈУС УЈ5.600

¹³ Правилник о енергетској ефикасности зграда (Сл. гласник РС, бр. 61/2011)

Thermal insulation of the facade wall

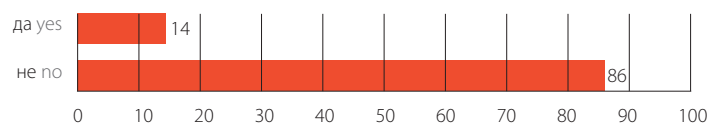
The most important regulations on thermal protection of buildings, which also included schools among all other types of buildings, were published in 1980.¹² In the current study, if the number of school buildings built after 1980 is observed relative to the percentage of those with facade thermal insulation, it can be noted that the given building stock (in both cases 14%, Figure 2.16) was designed with a layer of thermal insulation in the facade wall, unlike the schools built earlier. In most cases, the thickness of the applied thermal insulation was up to 5 cm (as much as 61%, Figure 2.17), which was the practice at the time. As thicker layers of thermal insulation came into use only later, especially after the current regulations were introduced,¹³ their representation in the tested sample is small: only 3% of the school buildings had 15 cm thermal insulation in the facade wall construction (Figure 2.17).

¹² ЈУС УЈ5.600

¹³ The Rulebook on Energy Efficiency of Buildings (Official Gazette of the RS, No.61/2011)

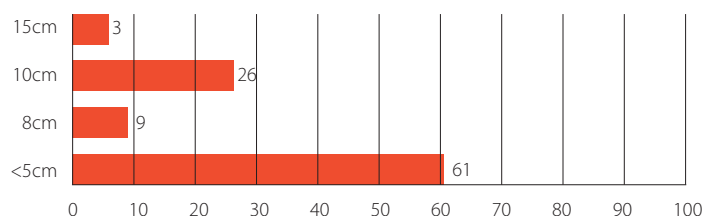
Графикон 2.16. Постојање термоизолације у склопу фасадних зидова школских зграда [%]

Figure 2.16. Existence of thermal insulation in the facade construction [%]



Графикон 2.17. Заступљеност различитих дебљина примењене термоизолације фасадног зида [%]

Figure 2.17. Distribution of different facade thermal insulation thickness [%]



Преовлађујући тип фасаде

Према третману фасаде школске зграде имају доминантно традиционалну обраду: код 85% зграда завршна обрада фасада је у малтеру што показује Графикон 2.18. То је у складу са претходним закључцима о заступљености традиционалних грађевинских материјала попут опеке и опекарских блокова. Оваква обрада фасаде, уколико малтер није девастиран, са аспекта енергетске обнове омогућава лако постављање новог термоизолационог слоја. У 10% случајева среће се и фасадна опека као завршни слој, док су остали типови обраде фасада заступљени у занемарљивом броју. Облагање целокупних фасада или делова фасада материјализованих у фасадној опеци, уколико се при обнови примењује исправан приступ и задржава архитектонски израз, изискује више напора. Преко постављене термоизолације неопходно је поставити додатни завршни слој који својим изгледом подсећа на опеку (опекарске плочице или фасадни панели са завршним слојем који имитира опеку).

Predominant facade types

The facade treatment in school buildings is predominantly traditional: plaster was used in 85% of the buildings as the facade finishing (Figure 2.18). This is in line with the earlier observations on the high representation of traditional building materials such as brick and hollow clay block. From the aspect of energy renovation, such facade finishing enables easier installation of a new thermal insulation layer unless plaster has deteriorated significantly. On the other hand, facade brick was used as a finishing layer in 10% of the schools, while other types of facade finishes contributed to only a negligible percentage. The intervention on the entire facade or its parts clad in facade brick will require more effort if the correct approach is applied to the renovation and if the architectural expression is to be retained. It is also necessary to cover the installed thermal insulation with an additional finishing layer that will resemble brickwork (brick tiles or faux brick facade panels).

Графикон 2.18. Заступљеност различитих типова материјализације завршне обраде фасаде [%]

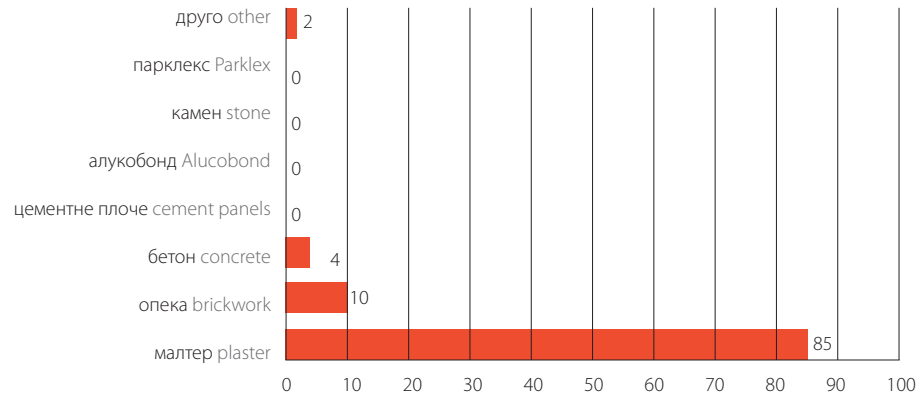


Figure 2.18. Distribution of different facade finishing materials [%]

Стање исправности зграде

Када је у питању процена стања исправности зграде, на постављено питање да ли је на згради потребно извршити неке интервенције, понуђено је пет могућих одговора у складу са стањем исправности које се најчешће среће у пракси. То су следеће могућности:

1. исправна
2. потребна поправка или делимична замена
3. потребна реконструкција, адаптација или замена елемената термичког омотача
4. дотрајала
5. недовршена

На највећем броју школских зграда, укупно 65%, потребно је извршити интервенцију. На постављено питање о врсти интервенције најчешће је одговорано да је потребно поправити фасаду, кров или заменити прозоре. Ипак, 23% школа су у добром стању, док, нажалост, треба констатовати да се 13% школа у Србији сматра дотрајалим. Стање исправности школских зграда у Србији је приказано на Графикону 2.19.

Condition assessment of the building

In order to assess the condition of the building, it was necessary to establish whether any improvements were required. Five potential measures were suggested that were in accordance with the conditions most often encountered in practice, as follows:

1. in good condition
2. in need of repair or partial replacement
3. in need of reconstruction, renovation, or replacement of elements of the thermal envelope
4. in disrepair
5. unfinished

Most school buildings, 65% overall, required some improvements. It was most frequently stated that the facade and the roof needed repair, and that the windows were in need of replacement. While 23% of schools were in good condition, it should be noted that, unfortunately, 13% of schools in Serbia were considered to be in disrepair. The condition assessment of the school buildings in Serbia is shown in Figure 2.19.

Графикон 2.19. Заступљеност различитих облика стања исправности школских зграда [%]

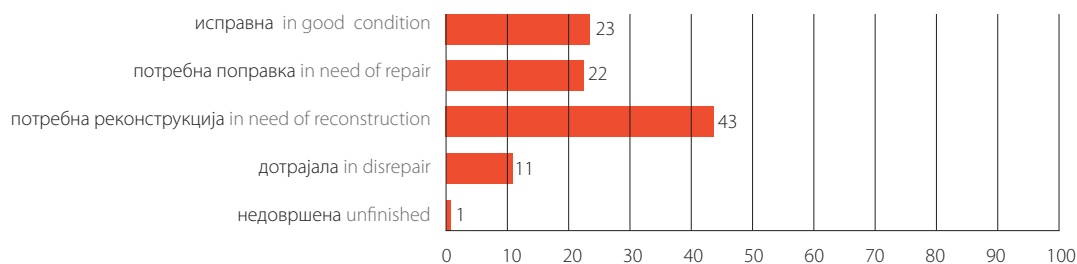


Figure 2.19. Distribution of measures for condition assessment of school buildings [%]

Какав је третман дела грађевинског фонда школских зграда које се сматрају дотрајалим? Да би се донео релевантан закључак потребна је и даља анализа. Превасходно треба утврдити у којим срединама се ове школе налазе и да ли, кроз будућу стратегију образовања у Србији, имају даљу перспективу рада или се услед демографске ситуације планира затварање. У том случају, евентуална обнова зграда треба да буде планирана у складу са новом наменом.

2.2. Термотехничке инсталације

У склопу упитника трећег нивоа, на сет питања о стању термотехничких инсталација у школама, најалост, на нека питања нису дати одговори, па је за поједине анализе коришћен нешто мањи узорак од укупног броја узорака анкетираних школских зграда (1.857). Разлог највероватније лежи у комплексности овог аспекта и у нивоу потребне техничке експертизе и доступности података.

Грејање, вентилација, климатизација

У већини школа постоји инсталација грејања у целој или највећем делу школске зграде, што је и очекивано и у складу са климатским карактеристикама Србије. (Графикон 2.20.)

There is the issue of how to treat the part of the school building stock that is considered to be in disrepair. In order to arrive at a relevant conclusion, further analysis is needed. It is vital first to identify the environments in which these schools are located and whether the future education strategy in Serbia will provide them with a reasonable prospect of further operation, or their closure is planned due to the demographic situation. In the latter case, the potential renovation of the buildings should be planned in accordance with the new purpose.

2.2 HVAC systems

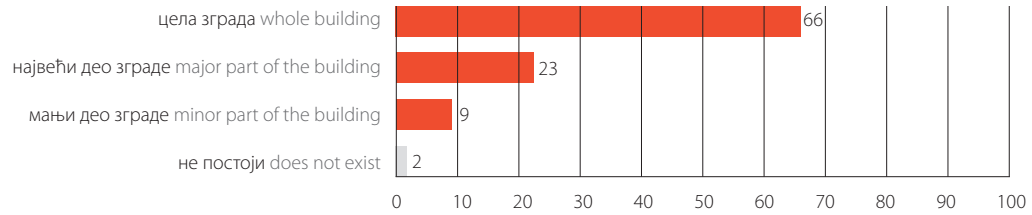
Within the third level of the questionnaire, there was a list of questions related to the current state of the HVAC systems in schools. Unfortunately, there were no responses to some of the questions, so that certain analyses had a slightly smaller number of elaborated surveys than the total number of the analysed school buildings (1,857). This was probably caused by the complexity of the task, the required technical expertise of the person responsible, and data availability.

Heating, ventilataion, air conditioning

Most schools had a heating system installed in the whole building or in the major part of the building. This was quite expected considering the climatic conditions of Serbia (Figure 2.20).

Графикон 2.20. Заступљеност покривености школских зграда грејањем [%]

Figure 2.20. Distribution of the heating system in school buildings [%]

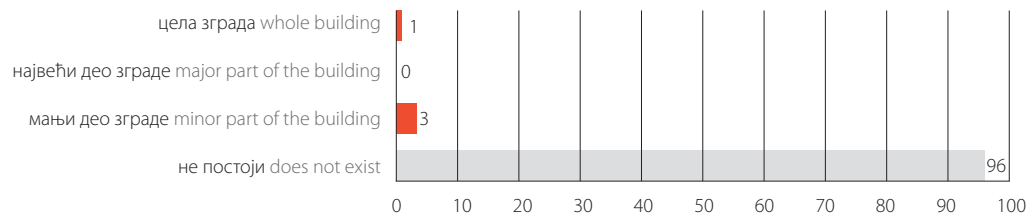


Највећи број школа, с обзиром на период изградње, пројектован је и изграђен без инсталација вентилације и климатизације. Иако током летњег и зимског распуста у школама нема ђака, велики број школа ради током целе године, било да се делови школске зграде издају у закуп или се у њој одвијају друге активности. Инсталације вентилације и климатизације постоје у малом броју и у функцији су само у мањем делу зграде. (Графикон 2.21. и Графикон 2.22.) Најчешће је реч о простору управе која ради дужи временски период, као и о појединим кабинетима са специјалним захтевима или просторима друге намене.

Considering the construction period, most schools were designed and built without any HVAC systems proposed. Also, school calendar schedule includes summer and winter vacations, when there are no students in the buildings. Nowadays, however, a significant number of schools are operative during the whole year, leasing parts of the building or running other activities. Ventilation and air conditioning systems were applied in a small number of schools, and usually installed only in the minor part of the building (Figures 2.21 and 2.22). It can be assumed that these were usually administrative offices with working periods longer than the teaching schedule, specialised classrooms, or areas for other purposes.

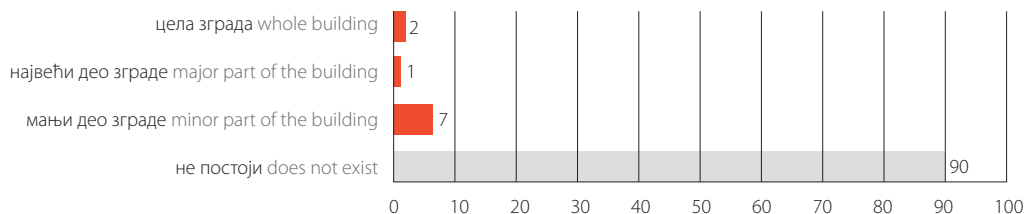
Графикон 2.21. Заступљеност покривености школских зграда вентилацијом [%]

Figure 2.21. Distribution of ventilation in school buildings [%]



Графикон 2.22. Заступљеност покривености школских зграда климатизацијом [%]

Figure 2.22. Distribution of air conditioning in school buildings [%]



Старост система грејања

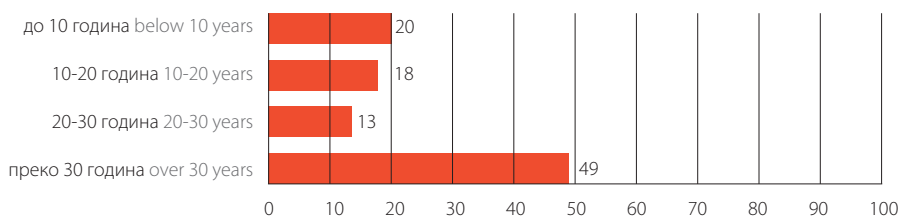
Age of HVAC systems

У већини школа преовлађују старе инсталације грејања које углавном раде с малим степеном искоришћења горива. Такође, у 30% школа одговорно лице не зна када је систем за грејање уграђен, то јест када је последњи пут реконструисан. Заступљеност система за грејање који су тренутно у употреби, према старости, може се јасно видети на Графикону 2.23.

The majority of schools had old heating systems, usually working with small efficiency. Also, in 30% of schools, the persons responsible for the HVAC system had no knowledge of when the heating system was installed or when it was last reconstructed. The percentage distribution by the age of the currently used heating systems can be seen in Figure 2.23.

Графикон 2.23. Старост система за грејање у школама [%]

Figure 2.23. The age of heating systems in schools [%]

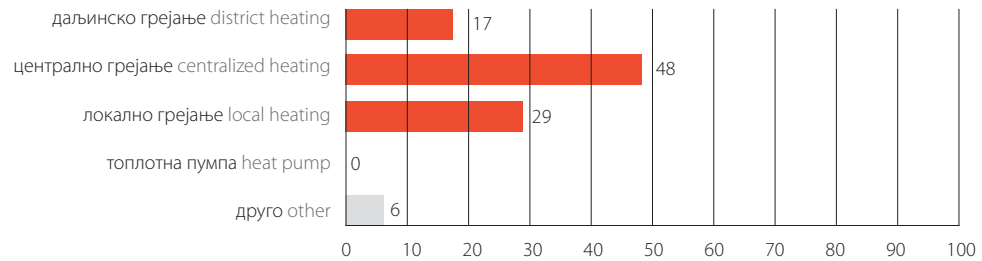


Када је систем грејања у питању, може се уочити да је најчешће у примени систем централног грејања са сопственом котларницом. У централизоване системе грејања могу се убројати и грејања из блоковских котларница, као и грејање преко централног система на нивоу институције. После система централног грејања, најзаступљенији су системи локалног и даљинског грејања. (Графикон 2.24.)

It is noticeable that the centralized heating system with the school's own boiler was the most commonly applied system. Other centralized systems used were the boilers for block of buildings and central heating for the entire institution of which the school was a part. Besides the centralized heating system, district and local heating accounted for the largest share (Figure 2.24).

Графикон 2.24. Заступљеност различитих система за грејање у школама [%]

Figure 2.24. Distribution of heating systems in schools [%]



Врсте горива

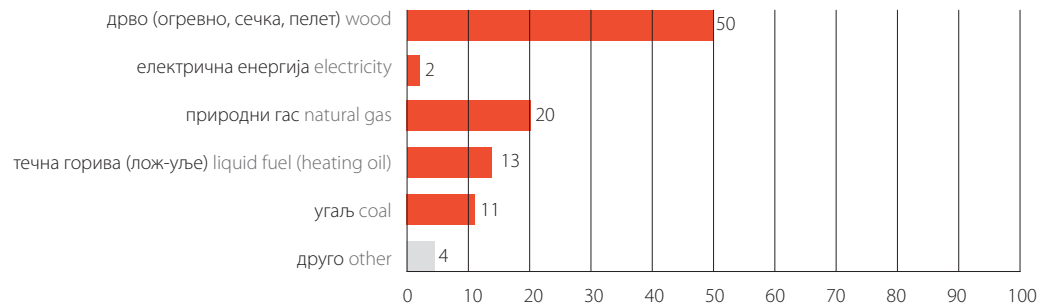
Горива и енергенти који се највише користе у школама приказани су на Графикону 2.25. Може се уочити да се као гориво највише користи дрво, у половини испитиваних школских зграда, а затим природни гас, док сви други енергенти покривају потребе приближно четвртине школа.

Fuel types

Fuel and energy sources that prevailed in school buildings are shown in Figure 2.25. It can be seen that the most used fuel was wood, with half of the surveyed school buildings; it was followed by natural gas, while all other energy sources combined were used in approximately one quarter of the analyzed schools.

Графикон 2.25. Заступљеност основног енергента за грејање школа [%]

Figure 2.25. Distribution of main energy sources for heating in schools [%]



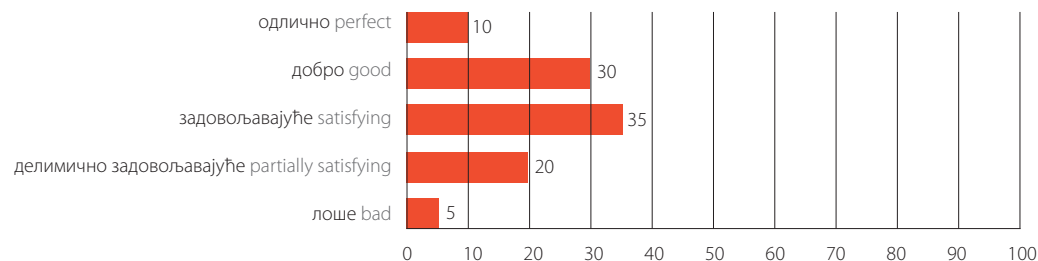
Анализирана је и корелација између основног горива и инсталираних система за грејање школских зграда. У системима централног грејања, који су најзаступљенији у школама, највише се користи дрво, природни гас и течна горива, док је у системима локалног грејања основни енергент огревно дрво.

The correlation between the energy source and the type of the heating system in schools was also analyzed. Central hydronic systems (the most common system in schools) were mostly fired with wood, natural gas and liquid fuels, while local heating stoves are usually wood-fired.

Квалитет грејања

На Графикаону 2.26. приказан је резултат који дају одговори корисника на питања о квалитету грејања у школским зградама. Охрабрује чињеница да највећи број корисника грејање оцењује као добро или задовољавајуће. Ипак, податак да 25% корисника није задовољно грејањем, индикативан је, и указује на неопходну реконструкцију првенствено оних школа у којима су неадекватни услови комфора, а затим и осталих које представљају неефикасне потрошаче топлотне енергије.

Графикон 2.26. Оцена квалитета грејања у школама [%]



Обрадом анкете о енергетским карактеристикама школа запажена је корелација између инсталисаног система за грејање и оцене корисника о квалитету грејања у њима. Најчешће је као одлично оцењено централно грејање (из сопствене котларнице или система даљинског грејања). Централно грејање у највећој мери задовољава захтеве корисника у погледу квалитета грејања (оцене: добро и задовољавајуће). Одлично је оцењено и грејање топлотним пумпама, али је узорак веома мали, на нивоу статистичке грешке (само пет школа). Најлошије је оцењено локално грејање школа.

Утврђена је и корелација између основног коришћеног енергента и оцене квалитета грејања корисника који су најзадовољнији када се за грејање користи природни гас као еколошки најприхватљивије гориво. Интересантно је да је дрво као енергент у

Quality of heating

The users' level of satisfaction with the existing heating systems is shown in Figure 2.26. It is encouraging that the majority of users qualified the level of heating as good or satisfying. However, the information that 25% of users were not satisfied with heating is indicative of the necessity for reconstruction, primarily in schools with inadequate thermal comfort and later in the schools that are inefficient energy consumers.

Figure 2.26. Evaluation of the quality of heating in schools [%]

The analysis of the HVAC systems in the survey revealed the correlation between the heating system type and the user's evaluation of the quality of heating. Most "perfect" ratings were given to the centralized heating system with the school's own boiler or connected to district heating. The other centralized heating systems were mostly successful in meeting the user's requirements ("good" and "satisfying" ratings). Although the heat pump systems were evaluated as perfect, the sample was very small, at the level of statistical error (only 5 schools). The worst rated was the local heating system.

The correlation between the main energy source and the evaluation of the heating quality was also determined. The users were most satisfied with the use of natural gas, as the most environmentally friendly fuel. Interestingly, wood as fuel was rated both very high and very low for heating quality. It is most likely that the users'

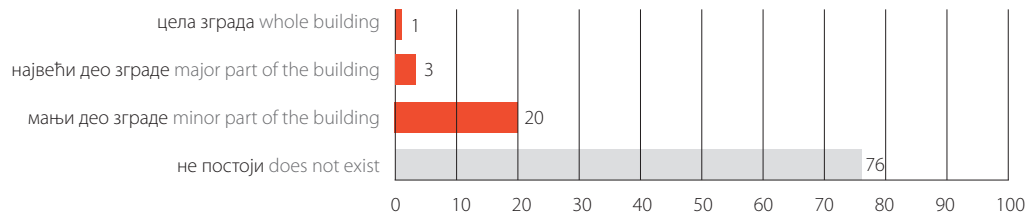
школама добило и врло високе оцене, али истовремено и најлошије. Највероватније је да прихватљивост дрвета као енергента највише зависи од примењеног система грејања (централно или локално).

Санитарна топла вода

Централна припрема санитарне топле воде (СТВ) није заступљена у школама у Србији (Графикон 2.27.)

Потрошна топла вода се углавном припрема локално у електричним бојлерима, док само мали број школа има и централну припрему санитарне топле воде; највероватније оне школе које имају свој котло или су на систему даљинског грејања. Претпоставка је да је велики број школа, нарочито из ранијег периода изградње, накнадно уградио бојлере, а да у старијим школама нису ни постојали. Треба напоменути да ово истраживање није обухватило спортске објекте, као ни физкултурне сале у склопу неких школа, тако да се ни припрема санитарне топле воде на њих не односи.

Графикон 2.27. Покривеност школа системима за припрему санитарне топле воде (СТВ) [%]



Највећи број школа греје воду помоћу бојлера који могу бити проточни и акумулациони. Док се акумулациони бојлери праве са мањом снагом од проточних, акумулисана топла вода се временом хлади чиме се губи енергија. Проточни бојлери греју воду када се она и користи, тако да су топлотни губици мањи, али се електроенергетски систем оптерећује већом снагом што су додатни губици електричне енергије у инсталацијама и напојној мрежи. У упитнику питање о типу уграђеног бојлера није постављено,

satisfaction with using wood strongly depended on the heating system type (centralized or local).

Domestic Hot Water

Domestic Hot Water (DHW) preparation is not widely used in schools in Serbia (Figure 2.27).

Consumable hot water is usually prepared locally, using electric heaters, while a small number of schools, probably those with their own boiler or those connected to the district heating system, have centralized DHW preparation. It is assumed that a large number of schools, especially those built in earlier periods, had boilers installed subsequently and that in older schools there had been no heaters originally. It should be mentioned that the present research did not cover sport facilities or gymnastic halls that belong to some school buildings, so that the DHW data also could not refer to these structures.

Figure 2.27. Distribution of Domestic Hot Water (DHW) preparation in schools [%]

Most schools heat sanitary water with water heaters that can be instantaneous (tankless) and accumulating. While accumulating boilers are made with less heating power than tankless, the accumulated hot water is cooled over time and that causes waste of energy. On the other hand, the tankless boilers heat the water when it is used, so the thermal losses are smaller, but the power system is loaded with greater installed power, which causes additional losses of electricity in the installations and the power supply network. In the questionnaire, the

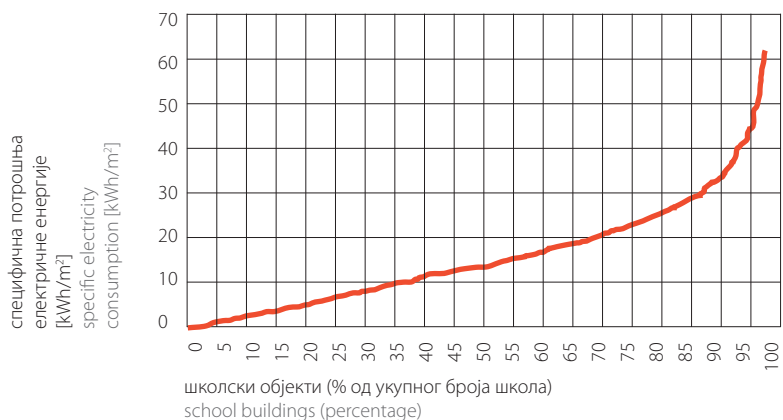
тако да није познато који тип и са коликом заступљеношћу се користи у школама.

2.3. Електроенергетске инсталације

Потрошња електричне енергије

Годишња потрошња електричне енергије, изражена у kWh по јединици површине школског објекта, представља основни податак о годишњим потребама школе за електричном енергијом која се најчешће користи за: осветљење, грејање, припрему санитарне топле воде и рад рачунара и других електричних уређаја. Анализом прикупљених података за 1.857 школа види се да је свега 65% школа дало информацију о годишњој потрошњи електричне енергије. На Графикону 2.28. је приказан хистограм годишње специфичне потрошње електричне енергије школа приказан у kWh/m². Опсег специфичне потрошње електричне енергије је прилично широк и креће се од свега 1 kWh/m² до око 62 kWh/m². На основу прикупљених података се закључује да једна трећина школа у Србији троши мање од 10 kWh/m² електричне енергије годишње. Свега око 10% школа у Србији троши више од 30 kWh/m². Просечна специфична потрошња електричне енергије у школама у Србији износи 16,36 kWh/m² годишње.

Графикон 2.28. Годишња потрошња електричне енергије [kWh/m²]



question about the type of built-in boiler (water heater) has not been included, so it is not known which type of water heaters are installed and how much energy is used for this purposes.

2.3. Electrical installations

Electric power consumption

The annual electric power consumption expressed in kWh per unit area of the school building represents the basic data on which to calculate the annual electricity requirements in school buildings. In schools, electric power is most often used for lighting, heating, preparation of domestic hot water, and the operation of computers and other electrical devices. The analysis of the data collected for 1,857 schools showed that only 65% of schools provided information on the annual power consumption. Figure 2.28 shows the histogram of the annual specific power consumption of the schools expressed in kWh/m². The range of specific power consumption was quite wide, from only 1 kWh/m² to approximately 62 kWh/m². Based on the collected data, it can be concluded that a third of schools in Serbia spend less than 10 kWh/m² of electric power annually, while only about 10% of schools in Serbia spend more than 30 kWh/m². The average specific electricity consumption in schools in Serbia is 16.36 kWh/m² per year.

Figure 2.28. Annual electricity consumption [kWh/m²]

Употреба клима-уређаја

Иако је систем климатизације део термоенергетских система, у школама у Србији се климатизација може посматрати и као део електроенергетских инсталација, будући да школе нису покривене централном климатизацијом већ се користе углавном клима-уређаји, најчешће сплит систем. Коришћење клима-уређаја у школама није широко распрострањено и према прикупљеним статистичким подацима климатизација не постоји у преко 90% школских зграда. (Графикон 2.22.)

Локална употреба клима-уређаја је најчешће заступљена у радним просторијама управе и појединим кабинетима, док су учионице ређе климатизоване.

Електрично осветљење

Електрично осветљење представља значајну категорију потрошње електричне енергије, нарочито у школама у којима се настава одржава у вечерњим сатима, те се због тога унапређење енергетске ефикасности у потрошњи електричне енергије најчешће везује за повећање ефикасности система осветљења. Основни типови осветљења обухватају: инкадесцентно осветљење (сијалице са ужареном нити) флуоресцентно осветљење, штедљиве сијалице (CFL) и LED осветљење. У школама је најраспрострањеније флуоресцентно, док је друго по заступљености инкадесцентно осветљење.

Аутоматска контрола осветљења врло је ретка у школама у Србији. На Графиконима 2.29, 2.30. и 2.31. приказана је процентуална заступљеност различитих типова осветљења, заступљеност аутоматске контроле осветљења, као и просечна дневна употреба вештачког осветљења у школама. У просечној школи у Србији осветљење се користи око шест сати дневно па је стога значајан потрошач електричне енергије.

Use of air conditioners

Although it is a part of the HVAC systems, air conditioning in schools in Serbia can also be included in electrical installations since the schools do not have central air conditioning but mainly use individual air conditioners, such as split systems. The collected statistical data suggest that there is no air conditioning in more than 90% of school buildings (Figure 2.22).

Air conditioners are most often used locally, in administration offices and particular specialized classrooms, while ordinary classrooms are seldom air-conditioned.

Electric lighting

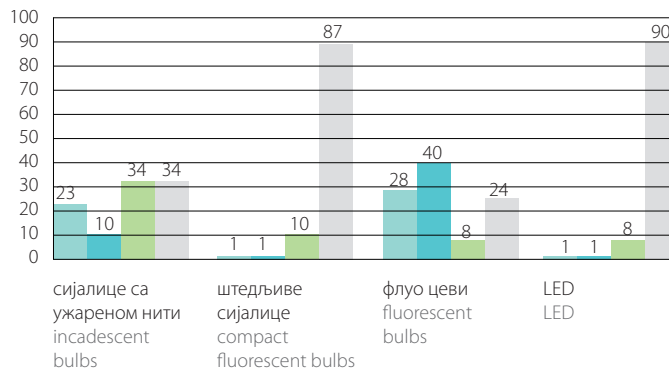
Electric lighting accounts for a significant share of power consumption, especially in the schools where classes are held in the evening hours. Therefore, the improvement of energy efficiency in power consumption is most often connected to an increase in the efficiency of the lighting system. The basic types of lighting include incandescent lighting (glowing light bulbs), fluorescent lighting, compact fluorescent lamps (CFL) and LED lighting. In Serbia, fluorescent lighting is most often used in schools, followed by incandescent illumination.

Automatic lighting control is very rare in schools in Serbia. Figures 2.29, 2.30, and 2.31, show the percentage distribution of different types of lighting in schools in Serbia, the distribution of automatic lighting control, and the average daily use of artificial lighting in schools, respectively. An average school in Serbia uses lighting approximately 6 hours a day, so that school power consumption is significant.

Графикон 2.29. Употреба различитих типова осветљења у школским зградама [%]

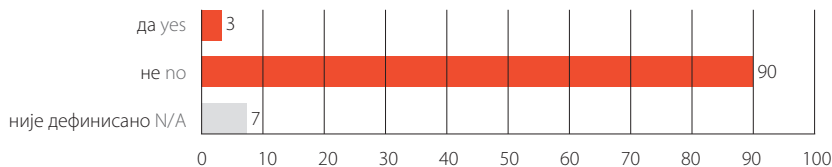
Figure 2.29. The usage of different types of lighting in schools [%]

- цела зграда
whole building
- највећи део зграде
major part of the building
- мањи део зграде
minor part of the building
- не постоји
does not exist



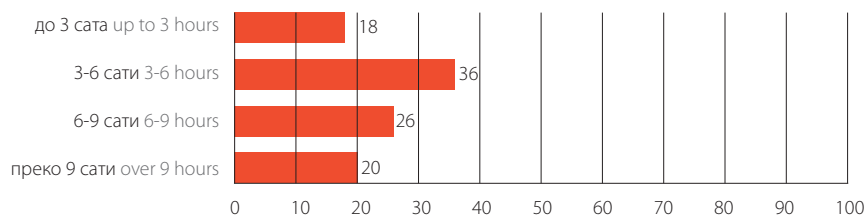
Графикон 2.30. Заступљеност аутоматске контроле вештачког осветљења у школским зградама [%]

Figure 2.30. Automatic control of artificial lighting in schools [%]



Графикон 2.31. Просечна дневна употреба вештачког осветљења у школским зградама [%]

Figure 2.31. The average daily use of artificial lighting in schools [%]



Употреба фотонапонских система

Фотонапонским системима се производи електрична енергија помоћу енергије соларног зрачења. На овај начин, поред смањења емисије угљен-диоксида, постиже се и ефекат локалне производње електричне енергије и смањује нето преузета електрична енергија из дистрибутивног система и смањују губици у дистрибутивној и преносној мрежи (Бабић, Ђуришић, Жарковић, 2015).

Позитиван ефекат изградње фотонапонских система на крововима зграда може бити нарочито добро искоришћен у комбинацији са управљањем потрошњом у објектима школа (Котур, Ђуришић, 2017) чиме би се смањила снага размене енергије школског објекта и електроенергетског система. Иако постоји велики потенцијал за изградњу фотонапонских система, на само неколико школа је инсталиран овај извор електричне енергије. На основу прикупљених података, свега седам школа у Србији поседује фотонапонски систем на крову. Треба истаћи, при том, да највећи број школа има коси кров, веома често јужне оријентације, што омогућава ефикасно коришћење фотонапонских система. Тема примене ових, као и осталих обновљивих извора енергије у школама завређује посебну пажњу и једна је од тема даљег рада овог истраживачког тима.

Use of photovoltaic systems

Photovoltaic systems locally generate electricity using solar energy. Such local power generation not only reduces CO₂ emissions but it also lowers the distributed net electricity and reduces losses in the distribution and transmission network (Babić, Đurišić, Žarković, 2015).

The positive effect of integrating photovoltaic systems on the roofs of buildings can be particularly well combined with the demand side management in school buildings (Kotur, Đurišić, 2017), which would reduce the power exchange between the school and the electric power system. Although there is great potential for the construction of photovoltaic systems on the roofs of schools in Serbia, only a few schools have had this power source installed. The collected data revealed that only 7 schools in Serbia had a photovoltaic system on the roof. It should be noted, however, that most schools have pitched, often south-oriented roofs, which facilitates the efficient use of photovoltaic systems. The application of these and other renewable energy sources in schools deserves special attention and it is one of the topics for further work of this research team.

3. ДЕФИНИСАЊЕ ТИПОЛОГИЈЕ ШКОЛСКИХ ЗГРАДА

Класификација школских зграда

Основна матрица за формирање типологије школских зграда је дефинисана након темељних анализа ауторског тима, пре свега, анализом развоја школских зграда у Србији кроз историју, од првих школа саграђених још у XI и XII веку¹⁴, а нарочито од XIX века до данас, као и прописа о пројектовању и грађењу школских зграда и прописа о термичкој заштити. Такође, на формирање типолошке матрице утицао је преглед кључних прекретница у развоју техничких и технолошких могућности изградње, развоја система, производа и материјала, а наравно и познавање развоја архитектонске мисли и стилова у пројектантској пракси код нас, као изузетно важног критеријума.

Основна матрица типологије школских зграда дефинисана је кроз четири временска периода:

- до 1945. године
- 1946-1970. године
- 1971-1990. године
- после 1991. године

И три типа по величини школе (брutto развијеној површини):

- мање од 500 m²
- од 500 до 2000 m²
- веће од 2000 m²

Треба истаћи да је за одређивање типова по величини зграде коришћена анализа добијених података са терена, као и анализа могућих организационих шема школских зграда чија је основна јединица учионица стандардних димензија. Уз потребне пратеће просторије, комуникације и холски простор, умножавањем до потребног броја учионица се формира школска зграда минималног и већег габарита.

¹⁴ Књига 1 *Зграде школских и предшколских установа – методолошки оквир формирања типологије и побољшања енергетске ефикасности*

3. DEFINING THE TYPOLOGY OF SCHOOL BUILDINGS

Classification of school buildings

In order to define the basic matrix for the formation of the typology of school buildings, it was important to consider several factors. Firstly, the author team analyzed the development of school buildings in Serbia through history, from the first schools built in the 11th and 12th centuries¹⁴ and specifically from the 19th century onwards. Next, they examined the regulations on the design and construction of school buildings and the regulations on thermal insulation. Thirdly, the advancements in construction technology and the development of systems, products, and materials were considered. Finally, expert knowledge of the progress of architectural thought and styles in the design practice particular to our country was used as a vital criterion in establishing the typology.

The basic matrix was defined by four time classes:

- before 1945
- 1946-1970
- 1971-1990
- after 1991

And three types by the school size (gross floor area):

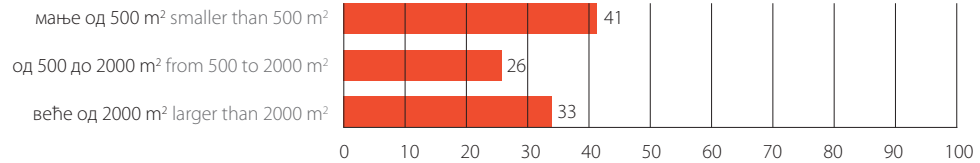
- smaller than 500 m²
- from 500 to 2000 m²
- larger than 2000 m²

It should be noted that for determination of the types according to the size of the building the field data analysis was used as well as analysis of possible organizational schemes in which the basic unit is the classroom of standard dimensions. By its multiplication and the addition of the communication and hall areas, school buildings of minimal and larger dimensions were formed.

¹⁴ Book 1 *School and Kindergarten Buildings – A methodological framework for the formation of typology and the improvement of energy efficiency*

На Графикону 3.1. дата је заступљеност укупног фонда школских зграда по бруто развијеној грађевинској површини.

Графикон 3.1. Заступљеност школа по бруто развијеној површини [%]



The distribution of the overall school building stock by the gross floor area is given in Figure 3.1.

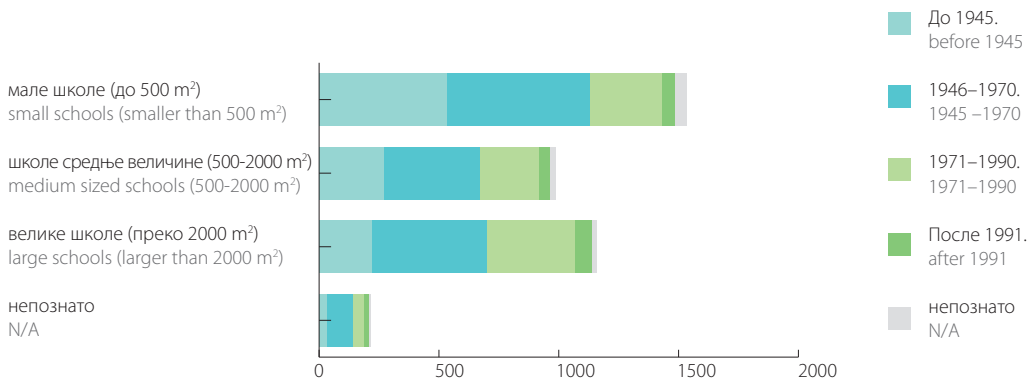
Figure 3. 1. Distribution of school buildings by gross floor area [%]

Према типу, статистички су најзаступљеније мале и велике школске зграде (Графикон 3.2.), што одговара друштвенополитичким околностима и развоју насеља на територији Србије. Развој градова, нарочито у периоду послератне обнове и усмерене стамбене изградње, често је био праћен изградњом већег броја блоковски организованих стамбених зграда. Укупан број становника нових делова градова је често превазилазио поједина мања места и био основни подстицај за изградњу великих школа. Такође, развој образовног система и ширење мреже школских установа доводи до изградње како централних (средње или велике) тако и већег броја подружних школа мањег капацитета и величине.

With regard to type, the statistical preponderance of small and large school buildings is obvious (Figure 3.2), which corresponds to the socio-political circumstances and the development of settlements on the territory of Serbia. Urban growth, especially during the period of post-war renewal and targeted housing construction, was often accompanied by the construction of a large number of residential buildings organized in housing developments. The fact that the overall population of these new parts of the city often outnumbered that of a small town acted as the main incentive for the construction of large schools. On the other hand, the development of the education system and the expansion of the network of schools led to the construction of both central schools (medium-sized or large) and affiliated schools of smaller capacity and size.

Графикон 3.2. Заступљеност малих, средњих и великих школа према периоду изградње [%]

Figure 3.2. Distribution of small, medium-sized and large schools by the period of construction [%]



Резултати кластер анализе

Као основ за формирање кластер анализе¹⁵, будући да није могуће користити све анализирание карактеристике школских зграда из упитника¹⁶, коришћене су само основне карактеристике које се односе на површину и волуметрију објеката, као и на материјализацију термичког омотача: бруто површина зграде, спратност зграде и компактност зграде, карактеристике крова, материјал фасадног зида, као и термоизолација у термичком омотачу. Анализом узорка статистичким методама, а према наведеним карактеристикама, формирана је матрица са описима моделских зграда које се најчешће срећу у задатим граничним условима. У случајевима где је анализа показала подједнаку вероватноћу појаве појединих карактеристика, нарочито различитог архитектонског израза који има директан утицај на термичке особине зграде, поред усвојеног типа школе, јављају се и под-типови школских зграда.

¹⁵ Објашњење кластер анализе дато је у Књизи 1 *Зграде школских и предшколских установа – методолошки оквир формирања типологије и побољшања енергетске ефикасности*

¹⁶ Књига 1 *Зграде школских и предшколских установа – методолошки оквир формирања типологије и побољшања енергетске ефикасности*

Results of the cluster analysis

The design of the cluster analysis¹⁵ could not possibly have employed all the examined features of school buildings from the questionnaire,¹⁶ so that only the basic characteristics were used that were related to the area and the volume of the building, and to the materialization of the thermal envelope: gross floor area, number of floors and compactness of layout, roof characteristics, facade wall materials, and thermal envelope insulation. The statistical analysis of the sample was used to form a matrix with the descriptions of model buildings that most often occur in the given boundary conditions. In cases where the analysis showed that there was an equal likelihood of occurrence of certain characteristics, especially the architectural expression directly impacting the thermal properties of the building, subtypes of school buildings were added to the adopted type.

¹⁵ The explanation of the cluster analysis is given in Book 1 *School and Kindergarten Buildings – A methodological framework for the formation of typology and the improvement of energy efficiency*

¹⁶ Book 1 *School and Kindergarten Buildings – A methodological framework for the formation of typology and the improvement of energy efficiency*

Табела 3.1. Описи моделских школских зграда

Table 3.1. Descriptions of the model school buildings

Период Period	Параметри анализе Analysis parameters	брuto развијена површина (БГП) gross floor area		
		мање од 500 m ² smaller than 500 m ²	од 500 до 2000 m ² from 500 to 2000 m ²	веће од 2000 m ² larger than 2000 m ²
			тип / подтип type / subtype	тип / подтип type / subtype
До 1945. Before 1945	БГП gross floor area	235 m ²	810m ² / 1310 m ²	2890 m ² / 3185 m ²
	спратност floors	П GF	П / П+1 GF / GF+1	П+1 / П+2 GF+1 / GF+2
	компактност compactness	компактна compact	компактна / дел. разуђена compact / partially complex	дел. разуђена / разуђена partially complex / complex
	тип крова roof type	кос кров pitched roof	кос кров pitched roof	кос кров pitched roof
	материјал фасадног зида facade	опека brick	опека brick	опека brick
1946–1970. 1946–1970	БГП gross floor area	145 m ²	1160 m ²	3010 m ²
	спратност floors	П GF	П+1 GF+1	П+2 GF+2
	компактност compactness	компактна compact	компактна compact	разуђена complex
	тип крова roof type	кос кров pitched roof	кос кров pitched roof	кос кров pitched roof
	материјал фасадног зида facade	опека brick	опека brick	опека brick
1971–1990. 1971–1990	БГП gross floor area	255 m ²	1610 m ²	2660 m ² / 5045 m ²
	спратност floors	П GF	П+1 GF+1	П+1 / П+2 GF+1 / GF+2
	компактност compactness	компактна compact	компактна или разуђена compact or complex	разуђена / дел. разуђена complex / partially complex
	тип крова roof type	кос кров pitched roof	кос кров pitched roof	кос кров pitched roof
	материјал фасадног зида facade	опека brick	опека brick	опека / бетон brick / concrete
После 1991. After 1991	БГП gross floor area	230 m ²	995 m ²	6200 m ²
	спратност floors	П GF	П+1 GF+1	П+2 GF+2
	компактност compactness	компактна или разуђена compact or complex	компактна compact	разуђена complex
	тип крова roof type	кос кров pitched roof	кос кров pitched roof	комбиновани кров combined roof
	материјал фасадног зида facade	блок clay block	блок или опека clay block or brick	блок или бетон clay block or concrete

Процентуална заступљеност за све типове и под-типове школских зграда добијена кластер анализом дата је у Табели 3.2.

Percentage distribution of all types and subtypes of school buildings generated by the cluster analysis is shown in Table 3.2.

Општа напомена:
У свим табелама бројеви су приказани у складу са правилима српског језика.

General remark:
In all tables numbers are presented according with serbian language rules.

Табела 3.2. Заступљеност типова школа по периодима изградње [%]

Table 3.2. Distribution of school types by the periods of construction [%]

Период Period	Мале школе (до 500 m ²) Small schools (smaller then 500 m ²)	Школе средње величине (500–2000 m ²) Medium sized schools (500-2000 m ²)	Велике школе (веће од 2000 m ²) Large schools (larger than 2000 m ²)
до 1945. before 1945	13,37	6,92	5,58
1946–1970. 1946–1970	15,30	10,33	12,39
1971–1990. 1971–1990	7,76	6,32	9,51
после 1991. after 1991	1,36	1,16	1,77
непознато N/A	1,23	0,62	0,49

Анализом података у Табели 3.2 је закључено да се поједини типови школских зграда јављају у изузетно малом броју у укупном грађевинском фонду школских зграда, тако да добијени описи моделских кућа нису релевантни за избор стварних представника. Испод 1,5% заступљености, што је усвојено као маргинална вредност, чине типови малих и средњих школа грађених после 1991. године. Дакле, у типологији ове зграде нису приказане нити узете у обзир приликом обрачуна потрошње енергије, уштеда енергије кроз процес енергетске рехабилитације и нивоа емисије CO₂ на нивоу читавог грађевинског фонда школских зграда.

Претраживањем графичке документације прикупљене током пописа, као и прегледом свих осталих доступних извора, пронађене су школске зграде које најближе одговарају добијеним описима моделских школских зграда те представљају стварне репрезенте моделских зграда. (Табела 3.3.)

The analysis of the data in Table 3.2 indicated that the number of certain types of buildings was so small that they accounted for a negligible proportion of the total school building stock. This meant that the obtained model descriptions for these buildings were not relevant for the selection of the real representatives. The distribution of the types of small and medium-sized schools built after 1991 was below the adopted marginal representative value of 1.5%, which was the reason for their exclusion from the final typology of school buildings and from the calculations of energy savings gained by rehabilitation or of reductions of CO₂ emissions.











By thorough examination of the graphic documentation collected in the inventory procedure and of all other available sources, the school buildings were identified that best corresponded to the descriptions of model school buildings, so that they became the real representatives of the model buildings (Table 3.3).

Посебан проблем представљала је чињеница да је велики број зграда доживео разноврсне измене у односу на оригинално стање: доградња, адаптација, замена дотрајалих кровних покривача, замена прозора, замена оригиналних система за грејање и увођење електричних бојлера; тако да постојеће стање често одступа од оригиналног, пројектованог стања. На основу прикупљене техничке документације све даље анализе, дефинисање могућих унапређења и прорачуни су рађени на основу пројектованог стања одабраних репрезентата, док су на сликама приказана затечена стања ових школа. Такође, приликом дефинисања могућих нивоа унапређења нису разматране карактеристике и специфичности само школске зграде која представља стварни репрезент типа, већ и проблематика обнове осталих школских зграда које припадају одређеном типу, тако да су спроведене анализе, као и предлози унапређења применљиви на целокупан грађевински фонд према дефинисаним типовима.

A special difficulty concerned the fact that a large number of buildings had undergone various interventions in comparison to the original condition, such as extensions, adaptations, replacements of deteriorated roofing covers, replacements of windows and original water boiler or heating system installations, so that the existing condition of the school buildings sometimes deviated from the original design. In such cases, the original design documentation was used for further analyses and calculations and for the definitions of potential improvements, while the graphic representations show the existing conditions. Furthermore, when defining the possible levels of improvement, not only the specific circumstances and characteristics of the real schools selected as type representatives but also all other schools belonging to the same type were taken into consideration, so that the given analysis and the proposals for improvements may have a wider application to the entire building stock, according to the types defined.

Табела 3.3. Типолошка матрица одабраних репрезентата

Table 3.3. Typological matrix of representative buildings

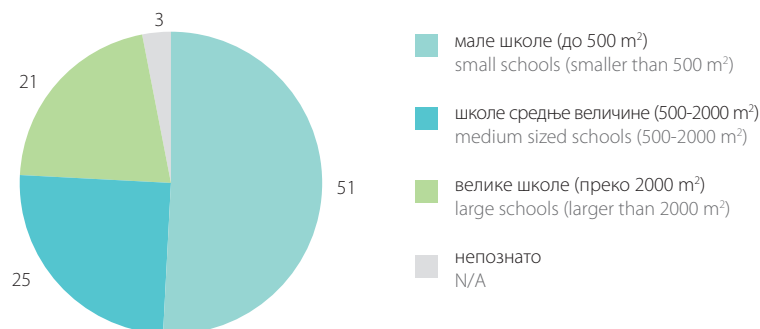
Период Period	Мале школе (до 500 m ²) Small schools (smaller than 500 m ²)	Школе средње величине (500-2000 m ²) Medium sized schools (500-2000 m ²)	Велике школе (веће од 2000 m ²) Large schools (larger than 2000 m ²)
до 1945. before 1945			
1946-1970. 1946-1970			
1971-1990. 1971-1990			
после 1991.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

4. АНАЛИЗА ПРИКУПЉЕНИХ ПОДАТАКА ПО ПЕРИОДИМА

Период до 1945. године

У периоду пре 1945. године доминантни тип школске зграде (више од 50%) јесте мања зграда површине до 500 м². Историјски посматрано, образовни процес је у развоју, а основни циљ јесте развој примарног образовања нације што ће утицати на изградњу сеоских и мањих варошких школа. У већим насељима и градовима се, такође, граде и школске зграде значајнијег габарита.

Графикон 4.А.1. Заступљеност броја школских зграда према величини у периоду пре 1945. године [%]



Према компактности школске зграде, у периоду пре 1945, очекивано, преовлађују компактне и делимично разуђене зграде будући да је доминантни тип школске зграде мала зграда најчешће формирана око мањег броја учионица организованих у једном тракту. Средње и веће школе се раде као делимично или потпуно разуђене, најчешће класичне композиције, са централним доминантним корпусом и додатним бочним „крилима“.

Доминантни тип школске зграде за период пре 1945. године јесте приземна зграда. Мале школске зграде су готово увек приземне, док су средње и велике школе, грађене у урбаним срединама, заступљене као спратне, то јест двоспратне, јер су, осим образовне, носиле и значајну симболичку функцију отелотворену кроз величину форме са изразитим стилским

4. DATA ANALYSIS ACROSS PERIODS

Period before 1945

Before 1945, the predominant type of school building (over 50%) was a small building with a floor area of up to 500m². Historically, the educational system was under development, and the main goal was development of the primary education of the nation, which resulted in a pronounced tendency to build rural and small town schools. Besides, school buildings of significant sizes were also built in larger settlements and cities of the period.

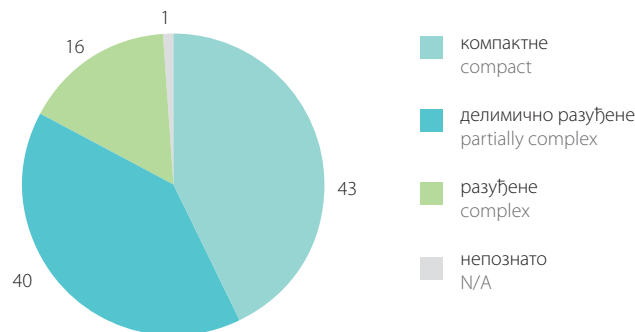
Figure 4.A.1. Distribution of school buildings in the period before 1945 by size [%]

With respect to the compactness of the floor plan, the school buildings from the period before 1945 showed prevalence in compact and partly complex layouts. This is not surprising, as the predominant type of the school building was a small building most commonly formed around a few classrooms organized in a single block. Medium-sized and large schools were partially or fully complex, usually of a classic layout with a dominant central block with side wings.

The prevalent school building type in the period before 1945 was the one-story building. Small schools usually had only the ground floor, while medium-sized and large schools built in urban areas had more, usually two, floors. Besides the educational function, these schools embodied a significant symbolic function through the size of the volume and the distinctive stylistic features in

обележјима у виду декоративне фасадне пластике. Велики број ових школских зграда постале су симболи места у којима су изграђене.

Графикон 4.A.2. Заступљеност броја школских зграда према компактности форме у периоду пре 1945. године [%]

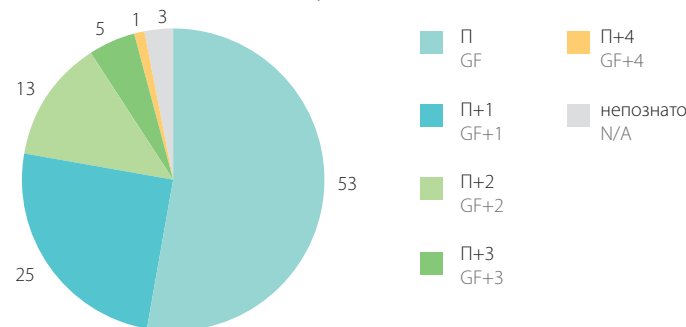


the form of decorative plasterwork. Many of these school buildings became the symbols of the places in which they were built.

Figure 4.A.2. Distribution of school buildings in the period before 1945 by compactness [%]

Подрумске просторије у овом периоду се граде углавном као помоћни простори (оставе, котларнице, радионице) који касније добијају другу намену, најчешће неодговарајућих просторних стандарда.

Графикон 4.A.3. Заступљеност броја школских зграда према спратности у периоду пре 1945. године [%]



In this period, basements were mostly used as auxiliary spaces (storerooms, utility rooms, workshops, etc.), which were later repurposed as spaces of usually inadequate standards.

Figure 4.A.3. Distribution of school buildings in the period before 1945 by the number of floors [%]

Тип крова зграда у периоду пре 1945. године је једнозначан и, готово увек, реализован као коси кров дрвене конструкције са различитим типовима кровних покривача, најчешће лимом и црепом. Тавански простор се, иницијално, не користи за боравак, мада је приметна његова активација, најчешће код градских школа, настала у каснијим периодима.

The roof type in the period before 1945 was uniform and usually realized as a pitched wooden construction mostly with tile or metal sheet cladding. The attic space was not originally used for school activities but its repurposing was noticeable in city schools in later periods.

Графикон 4.A.4. Заступљеност броја школских зграда према типу крова у периоду пре 1945. године [%]

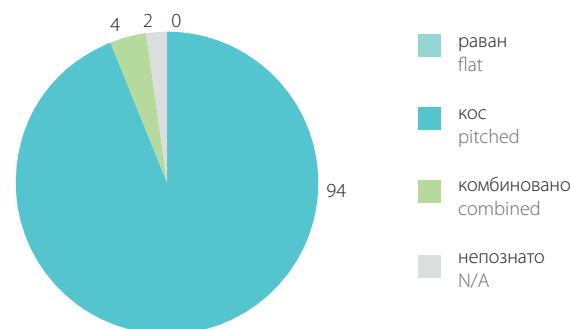


Figure 4.A.4. Distribution of school buildings in the period before 1945 by roof type [%]

Према типу конструктивног склопа, већина школа овог периода је грађена у масивном конструктивном склопу са носећим зидовима од пуне опеке, различитих формата, у зависности од регионалне распрострањености и старости зграда. Други типови материјализације се уочавају у оквиру реконструисаних или додатих сегмената зграде, то јест код мањих старијих сеоских школа.

With regard to the type of the construction system, most schools of this period were built in a massive construction system with load-bearing walls of full brick, the size of which depended on the regional availability and the year of construction. Other types of materialization occurred in the reconstructed or added segments of the building, that is, in small old rural schools.

Графикон 4.A.5. Заступљеност броја школских зграда према материјалу фасадног зида у периоду пре 1945. године [%]

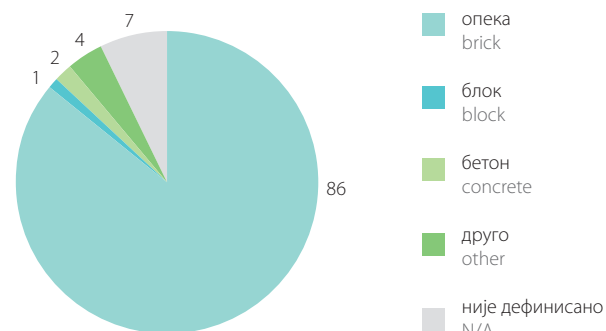


Figure 4.A.5. Distribution of school buildings in the period before 1945 by facade wall material [%]

Прозорски отвори школских зграда, овог периода, реализују се као индивидуални, најчешће дрвене конструкције, по типу једноструки или двоструки са раздвојеним крилима, застакљени једноструким стаклом. Величина прозорских отвора је, по правилу, у складу са положајем и величином зграда, тако да су у већим школама и већи прозорски отвори са

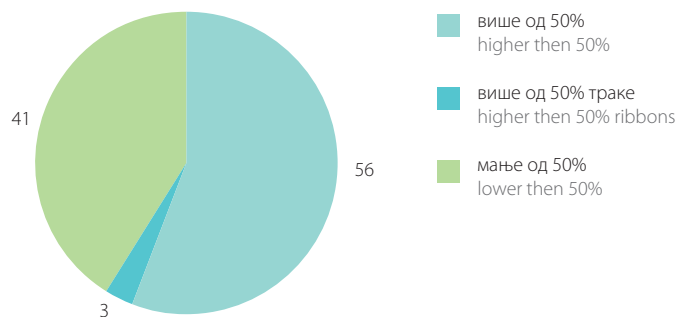
Windows in the school buildings of this period were realized as single openings, most often wooden single- or double-framed double sashes with single glazing. As a rule, the window size depended on the position and the size of the building, so that larger schools also had large openings with complex window constructions, whereas in smaller schools the size of the openings was usually

вишеделним прозорским конструкцијама; за разлику од мањих школа где су најчешће мањи отвори и, по правилу, двокрилни прозори. Код већине прозорских конструкција се јављају тзв. луфтери, то јест крила која се отварају око доње хоризонталне осе омогућавајући свеж ваздух.

Графикон 4.A.6. Заступљеност броја школских зграда према типу прозорских отвора у периоду пре 1945. године [%]

smaller with double-frame units. Most window constructions contained the tilt-in bottom-pivot sashes, which allowed easier airing.

Figure 4.A.6. Distribution of school buildings in the period before 1945 by window-to-wall ratio [%]



Континуирана употреба школских зграда, изграђених пре 1945, праћена лошим одржавањем, довела је до пропадања постојећих прозорских конструкција те је и приметан обим интервенција на позицији прозорских отвора. Најчешће се постојеће конструкције замењују PVC столаријом, понављајући геометријску логику постојећих прозора уз застакљење термоизолујућим стаклопакетом. Будући да велики број зграда овог периода има изразити културноисторијски значај, тематици адекватног третмана прозорских отвора и материјализације би требало посветити посебну пажњу како би се очувале аутоктоне архитектонске вредности, а истовремено обезбедили потребни услови комфора.

The continuous use and poor maintenance of the school buildings built in the period before 1945 resulted in the deterioration of the existing window structures, which in turn led to a noticeable scope of interventions on the window openings. Mostly, the original structures were replaced by PVC windows glazed with insulating glass that recreated the geometric logic of the original windows. Given that a large number of buildings of this period have a distinct cultural and historical significance, the issue of the adequate treatment of window openings and their materialization should be given special attention in order to preserve the original architectural values and at the same time provide the necessary comfort of use.

Графикон 4.A.7. Материјал прозора у периоду до 1945. године [%]

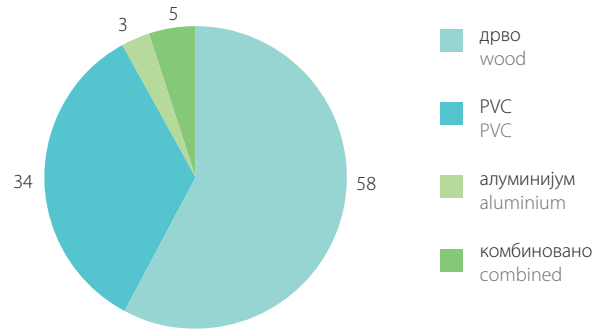


Figure 4.A.7. Window materials in the period before 1945 [%]

С обзиром на то да су оригиналне зграде грађене класичном техником градње без коришћења термоизолационих материјала, употреба термоизолације на школама из периода пре 1945. године је повезан са процесом обнове, доградње и реконструкције. Поједине међуспратне конструкције према таванским и подрумским просторима су реализоване као „каратаван“, уз употребу трске и земље са пиљевином, слојева који поседују приметне термоизолационе карактеристике.

The existing thermal insulation in the schools built before 1945 was mainly installed in the processes of renovation, upgrading and reconstruction because the original buildings were built in a classic construction technique without the use of thermal protection materials. Particular constructions, such as the floors to the attic and the basement areas, were realized as the “karatavan”, a type of earthen floor, in which the use of a mixture of straw and earth with sawdust created a layer that had significant thermal insulation characteristics.

Графикон 4.A.8. Термоизолација фасаде у периоду до 1945. године [%]

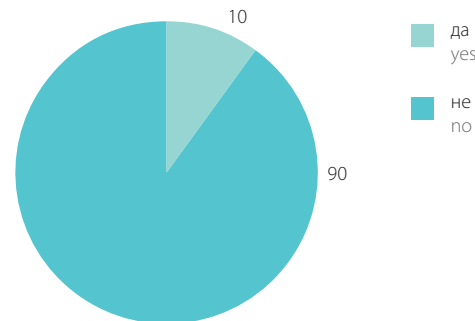


Figure 4.A.8. Thermal insulation of the facade in the period before 1945 [%]

Термотехничке инсталације

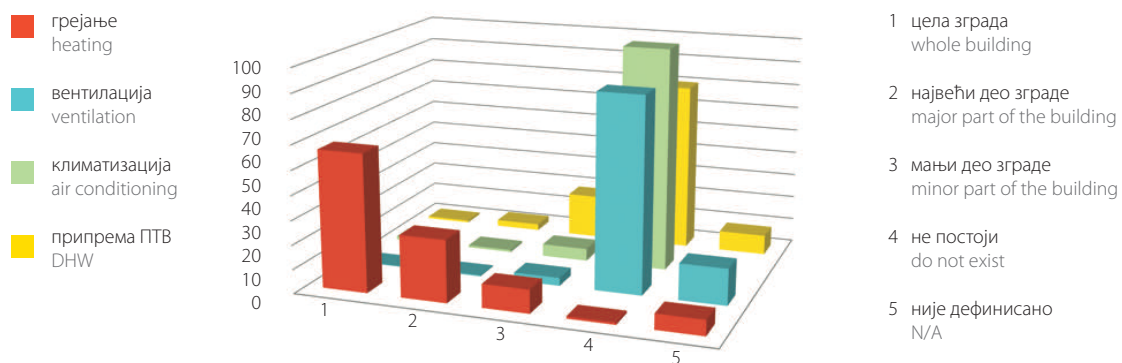
Опремљеност инсталацијама грејања, вентилације, климатизације и припреме потрошне топле воде за школске зграде, изграђене у периоду до 1945, веома је разноврсна а приказана на Графикону 4.A.M.1.

HVAC systems

Heating, ventilation, air conditioning and domestic hot water preparation systems in the schools built in the period before 1945 were quite diverse (Figure 4.A.M.1).

Већина школа (62%) је опремљена инсталацијама грејања које покривају целокупну површину зграде. С обзиром на чињеницу да највећи део лета школе не раде, инсталације вентилације и климатизације, по правилу, нису инсталисане, сем у мањем броју школа где се користе локално. Централна припрема санитарне топле воде (ПТВ) није карактеристична за школе у Србији, већ се, у највећој мери, користе електрични бојлери.

Графикон 4.A.M.1 Заступљеност термотехничких инсталација и припреме ПТВ у школским зградама изграђеним пре 1945. године

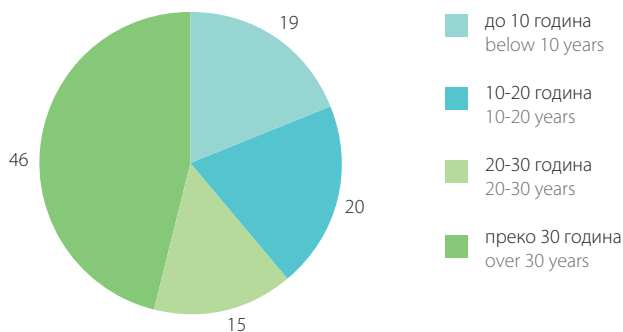


The majority of schools (62%) had heating systems that covered the whole area of the school building. Since schools do not operate during most of the summer, ventilation and air conditioning systems were generally not installed, except in a small number of school buildings with local AC systems. Centralized domestic hot water (DHW) preparation is not typical for schools in Serbia, so most schools have local electrical water heaters.

Figure 4.A.M.1 Distribution of HVAC and DHW systems in schools built before 1945

Школе грађене у овом периоду су, и поред напредних интервенција различитог обима, углавном опремљене старим инсталацијама које, по правилу, раде с малим степеном искоришћења горива.

Графикон 4.A.M.2 Старост система за грејање у школама у периоду до 1945. године [%]



Even after various interventions, the schools built in this period were usually equipped with old heating systems with low efficiency.

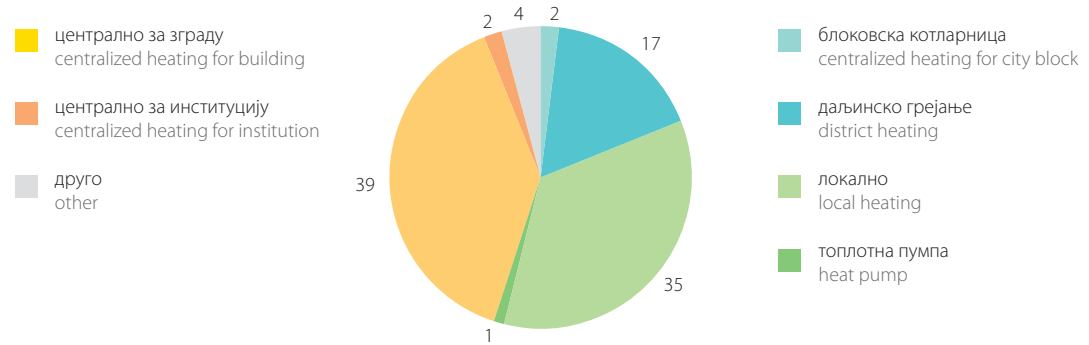
Figure 4.A.M.2 Age of heating systems in schools built before 1945 [%]

Најчешће коришћени систем грејања је централни са сопственом котларницом, а затим систем локалног грејања, док се као енергент највише користи дрво, а потом природни гас. У системима централног грејања преовлађује дрво и природни гас, док је у системима локалног грејања основни енергент дрво.

The most commonly applied systems were the centralized heating system with its own boiler and the local heating system. Most centralized heating systems used wood and natural gas as energy sources, while local heating was mostly wood-fired.

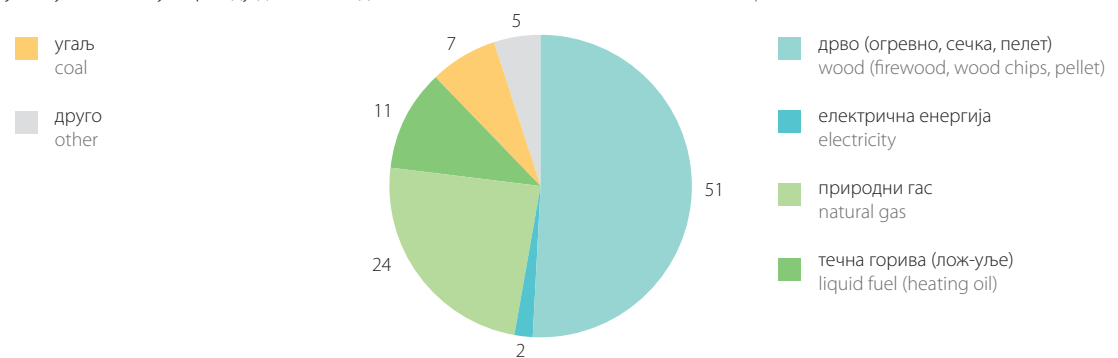
Графикон 4.A.M.3 Системи грејања у школама саграђеним у периоду до 1945. године [%]

Figure 4.A.M.3 Distribution of heating systems in schools built before 1945 [%]



Графикон 4.A.M.4 Заступљеност основног енергента за грејање у школама у периоду до 1945. године [%]

Figure 4.A.M.4 Distribution of main heating energy sources in schools built in the period before 1945 [%]



Разматрањем корелације између инсталисаног система за грејање и оцене о његовом квалитету утврђујемо да су корисници најзадовољнији централним грејањем (без обзира на то да ли потиче из сопствене котларнице или система даљинског грејања) а најмање локалним системом грејања. (Графикон 4.A.M.5)

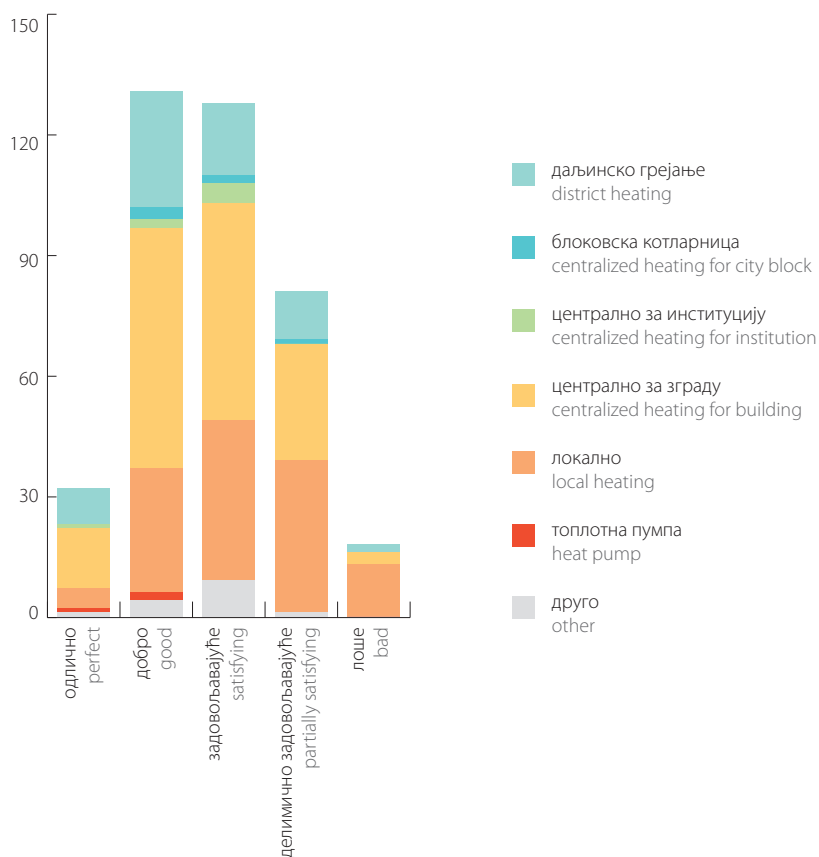
The correlation between the installed heating system and how the users rated the heating quality showed that the users were most satisfied with centralized heating (the school's own boiler or district heating), while they were least satisfied with the local heating system (Figure 4.A.M.5).

Анализом релације систем грејања – коришћени енергент уочавамо да су корисници најзадовољнији када се за грејање користи природни гас, као еколошки најприхватљивије гориво. Интересантно је да је дрво, као енергент, добило и врло високе, али истовремено и најлошије оцене, што је вероватно последица примењеног система грејања (централно или локално). (Графикон 4.А.М.6)

Графикон 4.А.М.5 Корелација између система грејања и оцене корисника о квалитету грејања у школама у периоду до 1945. године

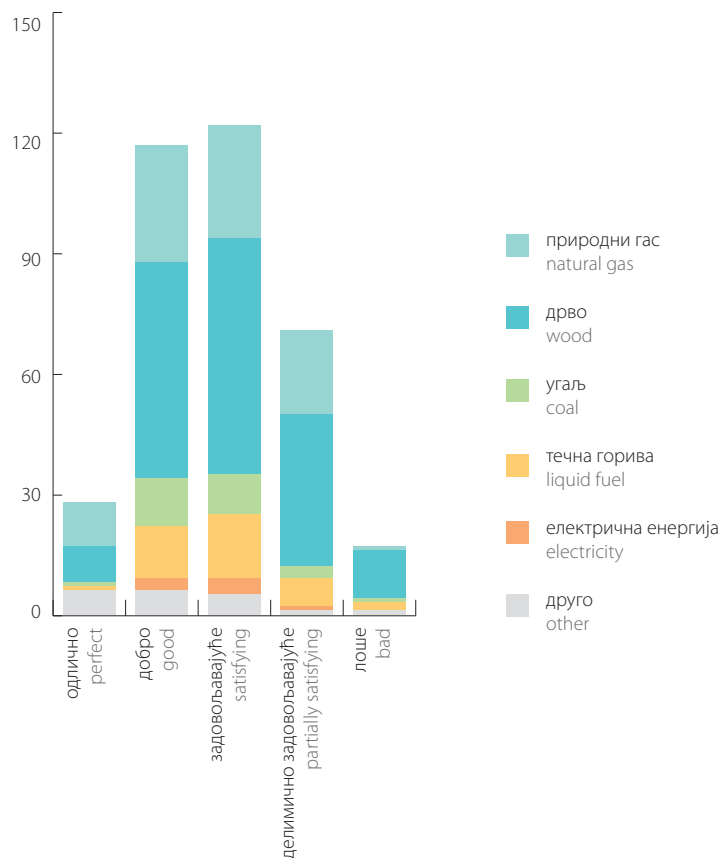
The correlation between the main energy source and the evaluation of heating quality was also determined. The users were most satisfied with natural gas, as the most environmentally friendly fuel. Interestingly, wood as fuel was rated both very high and very low for heating quality. It is most likely that the users' satisfaction with using wood strongly depended on the heating system type (centralized or local) (Figure 4.A.M.6).

Figure 4.A.M.5 Correlation between the heating system and the evaluation of quality of heating in schools built before 1945



Графикон 4.А.М.6 Корелација између основног енергента за грејање и оцене корисника о квалитету грејања у школама у периоду до 1945. године

Figure 4.A.M.6 Correlation between the main energy source for heating and the evaluation of heating quality in schools built before 1945



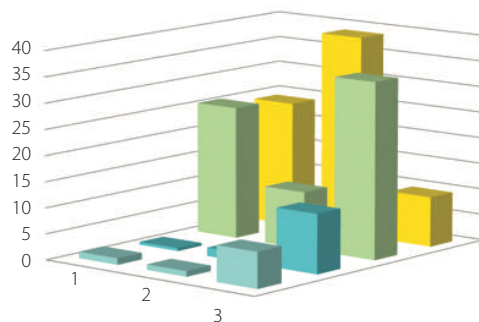
Електроенергетске инсталације

Анализом структуре потрошње електричне енергије школских зграда изграђених пре 1945. године може се закључити да се електрична енергија углавном користи за осветљење школских просторија и припрему санитарне топле воде (код 60% објеката). Свега 5% објеката користи електричну енергију за добијање топлотне енергије, док је употреба за потребе климатизације просторија готово занемарљива.

Electrical systems and electric energy consumption

The structure of electricity consumption of schools built before 1945 is characterized by the following. Electricity is rarely used to generate heat energy (less than 5% of schools). More than 60% of schools use electricity for the preparation of domestic hot water. More than 90% of buildings have no type of air conditioning.

Графикон 4.A.E.1 Типови осветљења и заступљеност у школским зградама изграђеним пре 1945. године

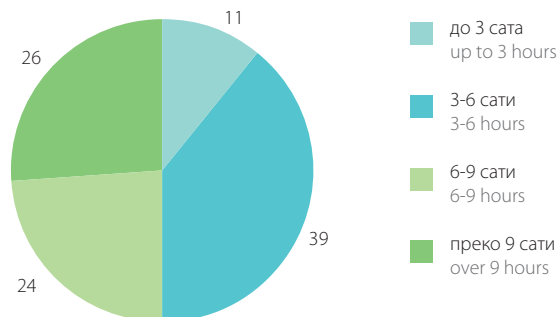


- 1 цела зграда
whole building
- 2 највећи део зграде
major part of the building
- 3 мањи део зграде
minor part of the building

Иако се, у изворном облику, у школама овог периода користило инкадесцентно осветљење, из графикана 4.A.E.1 можемо видети да се, у великој мери, користе и флуоресцентне светилке које данас чине доминантан вид извора осветљења. Просечан број сати рада вештачког осветљења углавном зависи од типа школе и начина организовања наставе – једна или две смене. На графикону 4.A.E.1. уочавамо да се у највећем броју школа овог периода (39%) вештачко осветљење користи 3–6 сати дневно. С обзиром на то да 24% школа користи осветљење више од девет сати, можемо закључити да се у просечној школи из периода изградње пре 1945. године вештачко осветљење користило 6–7 сати у току дана.

Although the schools from this period originally used incandescent lighting, the Figure 4.A.E.1. shows that fluorescent lamps are now predominant. However, unlike in the schools built in later periods, incandescent lighting can still be frequently found. The average number of working hours of lighting is shown in Figure 4.A.E.2. In most schools of this period (39% of the total sample of schools built before 1945), lighting was used 3-6 hours a day. Also, the number of schools using lighting for more than 9 hours was significant. It can be concluded that in the average school of this period, lighting is used for approximately 6-7 hours per day.

Графикон 4.A.E.2 Време коришћења вештачког осветљења у школама изграђеним пре 1945. године [%]



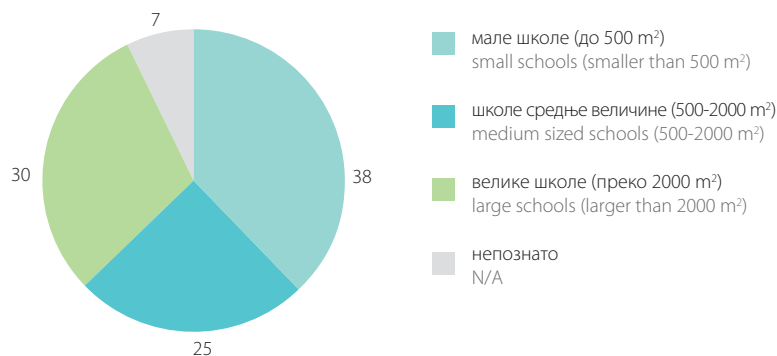
Аутоматска контрола осветљења је ретка у школама овог периода, док је само на једном објекту у оквиру анализираниг узорка инсталиран фотонапонски систем.

In schools built before 1945, automatic lighting control is rare. Also, only the roof of one school from the analyzed period has installed photovoltaic system.

Период 1946-1970. године

Период послератне обнове карактерише свеобухватни развој и знатно повећање укупног грађевинског фонда те и фонда школских зграда. Обнова разорених градова и доктрина промене структуре и типа привредних делатности целе земље, уз наглашен прелазак са пољопривреде на индустријску производњу, довеле су до изградње већег броја школских зграда у растућим варошицама и градовима, уз истовремени развој мреже мањих сеоских школа. Мањи објекти и даље представљају релативно доминантан тип изградње, уз приметно повећање броја великих школских зграда.

Графикон 4.Б.1. Заступљеност броја школских зграда према величини у периоду 1946-1970. године [%]



Изградња већих школских зграда је условила промену степена компактности форме. Организација основе у виду појединачних трактова повезаних у целину постаје основни тренд изградње. Школе се граде у новим деловима града, на већим парцелама, без ограничења постојећих урбаних матрица те се више прилагођавају терену, користе предности оријентација и сегментирају према структури ученика кроз разуђењу форму објекта.

Period 1946-1970

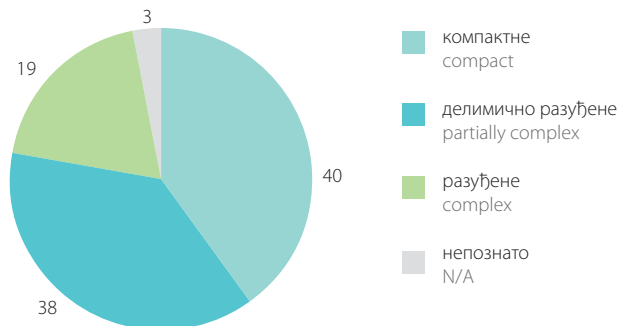
The period of post-war renewal was characterized by comprehensive development and a significant increase in the total building stock, and hence in the stock of school buildings. The reconstruction of the war-struck cities and the doctrine of remodeling the structure and the type of economic activities throughout the country with an emphasized transition from agriculture to industrial production, led to the construction of a large number of school buildings in growing towns and cities, alongside the development of a network of smaller rural schools. Smaller structures were still the relatively predominant construction type although there was a noticeable increase in the number of large school buildings.

Figure 4.B.1. Distribution of school buildings in the period 1946-1970 by size [%]

The shift towards the construction of large school buildings also brought about a change in the degree of compactness. The organization of the floor plan in the form of individual blocks connected into a whole became the main trend in construction. As schools were built in new parts of the city, on larger plots, and were unlimited by the existing urban matrices, they were more adapted to the terrain, advantageously oriented and segmented according to the structure of the students through a more complex form of the building.

Графикон 4.Б.2. Заступљеност броја школских зграда према компактности у периоду 1946-1970. године [%]

Figure 4.B.2. Distribution of school buildings in the period 1946-1970 by floor plan compactness [%]

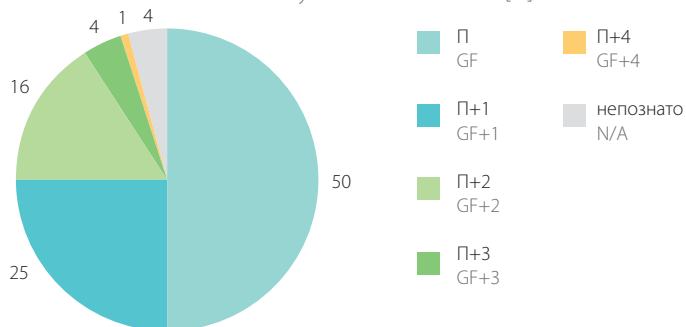


Приземна школска зграда представља доминантни тип периода, према спратности, уз приметну заступљеност спратних и двоспратних зграда. Мале школе се и даље граде искључиво као приземне, док се код већих зграда примећују трактови различите спратности, а према структури образовног процеса.

The one-story school building was the predominant type of the period regarding the number of floors, while there was also a noticeable share of the buildings with two or three floors. Small schools continued to be built as exclusively one-story forms, while in larger buildings there were often blocks of different number of floors, depending on the structure of the educational process.

Графикон 4.Б.3. Заступљеност броја школских зграда према спратности у периоду 1946-1970. године [%]

Figure 4.B.3. Distribution of school buildings in the period 1946-1970 by the number of floors [%]

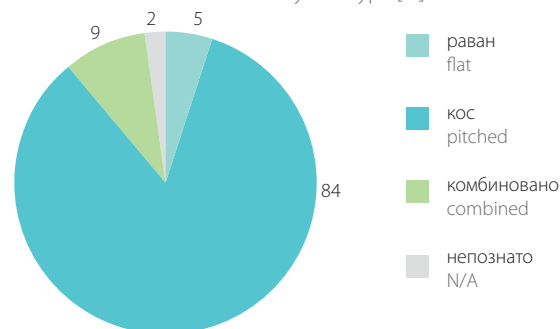


Кровови школских зграда су у периоду 1946–1970. доминантно коси, уз приметну појаву равних и комбинованих кровова на већим објектима, нарочито у урбаним срединама. Зграде равних кровова (веома малих нагиба који се у форми зграде доживљавају као равни) у складу су са променом материјално-естетских доктрина где се кубична форма сматрала симболом модерности и напретка, нарочито у периоду после 1960. Реализовани равни кровови су, услед

Roofs of the school buildings built in the period 1946-1970 were mostly pitched, whereas there was a notable occurrence of flat and combined roofs on larger structures, especially in urban areas. Buildings with flat roofs (or roofs sloped so slightly that they are perceived as flat in the final form of the building) were in accordance with the change in the material and aesthetic doctrine according to which the cubic form was regarded as a symbol of modernity and progress, especially after 1960.

недовољне развијености грађевинске индустрије, као и употребе материјала релативно слабог квалитета, по правилу, у лошем стању и код великог броја школских зграда извршена је каснија санација уз изградњу косих кровова.

Графикон 4.Б.4. Заступљеност броја школских зграда према типу крова у периоду 1946-1970. године [%]

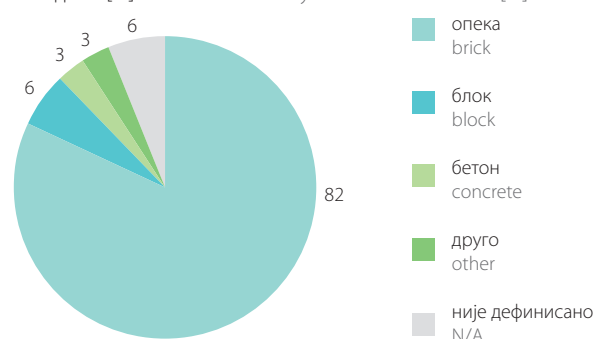


Regrettably, owing to the insufficiently developed construction industry at the time and the use of materials of relatively low quality, the built flat roofs had deteriorated so that a large number of school buildings underwent a subsequent rehabilitation including the construction of pitched roofs.

Figure 4.B.4. Distribution of school buildings in the period 1946-1970 by roof type [%]

Конструкције школских зграда су и даље масивне, углавном зидане, уз појаву армирано-бетонских скелетних конструкција у другој половини овог периода. Приметна је и промена технологије изградње школских зграда где се напуштају класичне конструкције, а прелази на савременије склопове и материјале. Код зграда са армирано-бетонским скелетним системом испуне се најчешће гради од пуне опеке, а ређе и гитер блокова. Варирањем дебљина испуна у комбинацији са скелетом формира се примарна пластика зграда препознатљива за овај период.

Графикон 4.Б.5. Заступљеност броја школских зграда према материјалу фасадног зида у периоду 1946-1970. године [%]

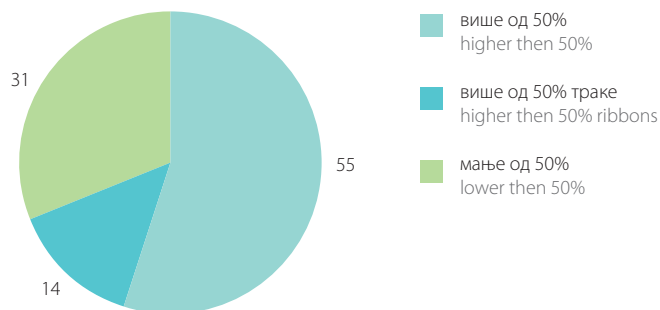


The construction systems of school buildings were still massive and mostly realized in brick, with the appearance of reinforced concrete skeletal constructions in the second half of this period. There was a noticeable change in the building technology of school buildings, in which the classical construction systems were slowly replaced by more modern elements and materials. In buildings with a reinforced concrete skeletal system, the infills were usually made of full brick, or rarely of hollow clay blocks. The varying infill thickness combined with the skeletal construction formed the primary exterior design of the building typical of the period.

Figure 4.B.5. Distribution of school buildings in the period 1946-1970 by facade wall material [%]

Период после Другог светског рата карактерише изградња модела школских зграда који представља, са материјално-обликовног становишта, наставак претходног периода који карактеришу зграде масивних зидова и појединачних прозорских отвора мањих или средњих димензија. У току периода модел школске зграде у готово свим величинама се мења и прелази се на веће прозорске отворе, а касније и на „прозорске траке“ што зградама даје савременији изглед, уз истовремено побољшање услова светлосног комфора у учионицама.

Графикон 4.Б.6. Заступљеност броја школских зграда према типу прозорских отвора у периоду 1946-1970. године [%]



У периоду 1946–1970. дрво је и даље доминантни материјал за израду прозора. Истовремено, долази и до примене „металних“ прозора (црна браварија) застакљених обичним или армираним стаклом, углавном у зонама улаза, ходника и на помоћним просторијама. Дрвени прозори су двоструки (широка и уска кутија) или савременији, „крило на крило“. Школе овог периода се користе у непромењеном обиму и намени што, уз процес рехабилитације спроведен у протеклом периоду, условљава знатан удео PVC прозорских конструкција у укупном фонду.

The period after the Second World War was characterized by the construction of school building models that, as regards materialization and form, were a continuation of the previous period marked by buildings with massive walls and small or medium single openings. With time, the school building model changed in almost all dimensions, including the transition first to larger window openings and later to the introduction of window ribbons, at the same time giving the buildings a completely different, more contemporary appearance and improving the lighting comfort in the classrooms.

Figure 4.B.6. Distribution of school buildings in the period 1946-1970 by window-to-wall ratio [%]

In the period 1946-1970, wood was still the principal material used in window manufacturing. At the same time, metal windows (cast iron) with ordinary or reinforced glass were used mainly in the entrance zone, in corridors and auxiliary rooms. Wooden windows were double-framed (in a wide or narrow box), or more contemporary types of single-framed connected double sashes. At present, the scope and purpose of the schools of this period have remained unchanged so that the rehabilitation undertaken meanwhile is the reason for a significant share of PVC window constructions in the total inventory.

Графикон 4.Б.7. Материјал прозора у периоду 1946-1970. године [%]

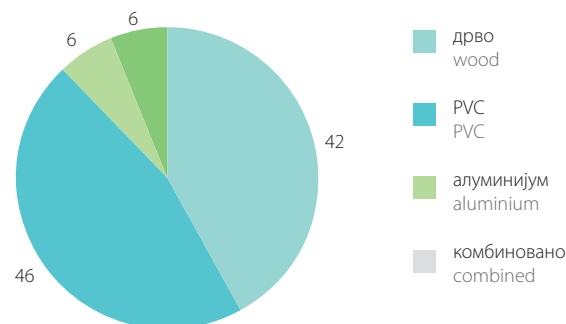
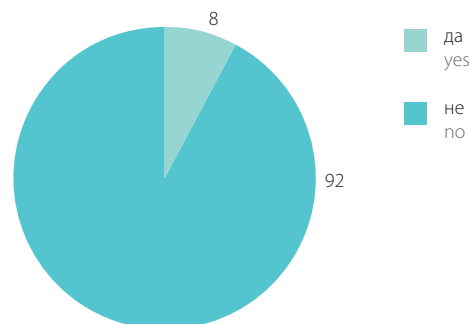


Figure 4.B.7. Window materials for the period 1946-1970 [%]

Термичких прописа који регулишу примену термоизолационих слојева у структури фасадног зида нема па можемо констатовати да уочена заступљеност зграда које имају термоизолацију представља последицу процеса санације и реконструкције а не оригинално стање.

Графикон 4.Б.8. Термоизолација фасаде у периоду 1946-1970. године [%]



Considering the non-existence of thermal regulations that would prescribe the use of thermal insulation layers in the facade wall construction at the time, it is suggested that the observed share of buildings with thermal insulation is due to the process of rehabilitation and reconstruction rather than the original condition.

Figure 4.B.8. Thermal insulation for the period 1946-1970 [%]

Термотехничке инсталације

Опремљеност инсталацијама грејања, вентилације, климатизације и припреме потрошне топле воде за школске зграде изграђене у периоду 1946–1970. године је готово идентична са претходним периодом што је видљиво на Графикону 4.Б.М.1.

Већина школа (59%) је опремљена инсталацијама грејања које покривају целокупну површину зграде. За школе овог периода је карактеристично да не поседују инсталације вентилације и климатизације, осим у мањем броју зграда где су у функцији локално.

HVAC systems

Heating, ventilation, air conditioning and domestic hot water preparation systems in schools built in period 1946-1970 were almost identical to those of the previous period (Figure 4.B.M.1).

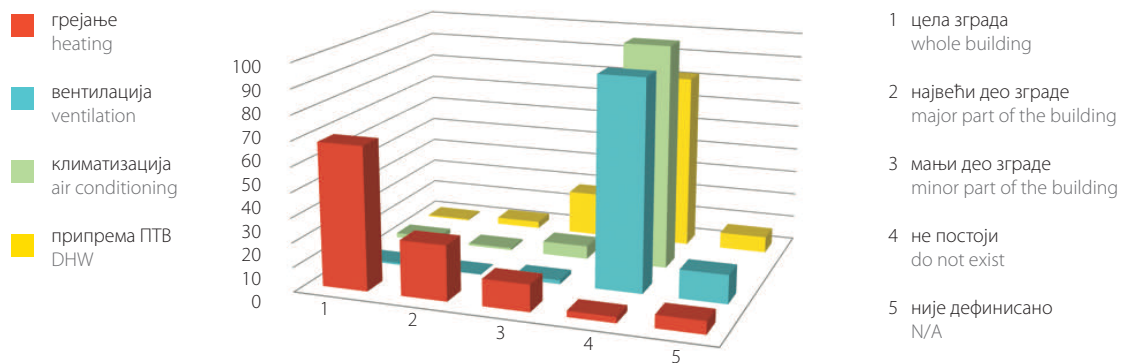
The majority of schools (59%) had heating systems covering the whole building area. Generally, the schools built in this period had no ventilation and air conditioning systems installed, except for a small number of school buildings with local AC systems. The systems for centralized domestic hot water (DHW) preparation were

Централна припрема санитарне топле воде (ПТВ) није заступљена те се и код зграда овог периода, углавном, примењују локално инсталирани електрични бојлери.

not applied in this period, so most schools had local electrical water heaters.

Графикон 4.Б.М.1 Заступљеност термотехничких инсталација и припреме ПТВ у школским зградама изграђеним у периоду 1946-1970. године

Figure 4.B.M.1 Distribution of HVAC and DHW systems in schools built in the period 1946-1970

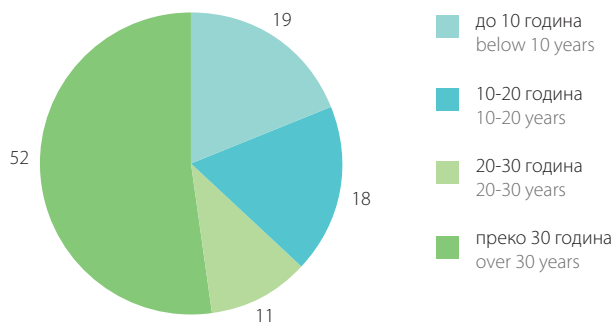


Више од 50% система грејања школа овог периода је, и поред накнадних интервенција, старости веће од 30 година, што би значило да, по правилу, раде с малим степеном искоришћења горива.

Despite subsequent interventions, more than 50% of the heating systems in schools built in this period are more than 30 years old, which generally indicates their low efficiency.

Графикон 4.Б.М.2 Старост система за грејање у школама из периода 1946-1970. године

Figure 4.B.M.2 Age of heating systems in schools built in the period 1946-1970



Доминантни систем грејања периода 1946–1970. је централни, са сопственом котларницом, затим систем локалног грејања (Слика 4.Б.М.3) док је најзаступљенији енергент дрво, а потом природни гас. У системима централног грејања највише се користе дрво, природни гас и угаљ, а у системима локалног грејања основни енергент је дрво. (Слика 4.Б.М.4)

The systems most often installed in the period 1946–1970 were the centralized heating system with its own boiler and the local heating system (Figure 4.B.M.3), while the most common energy sources were wood and natural gas. Most centralized heating systems used wood, natural gas and coal as the energy source, while local heating was mostly wood-fired (Figure 4.B.M.4).

Графикон 4.Б.М.3 Системи грејања у школама периода 1946-1970. године [%]

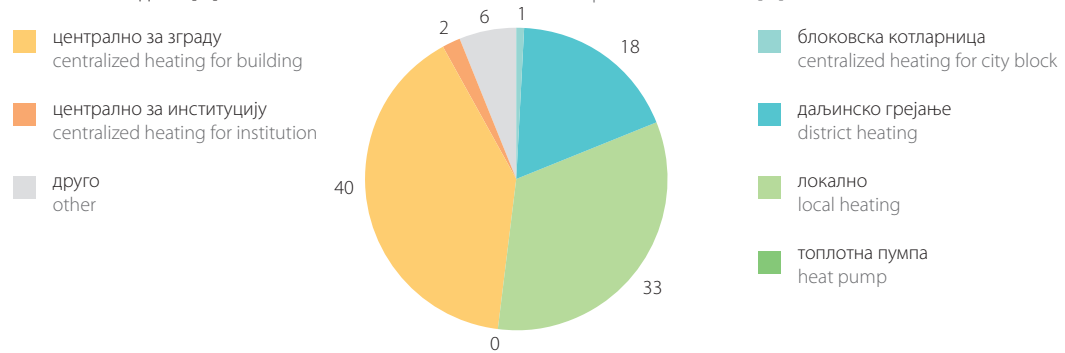


Figure 4.B.M.3 Distribution of heating systems in schools built in the period 1946-1970 [%]

Графикон 4.Б.М.4 Заступљеност основног енергента за грејање у школама периода 1946-1970. године [%]

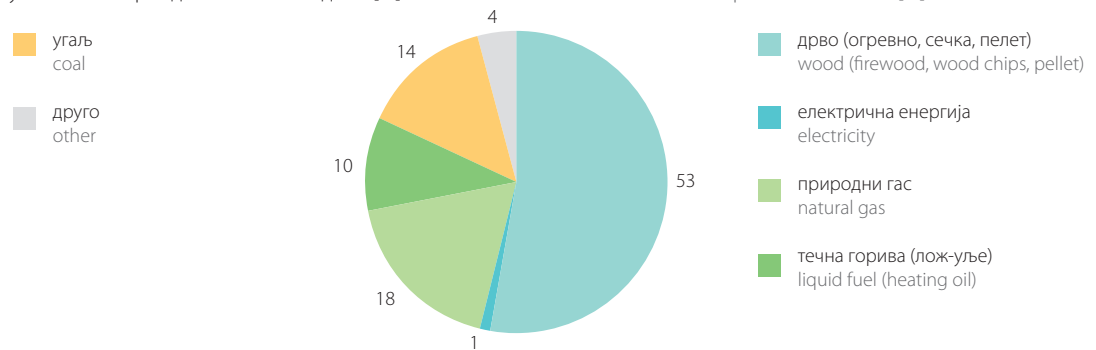


Figure 4.B.M.4 Distribution of heating energy sources in schools built in the period 1946-1970 [%]

Задовољство корисника инсталисаним системом грејања показује најбоље резултате код централног грејања (без обзира да ли потиче из сопствене котларнице или из система даљинског грејања) док су корисници најмање задовољни локалним системом грејања. (Графикон 4.Б.М.5)

The greatest user satisfaction with the heating quality was found in the centralized heating system with the school's own boiler or connected to district heating, while the users were least satisfied with local heating (Figure 4.B.M.5).

Успостављајући релацију систем грејања – коришћени енергент закључено је да су корисници најзадовољнији када се за грејање користи природни

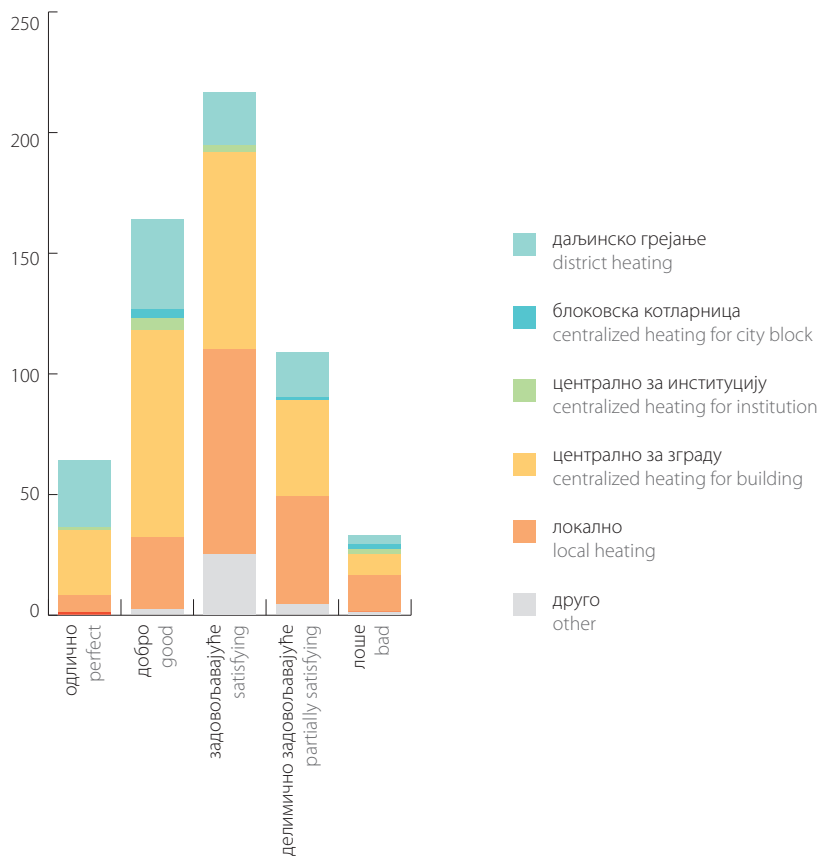
The correlation between the main energy source and the evaluation of heating quality showed that the users were most satisfied with natural gas, as the most environmentally friendly fuel. Interestingly, wood as fuel

гас, као еколошки најприхватљивије гориво. И овде је примена дрвета као енергента оцењена и највишом и најнижом оценом што је последица примењеног система грејања (централно или локално). (Графикон 4.Б.М.6)

was rated both very high and very low for heating quality. It is most likely that the users' satisfaction with using wood strongly depended on the heating system type (centralized or local) (Figure 4.B.M.6).

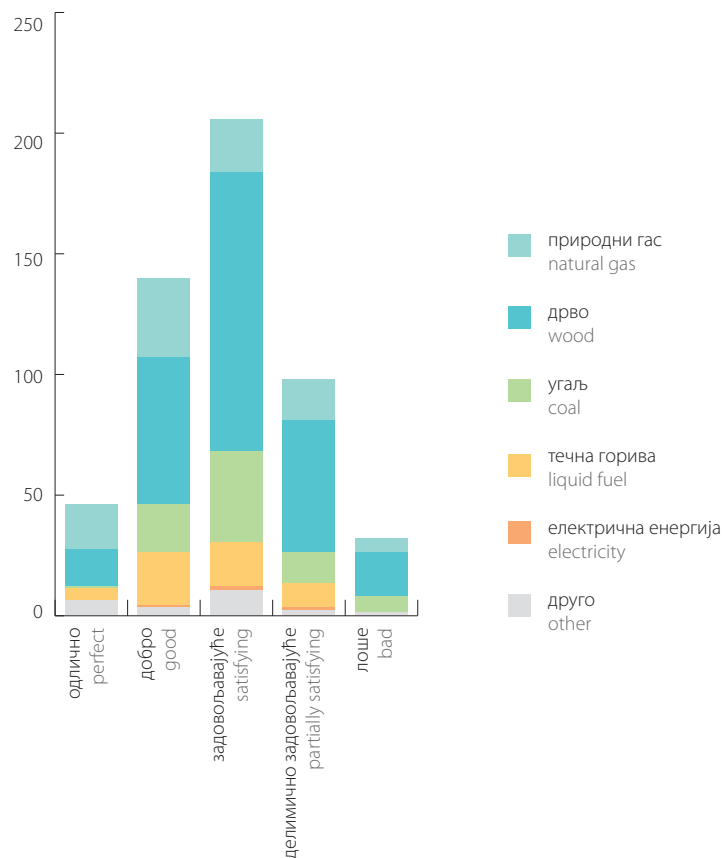
Графикон 4.Б.М.5 Корелација између система грејања и оцене корисника о квалитету грејања у школама из периода 1946-1970. године

Figure 4.B.M.5 Correlation between the heating system and the evaluation of quality of heating in schools built in the period 1946-1970



Графикон 4.Б.М.6 Корелација између основног енергента за грејање и оцене корисника о квалитету грејања у школама из периода 1946-1970. године

Figure 4.B.M.6 Correlation between the main energy source for heating and the evaluation of heating quality in schools built in the period 1946-1970



Електроенергетске инсталације

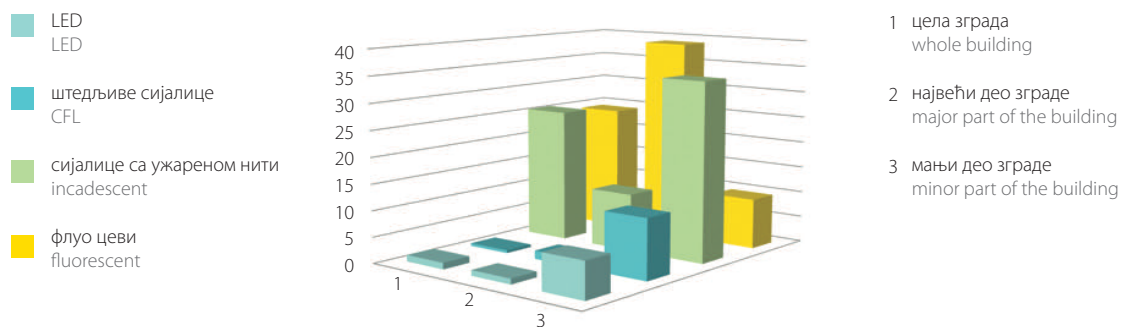
Анализом структуре потрошње електричне енергије школских зграда изграђених у периоду 1946–1970. године можемо закључити да се електрична енергија у највећој мери користи за осветљење школских просторија и припрему санитарне топле воде (код 50% објеката). Свега 2% објеката користи електричну енергију за добијање топлотне енергије, док је употреба за потребе климатизације просторија готово занемарљива.

Electrical systems and electric energy consumption

The structure of electricity consumption of schools built in the period 1946-1970 is characterized by the following: electricity is rarely used to generate heat energy (less than 2% of schools); more than 50% of schools use electricity for the preparation of domestic hot water; more than 90% of buildings have no type of air conditioning. The lighting structure is shown in Figure.

Графикон 4.Б.Е.1 Типови осветљења и њихова заступљеност у школама из периода 1946-1970. године

Figure 4.B.E.1 Distribution of types of lighting in schools built in the period 1946-1970



Иако се у изворном облику у школама овог периода, као и претходног, користе инкадесцентне светиљке, Графикон 4.Б.Е.1 јасно показује да су у великој мери у употреби и флуоресцентне светиљке које чине доминантни вид извора осветљења.

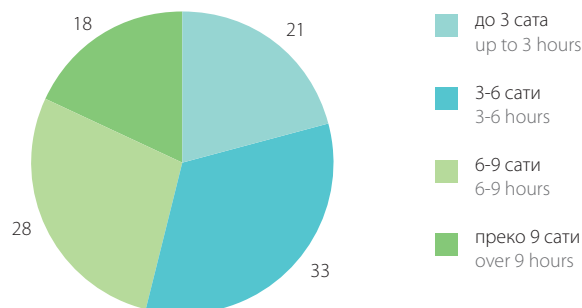
Although the schools from this category originally used incandescent lighting, the Figure 4.B.E.1 shows that fluorescent lamps are now predominant. However, unlike in the schools built in later periods, incandescent lighting can still be frequently found.

Просечан број сати рада вештачког осветљења у школама периода 1946–1970. је приказан на графикаону 4.Б.Е.2. У највећем броју школа (33%) вештачко осветљење се користи 3–6 сати дневно, док је код 28% школа у употреби 6–9 сати. У просечној школи овог периода вештачко осветљење се користи 5–6 сати у току дана.

The average number of working hours of lighting is shown in Figure 4.B.E.2. In most schools built in this period (33% of the total sample of schools in category B), lighting was used 3-6 hours a day. Also, the number of schools using lighting for more than 9 hours was significant. It can be concluded that in the average school of this category, lighting is used for approximately 5-6 hours per day.

Графикон 4.Б.Е.2. Време коришћења вештачког осветљења у школама изграђеним у периоду 1946-1970. године

Figure 4.B.E.2. Working hours of artificial lighting in schools built in the period 1946-1970



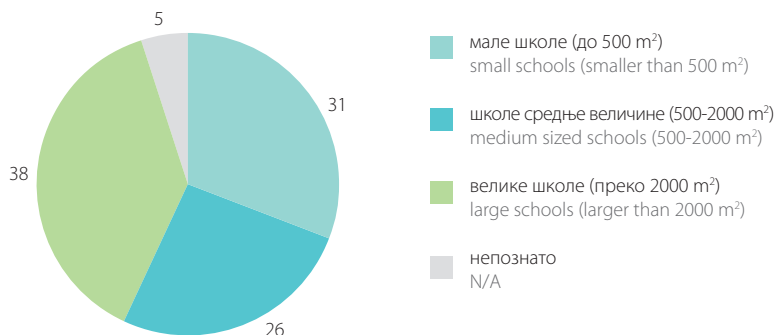
Аутоматска контрола осветљења је веома ретка у школама овог периода, док је фотонапонски систем инсталиран на само два објекта у оквиру анализираних узорка.

In schools of this period, automatic lighting control is extremely rare. Also, a photovoltaic system has been installed on the roofs of only two schools from the analyzed period.

Период 1971-1990. године

Период 1971-1990. године карактерише наставак процеса интензивне урбанизације на територији Републике Србије и знатно повећање градског становништва и изградња већих школских зграда. Велике школе постају доминантни тип, док су средње и мале готово истоветно заступљене.

Графикон 4.Ц.1. Заступљеност броја школских зграда периода 1971-1990. године према величини [%]



Наставак планирања градова где доминирају отворени блокови уз велике парцеле намењене школским објектима који неретко имају и веома комплексне програме (учионице, кабинети, специјализоване учионице, више различитих типова сала, кухиње, школски ресторани, радионице... чак и базени) условили су делимично или потпуно разубеђене форме сегментираних индивидуалних садржаја. Варијетету типова школских зграда доприноси и значајан истраживачки рад у области образовања, то јест испитивање формалних модела зграда, а огледа се кроз изградњу широког дијапазона различитих концепата и просторно-материјалних организација. Компактне форме су и даље доминантан тип изградње малих школских зграда.

Period 1971-1990

The period 1971-1990 was characterized by the continuation of the process of intensive urbanization throughout the territory of the Republic of Serbia and an ensuing significant increase in the number of urban population, which in consequence led to the construction of larger school buildings. Large schools became predominant, while the proportions of medium and small schools remained almost identical.

Figure 4.C.1. Distribution of school buildings in the period 1971-1990 by size [%]

As urban planning continued towards the predominance of the open blocks developments with large plots allocated to school buildings, their often very complex programs (classrooms, laboratories, specialized classrooms, various types of halls, kitchens, school restaurants, workshops, and even swimming pools), resulted in partially or fully complex forms with segmented individual content. What also contributed to the variety of building types was the significant research work in the field of education, i.e. the examination of formal building models, which resulted in the construction of a wide range of different concepts and spatial and material organizations. Nevertheless, the compact form remained the predominant type of construction for small school buildings.

Графикон 4.Ц.2. Заступљеност броја школских зграда периода 1971-1990. године према компактности [%]

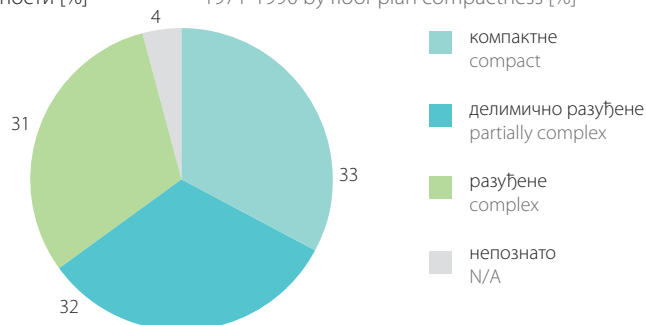


Figure 4.C.2. Distribution of school buildings in the period 1971-1990 by floor plan compactness [%]

Спратне и двоспратне зграде преузимају (у укупном збиру) примат над приземним објектима, што је у складу са програмском комплексношћу и величином школских зграда. Мале школе се и даље граде као приземне, једноставне форме, док су средње и велике школе, по правилу, спратне или вишеспратне. Код већих објеката сегментираност форме је, најчешће, праћена и различитом спратношћу појединих делова.

The total share of buildings with two or three floors above the ground floor took primacy over one-story buildings, which was in accordance with the program complexity and the size of school buildings. Small schools were still built as simple one-story forms, while medium-sized and large schools usually had two or more floors above the ground. In larger structures, the segmentation of the form was most often followed by the variation of levels for individual segments.

Графикон 4.Ц.3. Заступљеност броја школских зграда периода 1971-1990. године према спратности [%]

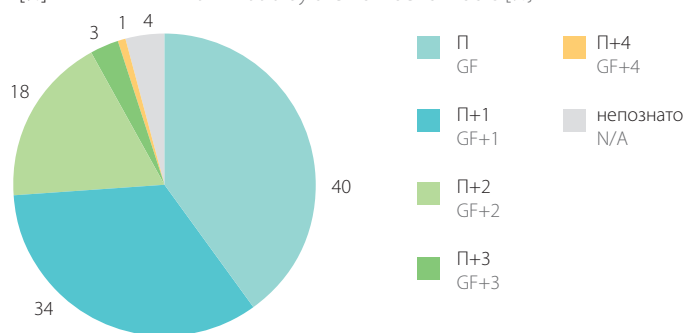


Figure 4.C.3. Distribution of school buildings in the period 1971-1990 by the number of floors [%]

Као и у претходном, и у периоду 1971-1990. године се могу идентификовати материјално-стилске промене у градитељској пракси. У другој половини периода напушта се идеал кубичних архитектонских форми, тежи се разноврснијој материјализацији и, што је посебно важно, примени косих кровова. Они су доминантни на свим малим школским зградама, док се код већих јављају и равни, то јест, комбиновани кровови.

As in the previous period, material and stylistic changes could be identified in the building practice between 1971 and 1990. In the second half of the period, the ideals of cubic architectural forms were abandoned while there was a tendency towards diversified materialization, and especially towards the use of the pitched roof. Pitched roofs were predominant in all small school buildings, while flat and combined roofs were used in larger structures.

Графикон 4.Ц.4. Заступљеност броја школских зграда периода 1971-1990. године према типу крова [%]

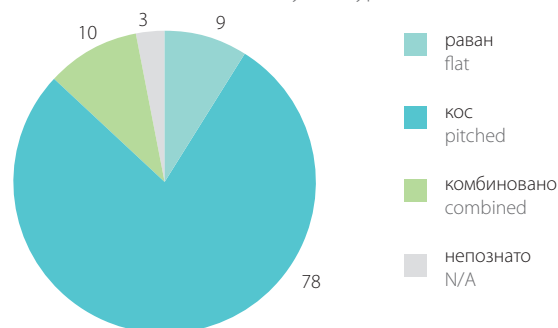


Figure 4.C.4. Distribution of school buildings in the period 1971-1990 by roof type [%]

Разноврсност модела зграда се одсликава и кроз материјализацију фасадних зидова где уочавамо знатну примену армираног бетона и гитер блокова уз доминантну употребу опеке као основног конструктивног материјала. „Бетонске“ школе, које у својој материјализацији задржавају примарни конструктивни материјал, постају уобичајена пракса у градовима, док се у мањим срединама и даље користе армирано-бетонске конструкције са зиданим испунама.

The diversity of building models was also reflected in the materialization of facade walls: there was a significant use of reinforced concrete and hollow brick blocks, while brick was predominant as the basic construction material. The “concrete” school, which in its materialization retained its primary construction material, became common in cities, while reinforced concrete constructions with masonry infills were still used in smaller settlements.

Графикон 4.Ц.5. Заступљеност броја школских зграда периода 1971-1990. године према материјалу фасадног зида [%]

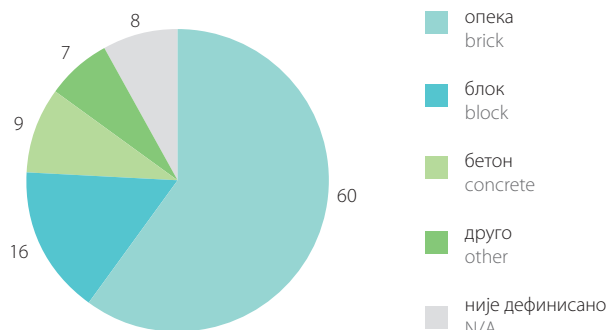


Figure 4.C.5. Distribution of school buildings in the period 1971-1990 by facade wall material [%]

Школске зграде овог периода, по правилу, карактеришу велики прозорски отвори неретко организовани у виду прозорских трака. У складу са међуодносом величине школске зграде према површини фасадних зидова можемо рећи да су школе са мање од 50% прозорских отвора углавном и мање површине, јер се учионице осветљавају, по правилу, само са једне стране.

Most school buildings of this period were characterized by a high window-to-wall ratio, with windows often arranged in the form of ribbons. In accordance with the relation between the size of the school building and the facade wall area, it can be said that schools with the window-to-wall ratio lower than 50% generally had a smaller area because the classrooms were usually illuminated only from one side.

Графикон 4.Ц.6. Заступљеност броја школских зграда периода 1971-1990. године према типу прозорских отвора [%]

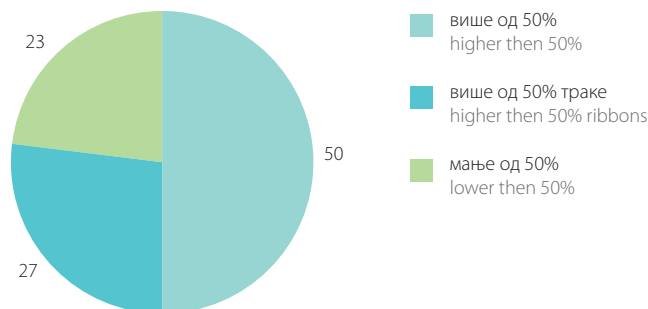


Figure 4.C.6. Distribution of school buildings in the period 1971-1990 by window-to-wall ratio [%]

Развој технологије градње, нарочито приметан у овом периоду, утиче и на материјализацију прозора те се осим, и даље доминантно заступљених, дрвених прозора постављају и алуминијумски, односно прозори од комбинације различитих материјала, застакљени по правилу термоизолационим стаклопакетом. PVC прозори се спорадично примењују, а њихова велика заступљеност је резултат процеса рехабилитације и санације, а не иницијално пројектовано стање.

The development of building technology, which was remarkable in this period, also affected the materials used for windows. Besides the prevailing wood, aluminum and combined materials were also used, usually fitted with thermal insulating glass. Sporadic use of PVC windows was also evident, but it can be suggested that their high distribution is the result of the rehabilitation and renovation and not the original design.

Графикон 4.Ц.7. Материјал прозора за период 1971-1990. године [%]

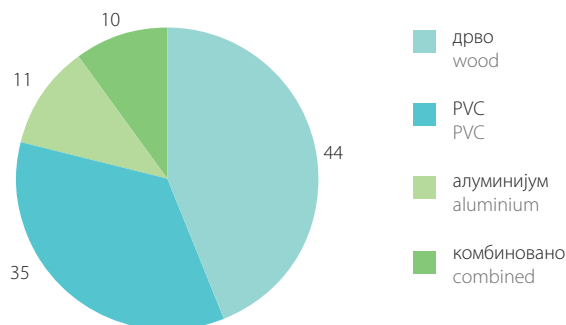


Figure 4.C.7. Window materials for the period 1971-1990 [%]

Иако термички прописи још од 1970. године предвиђају употребу термоизолационог слоја у саставу омотача зграда, подаци показују релативно малу заступљеност. Разлоге за овакве податке можемо тражити и у самом процесу градње где се пројекти реализују током више година, а недостаје и адекватна контрола и санкционисање.

Although since 1970 thermal regulations have stipulated the use of a thermal insulation layer in the building envelope, the data show its relatively low distribution. The reasons may lie not only in the fact that the construction process could stretch over a number of years before the realization of the project, but also in the absence of adequate control and sanctions for non-compliance.

Графикон 4.Ц.8. Термоизолација фасаде за период 1946–1970. године [%]

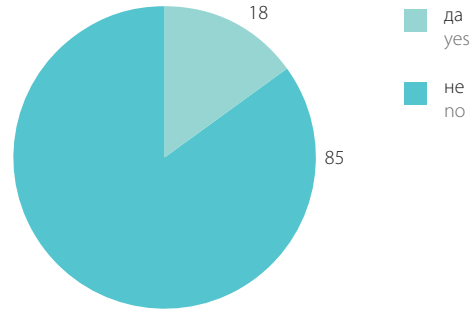


Figure 4.C.8. Thermal insulation for the period 1971-1990 [%]

Термотехничке инсталације

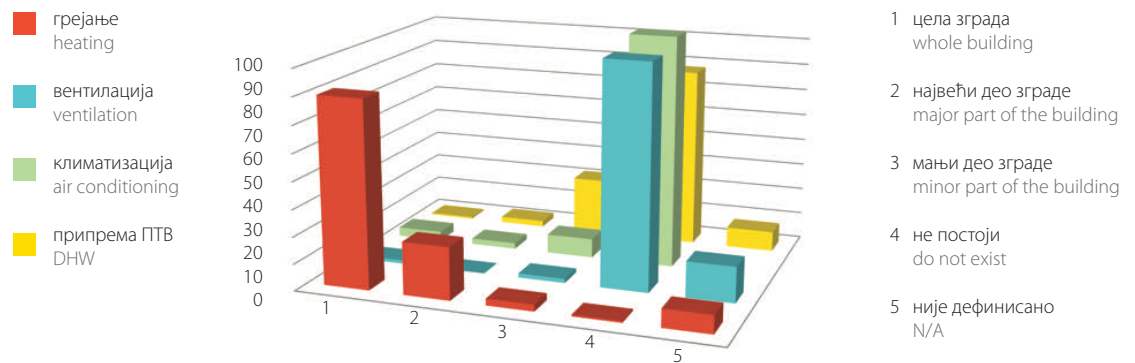
У периоду 1971-1990. године опремљеност инсталацијама грејања, вентилације, климатизације и припреме потрошне топле воде је у складу са трендовима уоченим у претходна два периода (Графикон 4.Ц.М.1). Већина школа (90%) је опремљене инсталацијама грејања које загревају целу зграду или њен највећи део. И у овом периоду, инсталације вентилације и климатизације, по правилу, нису реализоване осим у мањем броју зграда где су у функцији само локално. Централна припрема санитарне топле воде (ПТВ) је спорадична, уз доминантну употребу електричних бојлера инсталираних локално.

HVAC systems

In the schools built in the period 1971-1990, the installed heating, ventilation, air conditioning and domestic hot water preparation systems followed the trends similar to those found in the previous two periods (Figure 4.C.M.1). Most schools (90%) had heating systems that covered the whole building area or its major part. Also, there were no centralized ventilation or air conditioning systems in the schools from this period, except in a small number of school buildings with local AC systems. The systems for centralized domestic hot water (DHW) preparation were seldom, while most schools had local electrical water heaters.

Графикон 4.Ц.М.1 Заступљеност термотехничких инсталација и припреме ПТВ у школским зградама изграђеним у периоду 1971-1990. године

Figure 4.C.M.1 Distribution of HVAC and DHW systems in schools built in the period 1971-1990

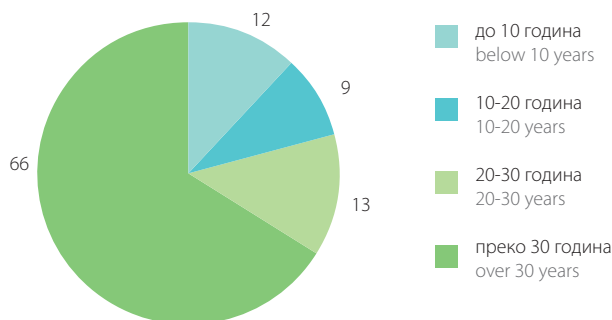


Готово две трећине инсталираних система грејања школа овог периода је старости више од 30 година, што значи да од изградње нису вршене никакве интервенције нити промене. Можемо рећи да ови системи раде са малим степеном искоришћења енергената.

Nearly two thirds of the installed heating systems were more than 30 years old, which indicates that there were no reconstructions or other interventions after the construction. This generally implies that these are very low-efficient systems.

Графикон 4.Ц.М.2. Старост система за грејање у школама из периода 1971-1990. године [%]

Figure 4.C.M.2. Age of heating systems in schools built in the period 1971-1990 [%]



Доминантни систем грејања у периоду 1971-1990. је централни са сопственом котларницом, а потом систем локалног грејања (Слика 4.Ц.М.3) чија је заступљеност знатно мања него у претходном периоду.

The predominant systems for schools built in the period 1946-1970 were the centralized heating system with its own boiler and the local heating system (Figure 4.C.M.3) although the share of local heating systems was smaller than in the previous period.

Дрво је, и даље, најчешће коришћени енергент, а потом природни гас. Ако анализирамо везу система грејања и типа енергента можемо уочити да се у системима централног грејања највише користе дрво и природни гас, али и течна горива, што није случај у ранијим периодима, док је у системима локалног грејања основни енергент и даље дрво. (Слика 4.Ц.М.4)

Wood is still mostly used as a heating energy source, followed by natural gas. The analysis of the relationship between the heating system and the main energy source reveals that the majority of the centralized heating systems use wood and natural gas as the energy source, with the emergence of heating oil, which was not the case previously. The local heating systems were still mostly wood-fired (Figure 4.C.M.4).

Графикон 4.Ц.М.3 Системи грејања у школама периода 1971-1990. године [%]

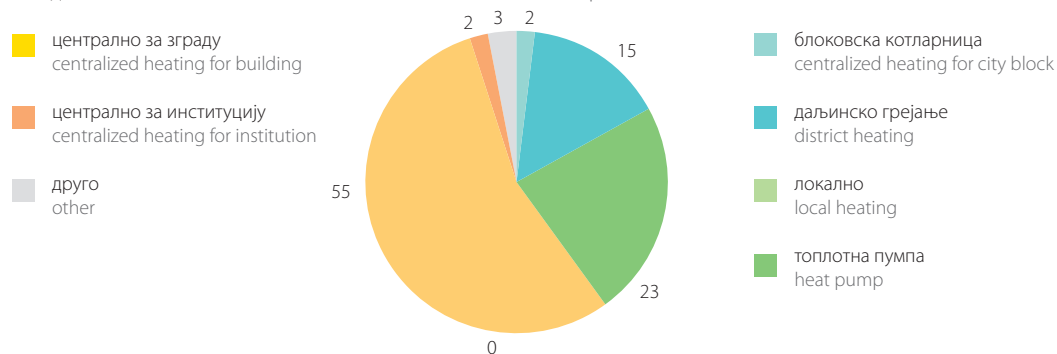


Figure 4.C.M.3 Distribution of heating systems in schools built in the period 1971-1990 [%]

Графикон 4.Ц.М.4 Заступљеност основног енергента за грејање у школама периода 1971-1990. године [%]

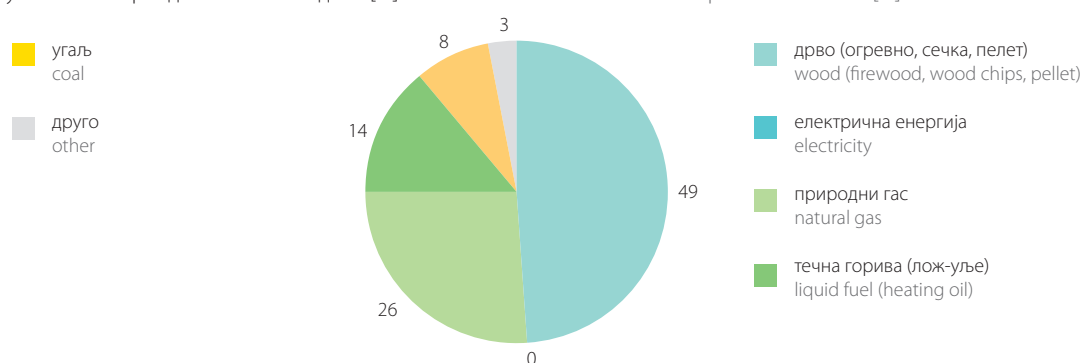


Figure 4.C.M.4 Distribution of heating energy sources in schools built in the period 1971-1990 [%]

Задовољство корисника инсталисаним системом грејања показује најбоље резултате у случају централног грејања (без обзира да ли потиче из сопствене котларнице или из система даљинског грејања). Корисници су пак најмање задовољни локалним системом грејања, али, што је својеврсни парадокс, и централним и даљинским грејањем. (Графикон 4.Ц.М.5)

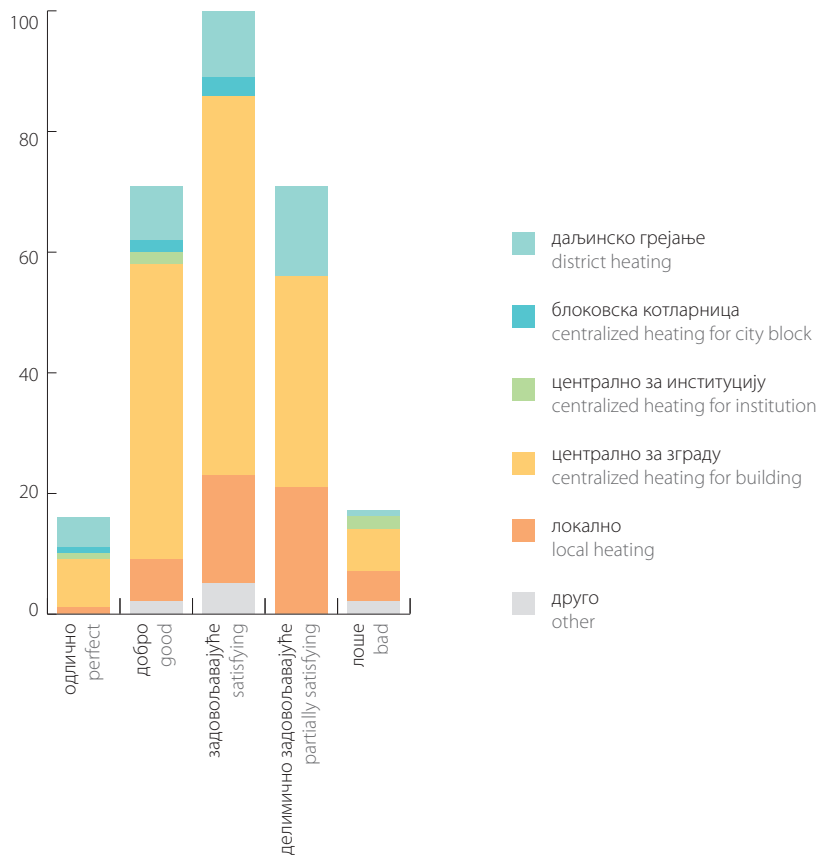
Анализом релације квалитет грејања – коришћени енергент уочавамо да су корисници најзадовољнији када се за грејање користи природни гас, као еколошки најприхватљивије гориво. Интересантно је да је дрво, као енергент, добило и врло високе а истовремено и најлошије оцене, као што је и раније био случај и вероватно је последица примењеног система грејања (централно или локално). (Графикон 4.Ц.М.6)

The greatest user satisfaction with the heating quality was found in the centralized heating system with the school's own boiler or connected to district heating, while the users were least satisfied with local heating (Figure 4.C.M.5).

The correlation between the main energy source and the evaluation of heating quality showed that the users were most satisfied with natural gas, as the most environmentally friendly fuel. As in previous periods, wood as fuel was rated both very high and very low for heating quality, which probably depended on the heating system type (centralized or local) (Figure 4.C.M.3).

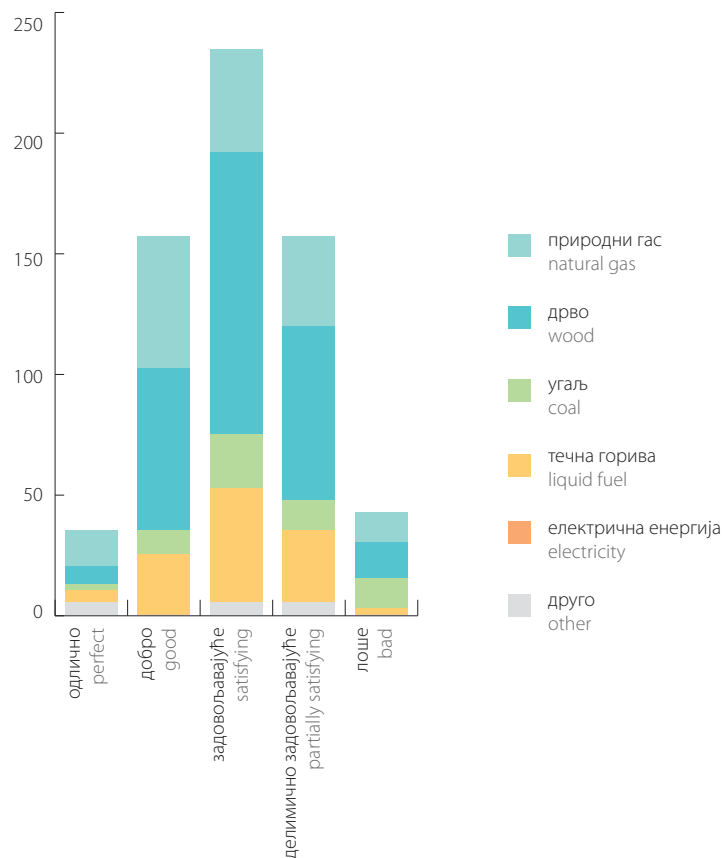
Графикон 4.Ц.М.5 Корелација између система грејања и оцене корисника о квалитету грејања у школама из периода 1971-1990. године

Figure 4.C.M.5 Correlation between the heating system and the evaluation of quality of heating in schools built in the period 1971-1990



Графикон 4.Ц.М.6 Корелација између основног енергента за грејање и оцене корисника о квалитету грејања у школама из периода 1971–1990. године.

Figure 4.C.M.6 Correlation between the main energy source for heating and the evaluation of heating quality in schools built in the period 1971-1990



Електроенергетске инсталације

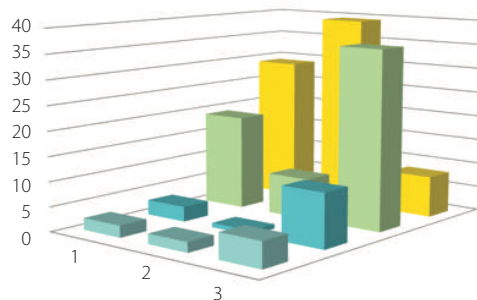
Анализом структуре потрошње електричне енергије школских зграда изграђених у периоду 1971–1990. године можемо закључити да се она углавном користи за осветљење школских просторија и припрему санитарне топле воде (код 60% објеката). Употреба електричне енергије за добијање топлотне енергије је занемарљива, док за потребе климатизације просторија је веома мала (мање од 15%).

Electrical systems and electric energy consumption

The structure of electricity consumption of schools built in the period 1971-1990 is characterized by the following: electricity is rarely used to generate heat energy (less than 5% of schools); more than 60% of schools use electricity for the preparation of domestic hot water; more than 85% of buildings have no type of air conditioning.

Графикон 4.Ц.Е.1 Типови осветљења и заступљеност у школским зградама изграђеним у периоду 1971–1990. године

- LED
- штедљиве сијалице CFL
- сијалице са ужареном нити incandescent
- флуо цеви fluorescent



- 1 цела зграда whole building
- 2 највећи део зграде major part of the building
- 3 мањи део зграде minor part of the building

Школске зграде изграђене у периоду 1971–1990. године у највећој мери користе флуо цеви као извор вештачког осветљења. Такође, у великом броју школа је и даље у употреби инкадесценто осветљење, док су штедљиве сијалице и ЛЕД расвета заступљене у мањој мери и ограничене на мање делове зграде.

Просечан број сати рада вештачког осветљења школа овог периода је приказан на слици 4.Ц.Е.2. У највећем броју школа (39%) вештачко осветљење се користи 3–6 сати дневно. Такође је знатан и број школа које користе вештачко осветљење и више од девет сати. Закључујемо да се у просечној школи изграђеној у поменутом периоду вештачко осветљење користи 5–6 сати у току дана.

Графикон 4.Ц.Е.2. Време коришћења вештачког осветљења у школама изграђеним у периоду 1971-1990. године

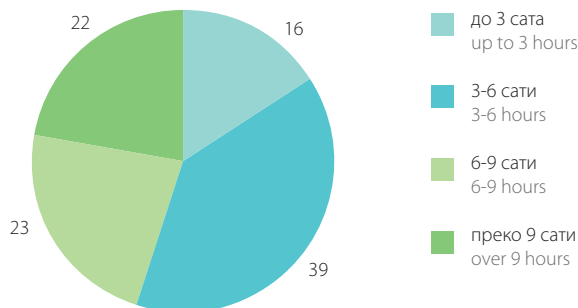


Figure 4.C.E.1 Distribution of types of lighting in schools built in the period 1971-1990

The figure shows that fluorescent lamps are the dominant type of lighting in schools of this period. In addition, incandescent lighting can also be found in the schools of this period.

The average number of working hours of artificial lighting is shown in Figure 4.C.E.2. In most schools in this category (39% of the total sample of schools in category C), artificial lighting was used for 3-6 hours a day. Also, the number of schools using artificial lighting for more than 9 hours was significant. It can be concluded that in the average school of this category, artificial lighting is used for approximately 5-6 hours per day.

Figure 4.C.E.2. Working hours of artificial lighting in schools built in the period 1971-1990

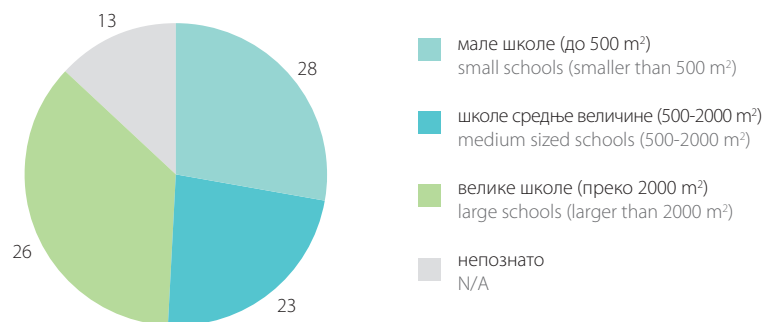
Аутоматска контрола осветљења се веома ретко среће у школама овог периода, док је само на два објекта у оквиру анализираног узорка инсталиран фотонапонски систем.

In schools of this period, automatic lighting control is extremely rare. Also, only the roof of the two schools from the analyzed sample from this category has installed photovoltaic system.

Период после 1991. године

Период започет распадом СФР Југославије карактеришу знатне миграције становништва, углавном на периферију урбаних средина, што је условило изградњу доминантно великих школских зграда. Мале зграде се углавном раде као „тоталне реконструкције“ (поновна изградња у истоветном обиму) док средње (по величини) школе представљају најмање заступљен тип. Приметно смањење броја ученика у централној зони градова, а знатно повећање на периферији доводи до другачијих трендова и потреба за градњом.

Графикон 4.Д.1. Заступљеност броја школских зграда периода после 1991. године према величини [%]



Разуђеност форме школских зграда се у периоду после 1991. смањује услед поновне промене доктрине и начина градње. Моделски развој школских зграда, карактерисан типизираним просторним решењима, више није доминантан принцип и изградња је препуштена појединачној ауторској интерпретацији и индивидуалном архитектонском језику. Зграде су знатних димензија, компактнијег волумена, са промењеним архитектонским изразом који више одговара времену настанка него типу објекта.

Period after 1991

The period that started with the breakdown of the SFR Yugoslavia was marked by significant migrations of the population mainly to the periphery of urban areas, which led to the construction of predominantly large school buildings. Small buildings generally underwent “total reconstruction” (rebuilding in the same form) while medium-sized schools were the least represented type. There was also a noticeable decrease in the number of students in the central city zones and a significant increase in their numbers on the city periphery, which gave rise to trends and construction demands different from those in the earlier periods.

Figure 4.D.1. Distribution of school buildings in the period after 1991 by size [%]

In the period after 1991, the complexity of the school building floor plan was reduced owing to another shift in the doctrine and the construction method. The model development of school buildings characterized by typified spatial solutions was no longer the guiding principle and the building project was entrusted to the individual author’s interpretation and architectural language. The buildings were of significant dimensions and more compact in volume, while their changed architectural expression corresponded more to the time of creation than to the type of structure.

Графикон 4.Д.2. Заступљеност броја школских зграда периода после 1991. године према компактности [%]

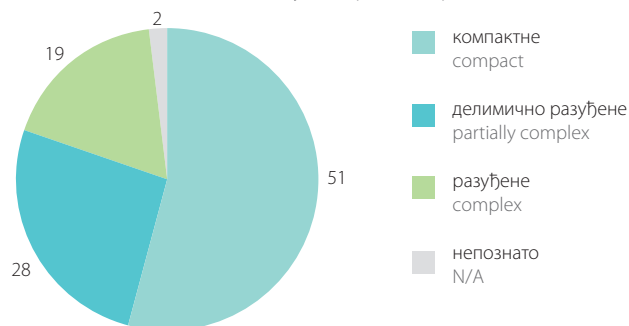


Figure 4.D.2. Distribution of school buildings in the period after 1991 by floor plan compactness [%]

Изградња великих школа релативно мање разуђености остварена је повећаним бројем етажа те се као доминантна издваја троетажна школска зграда. Остале спратности су готово једнако заступљене уз појаву и четвороетажних објеката, што је раније била реткост у градитељској пракси.

The construction of large schools with a relatively less complex floor plan resulted in an increased number of floors so that the three-story school building became predominant. Buildings with other number of floors were almost equally represented, with the emergence of four-story structures, which were previously a rarity in the construction practice.

Графикон 4.Д.3. Заступљеност броја школских зграда периода после 1991. године према спратности [%]

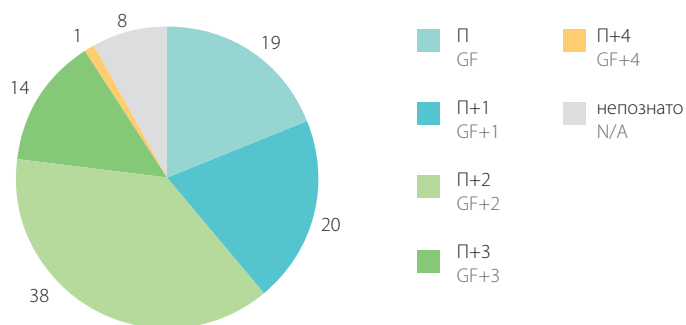


Figure 4.D.3. Distribution of school buildings in the period after 1991 by the number of floors [%]

Напуштање естетског модела модернистичке кубичне форме се наставља и у периоду после 1991. године те највећи број зграда има коси кров. На зградама, на изглед, равних кровова, најчешће се примењују коси кровови малог нагиба сакривени иза назидака. Материјализација крова је разноврсна, а приметна је и активација поткровног простора.

The abandonment of the aesthetic model of the modernist cubic form continued in the period after 1991, so that most of the buildings have a pitched roof. The buildings with seemingly flat roof constructions most often had slightly sloped roofs hidden behind the parapets. The materialization of the roof was varied, and the active use of the attic area was noticeable.

Графикон 4.Д.4. Заступљеност броја школских зграда периода после 1991. године према типу крова [%]

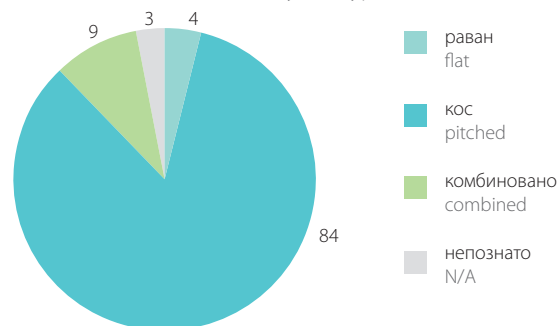


Figure 4.D.4. Distribution of school buildings in the period after 1991 by roof type [%]

Конструктивни склоп зграда изграђених после 1991. је најчешће реализован као армирано-бетонски скелет са различитим зиданим испунама. Примена опеке је и даље најзаступљенија, али се често користе и шупљи блокови, то јест бетонски блокови (бетонска завршна обрада).

The construction system of the buildings built after 1991 was most often realized as a reinforced concrete skeletal construction with various masonry infills. The use of brick still prevailed but hollow clay blocks and concrete blocks (concrete finishing) were also significantly represented.

Графикон 4.Д.5. Заступљеност броја школских зграда периода после 1991. године према материјалу фасадног зида [%]

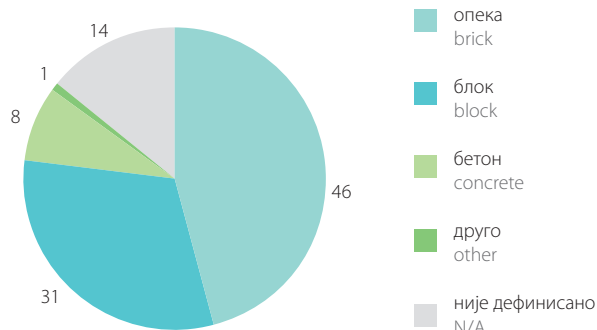


Figure 4.D.5. Distribution of school buildings in the period after 1991 by facade wall material [%]

Промена стилских одлика архитектуре и напуштање доминантног модернистичког речника условили су и промену концепирања фасада школских зграда, односно величина и распореда прозорских отвора те се у периоду после 1991. године поново, у знатној мери, јављају појединачни фасадни отвори мањих површина. Прозорске траке, с обзиром на прописану величину прозорских отвора, и даље се примењују као веома често решење.

The change in the stylistic characteristics of architecture and the abandonment of the dominant modernist expression resulted in a change in the facade design of school buildings. Thus, window sizes and layouts in schools built in the period after 1991 returned significantly to the single facade openings of a smaller surface area. Considering the regulated window-to-wall ratio, window ribbons continued to be chosen as a very common solution.

Графикон 4.Д.6. Заступљеност броја школских зграда периода после 1991. године према типу прозорских отвора [%]

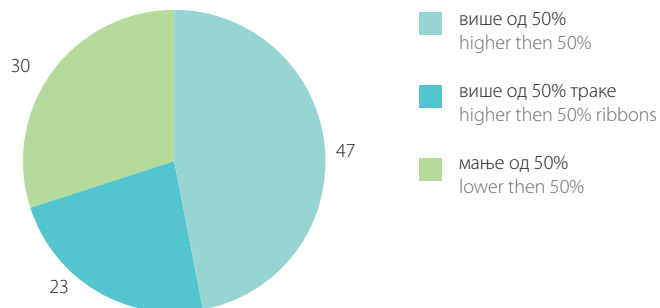


Figure 4.D.6. Distribution of school buildings in the period after 1991 by window-to-wall ratio [%]

У периоду после 1991. године приметна је употреба PVC прозорских профила који, уз дрвене прозоре, представљају доминантан коришћени материјал. Може се рећи да је почетком овог периода преовладала примена дрвених и алуминијумских прозорских оквира, док се данас готово искључиво користе PVC профили.

In the period after 1991, PVC window profiles prevailed with a slightly higher distribution than wood, and these two were the leading materials used for windows. It should be noted that at the beginning of this period, the use of wooden and aluminum window frames was predominant, while PVC profiles are almost exclusively used at present.

Графикон 4.Д.7. Материјал прозора за период после 1991. године [%]

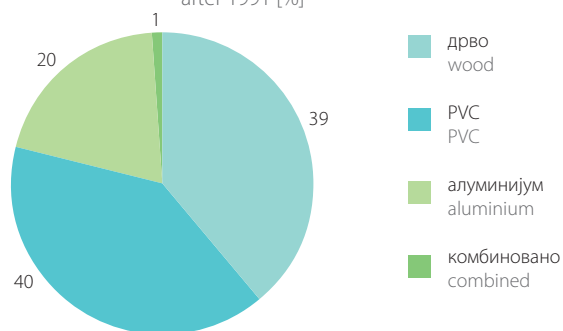


Figure 4.D.7. Window materials for the period after 1991 [%]

Примена термоизолационих материјала у саставу фасадних зидова од свега 50% процената указује да недостаје контрола у примени обавезујућих прописа из области грађевинске физике. Разлог можемо тражити и у већем броју реконструисаних, најчешће мањих, објеката који су рађени у оригиналном конструктивном склопу, уз неопходна конструктивна и техничко-технолошка, али не и термичка унапређења.

The use of thermal insulation materials in the facade wall constructions of only 50% of the school buildings from the period indicates the absence of control in the application of binding regulations in the field of building physics. Another explanation for the data can be found in a large number of mostly small buildings that were reconstructed according to the original construction systems with the necessary constructional and technical-technological improvements, but without enhancing the thermal performance.

Графикон 4.Д.8. Термоизолација фасаде период после 1991. године [%]

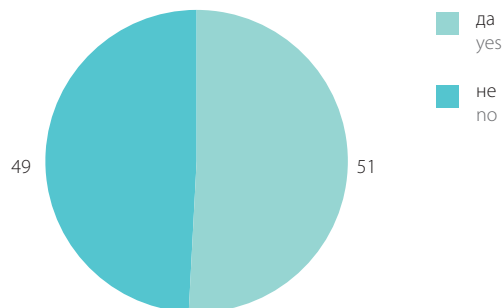


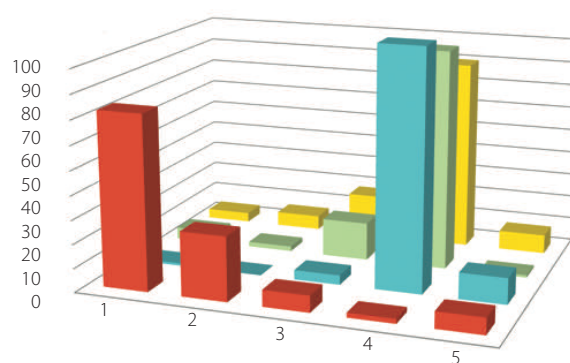
Figure 4.D.8. Thermal insulation for the period after 1991 [%]

Термотехничке инсталације

У периоду после 1991. године опремљеност инсталацијама грејања, вентилације, климатизације и припреме потрошне топле воде је готово идентична као у претходном периоду. (графикон 4.Д.М.1)

Можемо рећи да су скоро све школе опремљене инсталацијама грејања које загревају целу зграду или њен највећи део. Системи вентилације и климатизације, по правилу, нису инсталирани, осим у мањем броју зграда, где су у функцији само локално. Централна припрема санитарне топле воде (ПТВ) је спорадична и доминантна је употреба електричних бојлера инсталираних локално.

Графикон 4.Д.М.1. Заступљеност термотехничких инсталација и припреме ПТВ у школским зградама изграђеним у периоду после 1991. године



- 1 цела зграда whole building
- 2 највећи део зграде major part of the building
- 3 мањи део зграде minor part of the building
- 4 не постоји do not exist
- 5 није дефинисано N/A

HVAC systems

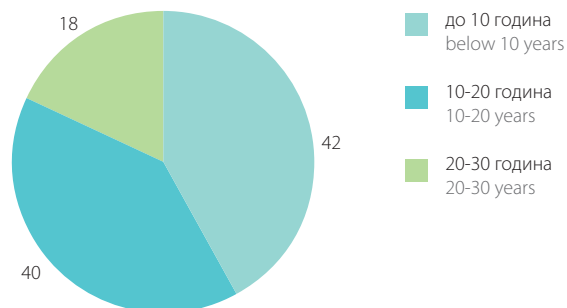
In the schools built after 1991, the application of heating, ventilation, air conditioning and domestic hot water preparation systems was almost identical to that of the previous period (Figure 4.D.M.1).

It can be said that almost all schools had heating systems covering the whole or the largest part of the building area. Generally, there were no ventilation or air conditioning systems installed, except in a small number of school buildings with local AC systems. The systems for centralized domestic hot water (DHW) preparation were rare in schools built in this period, so that local electrical water heaters were mostly used.

Figure 4.D.M.1 Distribution of HVAC and DHW systems in schools built in the period after 1991

Велики број школа (40%) је опремљен инсталацијама система грејања млађим од 10 година те је степен искоришћења енергента знатно бољи него у ранијим периодима.

Графикон 4.Д.М.2. Старост система за грејање у школама за период после 1991. године [%]



The significant percentage of the schools built after 1991 (40%) were equipped with systems that were not more than 10 years old, so it can be said that the efficiency of the installed heating systems was significantly higher than in the previous periods.

Figure 4.D.M.2. Age of heating systems in schools built after 1991 [%]

У периоду после 1991. године најзаступљенији је централни систем грејања са сопственом котларницом, а потом систем локалног грејања. (Графикон 4.Д.М.3)

Дрво је и даље доминантни енергент у употреби, а потом природни гас. Анализом везе система грејања и типа енергента уочавамо да се у системима централног грејања користе различита горива: дрво, природни гас, течна горива, електрична енергија и угаљ, док је у системима локалног грејања основни енергент дрво. (Графикон 4.Д.М.4)

Most schools built in this period had a centralized heating system with its own boiler, followed by local heating (Figure 4.D.M.3).

Wood was still the predominant heating energy source, followed by natural gas. The relationship between the heating system and the main energy source indicates that the centralized systems used a variety of fuels: wood, natural gas, liquid fuels, electricity and coal. The local heating system was mainly wood-fired (Figure 4.D.M.4).

Графикон 4.Д.М.3. Системи грејања у школама за период после 1991. године [%]

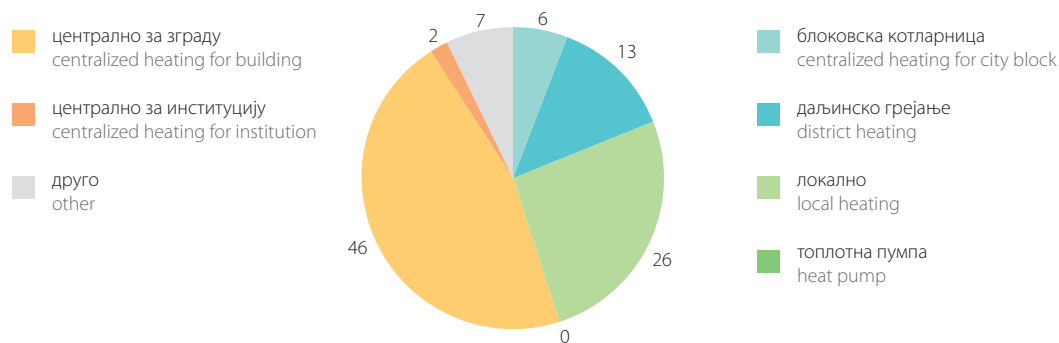


Figure 4.D.M.3 Distribution of heating systems in schools built after 1991 [%]

Графикон 4.Д.М.4 Заступљеност основног енергента за грејање у школама за период после 1991. године [%]

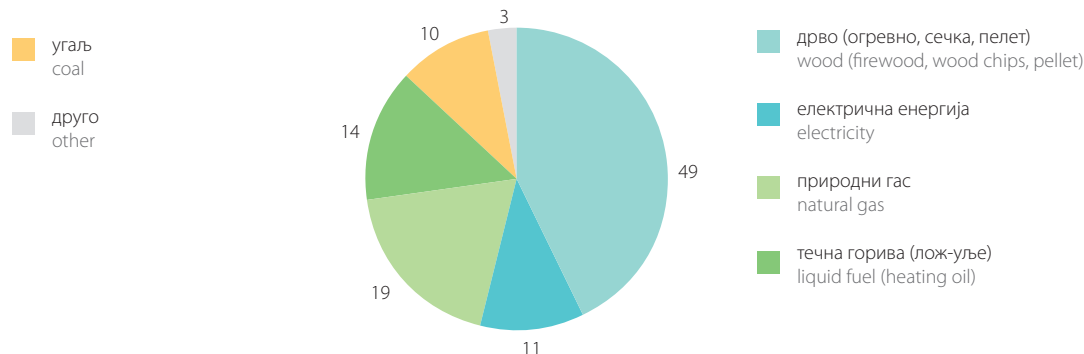


Figure 4.D.M.4 Distribution of heating energy sources in schools built after 1991 [%]

Корисници су најзадовољнији централним грејањем (без обзира да ли потиче из сопствене котларнице или из система даљинског грејања) а најмање локалним системом грејања. (Графикон 4.Д.М.5)

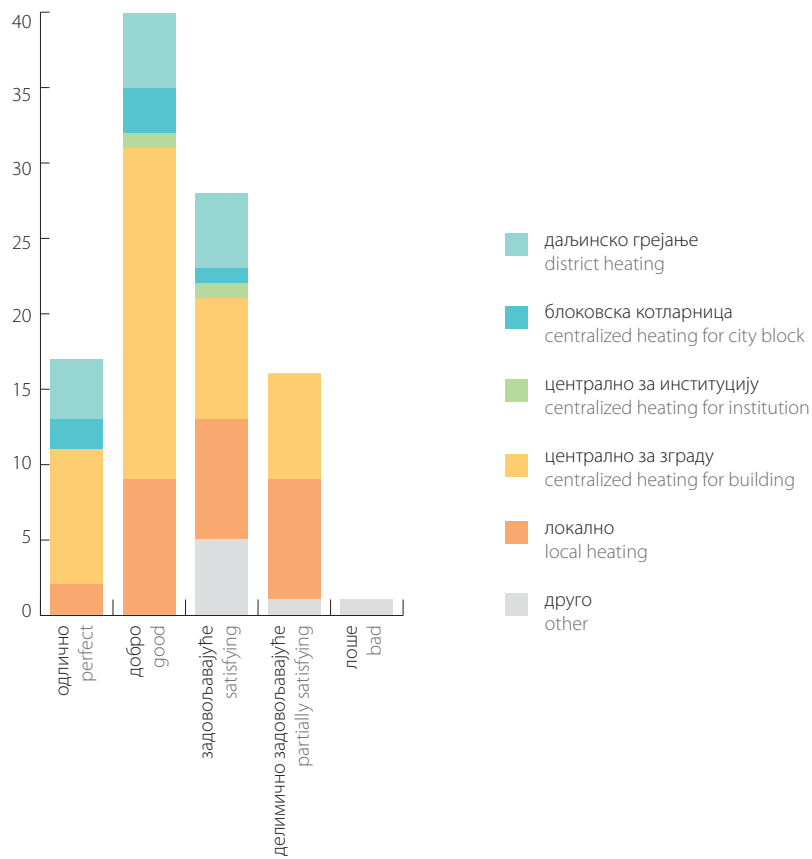
Природни гас је енергент којим су корисници најзадовољнији, узимајући у обзир релацију квалитет грејања – коришћени енергент, док су течним горивима и дрветом корисници најмање задовољни. (Графикон 4.Д.М.6)

The greatest user satisfaction with the heating quality was found in the centralized heating system with its own boiler or connected to district heating, while the users were least satisfied with local heating (Figure 4.D.M.5).

Considering the correlation between the main energy source and the evaluation of heating quality, the users were most satisfied with natural gas and least satisfied with the use of liquid fuels and wood (Figure 4.D.M.6).

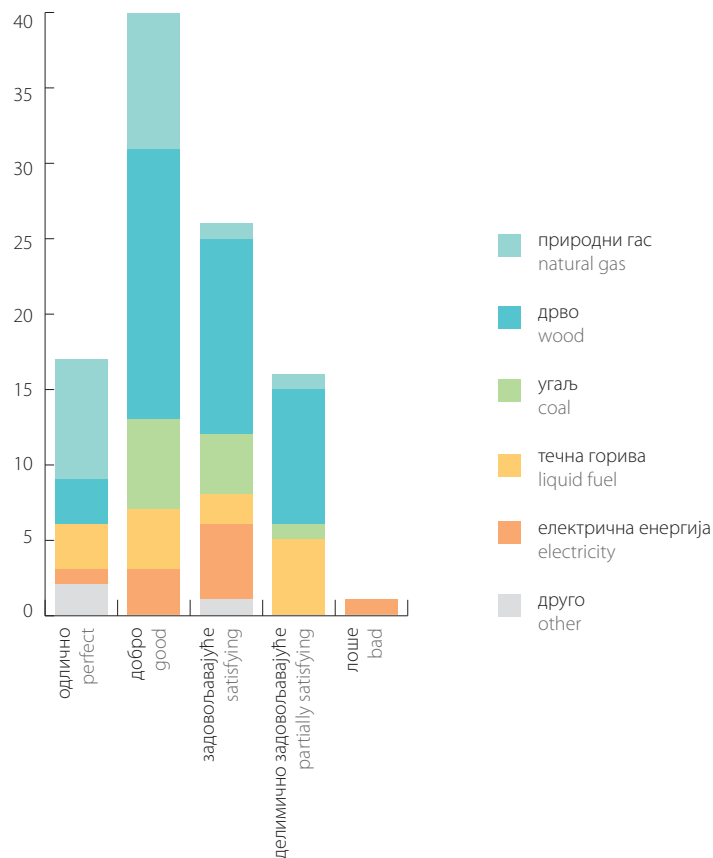
Графикон 4.Д.М.5 Корелација између система грејања и оцене корисника о квалитету грејања у школама за период после 1991. године

Figure 4.D.M.5 Correlation between the heating system and the evaluation of quality of heating in schools built after 1991



Графикон 4.Д.М.6 Корелација између основног енергента за грејање и оцене корисника о квалитету грејања у школама за период после 1991. године

Figure 4.D.M.6 Correlation between the main energy source for heating and the evaluation of heating quality in schools built after 1991



Електроенергетске инсталације

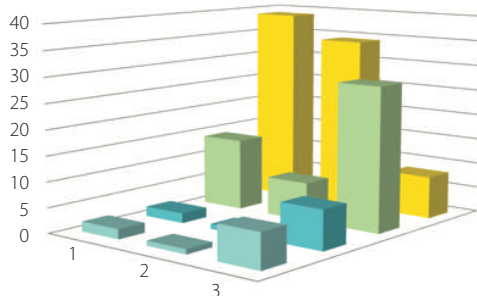
Анализом структуре потрошње електричне енергије школских зграда изграђених у поменутом периоду можемо закључити да се она углавном користи за осветљење школских просторија и припрему санитарне топле воде (код 60% објеката). Употреба електричне енергије за добијање топлотне енергије је примењена у тек 10% зграда, а за потребе климатизације просторија релативно је мала (мање од 20%).

Electrical systems and electric energy consumption

The structure of electricity consumption of schools of this period is characterized by the following: electricity is rarely used to generate heat energy (less than 10% of schools); more than 60% of schools use electricity for the preparation of domestic hot water; more than 80% of buildings have no type of air conditioning.

Графикон 4.Д.Е.1 Типови осветљења и заступљеност у школским зградама изграђеним у периоду после 1991. године

- LED
- штедљиве сијалице CFL
- сијалице са ужареном нити incandescent
- флуо цеви fluorescent

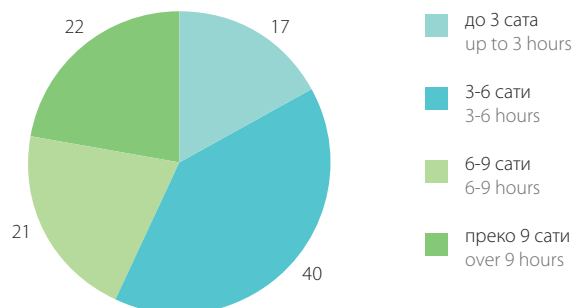


- 1 цела зграда
whole building
- 2 највећи део зграде
major part of the building
- 3 мањи део зграде
minor part of the building

За школске зграде изграђене у периоду после 1991. године можемо рећи да у највећој мери користе флуо цеви као извор вештачког осветљења. Такође, у знатном броју школа је и даље у употреби инкадесценто осветљење, али је приметан и тренд повећане употребе штедљивих сијалица и LED расвете. Просечан број сати рада вештачког осветљења приказан је на Графикону 4.Д.Е.2. У највећем броју школа из ове категорије (40%) вештачко осветљење се користи 3–6 сати дневно. Такође је велики и број школа које користе вештачко осветљење и више од девет сати. Може се закључити да се у просечној школи из ове категорије вештачко осветљење користи 5–6 сати у току дана.

The figure shows that fluorescent lighting is predominant in these schools, while the increase in use of highly efficient LED lighting is also noticeable. The average number of working hours of artificial lighting is shown in Figure 4.D.E.2. In most schools in this category (40% of the total sample of schools in category D), artificial lighting was used for 3-6 hours per day. Also, the number of schools using artificial lighting for more than 9 hours was significant. It can be concluded that in the average school of this category artificial lighting is used for approximately 5-6 hours per day.

Слика 4.Д.Е.2. Време коришћења вештачког осветљења у школама изграђеним у периоду после 1991. године



У школама периода после 1991. године изузетно ретко је у употреби аутоматска контрола осветљења. На анализираном узорку није забележена инсталација фотонапонских система.

In schools built after 1991, automatic lighting control is extremely rare. There were no photovoltaic systems installed in any of the schools from the analyzed period.

5. ПОБОЉШАЊЕ ЕНЕРГЕТСКЕ ЕФИКАСНОСТИ И СМАЊЕЊЕ ЕМИСИЈЕ CO₂ УНАПРЕЂЕЊЕМ ШКОЛСКИХ ЗГРАДА

Побољшање енергетске ефикасности у складу са важећом регулативом огледа се у смањењу потребне енергије за грејање уз постизање законски дефинисаних услова комфора. По тренутно важећој регулативи¹⁷ у Србији се сертификација зграда ради само на основу потребне енергије за грејање, док се остали облици потребне енергије, који су заступљени у зградама, не обрачунавају. Међутим, како је за сваку одабрану зграду која представља реални репрезент моделске зграде, у претходним табелама, дефинисано више начина унапређења и то кроз интервенције на карактеристикама:

- термички омотача
- термотехнички системи и
- електроенергетски системи,

то су сви видови енергије која се троши у зградама узети у обзир. Такође, као веома значајно мерило унапређења квалитета зграде су и прорачунате емисије угљен-диоксида будући да се овај параметар у стручној литератури све чешће користи као мерило вредности грађевинског фонда (Игњатовић, Ђуковић Игњатовић, Јовановић Поповић, 2017). Разматран је и утицај смањења емисије угљен-диоксида применом обновљивих извора енергије у Србији (Божић, Цветковић, Живковић, 2015). Емисија угљен-диоксида ограничена је за сваку земљу понаособ са прописаним роковима за смањење ове емисије међународним споразумима.¹⁸

При прорачунима су коришћене карактеристике одабраних репрезентата у пројектованом, то јест,

¹⁷ Правилник о енергетској ефикасности зграда (Сл. гласник РС, бр.61/2011)

¹⁸ Кјото протокол је усвојен у Кјоту, Јапан 1997. године. Протокол обавезује индустријализоване земље да стабилизују емисију гасова са ефектом стаклене баште на основу начела Конвенције. Србија је ратификовала Протокол у јануару 2008. године.
http://unfccc.int/kyoto_protocol/items/2830.php

5. INCREASING ENERGY EFFICIENCY AND REDUCING CO₂ EMISSIONS BY IMPROVING SCHOOL BUILDINGS

In accordance with the current regulations, the improvements in energy efficiency are reflected in the reductions of the energy required for heating while satisfying legally defined comfort conditions. According to the current regulations in Serbia,¹⁷ the certification of buildings is only done upon the energy needed for heating, while the other energy requirements in buildings are not calculated. However, for each selected real building that corresponded to the model building, several improvement methods were defined in the tables above through interventions on the characteristics of the:

- thermal envelope,
- HVAC and DHW systems, and
- electrical power and energy systems,

so that all aspects of energy consumption in buildings were considered. Additionally, carbon dioxide emissions were also calculated as a very important performance enhancement since this parameter has been increasingly used in the professional literature as a measure of evaluating the building stock (Ignjatović, Ćuković Ignjatović, Jovanović Popović, 2017). The impact of carbon dioxide emission reductions using renewable energy sources in Serbia has also been discussed (Božić, Cvetković, Živković, 2015). Carbon dioxide emissions are limited for each country by international agreements, with the deadlines prescribed for their reduction.¹⁸

The characteristics of the selected representatives in the designed, i.e. original condition and of the three levels of improvements were considered in the calculations. However, for the calculations of the total energy consumption, the number and the area of school buildings

¹⁷ The Rulebook on Energy Efficiency of Buildings (Official Gazette of the RS, No. 61/2011)

¹⁸ The Kyoto Protocol was adopted in Kyoto, Japan in 1997. The Protocol obliges industrialized countries to stabilize greenhouse gas emissions based on the principle of the Convention. Serbia ratified the Protocol in January 2008.
http://unfccc.int/kyoto_protocol/items/2830.php

оригиналном стању у периоду настанка и кроз три сценарија унапређења. Међутим, за прорачуне укупне енергије, вршене да би се проценило стање на нивоу Србије, коришћене су површине и број школских зграда добијене методом кластер анализе¹⁹. Методологија прорачуна у складу је са тренутном регулативом, мада се за добијање прецизнијих података могу користити и детаљне симулације. Поред конвенционалних метода прорачуна које узимају у обзир све детаљне карактеристике зграда и система, могу се применити и модели који примењују методе вештачке интелигенције, али захтевају велику количину мерених улазних и излазних величина (Јовановић, Сретеновић, Живковић, 2015, 2016; Јовановић, Сретеновић, 2015).

У Табели 5.1. дате су израчунате вредности годишње потребне, испоручене и примарне енергије за грејање и припрему СТВ у типичним школама, а проширене на све школе у Србији и груписане по кластерима у постојећем стању. Постојеће, тј. затечено стање се разликује од пројектованог, зато што многе школе у периоду када су пројектоване нису имале инсталисане системе припреме санитарне топле воде. Систем за грејање и коришћени енергент нису узети према карактеристикама типске школе у кластеру, већ су одређени за доминантна три система за грејање, који су добијени обрадом анкета о инсталисаном систему и коришћеном основном енергенту за сваки кластер. Наравно, добијени резултати дају превелике вредности, јер примењена методологија прорачуна према „Правилнику о енергетској ефикасности зграда“ не узима у обзир да се не греје целокупна површина школа, да постоји прекид у загревању (ноћу, викендом, празницима, током зимског распуста). Укупна потребна примарна енергија је мања од финалне енергије због великог удела дрвета као енергента, који има веома мали коефицијент трансформације финалне у примарну енергију.

were obtained by cluster analysis in order to provide estimate data for entire Serbia.¹⁹The methodology of the calculation complied with the current regulations, although detailed simulations can be used to obtain data that are more precise. In addition to conventional calculation methods that take into account all the detailed characteristics of buildings and systems, models that utilize artificial intelligence methods can be applied, but they require a large amount of the measured input and output values (Jovanović, Sretenović, Živković, 2015, 2016; Jovanović, Sretenović, 2015).

Table 5.1 shows the calculations for the annual required, delivered and primary energy used for heating and DHW in typical schools for the existing condition. The results were extended to all schools in Serbia by clustering. The existing and the design conditions differed, as most of the schools were not equipped with DHW systems when they were designed. The installed heating system and the energy source were not taken for the typical school in cluster. Instead, they were defined for the three predominant heating systems, the information about which was obtained by processing the results of the conducted survey on the HVAC systems installed and energy source used, for each cluster. Certainly, the results show excessively large values since the applied calculation methodology based on the Rulebook on Energy Efficiency of Buildings, did not consider the fact that not entire building was heated and that there were interruptions in heating (at night, during weekends, national holidays, or winter vacations). The total required primary energy was lower than the final energy due to the large share of wood used as a fuel with a small primary energy factor.

¹⁹ Детаљно објашњење статистичког метода кластер анализе спроведеног на предметном узорку зграда налази се у: Књига 1 *Зраде школских и предшколских установа – методолошки оквир формирања типологије и побољшања енергетске ефикасности*

¹⁹ A detailed explanation of the statistical method of cluster analysis used on the building sample can be found in Book 1 *School and Kindergarten Buildings – A methodological framework for the formation of typology and the improvement of energy efficiency*

Општа напомена:

У свим табелама бројеви су приказани у складу са правилима српског језика.

General remark:

In all tables numbers are presented according with serbian language rules.

Табела 5.1. Укупно потребна, испоручена и примарна енергија, као и CO₂ емисија свих школа у Србији по кластерима за постојеће стање.

Table 5.1. Total required, delivered, and primary energy with CO₂ emissions for all schools in Serbia by clusters for the existing condition

кластер cluster	број школа number of schools	укупна нето површина школа total net area	укупна потребна енергија за грејање (Q _{hmd}) total heating energy required (Q _{hmd})	укупна потребна енергија за ЦТВ (Q _{stv}) total DHW energy required (Q _{stv})	укупна испоручена енергија (финална) total delivered energy (final)	укупна примарна енергија total primary energy	укупна емисија CO ₂ total CO ₂ emission
		[m ²]	[GWh/a]	[GWh/a]	[GWh/a]	[GWh/a]	[t CO ₂ /a]
A1	596	98.340	30,80	0,98	60,30	12,21	3.768
A2	300	217.350	54,27	2,17	83,59	42,29	10.827
A3	242	555.148	131,63	5,55	169,28	201,07	51.353
B1	664	67.728	19,80	0,68	40,36	7,78	2.722
B2	449	390.630	74,88	3,91	131,09	50,53	17.980
B3	538	1.295.504	255,73	12,96	331,41	396,06	102.159
C1	337	64.367	20,48	0,64	39,27	8,65	2.590
C2	274	352.912	108,20	3,53	146,05	94,61	25.409
C3	413	1.287.321	247,04	12,87	329,26	279,24	76.310
D3	77	405.790	16,84	4,06	26,39	24,86	8.688
УКУПНО TOTAL	3.890	4.735.090	959,67	47,35	1.357,00	1.117,30	301.806

У Табели 5.2. приказана је укупно потребна, испоручена и примарна енергија, као и емисија угљендиоксида свих школа у Србији по кластерима за сценарио унапређења 1, које обухвата архитектонско-грађевинске и мере обнове термотехничких система. У унапређењу 1 су предвиђени само радови на побољшању термичког омотача зграде, док је задржан исти тип грејања и непромењени основни енергент. Наравно, ни за унапређење 1 прорачуни нису рађени рачунајући систем грејања и енергент према типској школи у кластеру, већ су одређени за три најчешће примењена система за грејање који су добијени обрадом анкета о инсталисаном систему и коришћеном основном енергенту за сваки кластер.

Table 5.2 shows the total required, delivered and primary energy with CO₂ emissions for all schools in Serbia by clusters for architectural and HVAC Improvement 1. This improvement proposes only the increase in the thermal insulation of the envelope while the same heating system and energy source are maintained. As in the calculations above, the required calculations for Improvement 1 were not performed for the heating system design typical for the cluster but they were specified for the three most often used heating systems. This information was obtained in the analysis of the conducted survey on the HVAC system installed and the energy source used, for each cluster.

Табела 5.2. Укупно потребна, испоручена и примарна енергија, као и емисија угљен-диоксида свих школа у Србији по кластерима за архитектонско-грађевинско и термотехничко унапређење 1

 Table 5.2. Total required, delivered, and primary energy with CO₂ emissions for all schools in Serbia by clusters for architectural and HVAC Improvement 1

кластер cluster	број škola number of schools	укупна нето површина школа total net area	укупна потребна енергија за грејање (Q _{hnd}) total heating energy required (Q _{hnd})	укупна потребна енергија за СТВ (Q _{stv}) total DHW energy required (Q _{stv})	укупна испоручена енергија (финална) total delivered energy (final)	укупна примарна енергија total primary energy	укупна емисија CO ₂ total CO ₂ emission
		[m ²]	[GWh/a]	[GWh/a]	[GWh/a]	[GWh/a]	[t CO ₂ /a]
A1	596	98.340	16,88	0,98	33,52	7,90	2.704
A2	300	217.350	33,78	2,17	52,91	28,54	7.918
A3	242	555.148	97,37	5,55	126,80	152,67	40.067
B1	664	67.728	12,20	0,68	25,15	5,50	2.051
B2	449	390.630	48,44	3,91	86,29	36,43	13.613
B3	538	1.295.504	176,71	12,96	233,35	284,53	76.346
C1	337	64.367	11,86	0,64	23,04	5,74	1.889
C2	274	352.912	65,11	3,53	89,41	60,74	17.311
C3	413	1.287.321	166,84	12,87	226,90	199,92	57.544
D3	77	405.790	15,01	4,06	24,01	23,36	8.378
УКУПНО TOTAL	3.890	4.735.090	644,19	47,35	921,37	805,33	227.822

Сценарио унапређења 2 обухвата врло обимну обнову термичког омотача зграде у односу на постојеће стање, што се може видети из односа потребних енергија за грејање ($361,98/959,67 = 0,38$) и коришћење биомасе (односно пелета у школама мање површине и дрвне сечке у средњим и великим школским зградама) за грејање, осим када у школи постоји инсталирано централно грејање са гасним котлом или је школа повезана на систем даљинског грејања при чему је у топлани природни гас основно гориво. Рачунске вредности различитих облика потребне енергије за грејање школе и припрему СТВ, као и емисије угљен-диоксида, приказане су у Табели 5.3. по кластерима и укупно за све школе у Србији.

Improvement 2 involves significant thermal insulation refurbishments in comparison to the existing condition, which is evident from the ratio of the energy required for heating ($361.98/959.67 = 0.38$). It also includes using biomass (wood pellet in smaller schools and wood chips in medium-sized and large school buildings) for heating, except for the schools connected to the district heating system in case that the heat plant uses natural gas as the energy source. The calculated values for different types of energy used for heating and DHW with CO₂ emissions, by clusters and as total for all schools in Serbia, are shown in Table 5.3.

Табела 5.3. Укупно потребна, испоручена и примарна енергија, као и емисија угљен-диоксида свих школа у Србији по кластерима за архитектонско-грађевинско и термотехничко унапређење 2

 Table 5.3. Total required, delivered, and primary energy with CO₂ emissions for all schools in Serbia by clusters for architectural and HVAC Improvement 2

кластер cluster	број школа number of schools	укупна нето површина школа total net area	укупна потребна енергија за грејање (Q _{hnd}) total heating energy required (Q _{hnd})	укупна потребна енергија за СТВ (Q _{stv}) total DHW energy required (Q _{stv})	укупна испоручена енергија (финална) total delivered energy (final)	укупна примарна енергија total primary energy	укупна емисија CO ₂ total CO ₂ emission
		[m ²]	[GWh/a]	[GWh/a]	[GWh/a]	[GWh/a]	[t CO ₂ /a]
A1	596	98.340	11,99	0,98	15,22	4,08	1.810
A2	300	217.350	21,54	2,17	27,78	8,44	3.837
A3	242	555.148	53,52	5,55	77,84	94,06	23.781
B1	664	67.728	7,04	0,68	9,04	2,67	1.206
B2	449	390.630	27,54	3,91	41,19	51,25	13.746
B3	538	1.295.504	85,89	12,96	129,32	161,93	43.983
C1	337	64.367	7,77	0,64	9,87	2,66	1.182
C2	274	352.912	32,43	3,53	41,69	51,23	13.404
C3	413	1.287.321	99,25	12,87	131,12	46,64	21.788
D3	77	405.790	15,01	4,06	24,55	33,17	10.267
УКУПНО TOTAL	3.890	4.735.090	361,98	47,35	507,62	456,12	135.005

Слично је урађено и за сценарио унапређења 3, с тим што је с аспекта термотехничких инсталација извршена замена свих постојећих извора топлоте и прешло се на коришћење топлотних пумпи ваздух/вода (Табела 5.4.).

A similar procedure was performed for Improvement 3, while in all HVAC systems the existing energy source was replaced with air to water heat pump (Table 5.4).

Табела 5.4. Укупно потребна, испоручена и примарна енергија, као и емисија угљен-диоксида свих школа у Србији по кластерима за архитектонско-грађевинско и термотехничко унапређење 3

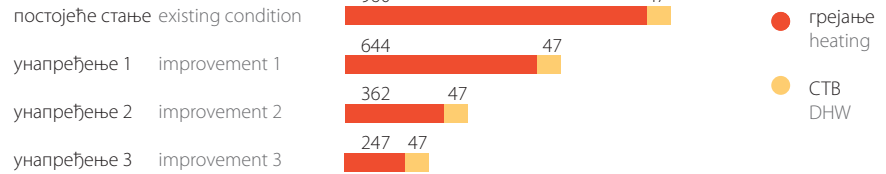
 Table 5.4. Total required, delivered, and primary energy with CO₂ emissions for all schools in Serbia by clusters for architectural and HVAC Improvement 3

кластер cluster	број škola number of schools	укупна нето површина школа total net area	укупна потребна енергија за грејање (Q _{hnd}) total heating energy required (Q _{hnd})	укупна потребна енергија за СТВ (Q _{stv}) total DHW energy required (Q _{stv})	укупна испоручена енергија (финална) total delivered energy (final)	укупна примарна енергија total primary energy	укупна емисија CO ₂ total CO ₂ emission
		[m ²]	[GWh/a]	[GWh/a]	[GWh/a]	[GWh/a]	[t CO ₂ /a]
A1	596	98.340	7,87	0,98	3,07	7,68	4.070
A2	300	217.350	14,98	2,17	5,95	14,88	7.887
A3	242	555.148	38,75	5,55	15,38	38,44	20.374
B1	664	67.728	4,40	0,68	1,76	4,40	2.333
B2	449	390.630	17,62	3,91	7,47	18,68	9.899
B3	538	1.295.504	56,35	12,96	24,06	60,14	31.876
C1	337	64.367	5,17	0,64	2,02	5,04	2.673
C2	274	352.912	21,53	3,53	8,70	21,74	11.524
C3	413	1.287.321	64,88	12,87	26,99	67,47	35.760
D3	77	405.790	15,01	4,06	6,62	16,55	8.772
УКУПНО TOTAL	3.890	4.735.090	246,55	47,35	102,01	255,03	135.168

Као што се види из претходних табела као и на Графику 5.1, ако се потребна енергија за грејање свих школа у Србији у постојећем стању означи са 100%, сценариом унапређења 1 може се постићи уштеда од 33%. Даљим побољшањем термичког омотача школа те уштеде могу достићи 62% за унапређење 2, то јест 74% за унапређење 3. Ако се посматра укупно потребна енергија за грејање свих школа и припрему СТВ у њима, онда су могуће уштеде нешто мање: 31% за унапређење 1, 59% за унапређење 2 и 71% за највиши ниво предвиђене термичке заштите.

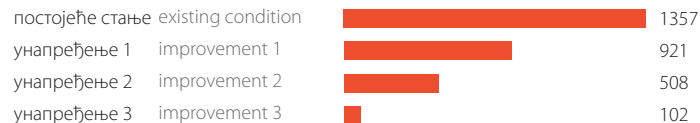
As it can be seen from the data presented in the tables above and in Figure 5.1, if the energy required for heating for all schools in Serbia is represented as 100%, savings of 33% can be achieved by the application of Improvement 1. With further thermal insulation refurbishment, these savings can reach 62% for Improvement 2 and 74% for Improvement 3. If the total energy required for heating and DHW preparation for all schools is analyzed, the potential savings are somewhat lower: 31% for Improvement 1, 59% for Improvement 2, and 71% for the highest level of thermal envelope refurbishment.

Графикон 5.1. Потребна енергија за грејање и припрему СТВ [GWh/a]



Укупна финална (испоручена) енергија за грејање и припрему СТВ у свим школама у Србији, поред мера унапређења термичког омотача, узима у обзир и карактеристике термотехничких система у школама (Графикон 5.2) као свеобухватнијег сета расположивих мера унапређења енергетске ефикасности у енергетици и зградарству, у циљу очувања животне средине (Живковић, Јанкес, Новаковић, 2013). Ако се постојећа годишња количина финалне енергије означи са 100%, онда се унапређењем 1 може постићи уштеда од 32%, унапређењем 2 од 63%, а унапређењем 3 чак 92%, јер се прелази на грејање топлотним пумпама чији су компресори покретани електромоторима.

Графикон 5.2. Финална енергија за грејање и припрему СТВ [GWh/a]



Однос примарне енергије за грејање и припрему СТВ за постојеће стање и анализираних сценарија унапређења (Графикон 5.3) показује нешто другачије, умереније уштеде (нарочито за унапређење 3) с обзиром на велику вредност коефицијента трансформације финалне електричне енергије у примарну енергију, као последице великог удела термоелектрана на лигнит у укупној производњи електричне енергије у Србији.

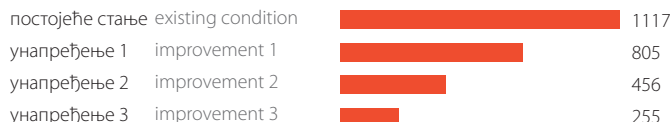
Figure 5.1. Energy required for heating and DHW [GWh/a]

Besides improvements of the thermal envelope, the total final (delivered) energy for heating and DHW for all schools in Serbia also included the characteristics of HVAC systems in schools (Figure 5.2), as a more comprehensive set of available measures to improve energy efficiency from the aspects of energetics and building construction, as well as environment protection (Živković, Janke, Novaković, 2013). If the existing annual final energy consumption is represented as 100%, savings of 32% can be achieved with Improvement 1, 63% with Improvement 2, and as much as 92% with improvement 3 since the heat pump with electrically driven compressors is proposed for heating.

Figure 5.2. Final energy for heating and DHW [GWh/a]

The comparison between the existing condition of primary energy for heating and DHW preparation and the proposed improvements (Figure 5.3) shows slightly different, more moderate savings (especially for Improvement 3), considering the significantly high value of the primary energy factor resulting from the high share of lignite thermal power plants in the power supply system in Serbia.

Графикон 5.3. Примарна енергија за грејање и припрему СТВ [GWh/a]



Претходно је наведено да се у сценарију унапређења 3 користи електрична енергија за погон топлотних пумпи ваздух/вода. То је главни разлог зашто би емисија угљен-диоксида била приближно једнака у варијантама унапређења 2 и 3 (Графикон 5.4), имајући у виду да је потрошња финалне енергије за унапређење 2 скоро пет пута већа него за унапређење 3, а потрошња примарне енергије скоро два пута већа.

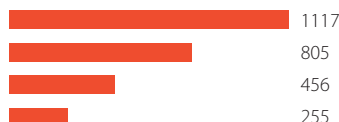
Графикон 5.4. Емисија угљен-диоксида [t CO₂/a]



Слична анализа могућа је и за добијене резултате унапређења електроенергетских система. Прерачунате су потребне примарне енергије, као и могућа уштеда емисије угљен-диоксида за сва три модела унапређења. У Табели 5.5. израчунате су вредности годишње потребне, испоручене и примарне енергије за осветљење у типичним школама проширене на све школе у Србији, груписане по кластерима.

Врло је битно напоменути да унапређење енергетске ефикасности осветљења подразумева, у највећем броју школа, инсталацију нових светиљки, што је прилика да се унапреди квалитет осветљења и прилагоди стандардима за просторије одређене намене у овим објектима. Имајући то у виду, унапређење енергетске ефикасности треба једновремено посматрати и са унапређењем квалитета осветљења. Из тог разлога, за одређене школске објекте, са слабом вештачком осветљеношћу, ефекат унапређења енергетске

Figure 5.3. Primary energy for heating and DHW [GWh/a]



It has been previously mentioned that for Improvement 3, electricity is used as energy source for air to water heat pumps. This is the main reason why CO₂ emissions are approximately the same in both Improvements 2 and 3 (Figure 5.4), although the final energy consumption for Improvement 2 is nearly five times as high as in Improvement 3, while the primary energy consumption is almost double.

Figure 5.4. CO₂ emissions [t CO₂/a]



A similar analysis is possible for the improvements of the electric power systems. Calculations were performed for the required and primary energy, as well as for potential CO₂ reductions for all three models of improvement. Table 5.5 shows the values for the annual required energy and primary energy used for lighting in typical schools extended to all schools in Serbia by clustering.

It is important to note that the improvement of energy efficiency of lighting implies, in the majority of facilities in school institutions, the installation of new lamps, which is an opportunity to improve the quality of lighting and to adapt it to the standards for premises of a specific purpose in these facilities. Bearing this in mind, the improvement of energy efficiency should be considered at the same time with the improvement of the quality of lighting. For this reason, for certain buildings with low artificial illumination, the effect of improving energy efficiency in absolute terms will not give the expected

ефикасности у апсолутном смислу неће дати очекивано смањење потрошње електричне енергије, али ће обезбедити бољи квалитет осветљења.

reduction in electricity consumption but will provide better lighting quality.

Табела 5.5. Укупно потребна, испоручена и примарна енергија, као и емисија угљен-диоксида свих школа у Србији по кластерима за постојеће стање система осветљења

Table 5.5. Total required and primary energy and CO₂ emissions for all schools in Serbia by clusters for the existing condition of lighting system

кластер cluster	број школа number of schools	укупна нето површина школа total net area	укупна потребна енергија за осветљење total energy required for lighting	укупна примарна енергија total primary energy	укупна емисија CO ₂ total CO ₂ emission
		[m ²]	[GWh/a]	[GWh/a]	[t CO ₂ /a]
A1	596	98.340	0,39	1,31	431,9
A2	300	217.350	1,07	3,53	1.161,7
A3	242	555.148	1,49	4,94	1.625,9
B1	664	67.728	0,14	0,46	153,2
B2	449	390.630	2,28	7,55	2.482,2
B3	538	1.295.504	6,38	21,06	6.923,8
C1	337	64.367	0,54	1,79	588,9
C2	274	352.912	3,47	11,61	3.772,1
C3	413	1.287.321	12,68	41,86	13.761,0
D3	77	405.790	1,16	3,82	1.258,3
УКУПНО TOTAL	3.890	4.735.090	29,64	97,98	32.159,0

У Табели 5.6. Приказана је укупно потребна, испоручена и примарна енергија, као и емисија угљен-диоксида свих школа у Србији по кластерима за напредовање 1 електроенергетских система које обухвата замену постојећег система осветљења LED осветљењем.

Table 5.6 provides data for the total required and primary energy, as well as CO₂ emissions for all schools in Serbia by clusters for Improvement 1 of electric power systems, which includes the replacement of the existing lighting system with LED lighting.

Табела 5.6. Укупно финална и примарна енергија, као и емисија угљен-диоксида свих школа у Србији по кластерима за унапређење 1 система осветљења

Table 5.6. Total required and primary energy and CO₂ emissions for all schools in Serbia by clusters for Improvement 1 of lighting system

кластер cluster	број škola number of schools	укупна нето површина школа total net area	укупна потребна енергија за осветљење total energy required for lighting	укупна примарна енергија total primary energy	укупна емисија CO ₂ total CO ₂ emission
		[m ²]	[GWh/a]	[GWh/a]	[t CO ₂ /a]
A1	596	98.340	0,28	0,92	304,2
A2	300	217.350	0,41	1,36	448,5
A3	242	555.148	1,05	3,48	1145,0
B1	664	67.728	0,05	0,18	59,3
B2	449	390.630	0,88	2,91	958,2
B3	538	1.295.504	2,46	8,13	2.673,5
C1	337	64.367	0,10	0,35	117,6
C2	274	352.912	1,34	4,43	1.456,3
C3	413	1.287.321	4,89	16,16	5.313,3
D3	77	405.790	1,16	3,82	1.258,3
УКУПНО TOTAL	3.890	4.735.090	12,66	41,78	13.734,2

У Табели 5.7. Приказани су резултати за исте врсте енергије, као и емисија угљен-диоксида свих школа у Србији по кластерима за унапређење 2 електроенергетских система. Унапређење 2 обухвата централну контролу укључености осветљења у просторијама. На тај начин, уводи се систем аутоматизације осветљења у школама.

Table 5.7 shows results for the same types of energy and CO₂ emissions for all schools in Serbia by clusters for Improvement 2 of electric power systems, which includes the central control of the lighting involvement on the premises thus introducing an automatic lighting control system in schools.

Табела 5.7. Укупно финална и примарна енергија, као и емисија угљен-диоксида свих школа у Србији по кластерима за унапређење 2 система осветљења

 Table 5.7. Total required and primary energy and CO₂ emissions for all schools in Serbia by clusters for Improvement 2 of lighting system

кластер cluster	број школа number of schools	укупна нето површина школа total net area	укупна потребна енергија за осветљење total energy required for lighting	укупна примарна енергија total primary energy	укупна емисија CO ₂ total CO ₂ emission
		[m ²]	[GWh/a]	[GWh/a]	[t CO ₂ /a]
A1	596	98.340	0,25	0,84	304,1
A2	300	217.350	0,37	1,24	408,9
A3	242	555.148	0,96	3,17	1.042,1
B1	664	67.728	0,05	0,16	54,2
B2	449	390.630	0,80	2,65	874,2
B3	538	1.295.504	2,24	7,41	2.438,0
C1	337	64.367	0,09	0,32	107,2
C2	274	352.912	1,22	4,04	1.328,3
C3	413	1.287.321	4,46	14,74	4.845,5
D3	77	405.790	1,16	3,82	1.258,3
УКУПНО TOTAL	3.890	4.735.090	11,64	38,43	12.660,8

У Табели 5.8. приказана је укупно потребна, испоручена и примарна енергија, као и емисија угљен-диоксида свих школа у Србији по кластерима за унапређење 3 електроенергетских система. Унапређење 3 обухвата даље побољшање система аутоматизације осветљења кроз детекцију присуства људи у просторијама и прилагођавање осветљења у зависности од доба дана.

Table 5.8 provides information on the total required and primary energy, as well as CO₂ emissions for all schools in Serbia by clusters for Improvement 3 of electric power systems. Improvement 3 includes further improvement to the automatic lighting system by detecting the presence of people on the premises and adjusting the lighting according to the time of the day.

Табела 5.8. Укупно финална и примарна енергија, као и емисија угљен-диоксида свих школа у Србији по кластерима за унапређење 3 система осветљења

 Table 5.8. Total required and primary energy and CO₂ emissions for all schools in Serbia by clusters for Improvement 3 of lighting system

кластер cluster	број škola number of schools	укупна нето површина школа total net area	укупна потребна енергија за осветљење total energy required for lighting	укупна примарна енергија total primary energy	укупна емисија CO ₂ total CO ₂ emission
		[m ²]	[GWh/a]	[GWh/a]	[t CO ₂ /a]
A1	596	98.340	0,24	0,80	263,4
A2	300	217.350	0,35	1,18	388,6
A3	242	555.148	0,91	3,01	991,7
B1	664	67.728	0,04	0,15	0,051
B2	449	390.630	0,76	2,52	830,0
B3	538	1.295.504	2,13	7,04	2.315,1
C1	337	64.367	0,09	0,31	102,0
C2	274	352.912	1,16	3,83	1.261,4
C3	413	1.287.321	4,24	14,00	4.601,8
D3	77	405.790	1,16	3,82	1.258,3
УКУПНО TOTAL	3.890	4.735.090	11,12	36,69	12.012,35

Резултати уштеда након примене мера унапређења електроенергетских система приказани су на графикама 5.5, 5.6. и 5.7. У односу на постојеће стање, највећа уштеда електричне енергије неопходне за рад осветљења постиже се већ у првом унапређењу. Разлог за то је замена постојећег система осветљења LED осветљењем које захтева далеко мању енергију од инкадесцентног осветљења, али и од флуоресцентног осветљења. Друго и треће унапређење обухватају увођење аутоматизације рада осветљења. Како се у учионицама обично на крају школског дана искључују сијалице, енергетске уштеде које се очекују применом мера другог и трећег унапређења су мање у односу на прво унапређење, али свакако значајне и оправдане са становишта енергетске ефикасности. Приликом избора LED осветљења треба консултовати и стручњаке за осветљење како би спектралне карактеристике одабраног LED осветљења биле прихватљиве за прослорије у којима бораве ученици и наставници.

The savings achieved by the measures for the improvement of the electric power systems are shown in Figures 5.5, 5.6 and 5.7. In comparison to the existing condition, the greatest savings in electricity necessary for the operation of lighting are already achieved by Improvement 1. This is possible because of the replacement of the existing lighting system with LED lighting that requires far less energy than either incandescent or fluorescent lighting. Improvements 2 and 3 include the introduction of automatic lighting control. Since the classroom lighting is usually switched off at the end of the school day, the energy savings expected with the use of the latter measures are lower than those in Improvement 1, but are certainly significant and justified from the aspect of energy efficiency. The type of LED lighting should be chosen based on expert opinion in order to be acceptable for use in schools.

Графикон 5.5. Потребна енергија за осветљење [GWh/a]



Figure 5.5. Required energy for lighting [GWh/a]

Графикон 5.6. Примарна енергија за осветљење [GWh/a]



Figure 5.6. Primary energy for lighting [GWh/a]

 Графикон 5.7. Емисија угљен-диоксида [t CO₂/a]

 Figure 5.7. CO₂ emissions [t CO₂/a]

Унапређење енергетске ефикасности система осветљења има битан позитиван ефекат и на повећање енергетске ефикасности целокупног електроенергетског система. Генерално, осветљење као категорија потрошње има карактер вршног оптерећења, па се повећањем његове ефикасности битно смањују вршна оптерећења и губици у преносним и дистрибутивним мрежама у електроенергетском систему (Трифуновић, Микуловић, Ђуришић, Ђурић, Костић, 2009; Трифуновић, Микуловић, Ђуришић, Костић, 2011). Овај ефекат битно утиче и на ниво примарне енергије потребне за осветљење, јер треба да обухвати и губитке у преносу и дистрибуцији електричне енергије од електрана до крајњих потрошача.

Резултујуће уштеде након примене три нивоа унапређења карактеристика термичког омотача, термотехничких и електроенергетских система школских зграда у поређењу са постојећим стањем када је у питању припрема санитарне топле воде, приказани су на графиконима 5.8, 5.9. и 5.10.

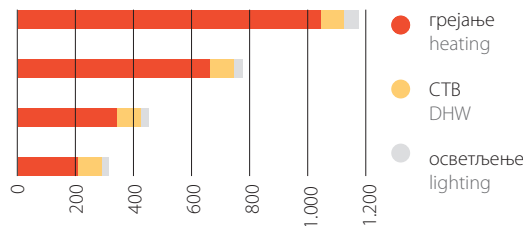
The improvements to the lighting system have a considerable positive effect on the increase in the energy efficiency of the entire electric power system. As a consumption category, lighting generally has the character of a peak load, and by increasing its efficiency, there will be significant reductions in the peak loads and in the losses in transmission and distribution networks in the electric power system (Trifunović, Mikulović, Đurišić, Đurić, Kostić, 2009; Trifunović, Mikulović, Đurišić, Kostić, 2011). This also significantly affects the levels of primary energy required for lighting, as it should include the losses in transmission and distribution of electricity from power plants to final consumers.

The resulting savings in domestic hot water preparation after the application of the three levels of improvement in the performance of the thermal envelope, thermo-technical systems, and electrical power and energy systems of school buildings are shown in Figures 5.8, 5.9 and 5.10.

Графикон 5.8. Укупна потребна енергија за грејање, припрему СТВ и осветљење [GWh/a]

постојеће стање existing condition
 унапређење 1 improvement 1
 унапређење 2 improvement 2
 унапређење 3 improvement 3

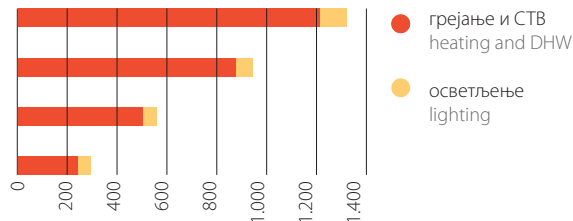
Figure 5.8. Total required energy for heating, DHW preparation, and lighting [GWh/a]



Графикон 5.9. Укупна примарна енергија за грејање, припрему СТВ и осветљење [GWh/a] (%)

постојеће стање existing condition
 унапређење 1 improvement 1
 унапређење 2 improvement 2
 унапређење 3 improvement 3

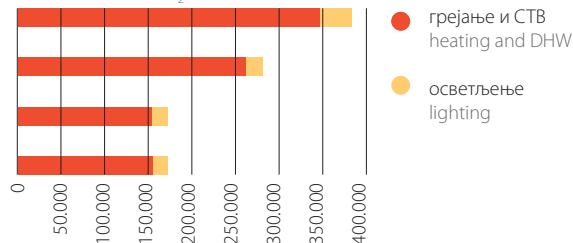
Figure 5.9. Total primary energy for heating, DHW preparation, and lighting [GWh/a] (%)



Графикон 5.10. Укупна емисија угљен-диоксида, грејање, припрема СТВ и осветљење [t CO₂/a] (%)

постојеће стање existing condition
 унапређење 1 improvement 1
 унапређење 2 improvement 2
 унапређење 3 improvement 3

Figure 5.10. Total CO₂ emissions, heating, DHW preparations, and lighting [t CO₂/a] (%)



Када је енергија у питању, из графика се може закључити да постоји стални пад и потребне и примарне енергије са увођењем нових побољшања, односно да свако даље унапређење даје и побољшање енергетске ефикасности зграда. Насупрот томе, када је емисија угљен-диоксида у питању, унапређења 2 и 3 дају подједнаке резултате. Очигледно је, дакле, да у зависности од тога да ли је циљ унапређења зграда енергија или емисија угљен-диоксида решења треба тражити између унапређења 2 и 3, под условом да се докаже и њихова економска исплативост.

With respect to energy, the data suggest that the introduction of new improvements results in a steady reduction in both the required and the primary energy, that is, that every further upgrade will also improve the energy efficiency of the building. By contrast, when the CO₂ emissions are concerned, Improvements 2 and 3 provide equal results. Therefore, depending on whether the improvement is targeted at energy or CO₂ emissions, the solutions should obviously be sought between Improvements 2 and 3, on condition they are economically viable.

Графикон 5.11. Смањење потребне енергије кроз унапређења у односу на постојеће стање (грејање, припрема СТВ и осветљење) [%]



Figure 5.11. Reductions in required energy by improvements compared to the existing condition (heating, DHW preparation and lighting) [%]

Графикон 5.12. Смањење примарне енергије кроз унапређења у односу на постојеће стање (грејање, припрема СТВ и осветљење) [%]



Figure 5.12. Reductions in primary energy by improvements compared to the existing condition (heating, DHW preparation and lighting) [%]

Графикон 5.13. Смањење емисије угљен- диоксида кроз унапређења у односу на постојеће стање (грејање, припрема СТВ и осветљење) [%]



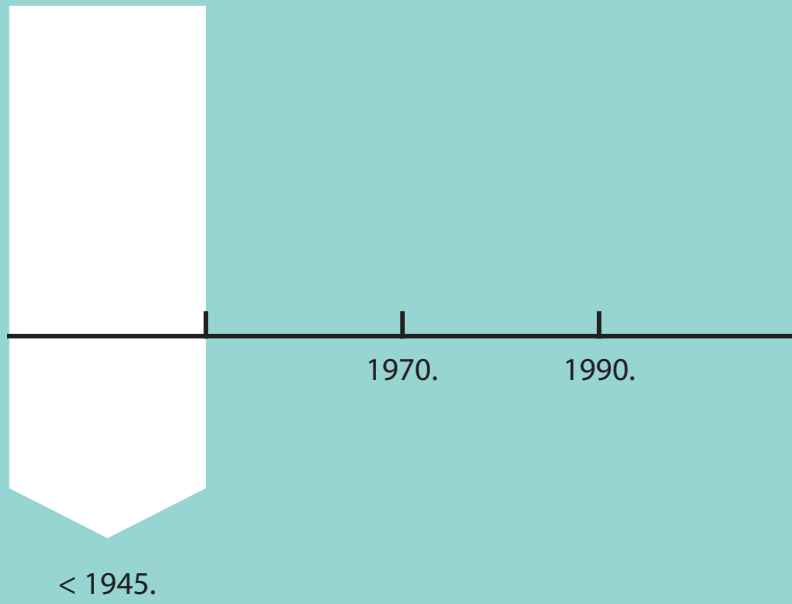
Figure 5.13. Reductions in CO₂ emissions by improvements compared to the existing condition (heating, DHW preparation and lighting) [%]

На графиконима 5.11, 5.12. и 5.13. приказана је уштеда за три нивоа унапређења у потребној и примарној енергији и смањење емисије угљен- диоксида. Основ је постојеће стање зграде пре унапређења. Тренд смањења потребне и примарне енергије са унапређењима се јасно види: унапређења 1 и 2 доносе смањење од око 30% код оба облика енергије у односу на претходни ниво, док је са унапређењем 3 смањење нешто мање и износи 12%, односно 17% за потребну и примарну енергију сводећи их на 29%, односно 24% у односу на постојеће стање грађевинског фонда школских зграда у Србији. Емисија угљен-диоксида се смањује са унапређењем 1 и 2, али унапређење 3 не доноси даље смањење ове емисије: задржава се вредност од 44% у односу на постојеће стање грађевинског фонда.

До ког нивоа ће се зграде унапређивати? То ће зависити и од резултата оптимизационих студија, то јест економске исплативости потребних улагања за услове какви постоје у Србији.

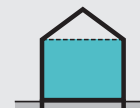
Figures 5.11, 5.12 and 5.13 indicate the savings for the three levels of improvement in the required and the primary energy, and the reduction of CO₂ emissions. The existing condition of the building before any improvements was taken as the base value. The trend of the reductions in the required and the primary energy by improvements is clearly seen: Improvements 1 and 2 result in the reduction of approximately 30% in both forms of energy compared to the existing condition, while Improvement 3 brings on somewhat lower reductions. They are 12% and 17% for the required and the primary energy, respectively, or 29% and 24% in relation to the existing condition of the school building stock in Serbia. Carbon dioxide emissions are reduced with Improvements 1 and 2, whereas Improvement 3 does not bring further reductions in this respect: the value of 44% is maintained in relation to the existing condition of the building stock.

The level of the improvement of the buildings will also depend on the results of optimization studies, i.e., the economic viability of the necessary investments for the conditions that are prevailing in Serbia.



A период пре 1945.

A period before 1945



Школска зграда површине мање од 500 m²

Категорија	основна школа
Година изградње	1904.
Број етажа	Пр
Површина (m ²) бруто	335
Површина (m ²) нето грејана	260
Запремина (m ³) нето грејана	1020

Школска зграда једноставне основе, са четири учионице, зборницом и канцеларијом за директора. Овај тип карактерише мали број учионица, без издвојених кабинета, сале за физичко васпитање или других наменских и сервисних простора.

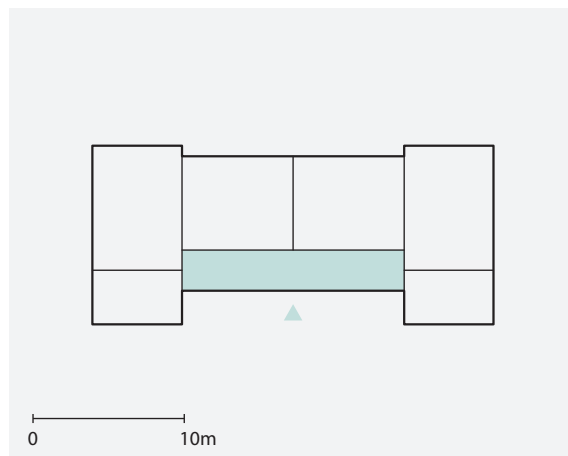
Репрезенти су, по правилу, приземне зграде, сведене геометрије, покривене двоводним косим крововима, са таванским простором који се не користи и без подземних етажа (подрумских просторија) а прозорски отвори су појединачни, мањих димензија. Ове школске зграде су често у режиму заштите (попут објекта на слици) што може утицати на мере унапређења.

School building with area less than 500 m²

Category	elementary school
Year of construction	1904
Number of floors	Gf
Area (m ²) Gross	335
Area (m ²) Net heated	260
Volume (m ³) Net heated	1020

The school building with a simple floor plan, containing four classrooms, a staffroom and the principal's office. Few classrooms without laboratories, the gymnasium or other complementary or service spaces would be a typical layout for this building type.

The type representatives are small, one-story buildings, with basic geometry, a pitched roof, an unused attic and no underground levels; windows are smaller single openings. Such school buildings are often protected (like the one illustrating the type), which may affect the improvement measures.



Школске зграде овог типа рађене су једноставним традиционалним техникама грађења. Конструктивни склоп је масиван, са дрвеном међуспратном конструкцијом („каратаван“) и косим двоводним кровом. Фасадни зидови су обострано малтерисани, са елементима једноставне декоративне пластике, без термичке изолације. Прозори су дрвени, двоструки, са раздвојеним крилима, застакљени једноструким стаклом. Подови су са дрвеном облогом, без термичке изолације.

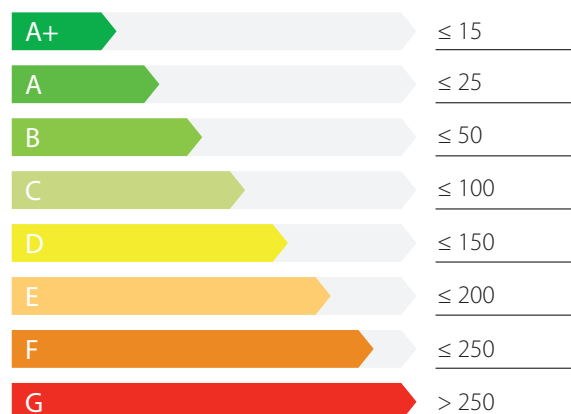
School buildings of this type were built using simple traditional construction techniques. The facade walls are plastered on both sides, with simple coating on the interior and plain decorative plasterwork on the exterior, with no thermal insulation or wall cavities. Windows are wooden framed, double-sashed with single pane transparent glazing. Wood floors were laid on rammed earth with no thermal insulation.

Енергетски разред објекта – пројектовано стање

$Q_{H,nd,rel}$ [%]
417

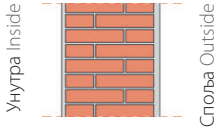
Energy class of building – as designed

$Q_{H,nd}$ [kWh/(m²a)]
313

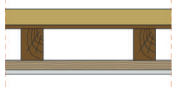


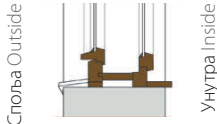
G

Склопови термичког омотача – постојеће стање — Elements of the thermal envelope – existing

<p>Спољашњи зид — External Wall</p>	 <p>малтер 2cm, опека 44cm, малтер 3cm — plaster 2 cm, brick wall 44 cm, plaster 3 cm</p>
<p>U (W/m²K)</p>	<p>1.13</p>

<p>Под на тлу — Ground floor</p>	 <p>дашчани под 2.2 cm, даске 2.4 cm, потпатоснице 8/5 cm у слоју песка 10 cm, набијена земља — wood strip 2.2 cm, wooden subfloor 2.4 cm, sleepers 8/5 cm in 10 cm sand bedding, rammed earth</p>
<p>U (W/m²K)</p>	<p>0.52</p>

<p>Међуспратна конструкција испод негрејаног тавана — Floor structure to unheated attic</p>	 <p>земља са плевом 10 cm, даске 2.4 cm, тавањаче 14/20 cm, дрвена потконструкција 6 cm, малтер на тршчаној подлози 3 cm — earth 10 cm, plank 2.4 cm, wood rafters 14/20 cm, wooden substructure 6 cm, straw-plaster ceiling 3 cm</p>
<p>U (W/m²K)</p>	<p>0.78</p>

<p>Прозори — Windows</p>	 <p>Дрвени двоструки са размакнути крилима (широка кутија) и једноструким стаклом — Wooden, double frame, double sash (wide box) with single glazing</p>
<p>U (W/m²K)</p>	<p>3.50</p>

Термотехнички системи и осветљење – постојеће стање — HVAC and lighting – existing

Систем грејања и припреме топле воде Heating and hot water system

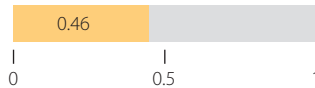
Систем загревања просторија
—
Heating system



У изворном стању школа се загревала путем локалних загревних уређаја - пећи на чврсто гориво (дрво и угаљ). Тај систем се користи и данас.

Originally, local heating stoves (wood and coal fired) were used for heating school building. The same heating system is used nowadays.

Степен корисности система грејања
—
Heating system efficiency



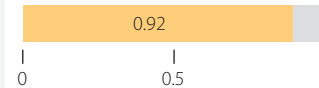
Систем припреме санитарне топле воде
—
Domestic hot water (DHW) preparation system



Припрема потрошне топле воде није била предвиђена пројектом. Данас се потрошна топла вода припрема у електричним бојлерима.

Originally, the system for domestic hot water preparation was not installed. Nowadays, domestic hot water is prepared using local electric water heaters.

Степен корисности припреме санитарне топле воде
—
DHW preparation efficiency



Систем осветљења Lighting system

Унутрашња расвета
—
Interior lighting



У школи је у изворном облику коришћено инкадесцентно осветљење, док је према постојећем стању комплетна школа покривена флуо осветљењем. Не постоји аутоматска контрола осветљења.

Incandescent lighting was used in the original form. Nowadays, complete school is lightened with fluorescent lighting. No automatic light control.

Спољна расвета
—
Outdoor lighting



Живине сијалице и метал халогене сијалице.

Mercury bulbs and metal halogen bulbs.

Слични објекти – представници типа — Similar buildings – type representatives



Школске зграде овог типа грађене су за потребе подручних јединица у мањим насељима.

У декоративним елементима фасадне обраде уочава се разноврсност – од сасвим једноставних фасадних обрада, без икакве пластике, преко релативно једноставних декоративних елемената, све до детаљно разрађених фасада изведених у вештачком камену, где и прозори могу бити декоративно урађени, са специфичном поделом и профилацијом. Како се најчешће ради о зградама које су у одређеном режиму заштите, техничка решења мера унапређења биће дефинисана тако да се задрже све вредне одлике оригиналног архитектонског решења.

The school buildings of this type were built for rural units in smaller settlements.

A greater variety is notable in the decorative elements, ranging from basic facades with no decoration, through relatively modest plasterwork, to elaborate stucco facades, on which even the window mullions may have a decorative function. Since these buildings are often protected as cultural heritage, the technology for energy upgrades should be defined in a manner that would maintain all the valuable characteristics of the original architectural design.

Затечено стање — Existing state

Претходна
унапређења

—
Previous improvements

Реконструкција подова на тлу. Бродски подови на потпатосницама у слоју песка су замењени бетонским подовима са различитим завршним облогама (дрво, керамика).

—
Ground floor reconstruction. Wood decking on sleepers in sand bedding is replaced with concrete floor structure with various floor coverings (wood, ceramic).

Опис унапређења — Improvement measures description

Унапређење 1

—
Improvement 1

Изоловање фасадних зидова контактном термоизолационом фасадом. Уградња нових прозора од ПВЦ профила са двослојним изолационим нискоемисионим стакло-пакетом (средња заптивеност). Уградња нових улазних дрвених врата са термоизолационом испуном.

—
Thermal insulation of façade walls with a contact façade system. Installation of new PVC windows with double-glazed low-emissivity glass unit (mid-range air-tightness). Installation of new entrance wooden doors, with thermal insulation infill.

Унапређење 2

—
Improvement 2

Изоловање фасадних зидова контактном термоизолационом фасадом. Изоловање пода на тлу уз реконструкцију слојева. Уградња нових прозора од ПВЦ профила са двослојним изолационим нискоемисионим стакло-пакетом (добра заптивеност). Уградња нових улазних дрвених врата са термоизолационом испуном.

—
Thermal insulation of façade walls with a contact façade system. Insulation of ground floor, with layers reconstruction. Installation of new PVC windows with double-glazed low-emissivity glass unit (good air-tightness). Installation of new entrance wooden doors, with thermal insulation infill.

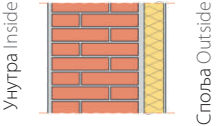
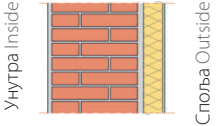
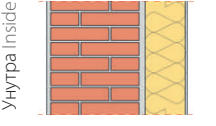

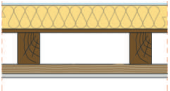

Унапређење 3

—
Improvement 3


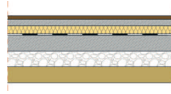
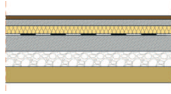
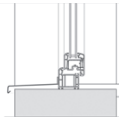
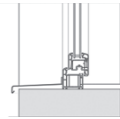
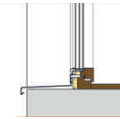
Изоловање фасадних зидова контактном термоизолационом фасадом. Изоловање међуспратне конструкције ка негрејаном тавану преко постојећих слојева. Изоловање пода на тлу уз потпуну реконструкцију слојева. Уградња нових прозора од композитних профила са трослојним изолационим нискоемисионим стакло-пакетом (добра заптивеност). Уградња нових улазних дрвених композитних врата са термоизолационом испуном.

—
Thermal insulation of façade walls with a contact façade system. Insulation of floor structure to unheated attic, over existing layers. Insulation of ground floor, with total layers reconstruction. Installation of new composite windows with triple-glazed low-emissivity glass unit (good air-tightness). Installation of new entrance composite doors, with thermal insulation infill.




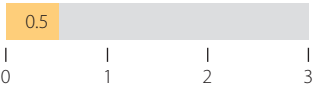
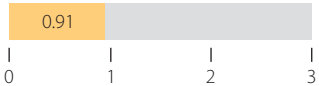
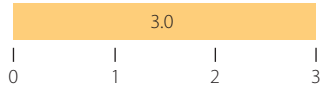


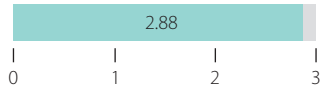



Склопови термичког омотача – унапређења — Elements of the thermal envelope – improvements

	Унапређење 1 Improvement 1	Унапређење 2 Improvement 2	Унапређење 3 Improvement 3
<p>Спољашњи зид</p> <p>External wall</p>	<p>Унутра Inside</p>  <p>Споља Outside</p> <p>малтер 2 cm, опека 44 cm, малтер 3 cm, термоизолација 10 cm, малтер 1 cm</p> <p>plaster 2 cm, brick wall 44 cm, plaster 3 cm, thermal insulation 10 cm, plaster 1 cm</p>	<p>Унутра Inside</p>  <p>Споља Outside</p> <p>малтер 2 cm, опека 44 cm, малтер 3 cm, термоизолација 10 cm, малтер 1 cm</p> <p>plaster 2 cm, brick wall 44 cm, plaster 3 cm, thermal insulation 10 cm, plaster 1 cm</p>	<p>Унутра Inside</p>  <p>Споља Outside</p> <p>малтер 2 cm, опека 4 cm, малтер 3 cm, термоизолација 20 cm, малтер 1 cm</p> <p>plaster 2 cm, brick wall 4 cm, plaster 3 cm, thermal insulation 20 cm, plaster 1 cm</p>
U (W/m²K)	0.28	0.28	0.16
<p>Међуспратна конструкција испод негрејаног тавана</p> <p>Floor structure to unheated attic</p>	<p>Споља Outside</p>  <p>Унутра Inside</p> <p>НЕМА ИЗМЕНА</p> <p>NO CHANGES</p>	<p>Споља Outside</p>  <p>Унутра Inside</p> <p>ПЕ фолија, термоизолација 15 cm, даске 2.4 cm, тавањаче 14/20 cm, дрвена потконструкција 6 cm, малтер на тршчаној подлози 3 cm</p> <p>PE foil, thermal insulation 10 cm, plank 2.4 cm, wood rafters 14/20 cm, wooden substructure 6 cm, straw-plaster ceiling 3 cm</p>	<p>Споља Outside</p>  <p>Унутра Inside</p> <p>ПЕ фолија, термоизолација 25 cm, даске 2.4 cm, тавањаче 14/20 cm, дрвена потконструкција 6 cm, малтер на тршчаној подлози 3 cm</p> <p>PE foil, thermal insulation 25 cm, plank 2.4 cm, wood rafters 14/20 cm, wooden substructure 6 cm, straw-plaster ceiling 3 cm</p>
U (W/m²K)	0.78	0.19	0.13







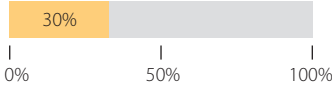


Склопови термичког омотача – унапређења — Elements of the thermal envelope – improvements

	Унапређење 1 Improvement 1	Унапређење 2 Improvement 2	Унапређење 3 Improvement 3
<p>Под на тлу</p> <p>—</p> <p>Ground floor</p>	<p>Унутра Inside</p>  <p>Споља Outside</p> <p>НЕМА ИЗМЕНА</p> <p>NO CHANGES</p>	<p>Унутра Inside</p>  <p>Споља Outside</p> <p>паркет 2.2 cm, цементна кошуљица 4 cm, термоизолација 5 cm, хидроизолација 1 cm, бетонска плоча 10 cm, шљунак 10cm, набијена земља</p> <p>—</p> <p>parquet 2.2 cm, cement screed 4 cm, thermal insulation 5 cm, hydro insulation 1 cm, concrete 10 cm, gravel 10 cm, rammed earth</p>	<p>Унутра Inside</p>  <p>Споља Outside</p> <p>паркет 2.2 cm, цементна кошуљица 4 cm, термоизолација 5 cm, хидроизолација 1 cm, бетонска плоча 10 cm, шљунак 10cm, набијена земља</p> <p>—</p> <p>parquet 2.2 cm, cement screed 4 cm, thermal insulation 5 cm, hydro insulation 1 cm, concrete 10 cm, gravel 10 cm, rammed earth</p>
<p>U (W/m²K)</p>	0.52	0.30	0.30
<p>Прозори</p> <p>—</p> <p>Windows</p>	<p>Споља Outside</p>  <p>Унутра Inside</p> <p>ПВЦ са двослојним нискоемисионим стакло пакетом</p> <p>—</p> <p>PVC, double glazed low-E glass unit, inert gas filling</p>	<p>Споља Outside</p>  <p>Унутра Inside</p> <p>ПВЦ са двослојним нискоемисионим стакло пакетом</p> <p>—</p> <p>PVC, double glazed low-E glass unit, inert gas filling</p>	<p>Споља Outside</p>  <p>Унутра Inside</p> <p>Композитни профил са трослојним нискоемисионим стакло пакетом испуњеним инертним гасом</p> <p>—</p> <p>Composite, triple glazed low-E glass unit, inert gas filling</p>
<p>U (W/m²K)</p>	1.40	1.40	0.80

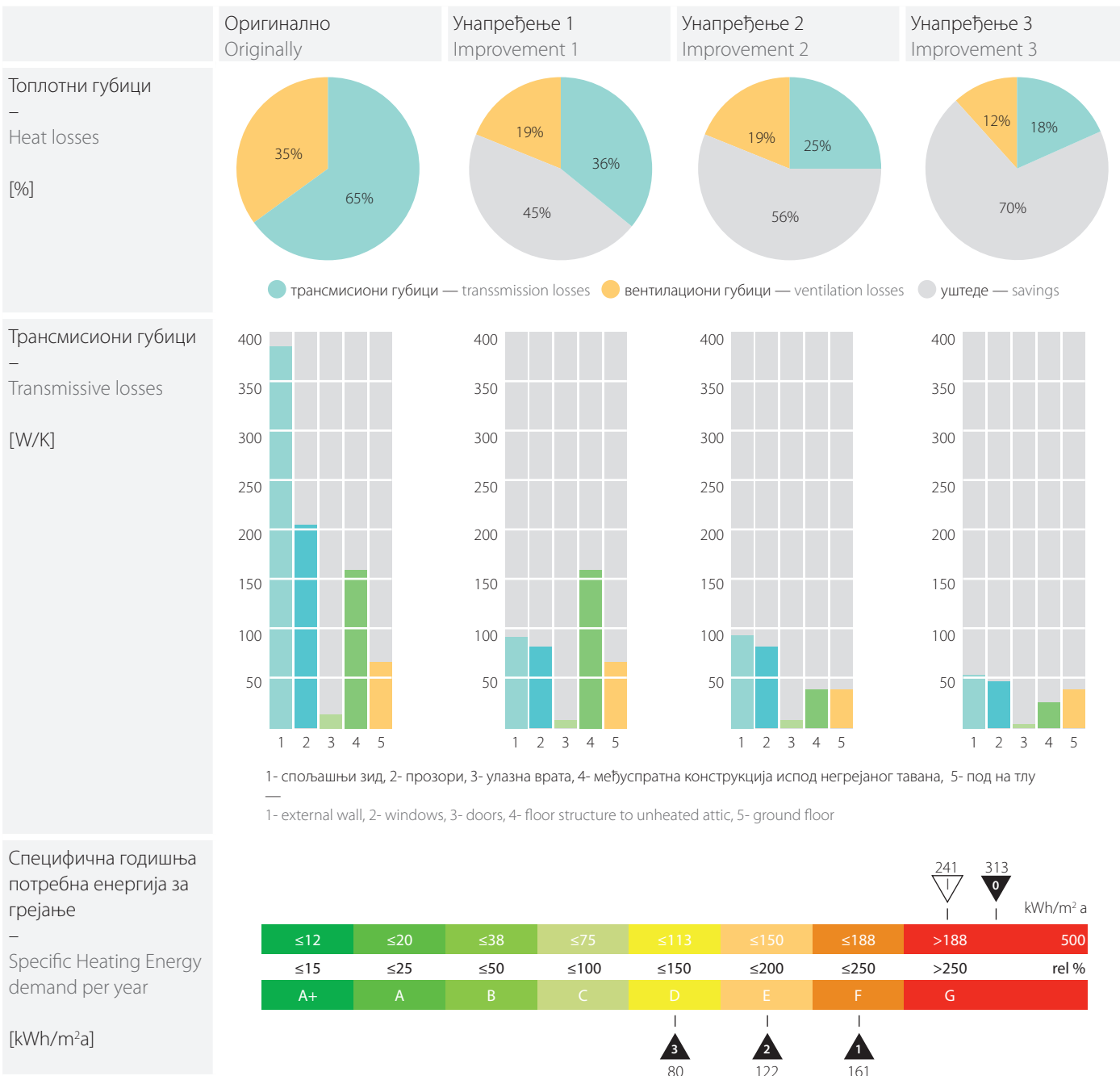
Систем грејања зграде – унапређења — Heating system – improvements

	Унапређење 1 Improvement 1	Унапређење 2 Improvement 2	Унапређење 3 Improvement 3
<p>Систем загревања просторија</p> <p>—</p> <p>Heating system</p>	 <p>Задржан је постојећи систем грејања простора.</p> <p>—</p> <p>The existing heating system is retained.</p>	 <p>Уградња централног грејања са радијаторима као грејним телима и котлом на дрвну биомасу (пелет).</p> <p>—</p> <p>Installation of central hydronic system with radiators. The heating source is biomass (wood pellet) fired boiler.</p>	 <p>Уградња компресорске топлотне пумпе ваздух/вода са хидромодулом.</p> <p>—</p> <p>Installation of air source heat pump with hydromodule.</p>
<p>Ефикасност извора топлоте</p> <p>—</p> <p>Heat source efficiency</p>	 <p>0.5</p>	 <p>0.91</p>	 <p>3.0</p>
<p>Ефикасност система грејања</p> <p>—</p> <p>Heating system efficiency</p>	 <p>0.46</p>	 <p>0.85</p>	 <p>2.88</p>
<p>Припрема санитарне топле воде</p> <p>—</p> <p>Domestic hot water preparation</p>	 <p>Електрични акумулациони бојлери</p> <p>—</p> <p>Electric water heaters</p>	 <p>Електрични акумулациони бојлери</p> <p>—</p> <p>Electric water heaters</p>	 <p>Топлотна пумпа ваздух/вода</p> <p>—</p> <p>Air source heat pump</p>

Систем осветљења – унапређења — Lighting system – improvements

	Унапређење 1 Improvement 1	Унапређење 2 Improvement 2	Унапређење 3 Improvement 3
<p>Унутрашња расвета — Interior lighting</p>	 <p>Замења постојећег осветљења LED осветљењем. — Replacement of existing lighting with LED lighting.</p>	 <p>LED осветљење са могућношћу централизоване контроле укључености осветљења у појединим просторијама. — LED lighting with the possibility of centralized control of lighting activation in particular classrooms.</p>	 <p>Дисперзовани аутоматизовани систем осветљења који обухвата детекцију присуства људи и могућност прилагођења нивоа осветљења у зависности од доба дана и потреба људи у просторији. — Dispersed automated lighting system that includes the detection of people's presence and the ability to adjust the level of lighting depending on the time of day and the people's needs in the classrooms.</p>
<p>Спољна расвета — Exterior lighting</p>	 <p>Замења постојећег осветљења LED осветљењем. — Replacement of existing lighting with LED lighting.</p>	 <p>Подешавање времена укључивања осветљења у зависности од доба године. — Adjusting the lighting time depending on the time of the year.</p>	 <p>LED осветљење са аутоматском контролом осветљености и димовањем осветљења у зависности од доба дана. — LED lighting with automatic illumination control and lighting dimming depending on the part of the day.</p>
<p>Релативна енергетска уштеда система осветљења [%] — Relative energy savings of lighting system [%]</p>	 <p>30%</p>	 <p>36%</p>	 <p>39%</p>

Унапређење термичког омотача – енергетски биланс — Thermal envelope improvement – energy balance

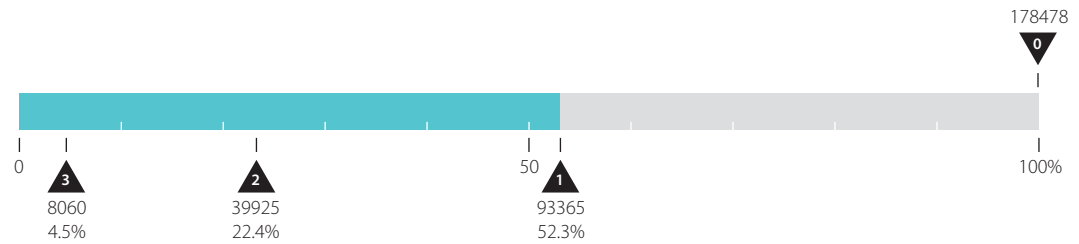


Унапређење термичког омотача и система грејања – енергетски биланс — Thermal envelope and heating systems improvement – energy balance

Финална енергија

Final energy

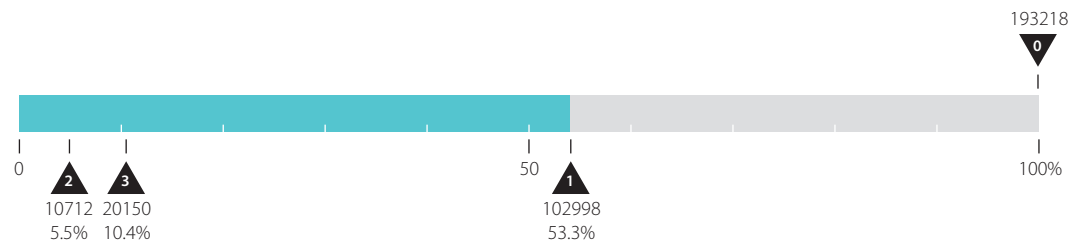
[kWh/a]



Примарна енергија

Primary energy

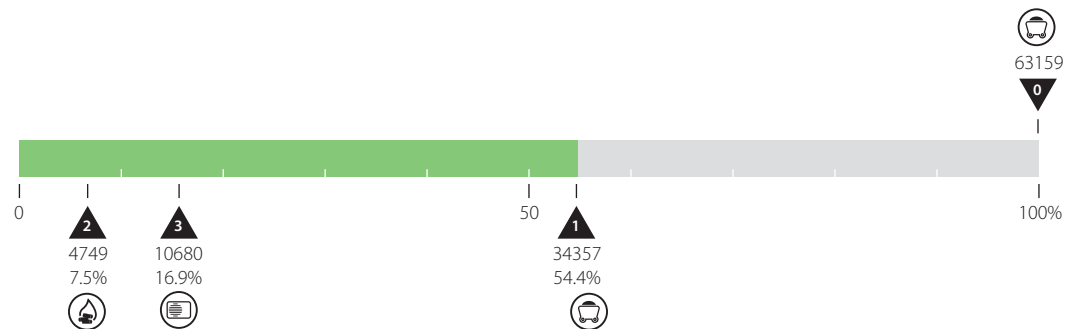
[kWh/a]



Емисија CO₂ након примене грађевинских и термотехничких мера

CO₂ emission after architectural and HVAC improvement

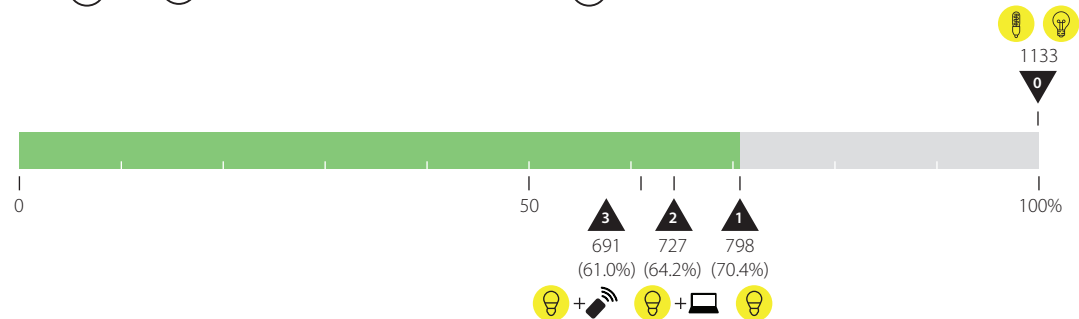
[kg/a]



Емисија CO₂ након унапређења система расвете

CO₂ emission after lighting improvement

[kg/a]



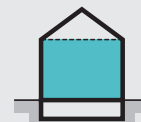
0 полазно стање
starting condition

1 најчешће интервенције
usual interventions

1 унапређење 1
improvement 1

2 унапређење 2
improvement 2

3 унапређење 3
improvement 3



Школска зграда површине 500-2000 m²

Категорија	основна школа
Година изградње	1862.
Број етажа	По+Пр
Површина (m ²) бруто	850
Површина (m ²) нето грејана	675
Запремина (m ³) нето грејана	2560

Школска зграда издужене основе, са управним делом и већим бројем учионица. Пројектом школе предвиђене су стандардне учионице без наменских простора за извођење других видова наставе и ваннаставних активности.

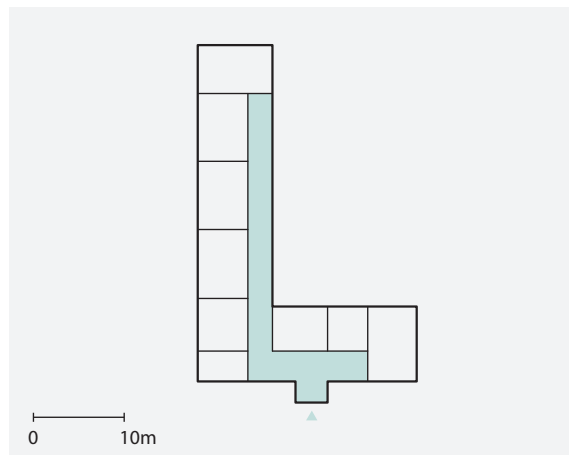
Репрезенти овог типа су, по правилу, приземне зграде нешто веће површине, али релативно сведене геометрије. Покривене су косим крововима, са таванским простором који се не користи, а у појединим случајевима постоје и негрејане подрумске просторије. Прозорски отвори су појединачни, релативно мањих димензија, без заштите од сунца.

School building with area 500-2000 m²

Category	elementary school
Year of construction	1862
Number of floors	B+Gf
Area (m ²) Gross	850
Area (m ²) Net heated	675
Volume (m ³) Net heated	2560

The school building with a simple, elongated plan, containing the administration block and a significant number of classrooms. The school was designed with conventional classrooms, without specialized spaces for other types of teaching or extracurricular activities.

The representatives of this type are one-story buildings, somewhat larger in the area but with rather simplified geometry. They are covered with hip roofs, with an unused attic space and an occasional unheated basement. Window openings are single and rather small, without sun protection.



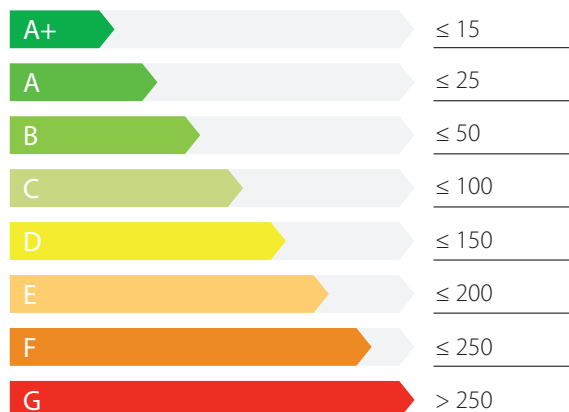
Школске зграде овог типа рађене су једноставним традиционалним техникама грађења. Конструктивни склоп је масиван, са дрвеном међуспратном конструкцијом („каратаван“) и косим вишеводним кровом. Фасадни зидови су обострано малтерисани, са елементима једноставне декоративне пластике, без термичке изолације. Прозори су дрвени, двоструки, застакљени једноструким стаклом. Подови су у форми бродског пода и на подлози од набијене земље.

The school buildings of this type were built using simple traditional construction technologies. Facade walls are plastered on both sides, with simple coating on the interior side and plain decorative plasterwork on the exterior side, with no thermal insulation or wall cavities. Windows are wooden framed, double-sashed with single pane transparent glazing. Wood floors were laid on rammed earth with traditional strip flooring placed on sleepers.

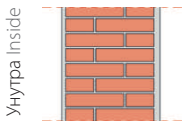
Енергетски разред објекта – пројектовано стање

 $Q_{H,nd,rel} [\%]$
333

Energy class of building – as designed

 $Q_{H,nd} [kWh/(m^2a)]$
250

G

Склопови термичког омотача – постојеће стање — Elements of the thermal envelope – existing

Спољашњи зид — External Wall	
	<p>малтер 2cm, опека 44cm, малтер 3cm — plaster 2 cm, brick wall 44 cm, plaster 3 cm</p>
U (W/m ² K)	1.13

Међуспратна конструкција испод негрејаног тавана — Floor structure to unheated attic	
	<p>земља са плевом 10 cm, даске 2.4 cm, таванџаче 14/20 cm, дрвена потконструкција 6 cm, малтер на тршчаној подлози 3 cm — earth 10 cm, plank 2.4 cm, wood rafters 14/20 cm, wooden substructure 6 cm, straw-plaster ceiling 3 cm</p>
U (W/m ² K)	0.78

Међуспратна конструкција изнад негрејаног подрума — Floor structure to unheated basement	
	<p>дашчани под 2.2 cm, потпатоснице (8/5cm) у слоју песка 10cm, даске 2.4cm, таванџаче 14/20 cm — wood strip 2.2 cm, sleepers 8/5 cm in 10 cm sand bedding, wooden subflooring 2.4 cm, wood rafters 14/20 cm</p>
U (W/m ² K)	1.18

Под на тлу — Ground floor	
	<p>дашчани под 2.2 cm, даске 2.4 cm, потпатоснице 8/5 cm у слоју песка 10 cm, набијена земља — wood strip 2.2 cm, wooden subfloor 2.4 cm, sleepers 8/5 cm in 10 cm sand bedding, rammed earth</p>
U (W/m ² K)	0.46

Прозори — Windows	
	<p>Дрвени двоструки са размакнути крилима (широка кутија) и једноструким стаклом — Wooden, double frame, double sash (wide box) with single glazing</p>
U (W/m ² K)	3.50

Термотехнички системи и осветљење – постојеће стање — HVAC and lighting – existing

Систем грејања и припреме топле воде Heating and hot water system

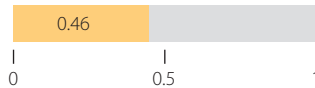
Систем загревања просторија
—
Heating system



У изворном стању школа се загревала путем локалних загревних уређаја - пећи на чврсто гориво (дрво и угља). Тај систем се користи и данас, уз употребу угља као енергента..

—
Originally, local heating stoves (wood and coal fired) were used for heating school building. The same heating system (using coal only) is used nowadays.

Степен корисности система грејања
—
Heating system efficiency



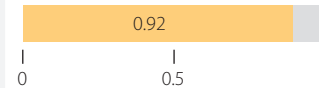
Систем припреме санитарне топле воде
—
Domestic hot water (DHW) preparation system



Припрема потрошне топле воде није била предвиђена пројектом. Данас се потрошна топла вода припрема у електричним бојлерима.

—
Originally, the system for domestic hot water preparation was not installed. Nowadays, domestic hot water is prepared using local electric water heaters.

Степен корисности припреме санитарне топле воде
—
DHW preparation efficiency



Систем осветљења Lighting system

Унутрашња расвета
—
Interior lighting



У школи је у изворном облику коришћено инкадесцентно осветљење, док је према постојећем стању комплетна школа покривена флуо осветљењем. Не постоји аутоматска контрола осветљења.

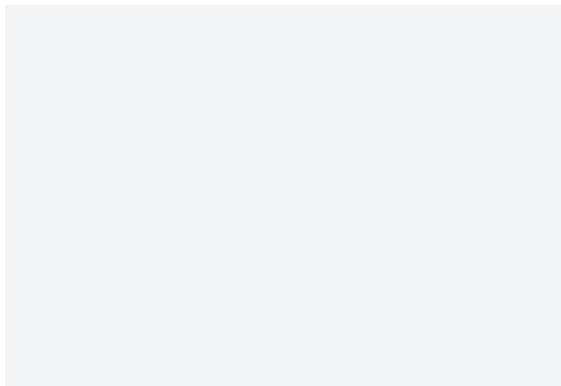
—
Incandescent lighting was used in the original form. Nowadays, complete school is lightened with fluorescent lighting. No automatic light control.

Спољна расвета
—
Outdoor lighting



Живине и натријумске сијалице.
—
Mercury vapor bulbs, sodium bulbs.

Слични објекти – представници типа — Similar buildings – type representatives



Школске зграде овог типа одликује једноставна основа са централним улазним делом. У зависности од величине објекта, управно-административни део је постављен у посебном бочном крилу. Како је реч о неким од најстаријих школа у земљи, оне немају пројектоване посебне сале или друге вишенаменске просторе, а пратећи садржаји (уколико их има) су с временом дозидивани уз оригиналну школску зграду или грађени као независни објекти на школској парцели.

Декоративни елементи су чести у облику једноставне фасадне пластике, мада фасаде неких школа могу бити и у богатијој обради.

The school buildings of this type are characterized by a simple rectangular plan, with the central entrance. Since these buildings are among the oldest schools in the country, they were not designed to incorporate special halls or other multipurpose rooms. Complementary spaces (if any) were later built adjunct to the original building or as separate structures on the school ground. Although decorative elements usually occur as simple plasterwork, some facades may be quite elaborate.

The roofs are hipped, supported by a traditional wooden structure, with a basic cornice and hanging gutters.

Затечено стање — Existing state

Претходна
унапређења—
Previous improvements

Уградња нових прозора од ПВЦ профила са двослојним изолационим стакло-пакетом. Реконструкција подова на тлу. Бродски подови на потпатошницама у слоју песка су замењени бетонским подовима са различитим завршним облогама (винил, керамика).

—
Installation of new PVC windows with double glazing. Ground floor reconstruction. Wood decking on sleepers in sand bedding is replaced with concrete floor structure with various floor coverings (vinyl, ceramic).

Опис унапређења — Improvement measures description

Унапређење 1

—
Improvement 1

Изоловање међуспратне конструкције ка негрејаном тавану уз делимичну реконструкцију слојева. Уградња нових прозора од ПВЦ профила са двослојним изолационим нискоемисионим стакло-пакетом (средња заптивеност).

—
Insulation of floor structure to unheated attic with partial layer reconstruction. Installation of new PVC windows with double-glazed low-emissivity glass unit (mid-range air-tightness).

Унапређење 2

—
Improvement 2

Изоловање фасадних зидова контактном термоизолационом фасадом. Изоловање међуспратне конструкције ка негрејаном тавану уз делимичну реконструкцију слојева. Изоловање међуспратне конструкције ка негрејаном подруму. Изоловање пода на тлу уз реконструкцију слојева. Уградња нових прозора од ПВЦ профила са двослојним изолационим нискоемисионим стакло-пакетом (средња заптивеност). Уградња нових улазних дрвених врата са термоизолационом испуном.

—
Insulation of façade walls with a contact façade system. Insulation of floor structure to unheated attic with partial layer reconstruction. Insulation of floor structure to unheated basement. Insulation of ground floor, with layers reconstruction. Installation of new PVC windows with double-glazed low-emissivity glass unit (mid-range air-tightness). Installation of new entrance wood doors, with thermal insulation infill.

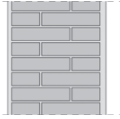
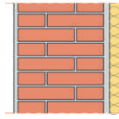
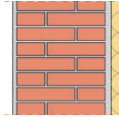

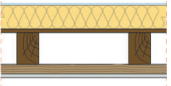


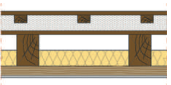
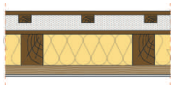
Унапређење 3

—
Improvement 3


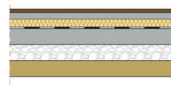
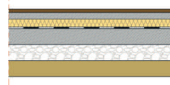
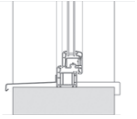
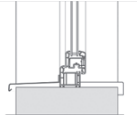
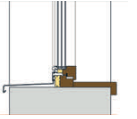
Изоловање фасадних зидова контактном термоизолационом фасадом. Изоловање међуспратне конструкције ка негрејаном тавану уз делимичну реконструкцију слојева. Изоловање међуспратне конструкције ка негрејаном подруму. Изоловање пода на тлу уз реконструкцију слојева. Уградња нових прозора од композитних профила са трослојним изолационим нискоемисионим стакло-пакетом (добра заптивеност). Уградња нових улазних дрвених композитних врата са термоизолационом испуном.

—
Insulation of façade walls with a contact façade system. Insulation of floor structure to unheated attic with partial layer reconstruction. Insulation of floor structure to unheated basement. Insulation of ground floor, with layers reconstruction. Installation of new composite windows with triple-glazed low-emissivity glass unit (good air-tightness). Installation of new entrance composite doors, with thermal insulation infill.




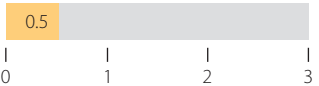
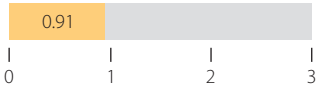
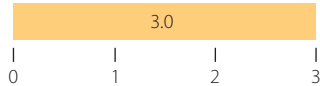


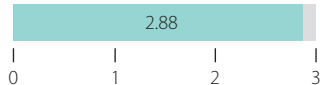



Склопови термичког омотача – унапређења — Elements of the thermal envelope – improvements

	Унапређење 1 Improvement 1	Унапређење 2 Improvement 2	Унапређење 3 Improvement 3
<p>Спољашњи зид</p> <p>External wall</p>	<p>Унутра Inside</p>  <p>Споља Outside</p> <p>НЕМА ИЗМЕНА</p> <p>NO CHANGES</p>	<p>Унутра Inside</p>  <p>Споља Outside</p> <p>малтер 2 cm, опека 44 cm, малтер 3 cm, термоизолација 10 cm, малтер 1 cm</p> <p>plaster 2 cm, brick wall 44 cm, plaster 3 cm, thermal insulation 10 cm, plaster 1 cm</p>	<p>Унутра Inside</p>  <p>Споља Outside</p> <p>малтер 2 cm, опека 44 cm, малтер 3 cm, термоизолација 20 cm, малтер 1 cm</p> <p>plaster 2 cm, brick wall 44 cm, plaster 3 cm, thermal insulation 20 cm, plaster 1 cm</p>
<p>U (W/m²K)</p>	1.13	0.28	0.16
<p>Међуспратна конструкција испод негрејаног тавана</p> <p>Floor structure to unheated attic</p>	<p>Споља Outside</p>  <p>Унутра Inside</p> <p>ПЕ фолија, термоизолација 15 cm, даске 2.4 cm, тавањаче 14/20 cm, дрвена потконструкција 6 cm, малтер на тршчаној подлози 3 cm</p> <p>PE foil, thermal insulation 10 cm, plank 2.4 cm, wood rafters 14/20 cm, wooden substructure 6 cm, straw-plaster ceiling 3 cm</p>	<p>Споља Outside</p>  <p>Унутра Inside</p> <p>ПЕ фолија, термоизолација 15 cm, даске 2.4 cm, тавањаче 14/20 cm, дрвена потконструкција 6 cm, малтер на тршчаној подлози 3 cm</p> <p>PE foil, thermal insulation 10 cm, plank 2.4 cm, wood rafters 14/20 cm, wooden substructure 6 cm, straw-plaster ceiling 3 cm</p>	<p>Споља Outside</p>  <p>Унутра Inside</p> <p>ПЕ фолија, термоизолација 25 cm, даске 2.4 cm, тавањаче 14/20 cm, дрвена потконструкција 6 cm, малтер на тршчаној подлози 3 cm</p> <p>PE foil, thermal insulation 25 cm, plank 2.4 cm, wood rafters 14/20 cm, wooden substructure 6 cm, straw-plaster ceiling 3 cm</p>
<p>U (W/m²K)</p>	0.19	0.19	0.13
<p>Међуспратна конструкција изнад негрејаног подрума</p> <p>Floor structure to unheated basement</p>	<p>Унутра Inside</p>  <p>Споља Outside</p> <p>НЕМА ИЗМЕНА</p> <p>NO CHANGES</p>	<p>Унутра Inside</p>  <p>Споља Outside</p> <p>дашчани под 2.2 cm, потпатоснице (8/5cm) у слоју песка 10cm, даске 2.4cm, тавањаче 14/20 cm / термоизолација 10 cm, летве 5/3cm, гипскартонска плоча 1.25 cm</p> <p>wood strip 2.2 cm, sleepers 8/5 cm in 10 cm sand bedding, wooden subflooring 2.4 cm, wood rafters 14/20 cm, thermal insulation 10 cm, wood battens 5/3 cm, gypsum board 1.25 cm</p>	<p>Унутра Inside</p>  <p>Споља Outside</p> <p>дашчани под 2.2 cm, потпатоснице (8/5cm) у слоју песка 10cm, даске 2.4cm, тавањаче 14/20 cm / термоизолација 20 cm, летве 5/3 cm, гипскартонска плоча 1.25 cm</p> <p>wood strip 2.2 cm, sleepers 8/5 cm in 10 cm sand bedding, wooden subflooring 2.4 cm, wood rafters 14/20 cm, thermal insulation 20 cm, wood battens 5/3 cm, gypsum board 1.25 cm</p>
<p>U (W/m²K)</p>	1.18	0.37	0.25







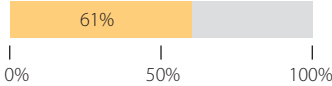
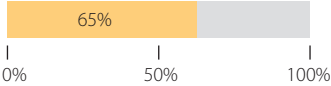
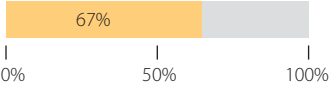
Склопови термичког омотача – унапређења — Elements of the thermal envelope – improvements

	Унапређење 1 Improvement 1	Унапређење 2 Improvement 2	Унапређење 3 Improvement 3
<p>Под на тлу</p> <p>—</p> <p>Ground floor</p>	<p>Унутра Inside</p>  <p>Споља Outside</p> <p>НЕМА ИЗМЕНА</p> <p>NO CHANGES</p>	<p>Унутра Inside</p>  <p>Споља Outside</p> <p>паркет 2.2 cm, цементна кошуљица 4 cm, термоизолација 5 cm, хидроизолација 1 cm, бетонска плоча 10 cm, шљунак 10cm, набијена земља</p> <p>—</p> <p>parquet 2.2 cm, cement screed 4 cm, thermal insulation 5 cm, hydro insulation 1 cm, concrete 10 cm, gravel 10 cm, rammed earth</p>	<p>Унутра Inside</p>  <p>Споља Outside</p> <p>паркет 2.2 cm, цементна кошуљица 4 cm, термоизолација 5 cm, хидроизолација 1 cm, бетонска плоча 10 cm, шљунак 10cm, набијена земља</p> <p>—</p> <p>parquet 2.2 cm, cement screed 4 cm, thermal insulation 5 cm, hydro insulation 1 cm, concrete 10 cm, gravel 10 cm, rammed earth</p>
<p>U (W/m²K)</p>	0.46	0.27	0.27
<p>Прозори</p> <p>—</p> <p>Windows</p>	<p>Споља Outside</p>  <p>Унутра Inside</p> <p>ПВЦ са двослојним нискоемисионим стакло пакетом</p> <p>—</p> <p>PVC, double glazed low-E glass unit, inert gas filling</p>	<p>Споља Outside</p>  <p>Унутра Inside</p> <p>ПВЦ са двослојним нискоемисионим стакло пакетом</p> <p>—</p> <p>PVC, double glazed low-E glass unit, inert gas filling</p>	<p>Споља Outside</p>  <p>Унутра Inside</p> <p>Композитни профил са трослојним нискоемисионим стакло пакетом испуњеним инертним гасом</p> <p>—</p> <p>Composite, triple glazed low-E glass unit, inert gas filling</p>
<p>U (W/m²K)</p>	1.40	1.40	0.80

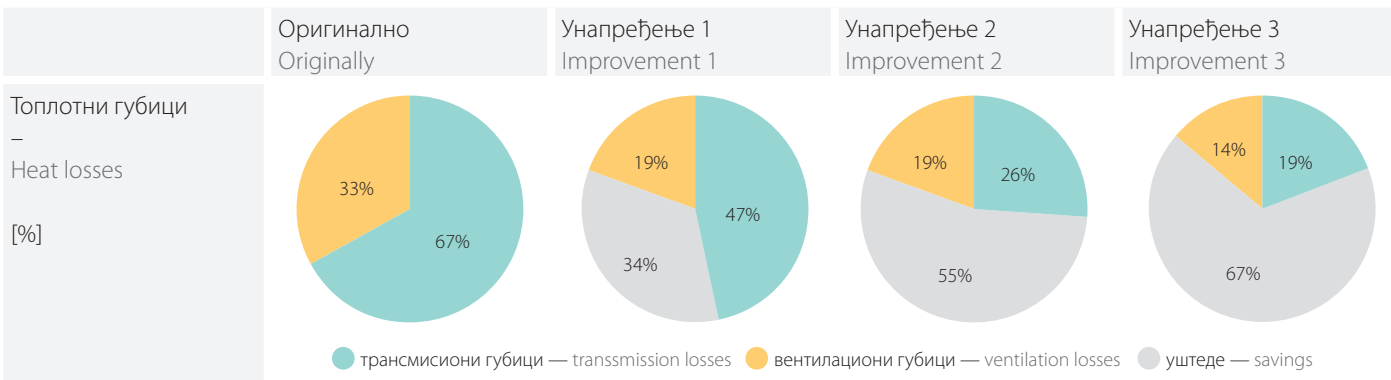
Систем грејања зграде – унапређења — Heating system – improvements

	Унапређење 1 Improvement 1	Унапређење 2 Improvement 2	Унапређење 3 Improvement 3
<p>Систем загревања просторија</p> <p>—</p> <p>Heating system</p>	 <p>Задржан је постојећи систем грејања простора.</p> <p>—</p> <p>The existing heating system is retained.</p>	 <p>Уградња централног грејања са радијаторима као грејним телима и котлом на дрвну биомасу (пелет).</p> <p>—</p> <p>Installation of central hydronic system with radiators. The heating source is biomass (wood pellet) fired boiler.</p>	 <p>Уградња компресорске топлотне пумпе ваздух/вода са хидромодулом.</p> <p>—</p> <p>Installation of air source heat pump with hydromodule.</p>
<p>Ефикасност извора топлоте</p> <p>—</p> <p>Heat source efficiency</p>	 <p>0.5</p>	 <p>0.91</p>	 <p>3.0</p>
<p>Ефикасност система грејања</p> <p>—</p> <p>Heating system efficiency</p>	 <p>0.46</p>	 <p>0.85</p>	 <p>2.88</p>
<p>Припрема санитарне топле воде</p> <p>—</p> <p>Domestic hot water preparation</p>	 <p>Електрични акумулациони бојлери</p> <p>—</p> <p>Electric water heaters</p>	 <p>Електрични акумулациони бојлери</p> <p>—</p> <p>Electric water heaters</p>	 <p>Топлотна пумпа ваздух/вода</p> <p>—</p> <p>Air source heat pump</p>

Систем осветљења – унапређења — Lighting system – improvements

	Унапређење 1 Improvement 1	Унапређење 2 Improvement 2	Унапређење 3 Improvement 3
<p>Унутрашња расвета</p> <p>—</p> <p>Interior lighting</p>	 <p>Замења постојећег осветљења LED осветљењем.</p> <p>—</p> <p>Replacement of existing lighting with LED lighting.</p>	 <p>LED осветљење са могућношћу централизоване контроле укључености осветљења у појединим просторијама.</p> <p>—</p> <p>LED lighting with the possibility of centralized control of lighting activation in particular classrooms.</p>	 <p>Дисперзовани аутоматизовани систем осветљења који обухвата детекцију присуства људи и могућност прилагођења нивоа осветљења у зависности од доба дана и потреба људи у просторији.</p> <p>—</p> <p>Dispersed automated lighting system that includes the detection of people's presence and the ability to adjust the level of lighting depending on the time of day and the people's needs in the classrooms.</p>
<p>Спољна расвета</p> <p>—</p> <p>Exterior lighting</p>	 <p>Замења постојећег осветљења LED осветљењем.</p> <p>—</p> <p>Replacement of existing lighting with LED lighting.</p>	 <p>Подешавање времена укључивања осветљења у зависности од доба године.</p> <p>—</p> <p>Adjusting the lighting time depending on the time of the year.</p>	 <p>LED осветљење са аутоматском контролом осветљености и димовањем осветљења у зависности од доба дана.</p> <p>—</p> <p>LED lighting with automatic illumination control and lighting dimming depending on the part of the day.</p>
<p>Релативна енергетска уштеда система осветљења [%]</p> <p>—</p> <p>Relative energy savings of lighting system [%]</p>	 <p>61%</p>	 <p>65%</p>	 <p>67%</p>

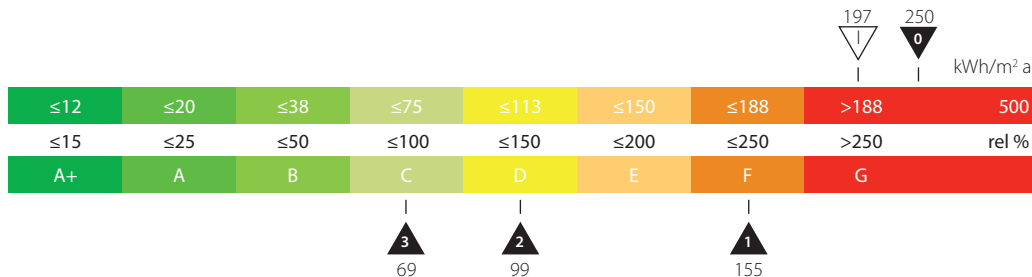
Унапређење термичког омотача – енергетски биланс — Thermal envelope improvement – energy balance



1- спољашњи зид, 2- прозори, 3- улазна врата, 4- међуспратна конструкција испод негрејаног тавана, 5- међуспратна конструкција изнад негрејаног подрума, 6- под на тлу

1- external wall, 2- windows, 3- doors, 4- floor construction to unheated attic, 5- floor construction to unheated basement, 6-ground floor

Специфична годишња
потребна енергија за
грејање
–
Specific Heating Energy
demand per year
[kWh/m²a]

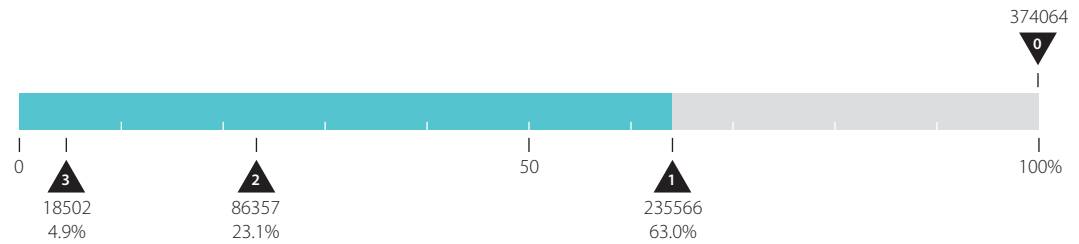


Унапређење термичког омотача и система грејања – енергетски биланс — Thermal envelope and heating systems improvement – energy balance

Финална енергија

Final energy

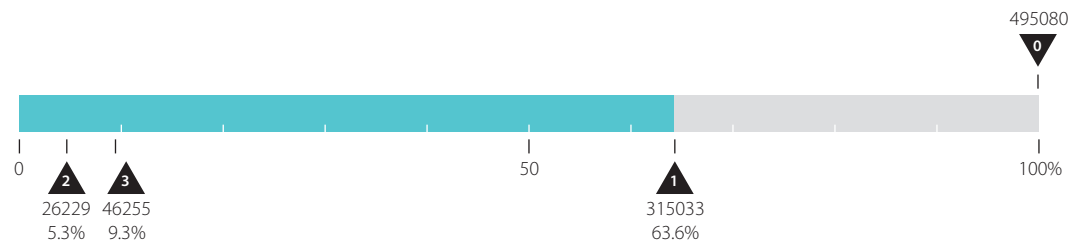
[kWh/a]



Примарна енергија

Primary energy

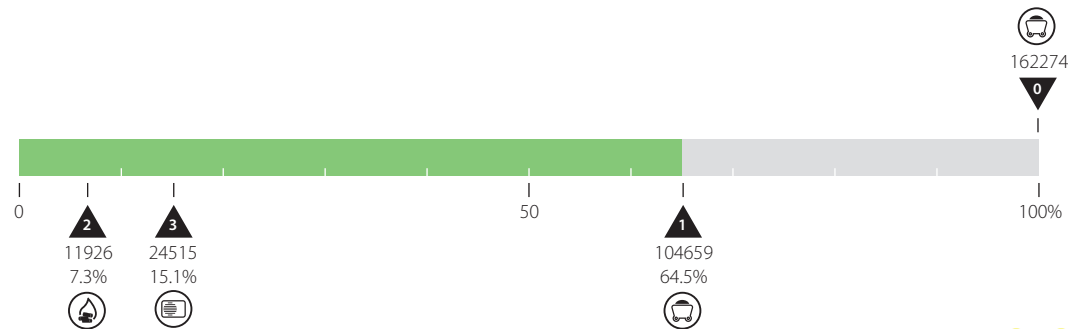
[kWh/a]



Емисија CO₂ након примене грађевинских и термотехничких мера

CO₂ emission after architectural and HVAC improvement

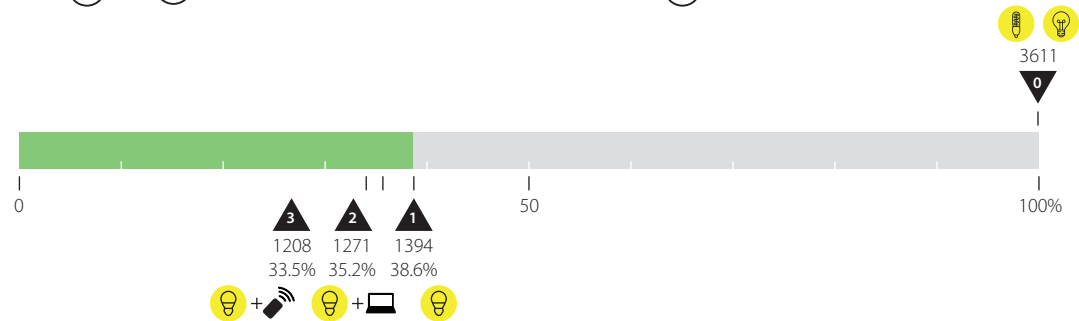
[kg/a]



Емисија CO₂ након унапређења система расвете

CO₂ emission after lighting improvement

[kg/a]



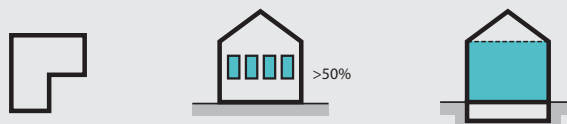
0 полазно стање
starting condition

1 најчешће интервенције
usual interventions

1 унапређење 1
improvement 1

2 унапређење 2
improvement 2

3 унапређење 3
improvement 3



Школска зграда површине 500-2000 m²

Категорија	средња школа
Година изградње	1924.
Број етажа	По+Пр+1
Површина (m ²) бруто	1600
Површина (m ²) нето грејана	1055
Запремина (m ³) нето грејана	4345

Спратне школске зграде овог периода рађене су најчешће као репрезентативни објекти и данас су често у одређеном режиму заштите. Карактерише их класицистичка композиција са наглашеним централним волуменом и бочним крилима.

Школске зграде овог типа имају већи број учионица и све пратеће и сервисне просторе.

Покривене су косим крововима, са таванским простором који се не користи, а у појединим случајевима поседују и негрејане подрумске просторије. Прозорски отвори су појединачни, релативно мањих димензија, без заштите од сунца или са платненим ролетнама са унутрашње стране.

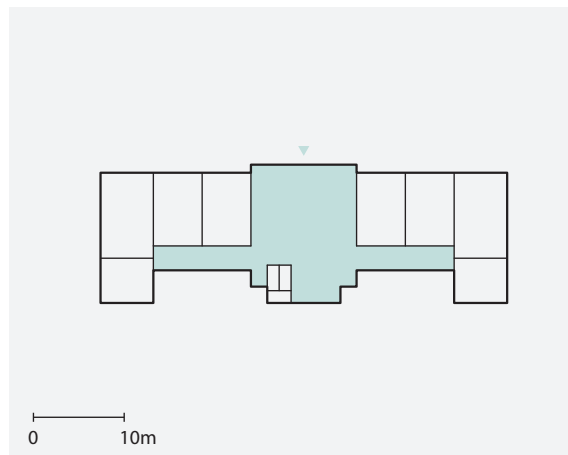
School building with area 500-2000 m²

Category	high school
Year of construction	1924
Number of floors	B+Gf+1
Area (m ²) Gross	1600
Area (m ²) Net heated	1055
Volume (m ³) Net heated	4345

The two-story buildings of the period were usually constructed as representative buildings and today they are often protected as cultural heritage. They are characterized by classicistic composition, with a distinguished central volume and lateral wings.

The school buildings of this type contain numerous classrooms and various complementary spaces.

The roofs are hipped, the unheated attic is not in use, while the basement (if any) is unheated and used for storage and as an auxiliary space. There are single window openings, without sun protection or with interior textile roller blinds.



Школске зграде овог типа рађене су традиционалним техникама грађења. Конструктивни склоп је масиван, са дрвеном међуспратном конструкцијом („каратаван“) и косим вишеводним кровом. Фасадни зидови су обострано малтерисани, неизоловани, са елементима декоративне пластике. Прозори су дрвени, двоструки, са раздвојеним крилима, застакљени једноструким стаклом. Подови су дрвени (бродски под или паркет) на потпатосницама у песку.



School buildings of this type were built using simple construction technologies. The buildings with a basement would have concrete ribbed decking between the ground floor and the basement. Facade walls are plastered on both sides, with decorative plasterwork on the exterior, with no thermal insulation or wall cavities. Windows are wooden framed, double-sashed with single pane glazing. Wood floors were laid on sleepers placed in sand infill.

Енергетски разред објекта – пројектовано стање

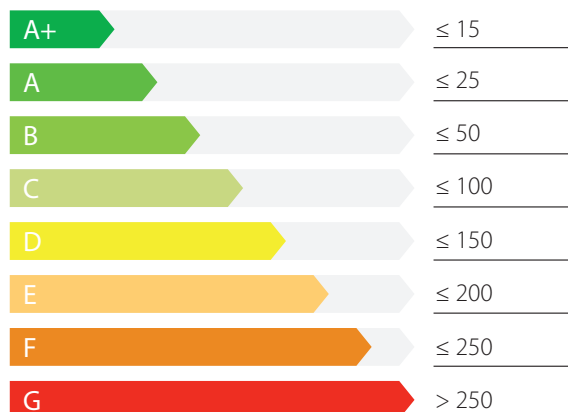
 $Q_{H,nd,rel} [\%]$

335

Energy class of building – as designed

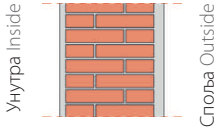
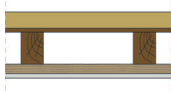
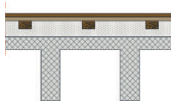
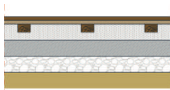
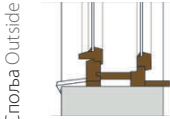
 $Q_{H,nd} [kWh/(m^2a)]$

251



G

Склопови термичког омотача – постојеће стање — Elements of the thermal envelope – existing

<p>Спољашњи зид — External Wall</p>	 <p>малтер 2 cm, опека 44 cm, малтер 5 cm — plaster 2 cm, brick wall 44 cm, plaster 5 cm</p> <p>U (W/m²K) 1.10</p>
<p>Међуспратна конструкција испод негрејаног тавана — Floor structure to unheated attic</p>	 <p>земља са плевом 10 cm, даске 2.4cm, тавањаче 14/20 cm, дрвена потконструкција 6 cm, малтер на тршчаној подлози 3 cm — earth 10 cm, plank 2.4 cm, wood rafters 14/20 cm, wooden substructure 6 cm, straw-plaster ceiling 3 cm</p> <p>U (W/m²K) 0.78</p>
<p>Међуспратна конструкција изнад негрејаног подрума — Floor structure to unheated basement</p>	 <p>паркет 2.2 cm, даске 2.4 cm, потпатоснице (8/5cm) у слоју песка 10cm, ситноребраста таваница 40 cm — parquet 2.2 cm, wooden subfloor 2.4 cm, sleepers 8/5 cm in 10 cm sand bedding, reinforced concrete ribbed slab 40 cm</p> <p>U (W/m²K) 1.29</p>
<p>Под на тлу — Ground floor</p>	 <p>дашчани под 2.2 cm, даске 2.4 cm, потпатоснице 8/5 cm у слоју песка 10 cm, бетонска плоча 10 cm, шљунак 10 cm, набијена земља — wood strip 2.2 cm, wooden subfloor 2.4 cm, sleepers 8/5 cm in 10 cm sand bedding, concrete 10 cm, gravel 10 cm, rammed earth</p> <p>U (W/m²K) 0.38</p>
<p>Прозори — Windows</p>	 <p>дрвени двоструки са размакнути крилима (широка кутија) и једноструким стаклом — Wooden, double frame, double sash (wide box) with single glazing</p> <p>U (W/m²K) 3.50</p>

Термотехнички системи и осветљење – постојеће стање — HVAC and lighting – existing

Систем грејања и припреме топле воде Heating and hot water system

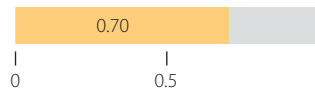
Систем загревања просторија
—
Heating system



У изворном стању школа се загревала путем локалних загревних уређаја - пећи на чврсто гориво (дрво и угаљ). Касније је уграђен систем централног грејања са радијаторима као грејним телима. Као гориво се користи 80% лигнита и 20% огревног дрвета.

—
Originally, local heating stoves (wood and coal fired) were used for heating school building. The central hydronic heating system with radiators has been installed afterwards, using 80% of lignite and 20% of fire wood as the energy source.

Степен корисности система грејања
—
Heating system efficiency



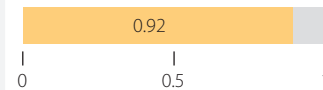
Систем припреме санитарне топле воде
—
Domestic hot water (DHW) preparation system



Припрема потрошне топле воде није била предвиђена пројектом. Данас се потрошна топла вода припрема у електричним бојлерима.

—
Originally, the system for domestic hot water preparation was not installed. Nowadays, domestic hot water is prepared using local electric water heaters.

Степен корисности припреме санитарне топле воде
—
DHW preparation efficiency



Систем осветљења Lighting system

Унутрашња расвета
—
Interior lighting



У школи је у изворном облику коришћено је инкадесцентно осветљење, док је према постојећем стању највећи део школе покривен флуо осветљењем а мањи део инкадесцентним осветљењем. Без аутоматске контроле осветљења.

—
Incandescent lighting was used in the original form, however today a small part of the school uses incandescent lighting, while most of it uses fluorescent tube. No automatic light control.

Спољна расвета
—
Outdoor lighting



Живине сијалице.
—
Mercury bulbs.

Слични објекти – представници типа — Similar buildings – type representatives



Овакве школске зграде су рађене крајем 19. и почетком 20. века широм Србије, у градовима, али и у мањим местима, најчешће као основне школе или мање гимназије. Осим слободностојећих објеката компактног габарита, у урбаним срединама су заступљене и као угаоне зграде.

Фасадна обрада варира од једноставних, малтерисаних фасада, све до веома разрађених стилских фасада у вештачком камену, са бројним декоративним елементима.

Третман кровног венца прати третман фасаде – од једноставних плитких стреха са viseћим олуцима до кровних равни повучених иза стилског назитка.

At the turn of the 20th century, these schools were built in towns and cities all over Serbia, usually as elementary schools or smaller secondary grammar schools. They occur not only as compact freestanding structures, but also as corner buildings within the conventional city block.

Facades may vary from simple renderings to elaborate stylistic stucco ornamentation.

The aesthetics and complexity of cornice correspond to the facade design, ranging from the basic box cornice with hanging gutters to the recessed roof slopes hidden behind the ornamented cornice.

Затечено стање — Existing state

Претходна
унапређења

–

Previous improvements

Уградња нових дрвених прозора са двослојним изолационим стаклом на делу зграде.

—

Partial installation of new wooden windows with double-glazing.

Опис унапређења — Improvement measures description

Унапређење 1

–

Improvement 1

Уградња нових прозора од ПВЦ профила са двослојним изолационим нискоемисионим стакло-пакетом (добра заптивеност).

—

Installation of new PVC windows with double-glazed low-emissivity glass unit (good air tightness).

Унапређење 2

–

Improvement 2

Изоловање фасадних зидова контактном термоизолационом фасадом. Изоловање међуспратне конструкције ка негрејаном тавану уз делимичну реконструкцију слојева. Изоловање међуспратне конструкције ка негрејаном подруму. Уградња нових прозора од ПВЦ профила са двослојним изолационим нискоемисионим стакло-пакетом (добра заптивеност). Уградња нових улазних дрвених врата са термоизолационом испуном.

—

Insulation of façade walls with a contact façade system. Insulation of floor structure to unheated attic with partial layer reconstruction. Insulation of floor structure to unheated basement. Installation of new PVC windows with double-glazed low-emissivity glass unit (good air tightness). Installation of new entrance wood doors, with thermal insulation infill.

Унапређење 3

–

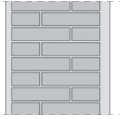
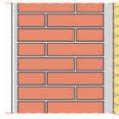
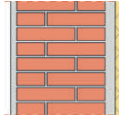

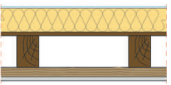


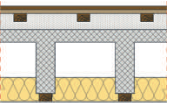
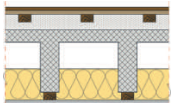
Improvement 3

Изоловање фасадних зидова контактном термоизолационом фасадом. Изоловање међуспратне конструкције ка негрејаном тавану уз делимичну реконструкцију слојева. Изоловање међуспратне конструкције ка негрејаном подруму. Изоловање пода на тлу уз делимичну реконструкцију слојева. Уградња нових прозора од композитних профила са трослојним изолационим нискоемисионим стакло-пакетом (добра заптивеност). Уградња нових улазних дрвених композитних врата са термоизолационом испуном.



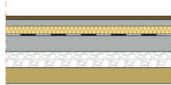
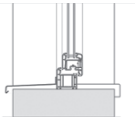
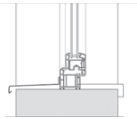
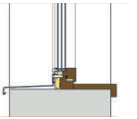
—

Insulation of façade walls with a contact façade system. Insulation of floor structure to unheated attic with partial layer reconstruction. Insulation of floor structure to unheated basement. Insulation of ground floor, with partial layers reconstruction. Installation of new composite windows with triple-glazed low-emissivity glass unit (good air-tightness). Installation of new entrance composite doors, with thermal insulation infill.






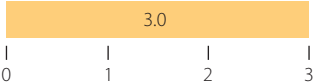


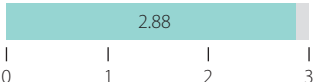



Склопови термичког омотача – унапређења — Elements of the thermal envelope – improvements

	Унапређење 1 Improvement 1	Унапређење 2 Improvement 2	Унапређење 3 Improvement 3
<p>Спољашњи зид</p> <p>External wall</p>	<p>Унутра Inside</p>  <p>Споља Outside</p> <p>НЕМА ИЗМЕНА</p> <p>NO CHANGES</p>	<p>Унутра Inside</p>  <p>Споља Outside</p> <p>малтер 3 cm, опека 44 cm, малтер 5 cm, термоизолација 10 cm, малтер 1 cm</p> <p>plaster 3 cm, brick wall 44 cm, plaster 5 cm, thermal insulation 10 cm, plaster 1 cm</p>	<p>Унутра Inside</p>  <p>Споља Outside</p> <p>малтер 3 cm, опека 44 cm, малтер 5 cm, термоизолација 20 cm, малтер 1 cm</p> <p>plaster 3 cm, brick wall 44 cm, plaster 5 cm, thermal insulation 20 cm, plaster 1 cm</p>
<p>U (W/m²K)</p>	1.10	0.28	0.16
<p>Међуспратна конструкција испод негрејаног тавана</p> <p>Floor structure to unheated attic</p>	<p>Споља Outside</p>  <p>Унутра Inside</p> <p>НЕМА ИЗМЕНА</p> <p>NO CHANGES</p>	<p>Споља Outside</p>  <p>Унутра Inside</p> <p>ПЕ фолија, термоизолација 15 cm, даске 2.4 cm, таванџаче 14/20 cm, дрвена потконструкција 6 cm, малтер на тршчаној подлози 3 cm</p> <p>PE foil, thermal insulation 15 cm, plank 2.4 cm, wood rafters 14/20 cm, wooden substructure 6 cm, straw-plaster ceiling 3 cm</p>	<p>Споља Outside</p>  <p>Унутра Inside</p> <p>ПЕ фолија, термоизолација 25 cm, даске 2.4 cm, таванџаче 14/20 cm, дрвена потконструкција 6 cm, малтер на тршчаној подлози 3 cm</p> <p>PE foil, thermal insulation 25 cm, plank 2.4 cm, wood rafters 14/20 cm, wooden substructure 6 cm, straw-plaster ceiling 3 cm</p>
<p>U (W/m²K)</p>	0.78	0.19	0.13
<p>Међуспратна конструкција изнад негрејаног подрума</p> <p>Floor structure to unheated basement</p>	<p>Унутра Inside</p>  <p>Споља Outside</p> <p>НЕМА ИЗМЕНА</p> <p>NO CHANGES</p>	<p>Унутра Inside</p>  <p>Споља Outside</p> <p>паркет 2.2 cm, даске 2.4 cm, потпатоснице (8/5cm) у слоју песка 10cm, ситноребраста таваница 40 cm, термоизолација 15 cm, летве 5/3 cm, гипскартонска плоча 1.25 cm</p> <p>parquet 2.2 cm, wooden subfloor 2.4 cm, sleepers 8/5 cm in 10 cm sand bedding, reinforced concrete ribbed slab 40 cm, thermal insulation 15 cm, wood battens 5/3 cm, gypsum board 1.25 cm</p>	<p>Унутра Inside</p>  <p>Споља Outside</p> <p>паркет 2.2 cm, цементна кошуљица 4 cm, термоизолација 5cm, ситноребраста таваница 40 cm, термоизолација 20 cm, летве 5/3 cm, гипскартонска плоча 1.25 cm</p> <p>parquet 2.2 cm, cement screed 4 cm, thermal insulation 5 cm, reinforced concrete ribbed slab 40 cm, thermal insulation 20 cm, wood battens 5/3 cm, gypsum board 1.25 cm</p>
<p>U (W/m²K)</p>	1.29	0.38	0.19







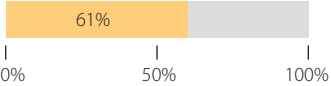
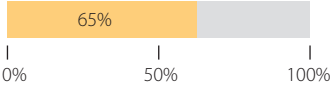
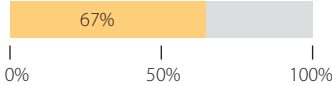
Склопови термичког омотача – унапређења — Elements of the thermal envelope – improvements

	Унапређење 1 Improvement 1	Унапређење 2 Improvement 2	Унапређење 3 Improvement 3
<p>Под на тлу</p> <p>—</p> <p>Ground floor</p>	<p>Унутра Inside</p>  <p>Споља Outside</p> <p>НЕМА ИЗМЕНА</p> <p>—</p> <p>NO CHANGES</p>	<p>Унутра Inside</p>  <p>Споља Outside</p> <p>НЕМА ИЗМЕНА</p> <p>—</p> <p>NO CHANGES</p>	<p>Унутра Inside</p>  <p>Споља Outside</p> <p>паркет 2.2 cm, цементна кошуљица 4 cm, термоизолација 5 cm, хидроизолација 1 cm, бетонска плоча 10 cm, шљунак 10cm, набијена земља</p> <p>—</p> <p>parquet 2.2 cm, cement screed 4 cm, thermal insulation 5 cm, hydro insulation 1 cm, concrete 10 cm, gravel 10 cm, rammed earth</p>
<p>U (W/m²K)</p>	0.38	0.38	0.24
<p>Прозори</p> <p>—</p> <p>Windows</p>	<p>Споља Outside</p>  <p>Унутра Inside</p> <p>ПВЦ са двослојним нискоемисионим стакло пакетом</p> <p>—</p> <p>PVC, double glazed low-E glass unit, inert gas filling</p>	<p>Споља Outside</p>  <p>Унутра Inside</p> <p>ПВЦ са двослојним нискоемисионим стакло пакетом</p> <p>—</p> <p>PVC, double glazed low-E glass unit, inert gas filling</p>	<p>Споља Outside</p>  <p>Унутра Inside</p> <p>Композитни профил са трослојним нискоемисионим стакло пакетом испуњеним инертним гасом</p> <p>—</p> <p>Composite, triple glazed low-E glass unit, inert gas filling</p>
<p>U (W/m²K)</p>	1.40	1.40	0.80

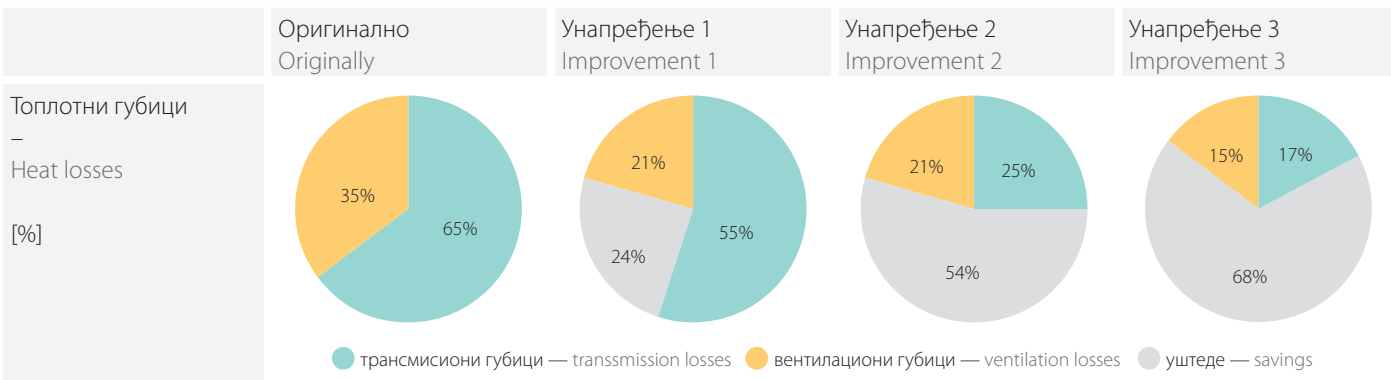
Систем грејања зграде – унапређења — Heating system – improvements

	Унапређење 1 Improvement 1	Унапређење 2 Improvement 2	Унапређење 3 Improvement 3
<p>Систем загревања просторија</p> <p>—</p> <p>Heating system</p>	 <p>Задржан је постојећи систем грејања простора: централно грејање с котлом на чврсто гориво (лигнит и дрво).</p> <p>—</p> <p>The existing heating system is retained: central hydronic heating system with coal and wood fired boiler.</p>	 <p>Уградња централног грејања са радијаторима као грејним телима и котлом на дрвну биомасу (пелет).</p> <p>—</p> <p>Installation of central hydronic system with radiators. The heating source is biomass (wood pellet) fired boiler.</p>	 <p>Уградња компресорске топлотне пумпе ваздух/вода са хидромодулом.</p> <p>—</p> <p>Installation of air source heat pump with hydromodule.</p>
<p>Ефикасност извора топлоте</p> <p>—</p> <p>Heat source efficiency</p>	 <p>0.75</p>	 <p>0.91</p>	 <p>3.0</p>
<p>Ефикасност система грејања</p> <p>—</p> <p>Heating system efficiency</p>	 <p>0.70</p>	 <p>0.85</p>	 <p>2.88</p>
<p>Припрема санитарне топле воде</p> <p>—</p> <p>Domestic hot water preparation</p>	 <p>Електрични акумулациони бојлери</p> <p>—</p> <p>Electric water heaters</p>	 <p>Електрични акумулациони бојлери</p> <p>—</p> <p>Electric water heaters</p>	 <p>Топлотна пумпа ваздух/вода</p> <p>—</p> <p>Air source heat pump</p>

Систем осветљења – унапређења — Lighting system – improvements

	Унапређење 1 Improvement 1	Унапређење 2 Improvement 2	Унапређење 3 Improvement 3
<p>Унутрашња расвета</p> <p>—</p> <p>Interior lighting</p>	 <p>Замења постојећег осветљења LED осветљењем.</p> <p>—</p> <p>Replacement of existing lighting with LED lighting.</p>	 <p>LED осветљење са могућношћу централизоване контроле укључености осветљења у појединим просторијама.</p> <p>—</p> <p>LED lighting with the possibility of centralized control of lighting activation in particular classrooms.</p>	 <p>Дисперзовани аутоматизовани систем осветљења који обухвата детекцију присуства људи и могућност прилагођења нивоа осветљења у зависности од доба дана и потреба људи у просторији.</p> <p>—</p> <p>Dispersed automated lighting system that includes the detection of people's presence and the ability to adjust the level of lighting depending on the time of day and the people's needs in the classrooms.</p>
<p>Спољна расвета</p> <p>—</p> <p>Exterior lighting</p>	 <p>Замења постојећег осветљења LED осветљењем.</p> <p>—</p> <p>Replacement of existing lighting with LED lighting.</p>	 <p>Подешавање времена укључивања осветљења у зависности од доба године.</p> <p>—</p> <p>Adjusting the lighting time depending on the time of the year.</p>	 <p>LED осветљење са аутоматском контролом осветљености и димовањем осветљења у зависности од доба дана.</p> <p>—</p> <p>LED lighting with automatic illumination control and lighting dimming depending on the part of the day.</p>
<p>Релативна енергетска уштеда система осветљења [%]</p> <p>—</p> <p>Relative energy savings of lighting system [%]</p>	 <p>61%</p>	 <p>65%</p>	 <p>67%</p>

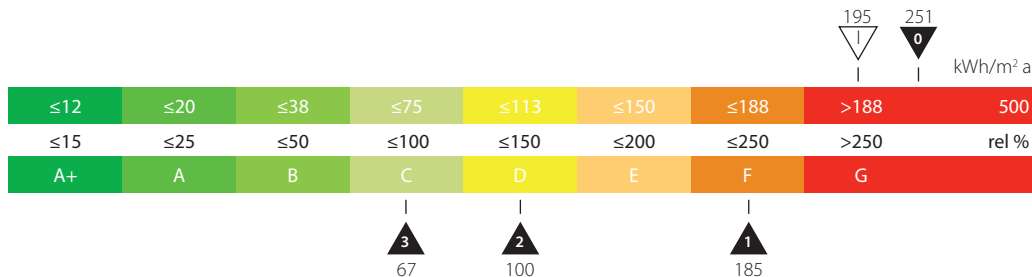
Унапређење термичког омотача – енергетски биланс — Thermal envelope improvement – energy balance



1- спољашњи зид, 2- прозори, 3- улазна врата, 4- међуспратна конструкција испод негрејаног тавана, 5- међуспратна конструкција изнад негрејаног подрума, 6- под на тлу

1- external wall, 2- windows, 3- doors, 4- floor construction to unheated attic, 5- floor construction to unheated basement, 6- ground floor

Специфична годишња
потребна енергија за
грејање
–
Specific Heating Energy
demand per year
[kWh/m²a]

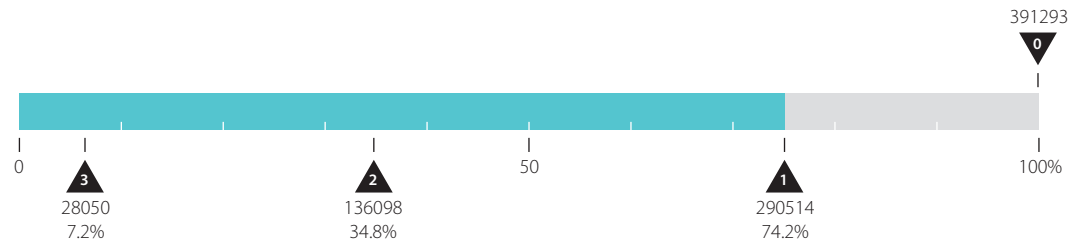


Унапређење термичког омотача и система грејања – енергетски биланс — Thermal envelope and heating systems improvement – energy balance

Финална енергија

Final energy

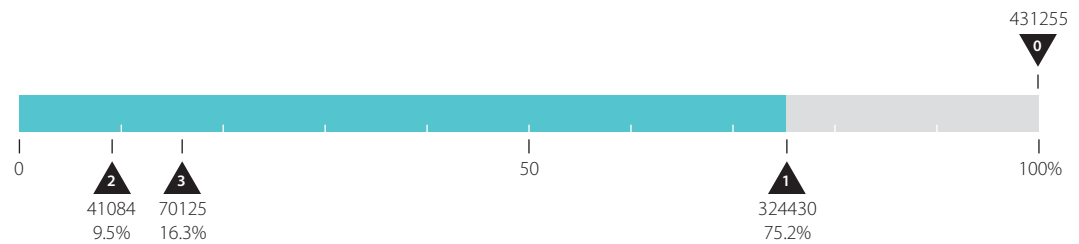
[kWh/a]



Примарна енергија

Primary energy

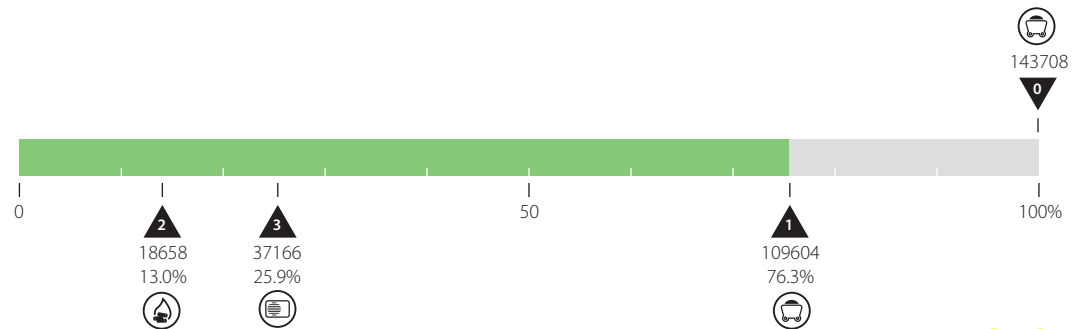
[kWh/a]



Емисија CO₂ након примене грађевинских и термотехничких мера

CO₂ emission after architectural and HVAC improvement

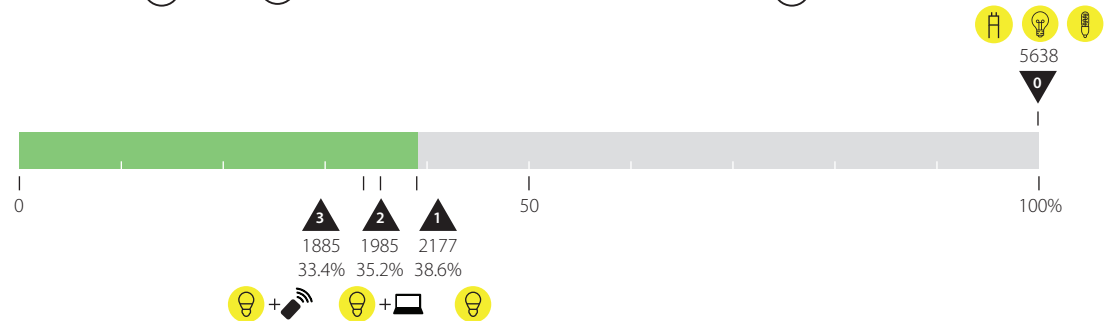
[kg/a]



Емисија CO₂ након унапређења система расвете

CO₂ emission after lighting improvement

[kg/a]



0 полазно стање starting condition

1 најчешће интервенције usual interventions

1 унапређење 1 improvement 1

2 унапређење 2 improvement 2

3 унапређење 3 improvement 3



A3a
A3a



Школска зграда површине веће од 2000 m²

Категорија	основна школа
Година изградње	1899.
Број етажа	По+Пр+2
Површина (m ²) бруто	2650
Површина (m ²) нето грејана	2115
Запремина (m ³) нето грејана	8485

Школске зграде овог типа су релативно једноставни волумени у форми класицистичке композиције, са наглашеним централним делом и бочним крилима. Имају две грејане етаже (приземље и спрат) са учионицама и комплементарним просторијама, тавански простор који се не користи, а често и негрејани подрум или сутерен са сервисним просторијама. Махом су рађене као репрезентативни објекти и данас често у одређеном режиму заштите.

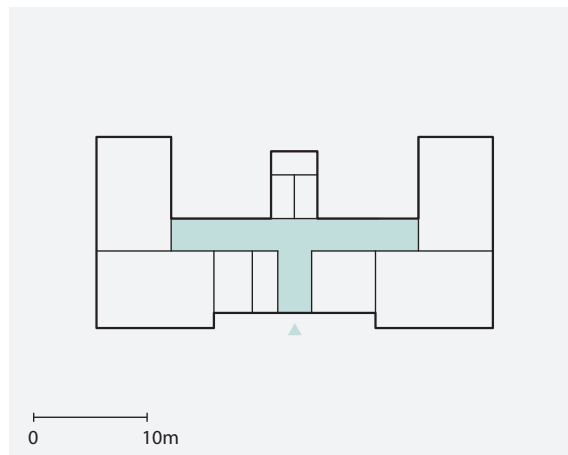
Кровови су коси, вишеводни. Прозорски отвори су појединачни, релативно мањих димензија, без заштите од сунца или са платненим ролетнама са унутрашње стране.

School building with area more than 2000 m²

Category	elementary school
Year of construction	1899
Number of floors	B+Gf+2
Area (m ²) Gross	2650
Area (m ²) Net heated	2115
Volume (m ³) Net heated	8485

The school buildings of this type have relatively basic massing in the form of classicistic composition, with the accented central volume and side wings. They have two heated stories with classrooms and complementary rooms, an unused attic, and often an unheated basement or cellar with service rooms. Mostly, they were built as representative buildings and nowadays they are protected.

Roofs are hipped; windows are single and rather small, without sun protection or with textile roller blinds on the interior.



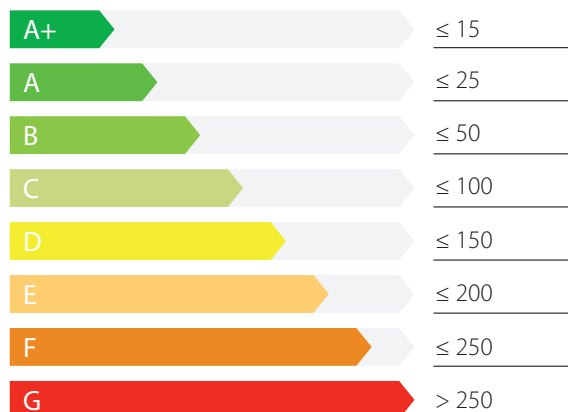
Конструктивни склоп је масиван, са носећим зидовима од пуне опеке, дрвеном међуспратном конструкцијом према тавану („каратаван“) и косим вишеводним кровом. Фасадни зидови су обострано малтерисани, неизоловани, често са елементима декоративне пластике. Прозори су дрвени, двоструки, са раздвојеним крилима, застакљени једноструким транспарентним стаклом. Подови су дрвени (бродски под или паркет) на потпатосницама у песку.

The load bearing structure is massive, with 59cm brick walls, a simple wooden construction to the unheated attic and a hip roof with a traditional wooden structure. Facade walls are plastered on both sides, with no thermal insulation, often showing some decorative plasterwork on the exterior side. Windows are wooden framed, double-sashed with single pane glazing. Wood floors were laid on rammed earth with strip flooring placed on sleepers.

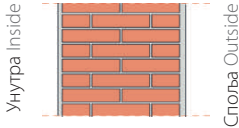
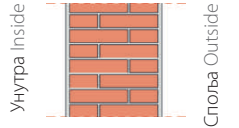

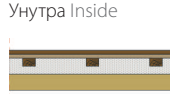
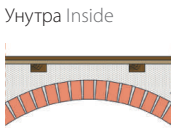
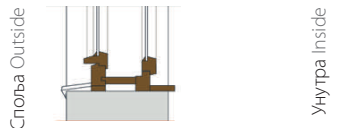
Енергетски разред објекта – пројектовано стање

 $Q_{H,nd,rel} [\%]$
316

Energy class of building – as designed

 $Q_{H,nd} [kWh/(m^2a)]$
237

G

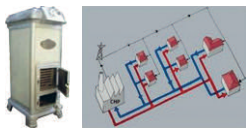
Склопови термичког омотача – постојеће стање — Elements of the thermal envelope – existing

<p>Спољашњи зид 1 — External Wall 1</p>	 <p>малтер 2 cm, опека 59 cm, малтер 3 cm — plaster 2 cm, brick wall 59 cm, plaster 3 cm</p>	<p>Спољашњи зид 2 — External Wall 2</p>	 <p>малтер 2 cm, опека 44 cm, малтер 2 cm — plaster 2 cm, brick wall 44 cm, plaster 2 cm</p>
<p>U (W/m²K)</p>	<p>0.89</p>	<p>U (W/m²K)</p>	<p>1.12</p>
<p>Међуспратна конструкција испод негрејаног тавана — Floor structure to unheated attic</p>	 <p>земља са плевом 10 cm, даске 2.4cm, таванаџе 14/20 cm, дрвена потконструкција 6 cm, малтер на тршчаној подлози 3 cm — earth 10 cm, plank 2.4 cm, wood rafters 14/20 cm, wooden substructure 6 cm, straw-plaster ceiling 3 cm</p>	<p>Под на тлу — Ground floor</p>	 <p>паркет 2.2 cm, даске 2.4 cm, потплатоснице 8/5 cm у слоју песка 10 cm, набијена земља — parquet 2.2 cm, wooden subfloor 2.4 cm, sleepers 8/5 cm in 10 cm sand bedding, rammed earth</p>
<p>U (W/m²K)</p>	<p>0.78</p>	<p>U (W/m²K)</p>	<p>0.69</p>
<p>Међуспратна конструкција изнад негрејаног подрума — Floor structure to unheated basement</p>	 <p>паркет 2.2 cm, даске 2.4 cm, потплатоснице (8/5cm) у слоју песка 10-15cm, опека 14cm — parquet 2.2 cm, wooden subfloor 2.4 cm, sleepers 8/5 cm in 10-15 cm sand bedding, brick vault 14 cm</p>	<p>Прозори — Windows</p>	 <p>дрвени двоструки са размакнути крилима (широка кутија) и једноструким стаклом — Wooden, double frame, double sash (wide box) with single glazing</p>
<p>U (W/m²K)</p>	<p>1.05</p>	<p>U (W/m²K)</p>	<p>3.50</p>

Термотехнички системи и осветљење – постојеће стање — HVAC and lighting – existing

Систем грејања и припреме топле воде Heating and hot water system

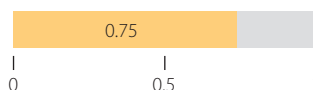
Систем загревања просторија
—
Heating system



У изворном стању школа се загревала путем локалних загревних уређаја - пећи на чврсто гориво (дрво и угаљ). Касније је уграђен систем централног грејања са радијаторима као грејним телима. Школа је повезана на систем даљинског грејања, а у топлани се као основно гориво користи природни гас.

—
Originally, local heating stoves (wood and coal fired) were used for heating school building. The central hydronic heating system with radiators has been installed afterwards and the school has been connected to district heating system. The thermal plant is using natural gas as primary energy source.

Степен корисности система грејања
—
Heating system efficiency



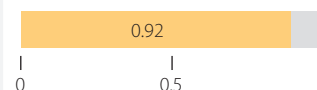
Систем припреме санитарне топле воде
—
Domestic hot water (DHW) preparation system



Припрема потрошне топле воде није била предвиђена пројектом. Данас се потрошна топла вода припрема у електричним бојлерима.

—
Originally, the system for domestic hot water preparation was not installed. Nowadays, domestic hot water is prepared using local electric water heaters.

Степен корисности припреме санитарне топле воде
—
DHW preparation efficiency



Систем осветљења Lighting system

Унутрашња расвета
—
Interior lighting



У школи је у изворном облику коришћено инкадесцентно осветљење, док је према постојећем стању комплетна школа покривена флуо осветљењем. Без аутоматске контроле осветљења.

—
Incadescent lighting was used in the original form. Nowadays, complete school is lightened with fluorescent lighting. No automatic light control.

Спољна расвета
—
Outdoor lighting



Живине сијалице и метал халогене сијалице.

—
Mercury bulbs and metal halogen bulbs.

Слични објекти – представници типа — Similar buildings – type representatives



Најстарије спратне школске зграде у Србији рађене су као репрезентативна државна здања и данас су већином вредни споменици културе, уједно и цењене образовне институције. Њихов значај се, између осталог, наглашавао и архитектонским решењем – формалном и симетричном композицијом волумена, великим спратним висинама, богато декорисаном фасадом, као и неретко раскошним ентеријерима, нарочито централног хола, степеништа, свечане сале.

Код ових објеката мере унапређења енергетске ефикасности морају бити дефинисане тако да се задрже све архитектонске вредности.

The oldest two-story buildings in Serbia were built as representative public buildings and today most of them are not only a valuable part of the national cultural heritage, but also prominent educational institutions. Their significance was also communicated through their architectural design, the formal composition of masses, high ceilings, generously decorated facades and, often, splendid interior spaces, especially in the public areas.

All measures for improving energy efficiency of such buildings need to be conceived in a way that does not compromise any valuable architectural features.

Затечено стање — Existing state

Претходна
унапређења

–

Previous improvements

Уградња нових прозора од ПВЦ профила са двослојним изолационим стаклом.

—

Installation of new PVC windows with double glazing.

Опис унапређења — Improvement measures description

Унапређење 1

–

Improvement 1

Уградња нових прозора од ПВЦ профила са двослојним изолационим нискоемисионим стакло-пакетом (добра заптивеност).

—

Installation of new PVC windows with double-glazed low-emissivity glass unit (good air tightness).

Унапређење 2

–

Improvement 2

Изоловање фасадних зидова са унутрашње стране. Изоловање међуспратне конструкције ка негрејаном тавану уз делимичну реконструкцију слојева. Изоловање међуспратне конструкције ка негрејаном подруму. Изоловање пода на тлу уз потпуну реконструкцију слојева. Уградња нових прозора од ПВЦ профила са двослојним изолационим нискоемисионим стакло-пакетом (добра заптивеност). Уградња нових улазних дрвених врата са термоизолационом испуном.

—

Interior insulation of façade walls. Insulation of floor structure to unheated attic with partial layer reconstruction. Insulation of floor structure to unheated basement. Insulation of ground floor with total layers reconstruction. Installation of new PVC windows with double-glazed low-emissivity glass unit (good air tightness). Installation of new entrance wooden doors, with thermal insulation infill.

Унапређење 3

–

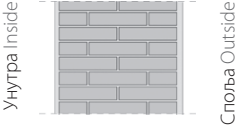
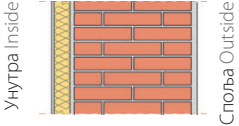
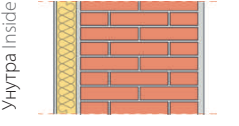
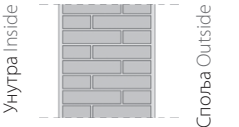
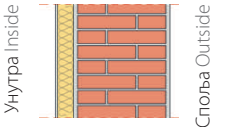
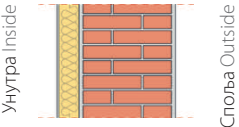
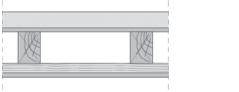
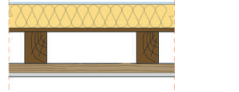

Improvement 3

Изоловање фасадних зидова са унутрашње стране. Изоловање међуспратне конструкције ка негрејаном тавану уз делимичну реконструкцију слојева. Изоловање међуспратне конструкције ка негрејаном подруму. Изоловање пода на тлу уз потпуну реконструкцију слојева. Уградња нових прозора од композитних профила са трослојним изолационим нискоемисионим стакло-пакетом (добра заптивеност). Уградња нових улазних дрвених композитних врата са термоизолационом испуном.

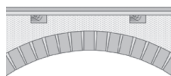
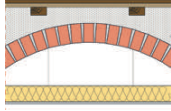
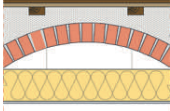

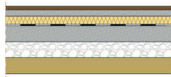
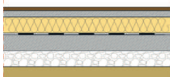
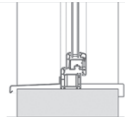
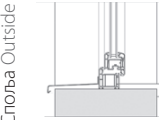
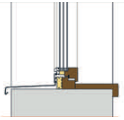
—

Interior insulation of façade walls. Insulation of floor structure to unheated attic with partial layer reconstruction. Insulation of floor structure to unheated basement. Insulation of ground floor with total layers reconstruction. Installation of new composite windows with triple-glazed low-emissivity glass unit (good air-tightness). Installation of new entrance composite doors, with thermal insulation infill.

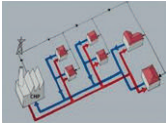
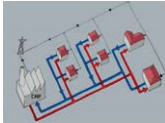

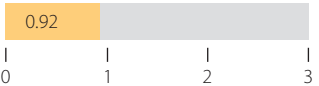
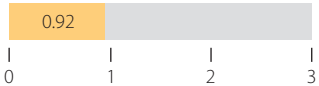
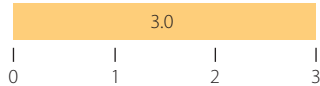


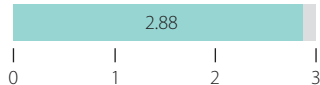



Склопови термичког омотача – унапређења — Elements of the thermal envelope – improvements

	Унапређење 1 Improvement 1	Унапређење 2 Improvement 2	Унапређење 3 Improvement 3
<p>Спољашњи зид 1 — External wall 1</p>	 <p>Унутра Inside Споља Outside</p> <p>НЕМА ИЗМЕНА — NO CHANGES</p>	 <p>Унутра Inside Споља Outside</p> <p>гипс картонска плоча 1.25 cm, потконструкција/ термоизолација 8 cm, малтер 2 cm, опека 59 cm, малтер 3 cm</p> <p>—</p> <p>gypsum board 1.25 cm, substructure/ thermal insulation 8 cm, plaster 2 cm, brick wall 59 cm, plaster 3 cm</p>	 <p>Унутра Inside Споља Outside</p> <p>гипс картонска плоча 1.25 cm, потконструкција/ термоизолација 10 cm, малтер 2 cm, опека 59 cm, малтер 3 cm</p> <p>—</p> <p>gypsum board 1.25 cm, substructure/thermal insulation 10 cm, plaster 2 cm, brick wall 59 cm, plaster 3 cm</p>
<p>U (W/m²K)</p>	0.89	0.30	0.26
<p>Спољашњи зид 2 — External wall 2</p>	 <p>Унутра Inside Споља Outside</p> <p>НЕМА ИЗМЕНА — NO CHANGES</p>	 <p>Унутра Inside Споља Outside</p> <p>гипс картонска плоча 1.25 cm, потконструкција/ термоизолација 8 cm, малтер 2 cm, опека 44 cm, малтер 2 cm</p> <p>—</p> <p>gypsum board 1.25 cm, substructure/ thermal insulation 8 cm, plaster 2 cm, brick wall 44 cm, plaster 2 cm</p>	 <p>Унутра Inside Споља Outside</p> <p>гипс картонска плоча 1.25 cm, потконструкција/ термоизолација 10 cm, малтер 2 cm, опека 44 cm, малтер 2 cm</p> <p>—</p> <p>gypsum board 1.25 cm, substructure/thermal insulation 10 cm, plaster 2 cm, brick wall 44 cm, plaster 2 cm</p>
<p>U (W/m²K)</p>	1.12	0.32	0.27
<p>Међуспратна конструкција испод негрејаног тавана — Floor structure to unheated attic</p>	 <p>Споља Outside</p> <p>Унутра Inside НЕМА ИЗМЕНА — NO CHANGES</p>	 <p>Споља Outside</p> <p>Унутра Inside</p> <p>ПЕ фолија, термоизолација 15 cm, даске 2.4 cm, таванаџе 14/20 cm, дрвена потконструкција 6 cm, малтер на тршчаној подлози 3 cm</p> <p>—</p> <p>PE foil, thermal insulation 15 cm, plank 2.4 cm, wood rafters 14/20 cm, wooden substructure 6 cm, straw-plaster ceiling 3 cm</p>	 <p>Споља Outside</p> <p>Унутра Inside</p> <p>ПЕ фолија, термоизолација 25 cm, даске 2.4 cm, таванаџе 14/20 cm, дрвена потконструкција 6 cm, малтер на тршчаној подлози 3 cm</p> <p>—</p> <p>PE foil, thermal insulation 25 cm, plank 2.4 cm, wood rafters 14/20 cm, wooden substructure 6 cm, straw-plaster ceiling 3 cm</p>
<p>U (W/m²K)</p>	0.78	0.19	0.13







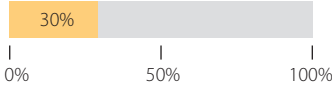

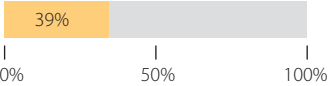
Склопови термичког омотача – унапређења — Elements of the thermal envelope – improvements

	Унапређење 1 Improvement 1	Унапређење 2 Improvement 2	Унапређење 3 Improvement 3
<p>Међуспратна конструкција изнад негрејаног подрума</p> <p>—</p> <p>Floor structure to unheated basement</p>	<p>Унутра Inside</p>  <p>Споља Outside НЕМА ИЗМЕНА — NO CHANGES</p>	<p>Унутра Inside</p>  <p>Споља Outside паркет 2.2 cm, даске 2.4 cm, потпатоснице (8/5cm) у слоју песка 10-15 cm, опека 14cm, термоизолација 10 cm, потконструкција, гипскартонска плоча 1.25 cm — parquet 2.2 cm, wooden subfloor 2.4 cm, sleepers 8/5 cm in 10-15 cm sand bedding, brick vault 14 cm, thermal insulation 10 cm, metal substructure, gypsum board 1.25 cm</p>	<p>Унутра Inside</p>  <p>Споља Outside паркет 2.2 cm, даске 2.4 cm, потпатоснице (8/5cm) у слоју песка 10-15 cm, опека 14 cm, термоизолација 20 cm, потконструкција, гипскартонска плоча 1.25 cm — parquet 2.2 cm, wooden subfloor 2.4 cm, sleepers 8/5 cm in 10-15 cm sand bedding, brick vault 14 cm, thermal insulation 20 cm, metal substructure, gypsum board 1.25 cm</p>
<p>U (W/m²K)</p>	1.05	0.27	0.16
<p>Под на тлу</p> <p>—</p> <p>Ground floor</p>	<p>Унутра Inside</p>  <p>Споља Outside НЕМА ИЗМЕНА — NO CHANGES</p>	<p>Унутра Inside</p>  <p>Споља Outside паркет 2.2 cm, цементна кошуљица 4 cm, термоизолација 5 cm, хидроизолација 1cm, бетонска плоча 10 cm, шљунак 10cm, набијена земља — parquet 2.2 cm, cement screed 4 cm, thermal insulation 5 cm, hydro insulation 1 cm, concrete 10 cm, gravel 10 cm, rammed earth</p>	<p>Унутра Inside</p>  <p>Споља Outside паркет 2.2 cm, цементна кошуљица 4 cm, термоизолација 10 cm, хидроизолација 1cm, бетонска плоча 10 cm, шљунак 10cm, набијена земља — parquet 2.2 cm, cement screed 4 cm, thermal insulation 10 cm, hydro insulation 1 cm, concrete 10 cm, gravel 10 cm, rammed earth</p>
<p>U (W/m²K)</p>	0.69	0.36	0.24
<p>Прозори</p> <p>—</p> <p>Windows</p>	<p>Споља Outside</p>  <p>Унутра Inside</p> <p>ПВЦ са двослојним нискоемисионим стакло пакетом — PVC, double glazed low-E glass unit, inert gas filling</p>	<p>Споља Outside</p>  <p>Унутра Inside</p> <p>ПВЦ са двослојним нискоемисионим стакло пакетом — PVC, double glazed low-E glass unit, inert gas filling</p>	<p>Споља Outside</p>  <p>Унутра Inside</p> <p>Композитни профил са трослојним нискоемисионим стакло пакетом испуњеним инертним гасом — Composite, triple glazed low-E glass unit, inert gas filling</p>
<p>U (W/m²K)</p>	1.40	1.40	0.80

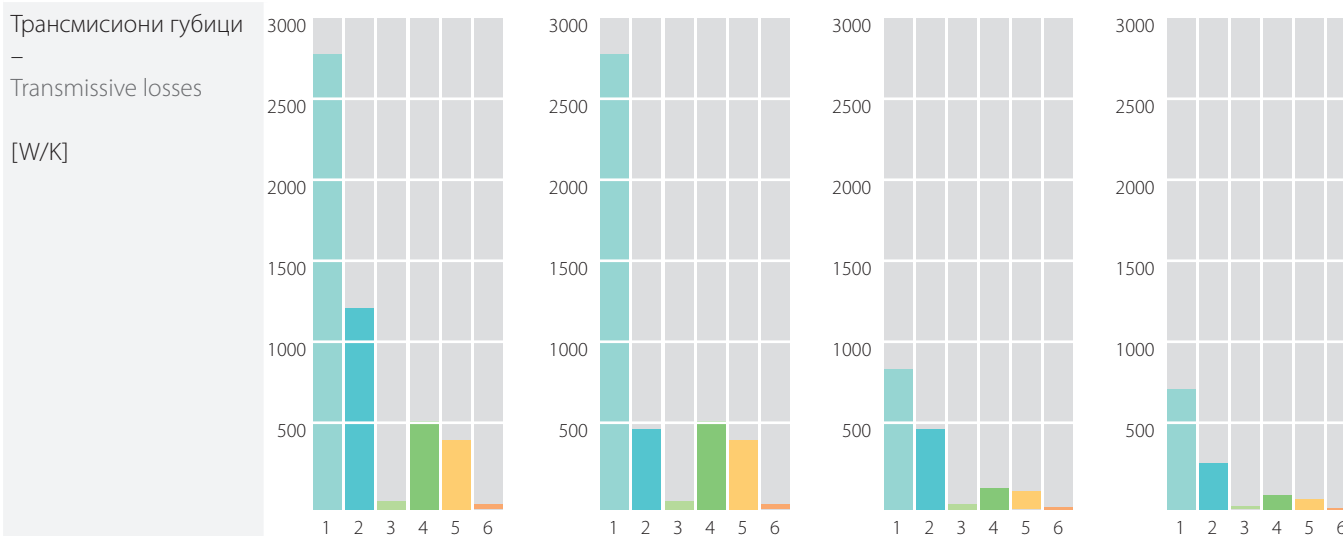
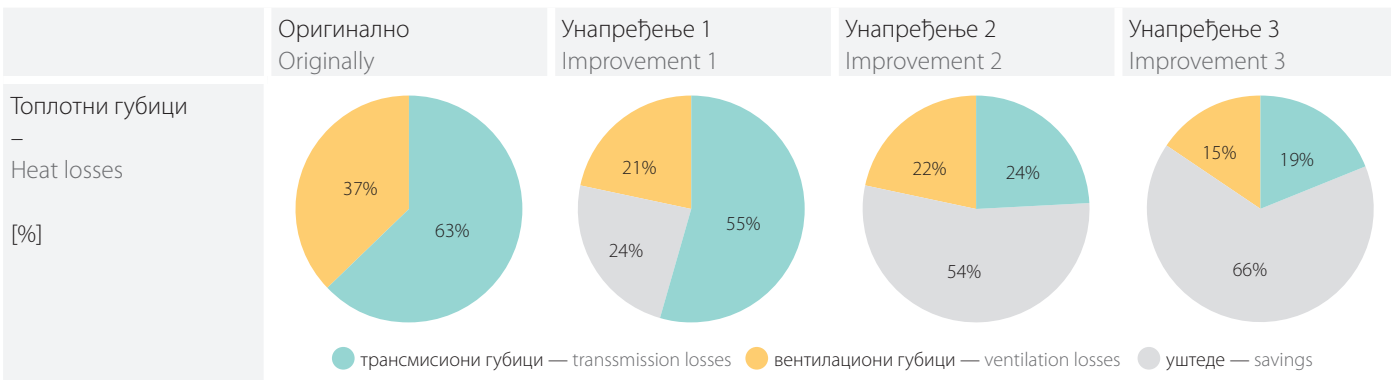
Систем грејања зграде – унапређења — Heating system – improvements

	Унапређење 1 Improvement 1	Унапређење 2 Improvement 2	Унапређење 3 Improvement 3
<p>Систем загревања просторија</p> <p>—</p> <p>Heating system</p>	 <p>Задржан је постојећи систем грејања простора: даљинско грејање с котлом на природни гас.</p> <p>—</p> <p>The existing heating system is retained: district heating with natural gas fired boiler.</p>	 <p>Задржан је постојећи систем грејања простора: даљинско грејање с котлом на природни гас.</p> <p>—</p> <p>The existing heating system is retained: district heating with natural gas fired boiler.</p>	 <p>Уградња компресорске топлотне пумпе ваздух/вода са хидромодулом.</p> <p>—</p> <p>Installation of air source heat pump with hydromodule.</p>
<p>Ефикасност извора топлоте</p> <p>—</p> <p>Heat source efficiency</p>			
<p>Ефикасност система грејања</p> <p>—</p> <p>Heating system efficiency</p>			
<p>Припрема санитарне топле воде</p> <p>—</p> <p>Domestic hot water preparation</p>	 <p>Електрични акумулациони бојлери</p> <p>—</p> <p>Electric water heaters</p>	 <p>Електрични акумулациони бојлери</p> <p>—</p> <p>Electric water heaters</p>	 <p>Топлотна пумпа ваздух/вода</p> <p>—</p> <p>Air source heat pump</p>

Систем осветљења – унапређења — Lighting system – improvements

	Унапређење 1 Improvement 1	Унапређење 2 Improvement 2	Унапређење 3 Improvement 3
<p>Унутрашња расвета — Interior lighting</p>	 <p>Замења постојећег осветљења LED осветљењем. — Replacement of existing lighting with LED lighting.</p>	 <p>LED осветљење са могућношћу централизоване контроле укључености осветљења у појединим просторијама. — LED lighting with the possibility of centralized control of lighting activation in particular classrooms.</p>	 <p>Дисперзовани аутоматизовани систем осветљења који обухвата детекцију присуства људи и могућност прилагођења нивоа осветљења у зависности од доба дана и потреба људи у просторији. — Dispersed automated lighting system that includes the detection of people's presence and the ability to adjust the level of lighting depending on the time of day and the people's needs in the classrooms.</p>
<p>Спољна расвета — Exterior lighting</p>	 <p>Замења постојећег осветљења LED осветљењем. — Replacement of existing lighting with LED lighting.</p>	 <p>Подешавање времена укључивања осветљења у зависности од доба године. — Adjusting the lighting time depending on the time of the year.</p>	 <p>LED осветљење са аутоматском контролом осветљености и димовањем осветљења у зависности од доба дана. — LED lighting with automatic illumination control and lighting dimming depending on the part of the day.</p>
<p>Релативна енергетска уштеда система осветљења [%] — Relative energy savings of lighting system [%]</p>	 <p>30%</p>	 <p>36%</p>	 <p>39%</p>

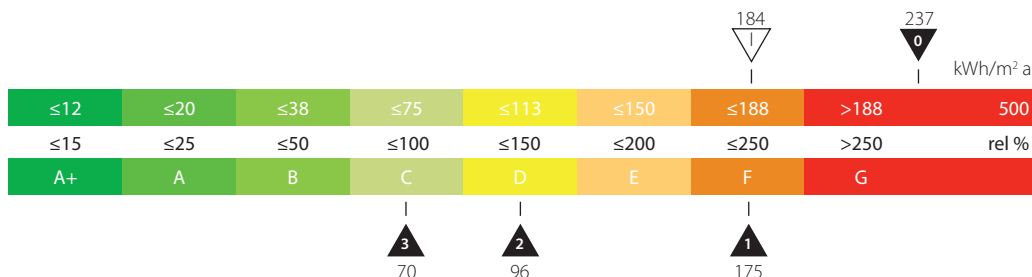
Унапређење термичког омотача – енергетски биланс — Thermal envelope improvement – energy balance



1- спољашњи зид, 2- прозори, 3- улазна врата, 4- међуспратна конструкција испод негрејаног тавана, 5- међуспратна конструкција изнад негрејаног подрума, 6- под на тлу

1- external wall, 2- windows, 3- doors, 4- floor construction to unheated attic, 5- floor construction to unheated basement, 6- ground floor

Специфична годишња
потребна енергија за
грејање
–
Specific Heating Energy
demand per year
[kWh/m²a]

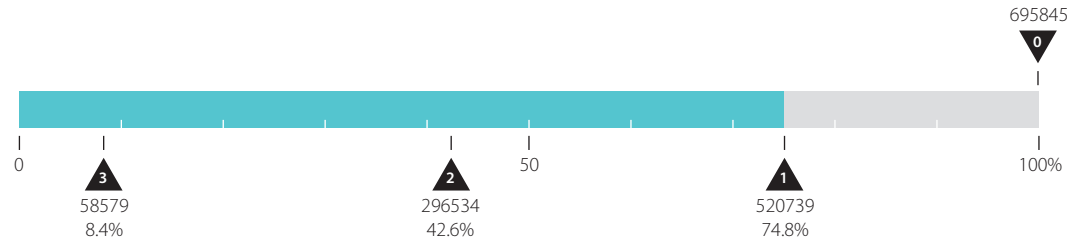


Унапређење термичког омотача и система грејања – енергетски биланс — Thermal envelope and heating systems improvement – energy balance

Финална енергија

Final energy

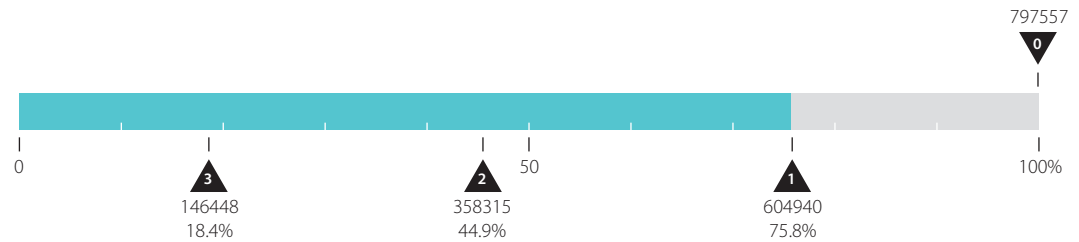
[kWh/a]



Примарна енергија

Primary energy

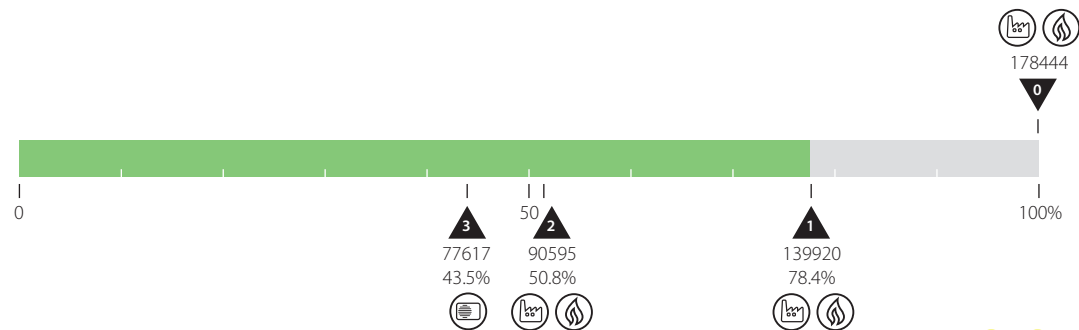
[kWh/a]



Емисија CO₂ након примене грађевинских и термотехничких мера

CO₂ emission after architectural and HVAC improvement

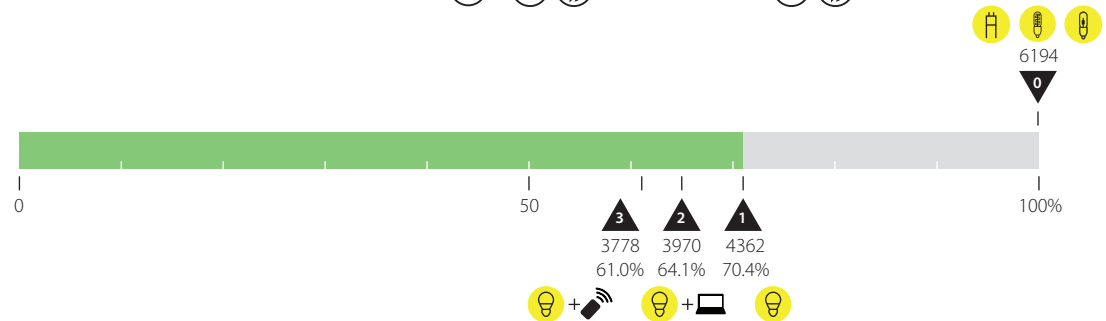
[kg/a]



Емисија CO₂ након унапређења система расвете

CO₂ emission after lighting improvement

[kg/a]



0 полазно стање starting condition

1 најчешће интервенције usual interventions

1 унапређење 1 improvement 1

2 унапређење 2 improvement 2

3 унапређење 3 improvement 3



A36
A3b



Школска зграда површине веће од 2000 m²

Категорија	средња школа
Година изградње	1927.
Број етажа	По+Пр+2
Површина (m ²) бруто	2850
Површина (m ²) нето грејана	2305
Запремина (m ³) нето грејана	9910

Двоспратне школске зграде овог типа рађене су у духу репрезентативних зграда свог времена, са пажљиво пројектованим и декоративно обрађеним фасадама, често заштићене као споменици културе. Грејане етаже (приземље и два спрата) су веће спратне висине и садрже учионице и одговарајуће комплементарне садржаје за наставнике и ученике. Подземна етажа се не греје, а тавански простор се не користи.

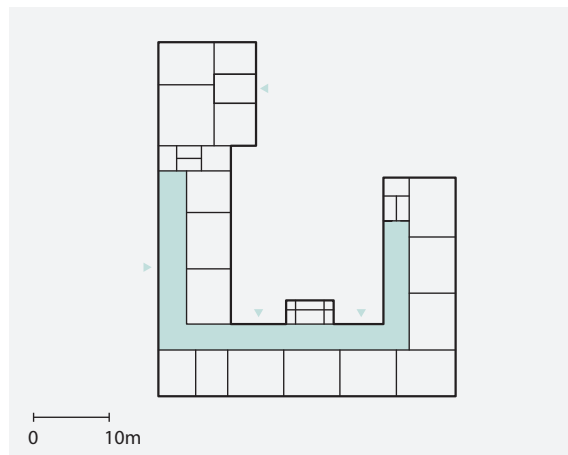
Кровови су коси, вишеводни, прозорски отвори су појединачни, без заштите од сунца или са платненим ролетнама са унутрашње стране.

School building with area more than 2000 m²

Category	high school
Year of construction	1927
Number of floors	B+Gf+2
Area (m ²) Gross	2850
Area (m ²) Net heated	2305
Volume (m ³) Net heated	9910

The three-floor school buildings of this type were built as representative public buildings of their time, with meticulously designed and decorated facades. Today, most of them are protected as Serbian cultural heritage. The heated floors (ground floor, first and second floors) are higher and contain numerous classrooms and complementary rooms for teachers and students. The basement is unheated and the attic is not in use.

Roofs are hipped; windows are single, without sun protection or with textile roller blinds on the interior.



Конструктивни склоп је масиван, са носећим зидовима од пуне опеке, дрвеном међуспратном конструкцијом према тавану („каратаван“) и косим вишеводним кровом. Фасадни зидови су обострано малтерисани, неизоловани, често са елементима декоративне пластике и сегментима рађеним у вештачком камену. Прозори су дрвени, двоструки, са раздвојеним крилима, застакљени једноструким стаклом. Подови су дрвени (бродски под или паркет) на потпатосницама у песку.

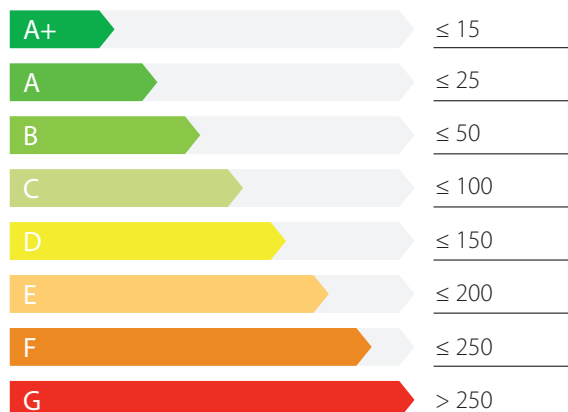
The load bearing structure is massive, with 44cm and 59cm brick walls, a simple wooden construction to the unheated attic and a hip roof with timber structure. Facade walls are plastered on both sides, with no thermal insulation, often with decorative plasterwork and stucco on the exterior side. Windows are wooden framed, double-sashed with single pane glazing. Wood floors were laid on rammed earth with strip flooring placed on sleepers.

Енергетски разред објекта – пројектовано стање

$Q_{H,nd\ rel}$ [%]
264

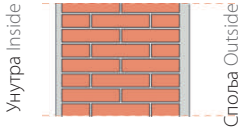
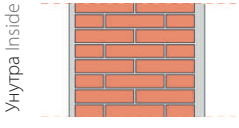
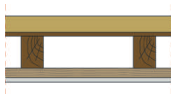
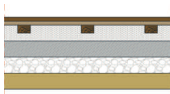
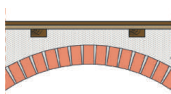
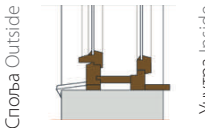
Energy class of building – as designed

$Q_{H,nd}$ [kWh/(m²a)]
198



G

Склопови термичког омотача – постојеће стање — Elements of the thermal envelope – existing

<p>Спољашњи зид — External Wall</p>	 <p>малтер 3 cm, опека 59 cm, малтер 5 cm — plaster 3 cm, brick wall 59 cm, plaster 5 cm</p>	<p>Зид ка суседном објекту — Wall to adjacent building</p>	 <p>малтер 3 cm, опека 59 cm, малтер 5 cm — plaster 3 cm, brick wall 59 cm, plaster 5 cm</p>
<p>U (W/m²K)</p>	<p>0.88</p>	<p>U (W/m²K)</p>	<p>0.85</p>
<p>Међуспратна конструкција испод негрејаног тавана — Floor structure to unheated attic</p>	<p>Споља Outside</p>  <p>Унутра Inside земља са плевом 10 cm, даске 2.4cm, таванаџе 14/20 cm, дрвена потконструкција 6 cm, малтер на тршчаној подлози 3 cm — earth 10 cm, plank 2.4 cm, wood rafters 14/20 cm, wooden substructure 6 cm, straw-plaster ceiling 3 cm</p>	<p>Под на тлу — Ground floor</p>	<p>Унутра Inside</p>  <p>Споља Outside дашчани под 2.2 cm, даске 2.4 cm, потпатоснице 8/5 cm у слоју песка 10 cm, бетонска плоча 10 cm, шљунак 10 cm, набијена земља — wood strip 2.2 cm, wooden subfloor 2.4 cm, sleepers 8/5 cm in 10 cm sand bedding, concrete 10 cm, gravel 10 cm, rammed earth</p>
<p>U (W/m²K)</p>	<p>0.78</p>	<p>U (W/m²K)</p>	<p>0.39</p>
<p>Међуспратна конструкција изнад негрејаног подрума — Floor structure to unheated basement</p>	<p>Унутра Inside</p>  <p>Споља Outside паркет 2.2 cm, даске 2.4 cm, потпатоснице (8/5cm) у слоју песка 10-30 cm, опека 14cm — parquet 2.2 cm, wooden subfloor 2.4 cm, sleepers 8/5 cm in 10-30 cm sand bedding, brick vault 14 cm</p>	<p>Прозори — Windows</p>	<p>Споља Outside</p>  <p>Унутра Inside дрвени двоструки са размакнути крилима (широка кутија) и једноструким стаклом — Wooden, double frame, double sash (wide box) with single glazing</p>
<p>U (W/m²K)</p>	<p>1.05</p>	<p>U (W/m²K)</p>	<p>3.50</p>

Термотехнички системи и осветљење – постојеће стање — HVAC and lighting – existing

Систем грејања и припреме топле воде Heating and hot water system

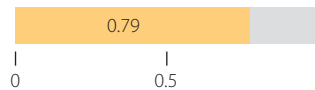
Систем загревања просторија
—
Heating system



У изворном стању школа се загревала путем локалних загревних уређаја - пећи на чврсто гориво (дрво и угаљ). Касније је уграђен систем централног грејања са радијаторима као грејним телима. Као гориво се користи лако уље за ложење.

Originally, local heating stoves (wood and coal fired) were used for heating school building. The central hydronic heating system with radiators has been installed afterwards, using light heating oil as a boiler energy source.

Степен корисности система грејања
—
Heating system efficiency



Систем припреме санитарне топле воде
—
Domestic hot water (DHW) preparation system



Припрема потрошне топле воде није била предвиђена пројектом. Данас се потрошна топла вода припрема у електричним бојлерима.

Originally, the system for domestic hot water preparation was not installed. Nowadays, domestic hot water is prepared using local electric water heaters.

Степен корисности припреме санитарне топле воде
—
DHW preparation efficiency



Систем осветљења Lighting system

Унутрашња расвета
—
Interior lighting



У школи је у изворном облику коришћено инкадесцентно осветљење, док је према постојећем стању комплетна школа покривена флуо осветљењем. Без аутоматске контроле осветљења.

Incandescent lighting was used in the original form. Nowadays, complete school is lightened with fluorescent lighting. No automatic light control.

Спољна расвета
—
Outdoor lighting



Живине сијалице и метал халогене сијалице.

Mercury bulbs and metal halogen bulbs.

Слични објекти – представници типа — Similar buildings – type representatives



Зграде овог типа су грађене махом у периоду између два светска рата, углавном као гимназије и стручне школе. Одликују их стилска варирања карактеристична за овај период: примери класицистичких здања, школа пројектованих у тзв. српско-византијском стилу, па све до модернистичких зграда без икаквих декоративних елемената. Спратне висине варирају од функционалних стандарда за овај тип зграда до веома репрезентативних високих и неретко декорисаних таваница.

Кровови су плитки, коси, а кровне равни су обично повучене иза назитка или, ређе, са малом стрехом и декоративним венцем.

Most of these buildings were erected between the two World Wars, mainly for secondary grammar or vocational schools. They reflect the variety and the turbulence in architectural design of the period, including classicist edifices, designs in the Serbian-Byzantine style, and modernist buildings without any decorative elements. Floor heights may vary from those fulfilling the basic functional requirements to representative high ceilings with extraordinary decorations.

The roof slopes are recessed behind the cornice or, less often, have a decorative box cornice.

Затечено стање — Existing state

Претходна
унапређења

–

Previous improvements

Уградња нових дрвених двоструких прозора са спојеним крилима застакљених једноструким стаклом.

—

Installation of new double-frame wooden windows, with single-glazed connected sash.

Опис унапређења — Improvement measures description

Унапређење 1

–

Improvement 1

Уградња нових прозора од ПВЦ профила са двослојним изолационим нискоемисионим стакло-пакетом (добра заптивеност).

—

Installation of new PVC windows with double-glazed low-emissivity glass unit (good air tightness).

Унапређење 2

–

Improvement 2

Изоловање фасадних зидова контактном термоизолационом фасадом. Изоловање зидова ка суседном објекту са унутрашње стране. Изоловање међуспратне конструкције ка негрејаном тавану уз делимичну реконструкцију слојева. Изоловање међуспратне конструкције ка негрејаном подруму. Уградња нових прозора од ПВЦ профила са двослојним изолационим нискоемисионим стакло-пакетом (добра заптивеност). Уградња нових улазних дрвених врата са термоизолационом испуном.

—

Insulation of façade walls with a contact façade system. Interior insulation of side walls to the adjacent building. Insulation of floor structure to unheated attic with partial layer reconstruction. Insulation of floor structure to unheated basement. Installation of new PVC windows with double-glazed low-emissivity glass unit (good air tightness). Installation of new entrance wooden doors, with thermal insulation infill.

Унапређење 3

–

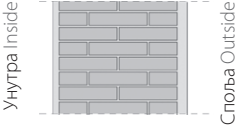
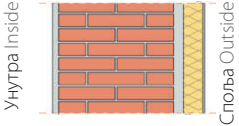
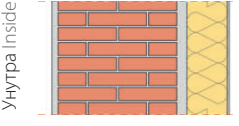
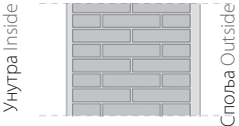
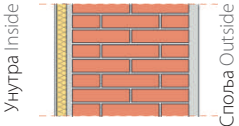
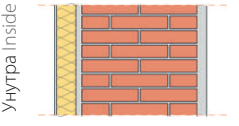

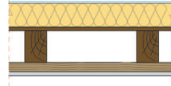

Improvement 3

Изоловање фасадних зидова контактном термоизолационом фасадом. Изоловање зидова ка суседном објекту са унутрашње стране. Изоловање међуспратне конструкције ка негрејаном тавану уз делимичну реконструкцију слојева. Изоловање међуспратне конструкције ка негрејаном подруму. Изоловање пода на тлу уз делимичну реконструкцију слојева. Уградња нових прозора од композитних профила са трослојним изолационим нискоемисионим стакло-пакетом (добра заптивеност). Уградња нових улазних дрвених композитних врата са термоизолационом испуном.

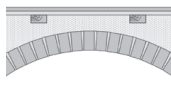
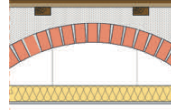
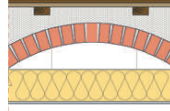
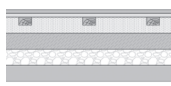
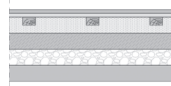
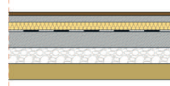
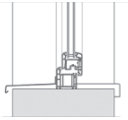
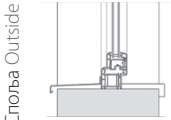
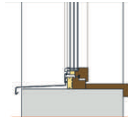
—

Insulation of façade walls with a contact façade system. Interior insulation of side walls to the adjacent building. Insulation of floor structure to unheated attic with partial layer reconstruction. Insulation of floor structure to unheated basement. Insulation of ground floor, with partial layers reconstruction. Installation of new composite windows with triple-glazed low-emissivity glass unit (good air-tightness). Installation of new entrance composite doors, with thermal insulation infill.


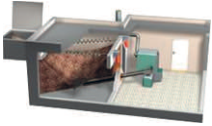

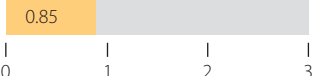
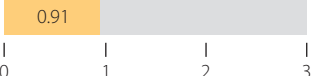
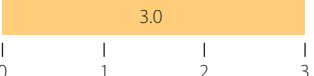


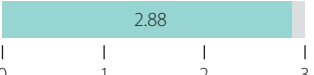



Склопови термичког омотача – унапређења — Elements of the thermal envelope – improvements

	Унапређење 1 Improvement 1	Унапређење 2 Improvement 2	Унапређење 3 Improvement 3
<p>Спољашњи зид</p> <p>—</p> <p>External wall</p>	 <p>Унутра Inside</p> <p>Споља Outside</p> <p>НЕМА ИЗМЕНА</p> <p>—</p> <p>NO CHANGES</p>	 <p>Унутра Inside</p> <p>Споља Outside</p> <p>малтер 3 cm, опека 59 cm, малтер 5 cm, термоизолација 10 cm, малтер 1 cm</p> <p>—</p> <p>plaster 3 cm, brick wall 59 cm, plaster 5 cm, thermal insulation 10 cm, plaster 1 cm</p>	 <p>Унутра Inside</p> <p>Споља Outside</p> <p>малтер 3 cm, опека 59 cm, малтер 5 cm, термоизолација 20 cm, малтер 1 cm</p> <p>—</p> <p>plaster 3 cm, brick wall 59 cm, plaster 5 cm, thermal insulation 20 cm, plaster 1 cm</p>
U (W/m ² K)	0.88	0.26	0.15
<p>Зид ка суседном објекту</p> <p>—</p> <p>Wall to the adjacent building</p>	 <p>Унутра Inside</p> <p>Споља Outside</p> <p>НЕМА ИЗМЕНА</p> <p>—</p> <p>NO CHANGES</p>	 <p>Унутра Inside</p> <p>Споља Outside</p> <p>гипс картонска плоча 1.25 cm, потконструкција/ термоизолација 5 cm, малтер 3 cm, опека 59 cm, малтер 5 cm</p> <p>—</p> <p>gypsum board 1.25 cm, substructure/ thermal insulation 5 cm, plaster 3 cm, brick wall 59 cm, plaster 5 cm</p>	 <p>Унутра Inside</p> <p>Споља Outside</p> <p>гипс картонска плоча 1.25 cm, потконструкција/ термоизолација 10 cm, малтер 3 cm, опека 59 cm, малтер 5 cm</p> <p>—</p> <p>gypsum board 1.25 cm, substructure/thermal insulation 10 cm, plaster 3 cm, brick wall 59 cm, plaster 5 cm</p>
U (W/m ² K)	0.85	0.39	0.25
<p>Међуспратна конструкција испод негрејаног тавана</p> <p>—</p> <p>Floor structure to unheated attic</p>	 <p>Споља Outside</p> <p>Унутра Inside</p> <p>НЕМА ИЗМЕНА</p> <p>—</p> <p>NO CHANGES</p>	 <p>Споља Outside</p> <p>Унутра Inside</p> <p>ПЕ фолија, термоизолација 15 cm, даске 2.4 cm, тавањаче 14/20 cm, дрвена потконструкција 6 cm, малтер на тршчаној подлози 3 cm</p> <p>—</p> <p>PE foil, thermal insulation 15 cm, plank 2.4 cm, wood rafters 14/20 cm, wooden substructure 6 cm, straw-plaster ceiling 3 cm</p>	 <p>Споља Outside</p> <p>Унутра Inside</p> <p>ПЕ фолија, термоизолација 25 cm, даске 2.4 cm, тавањаче 14/20 cm, дрвена потконструкција 6 cm, малтер на тршчаној подлози 3 cm</p> <p>—</p> <p>PE foil, thermal insulation 25 cm, plank 2.4 cm, wood rafters 14/20 cm, wooden substructure 6 cm, straw-plaster ceiling 3 cm</p>
U (W/m ² K)	0.78	0.19	0.13







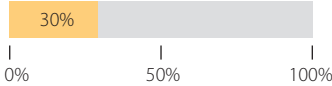

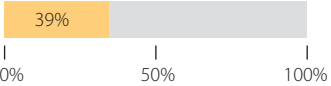
Склопови термичког омотача – унапређења — Elements of the thermal envelope – improvements

	Унапређење 1 Improvement 1	Унапређење 2 Improvement 2	Унапређење 3 Improvement 3
<p>Међуспратна конструкција изнад негрејаног подрума</p> <p>—</p> <p>Floor structure to unheated basement</p>	<p>Унутра Inside</p>  <p>Споља Outside НЕМА ИЗМЕНА — NO CHANGES</p>	<p>Унутра Inside</p>  <p>Споља Outside паркет 2.2 cm, даске 2.4 cm, потпатоснице (8/5cm) у слоју песка 10-30 cm, опека 14cm, термоизолација 10 cm, потконструкција, гипскартонска плоча 1.25 cm — parquet 2.2 cm, wooden subfloor 2.4 cm, sleepers 8/5 cm in 10-30 cm sand bedding, brick vault 14 cm, thermal insulation 10 cm, metal substructure, gypsum board 1.25 cm</p>	<p>Унутра Inside</p>  <p>Споља Outside паркет 2.2 cm, даске 2.4 cm, потпатоснице (8/5cm) у слоју песка 10-30 cm, опека 14 cm, термоизолација 20 cm, потконструкција, гипскартонска плоча 1.25 cm — parquet 2.2 cm, wooden subfloor 2.4 cm, sleepers 8/5 cm in 10-30 cm sand bedding, brick vault 14 cm, thermal insulation 20 cm, metal substructure, gypsum board 1.25 cm</p>
<p>U (W/m²K)</p>	1.05	0.27	0.16
<p>Под на тлу</p> <p>—</p> <p>Ground floor</p>	<p>Унутра Inside</p>  <p>Споља Outside НЕМА ИЗМЕНА — NO CHANGES</p>	<p>Унутра Inside</p>  <p>Споља Outside НЕМА ИЗМЕНА — NO CHANGES</p>	<p>Унутра Inside</p>  <p>Споља Outside паркет 2.2 cm, цементна кошуљица 4 cm, термоизолација 5 cm, хидроизолација 1 cm, бетонска плоча 10 cm, шљунак 10cm, набијена земља — parquet 2.2 cm, cement screed 4 cm, thermal insulation 5 cm, hydro insulation 1 cm, concrete 10 cm, gravel 10 cm, rammed earth</p>
<p>U (W/m²K)</p>	0.39	0.39	0.25
<p>Прозори</p> <p>—</p> <p>Windows</p>	<p>Споља Outside</p>  <p>Унутра Inside</p> <p>ПВЦ са двослојним нискоемисионим стакло пакетом — PVC, double glazed low-E glass unit, inert gas filling</p>	<p>Споља Outside</p>  <p>Унутра Inside</p> <p>ПВЦ са двослојним нискоемисионим стакло пакетом — PVC, double glazed low-E glass unit, inert gas filling</p>	<p>Споља Outside</p>  <p>Унутра Inside</p> <p>Композитни профил са трослојним нискоемисионим стакло пакетом испуњеним инертним гасом — Composite, triple glazed low-E glass unit, inert gas filling</p>
<p>U (W/m²K)</p>	1.40	1.40	0.80

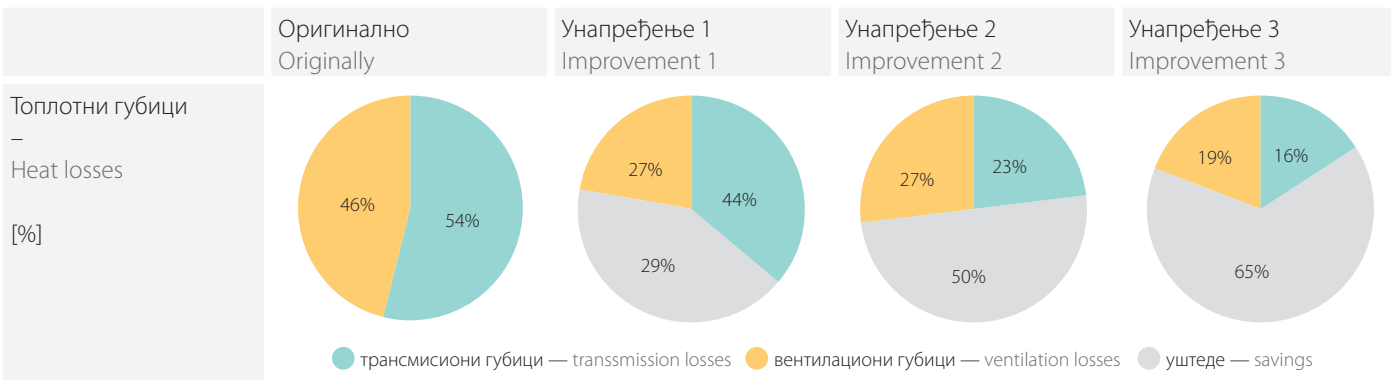
Систем грејања зграде – унапређења — Heating system – improvements

	Унапређење 1 Improvement 1	Унапређење 2 Improvement 2	Унапређење 3 Improvement 3
<p>Систем загревања просторија</p> <p>—</p> <p>Heating system</p>	 <p>Задржан је постојећи систем грејања простора: централно грејање с котлом на течном гориву.</p> <p>—</p> <p>The existing heating system is retained: central hydronic system with oil fired boiler.</p>	 <p>Уградња новог котла на чврсто гориво који користи дрвну биомасу (сечку).</p> <p>—</p> <p>Installation of new boiler that uses biomass (wood chips) as energy source.</p>	 <p>Уградња компресорске топлотне пумпе ваздух/вода са хидромодулом.</p> <p>—</p> <p>Installation of air-source heat pump with hydromodule.</p>
<p>Ефикасност извора топлоте</p> <p>—</p> <p>Heat source efficiency</p>	 <p>0.85</p>	 <p>0.91</p>	 <p>3.0</p>
<p>Ефикасност система грејања</p> <p>—</p> <p>Heating system efficiency</p>	 <p>0.79</p>	 <p>0.85</p>	 <p>2.88</p>
<p>Припрема санитарне топле воде</p> <p>—</p> <p>Domestic hot water preparation</p>	 <p>Електрични акумулациони бојлери</p> <p>—</p> <p>Electric water heaters</p>	 <p>Електрични акумулациони бојлери</p> <p>—</p> <p>Electric water heaters</p>	 <p>Топлотна пумпа ваздух/вода</p> <p>—</p> <p>Air source heat pump</p>

Систем осветљења – унапређења — Lighting system – improvements

	Унапређење 1 Improvement 1	Унапређење 2 Improvement 2	Унапређење 3 Improvement 3
<p>Унутрашња расвета — Interior lighting</p>	 <p>Замења постојећег осветљења LED осветљењем. — Replacement of existing lighting with LED lighting.</p>	 <p>LED осветљење са могућношћу централизоване контроле укључености осветљења у појединим просторијама. — LED lighting with the possibility of centralized control of lighting activation in particular classrooms.</p>	 <p>Дисперзовани аутоматизовани систем осветљења који обухвата детекцију присуства људи и могућност прилагођења нивоа осветљења у зависности од доба дана и потреба људи у просторији. — Dispersed automated lighting system that includes the detection of people's presence and the ability to adjust the level of lighting depending on the time of day and the people's needs in the classrooms.</p>
<p>Спољна расвета — Exterior lighting</p>	 <p>Замења постојећег осветљења LED осветљењем. — Replacement of existing lighting with LED lighting.</p>	 <p>Подешавање времена укључивања осветљења у зависности од доба године. — Adjusting the lighting time depending on the time of the year.</p>	 <p>LED осветљење са аутоматском контролом осветљености и димовањем осветљења у зависности од доба дана. — LED lighting with automatic illumination control and lighting dimming depending on the part of the day.</p>
<p>Релативна енергетска уштеда система осветљења [%] — Relative energy savings of lighting system [%]</p>	 <p>30%</p>	 <p>36%</p>	 <p>39%</p>

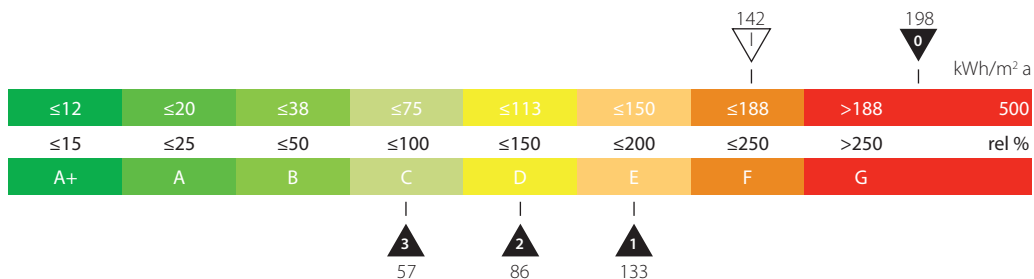
Унапређење термичког омотача – енергетски биланс — Thermal envelope improvement – energy balance



1- спољашњи зид, 2- прозори, 3- улазна врата, 4- међуспратна конструкција испод негрејаног тавана, 5- међуспратна конструкција изнад негрејаног подрума, 6- под на тлу

1- external wall, 2- windows, 3- doors, 4- floor construction to unheated attic, 5- floor construction to unheated basement, 6- ground floor

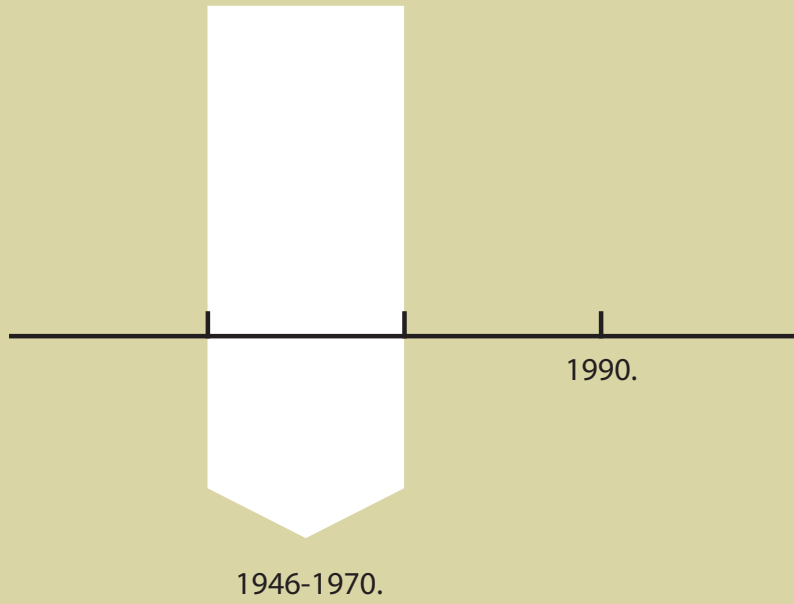
Специфична годишња
потребна енергија за
грејање
–
Specific Heating Energy
demand per year
[kWh/m²a]



Унапређење термичког омотача и система грејања – енергетски биланс — Thermal envelope and heating systems improvement – energy balance

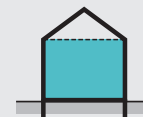


- 
 0 полазно стање / starting condition
- 
 1 најчешће интервенције / usual interventions
- 
 2 унапређење 1 / improvement 1
- 
 3 унапређење 2 / improvement 2
- 
 4 унапређење 3 / improvement 3



Б период 1946-1970.

B period 1946-1970



Школска зграда површине мање од 500 m²

Категорија	основна школа
Година изградње	1965.
Број етажа	Пр
Површина (m ²) бруто	190
Површина (m ²) нето грејана	145
Запремина (m ³) нето грејана	415

Школска зграда једноставне, компактне основе, грађена у мањим срединама као подручна школа са мешовитим одељењима. За овај тип је карактеристичан мали број учионица, без издвојених кабинета или других наменских и сервисних простора. Приручна библиотека није издвојена, већ се најчешће налази у самим учионицама.

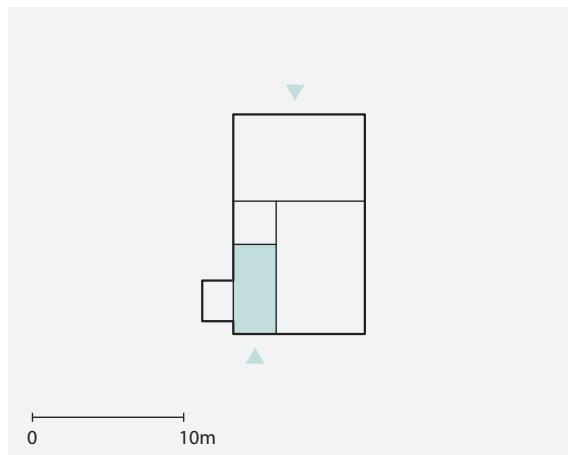
Представници овог типа су приземне зграде сведене геометрије, двоводних кровова, са таванским простором који се не користи и без подземних етажа (подрумских просторија). Отвори су појединачни – традиционални прозори нешто већих димензија у односу на школске зграде претходног периода.

School building with area less than 500 m²

Category	elementary school
Year of construction	1965
Number of floors	Gf
Area (m ²) Gross	190
Area (m ²) Net heated	145
Volume (m ³) Net heated	415

The school with a basic layout built in small communities as a rural unit with mixed classes. The typical school building would have just a few classrooms, without laboratories, the gymnasium or other specialty or service spaces. There is no separate school library; instead, library units are usually placed in the classrooms.

The type representatives are small, one-story buildings, with basic geometry, a pitched roof, an unused attic and without underground levels. The windows are single, traditional openings, somewhat larger than in the previous period.



Школске зграде овог типа рађене су једноставним техникама грађења. Конструктивни склоп је масиван, са дрвеном међуспратном конструкцијом („каратаван“) и косим двоводним кровом. Фасадни зидови су обострано малтерисани, без термичке изолације, али и без декоративне пластике што омогућава једноставне мере енергетске рехабилитације фасаде. Прозори су дрвени, застакљени једноструким стаклом. Подови су са дрвеном облогом без термичке изолације.

The school buildings of this type were built using simple construction techniques. Facade walls are plastered on both sides, with no thermal insulation or wall cavities or indeed any decorative elements, allowing the implementation of simple energy rehabilitation measures. Windows are wooden framed, double-sashed with single pane glazing and textile roller blinds for sun protection. Wood floors are traditional strip flooring placed on sleepers.

Енергетски разред објекта – пројектовано стање

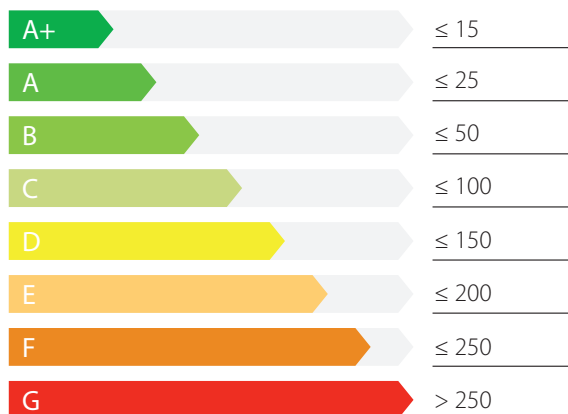
 $Q_{H,nd,rel} [\%]$

389

Energy class of building – as designed

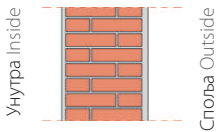
 $Q_{H,nd} [kWh/(m^2a)]$

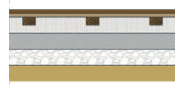
292



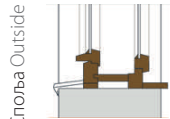
G

Склопови термичког омотача – постојеће стање — Elements of the thermal envelope – existing

<p>Спољашњи зид — External Wall</p>	 <p>малтер 2 cm, опека 38 cm, малтер 3 cm — plaster 2 cm, brick wall 38 cm, plaster 3 cm</p>
<p>U (W/m²K)</p>	<p>1.26</p>

<p>Под на тлу — Ground floor</p>	 <p>Споља Outside — дашчани под 2.2 cm, даске 2.4 cm, потпатоснице 8/5 cm у слоју песка 10 cm, бетонска плоча 10 cm, шљунак 10 cm, набијена земља — wood strip 2.2 cm, wooden subfloor 2.4 cm, sleepers 8/5 cm in 10 cm sand bedding, concrete 10 cm, gravel 10 cm, rammed earth</p>
<p>U (W/m²K)</p>	<p>0.56</p>

<p>Међуспратна конструкција испод негрејаног тавана — Floor structure to unheated attic</p>	 <p>Унутра Inside — земља са плевом 10 cm, даске 2.4cm, тавањаче 14/20 cm, дрвена потконструкција 6 cm, малтер на тршчаној подлози 3 cm — earth 10 cm, plank 2.4 cm, wood rafters 14/20 cm, wooden substructure 6 cm, straw-plaster ceiling 3 cm</p>
<p>U (W/m²K)</p>	<p>0.78</p>

<p>Прозори — Windows</p>	 <p>Унутра Inside — дрвени двоструки са размакнутих крилима (широка кутија) и једноструким стаклом — Wooden, double frame, double sash (wide box) with single glazing</p>
<p>U (W/m²K)</p>	<p>3.50</p>

Термотехнички системи и осветљење – постојеће стање — HVAC and lighting – existing

Систем грејања и припреме топле воде Heating and hot water system

Систем загревања просторија

Heating system

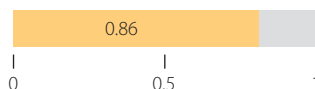


У изворном стању школа се загревала путем локалних загревних уређаја - пећи на чврсто гориво (дрво и угаљ). Касније је уграђен систем централног грејања са радијаторима као грејним телима. Као гориво користи се природни гас.

Originally, local heating stoves (wood and coal fired) were used for heating school building. The central hydronic heating system with radiators has been installed afterwards, using natural gas as the energy source.

Степен корисности система грејања

Heating system efficiency



Систем припреме санитарне топле воде

Domestic hot water (DHW) preparation system

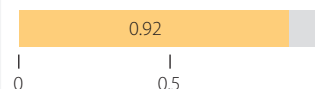


Припрема потрошне топле воде није била предвиђена пројектом. Данас се потрошна топла вода припрема у електричним бојлерима.

Originally, the system for domestic hot water preparation was not installed. Nowadays, domestic hot water is prepared using local electric water heaters.

Степен корисности припреме санитарне топле воде

DHW preparation efficiency



Систем осветљења Lighting system

Унутрашња расвета

Interior lighting



У школи је у изворном облику коришћено је инкадесцентно осветљење, док је према постојећем стању највећи део школе покривен флуо осветљењем а мањи део инкадесцентним осветљењем. Без аутоматске контроле осветљења.

Incandescent lighting was used in the original form, however today a small part of the school uses incandescent lighting, while most of it uses fluorescent tube. No automatic light control.

Спољна расвета

Outdoor lighting



Живине сијалице.
Mercury bulbs.

Слични објекти – представници типа — Similar buildings – type representatives



Већина школских зграда овог типа је изведена у потпуности коришћењем једноставних предратних техника зидања, али, у овом периоду, нема репрезентативних здања. Спратне висине су мање, фасадна обрада једноставна, без украса, осим понеког скромног фриза. Попут кућа за становање из овог периода, и мале школске зграде често имају трем на улазном делу. Поједине школе имају и прозоре налик онима на послератним стамбеним објектима, док су код осталих прозорски отвори нешто већих димензија. Дрвени подови на подлози од набијене земље такође више подсећају на стамбене него на јавне зграде.

Most school buildings of this type were built relying on the basic pre-war building techniques but there are no representative edifices in this period. Floor heights are lower and the facade finish is simple rendering with no decoration except for an occasional modest cornice. Porches, like the ones in the houses from the same period, can often be seen. Some schools may also have windows similar to the ones used on family houses, while others have somewhat larger and more elaborate openings. Wooden floors placed on rammed earth also resemble residential housing more than public buildings.


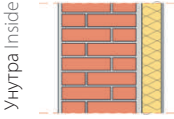
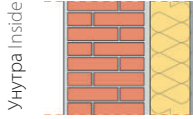
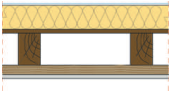
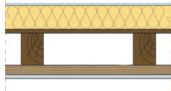

Затечено стање — Existing state

Претходна унапређења — Previous improvements	—
---	---


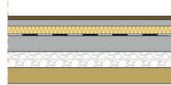
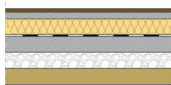
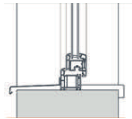
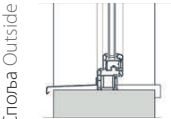
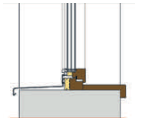
Опис унапређења — Improvement measures description

Унапређење 1 — Improvement 1	<p>Изоловање међуспратне конструкције ка негрејаном тавану уз делимичну реконструкцију слојева. Уградња нових прозора од ПВЦ профила са двослојним изолационим нискоемисионим стакло-пакетом (добра заптивеност).</p> <p>—</p> <p>Thermal insulation of floor structure to unheated attic, with partial layer reconstruction. Installation of new PVC windows with double-glazed low-emissivity glass unit (good air-tightness).</p>
Унапређење 2 — Improvement 2	<p>Изоловање фасадних зидова контактном термоизолационом фасадом. Изоловање међуспратне конструкције ка негрејаном тавану уз делимичну реконструкцију слојева. Изоловање пода на тлу уз делимичну реконструкцију слојева. Уградња нових прозора од ПВЦ профила са двослојним изолационим нискоемисионим стакло-пакетом (добра заптивеност). Уградња нових улазних дрвених врата са термоизолационом испуном.</p> <p>—</p> <p>Thermal insulation of façade walls with a contact façade system. Insulation of floor structure to unheated attic, with partial layer reconstruction. Insulation of ground floor, with partial layer reconstruction. Installation of new PVC windows with double-glazed low-emissivity glass unit (good air-tightness). Installation of new entrance wooden doors, with thermal insulation infill.</p>
Унапређење 3 — Improvement 3	<p>Изоловање фасадних зидова контактном термоизолационом фасадом. Изоловање међуспратне конструкције ка негрејаном тавану уз делимичну реконструкцију слојева. Изоловање пода на тлу уз делимичну реконструкцију слојева. Уградња нових прозора од композитних профила са трослојним изолационим нискоемисионим стакло-пакетом (добра заптивеност). Уградња нових улазних дрвених композитних врата са термоизолационом испуном.</p> <p>—</p> <p>Thermal insulation of façade walls with a contact façade system. Insulation of floor structure to unheated attic, with partial layer reconstruction. Insulation of ground floor, with partial layer reconstruction. Installation of new composite windows with triple-glazed low-emissivity glass unit (good air-tightness). Installation of new entrance composite doors, with thermal insulation infill.</p>




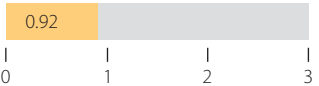
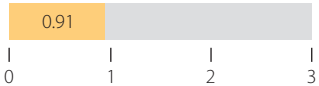
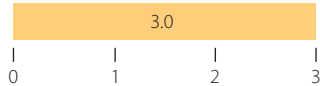


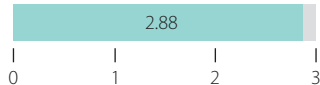



Склопови термичког омотача – унапређења — Elements of the thermal envelope – improvements

	Унапређење 1 Improvement 1	Унапређење 2 Improvement 2	Унапређење 3 Improvement 3
<p>Спољашњи зид</p> <p>—</p> <p>External wall</p>	<p>Унутра Inside</p>  <p>Споља Outside</p> <p>НЕМА ИЗМЕНА</p> <p>NO CHANGES</p>	<p>Унутра Inside</p>  <p>Споља Outside</p> <p>малтер 2 cm, опека 38 cm, малтер 3 cm, термоизолација 10 cm, малтер 1 cm</p> <p>plaster 2 cm, brick wall 38 cm, plaster 3 cm, thermal insulation 10 cm, plaster 1 cm</p>	<p>Унутра Inside</p>  <p>Споља Outside</p> <p>малтер 2 cm, опека 38 cm, малтер 3 cm, термоизолација 20 cm, малтер 1 cm</p> <p>plaster 2 cm, brick wall 38 cm, plaster 3 cm, thermal insulation 20 cm, plaster 1 cm</p>
U (W/m²K)	1.26	0.29	0.16
<p>Међуспратна конструкција испод негрејаног тавана</p> <p>—</p> <p>Floor structure to unheated attic</p>	<p>Споља Outside</p>  <p>Унутра Inside</p> <p>ПЕ фолија, термоизолација 15 cm, даске 2.4 cm, тавањаче 14/20 cm, дрвена потконструкција 6 cm, малтер на тршчаној подлози 3 cm</p> <p>PE foil, thermal insulation 15 cm, plank 2.4 cm, wood rafters 14/20 cm, wooden substructure 6cm, straw-plaster ceiling 3 cm</p>	<p>Споља Outside</p>  <p>Унутра Inside</p> <p>ПЕ фолија, термоизолација 15 cm, даске 2.4 cm, тавањаче 14/20 cm, дрвена потконструкција 6 cm, малтер на тршчаној подлози 3 cm</p> <p>PE foil, thermal insulation 15 cm, plank 2.4 cm, wood rafters 14/20 cm, wooden substructure 6cm, straw-plaster ceiling 3 cm</p>	<p>Споља Outside</p>  <p>Унутра Inside</p> <p>ПЕ фолија, термоизолација 25 cm, даске 2.4 cm, тавањаче 14/20 cm, дрвена потконструкција 6 cm, малтер на тршчаној подлози 3 cm</p> <p>PE foil, thermal insulation 25 cm, plank 2.4 cm, wood rafters 14/20 cm, wooden substructure 6 cm, straw-plaster ceiling 3 cm</p>
U (W/m²K)	0.19	0.19	0.13







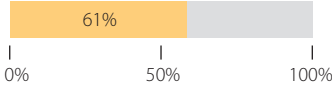
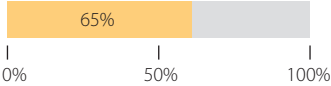
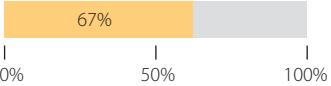
Склопови термичког омотача – унапређења — Elements of the thermal envelope – improvements

	Унапређење 1 Improvement 1	Унапређење 2 Improvement 2	Унапређење 3 Improvement 3
<p>Под на тлу</p> <p>—</p> <p>Ground floor</p>	<p>Унутра Inside</p>  <p>Споља Outside</p> <p>НЕМА ИЗМЕНА</p> <p>NO CHANGES</p>	<p>Унутра Inside</p>  <p>Споља Outside</p> <p>паркет 2.2 cm, цементна кошуљица 4 cm, термоизолација 5 cm, хидроизолација 1 cm, бетонска плоча 10 cm, шљунак 10 cm, набијена земља</p> <p>—</p> <p>parquet 2.2 cm, cement screed 4 cm, thermal insulation 5 cm, hydro insulation 1 cm, concrete 10 cm, gravel 10 cm, rammed earth</p>	<p>Унутра Inside</p>  <p>Споља Outside</p> <p>паркет 2.2 cm, цементна кошуљица 4 cm, термоизолација 10 cm, хидроизолација 1 cm, бетонска плоча 10 cm, шљунак 10 cm, набијена земља</p> <p>—</p> <p>parquet 2.2 cm, cement screed 4 cm, thermal insulation 10 cm, hydro insulation 1 cm, concrete 10 cm, gravel 10 cm, rammed earth</p>
<p>U (W/m²K)</p>	0.56	0.32	0.22
<p>Прозори</p> <p>—</p> <p>Windows</p>	<p>Споља Outside</p>  <p>Унутра Inside</p> <p>ПВЦ са двослојним нискоемисионим стакло пакетом</p> <p>—</p> <p>PVC, double glazed low-E glass unit, inert gas filling</p>	<p>Споља Outside</p>  <p>Унутра Inside</p> <p>ПВЦ са двослојним нискоемисионим стакло пакетом</p> <p>—</p> <p>PVC, double glazed low-E glass unit, inert gas filling</p>	<p>Споља Outside</p>  <p>Унутра Inside</p> <p>Композитни профил са трослојним нискоемисионим стакло пакетом испуњеним инертним гасом</p> <p>—</p> <p>Composite, triple glazed low-E glass unit, inert gas filling</p>
<p>U (W/m²K)</p>	1.40	1.40	0.80

Систем грејања зграде – унапређења — Heating system – improvements

	Унапређење 1 Improvement 1	Унапређење 2 Improvement 2	Унапређење 3 Improvement 3
<p>Систем загревања просторија</p> <p>—</p> <p>Heating system</p>	 <p>Задржан је постојећи систем грејања простора, са смањењем температурског режима у односу на постојећи.</p> <p>—</p> <p>The existing central hydronic system is retained, with lower water temperature level comparing to the existing.</p>	 <p>Уградња новог котла на чврсто гориво који користи дрвну биомасу (пелет).</p> <p>—</p> <p>Installation of new boiler that uses biomass (wood pellet) as the nergy source.</p>	 <p>Уградња компресорске топлотне пумпе ваздух/вода са хидромодулом.</p> <p>—</p> <p>Installation of air-source heat pump with hydromodule.</p>
<p>Ефикасност извора топлоте</p> <p>—</p> <p>Heat source efficiency</p>	 <p>0.92</p>	 <p>0.91</p>	 <p>3.0</p>
<p>Ефикасност система грејања</p> <p>—</p> <p>Heating system efficiency</p>	 <p>0.86</p>	 <p>0.85</p>	 <p>2.88</p>
<p>Припрема санитарне топле воде</p> <p>—</p> <p>Domestic hot water preparation</p>	 <p>Електрични акумулациони бојлери</p> <p>—</p> <p>Electric water heaters</p>	 <p>Електрични акумулациони бојлери</p> <p>—</p> <p>Electric water heaters</p>	 <p>Топлотна пумпа ваздух/вода</p> <p>—</p> <p>Air source heat pump</p>

Систем осветљења – унапређења — Lighting system – improvements

	Унапређење 1 Improvement 1	Унапређење 2 Improvement 2	Унапређење 3 Improvement 3
<p>Унутрашња расвета — Interior lighting</p>	 <p>Замења постојећег осветљења LED осветљењем. — Replacement of existing lighting with LED lighting.</p>	 <p>LED осветљење са могућношћу централизоване контроле укључености осветљења у појединим просторијама. — LED lighting with the possibility of centralized control of lighting activation in particular classrooms.</p>	 <p>Дисперзовани аутоматизовани систем осветљења који обухвата детекцију присуства људи и могућност прилагођења нивоа осветљења у зависности од доба дана и потреба људи у просторији. — Dispersed automated lighting system that includes the detection of people's presence and the ability to adjust the level of lighting depending on the time of day and the people's needs in the classrooms.</p>
<p>Спољна расвета — Exterior lighting</p>	 <p>Замења постојећег осветљења LED осветљењем. — Replacement of existing lighting with LED lighting.</p>	 <p>Подешавање времена укључивања осветљења у зависности од доба године. — Adjusting the lighting time depending on the time of the year.</p>	 <p>LED осветљење са аутоматском контролом осветљености и димовањем осветљења у зависности од доба дана. — LED lighting with automatic illumination control and lighting dimming depending on the part of the day.</p>
<p>Релативна енергетска уштеда система осветљења [%] — Relative energy savings of lighting system [%]</p>	 <p>61%</p>	 <p>65%</p>	 <p>67%</p>

Унапређење термичког омотача – енергетски биланс — Thermal envelope improvement – energy balance

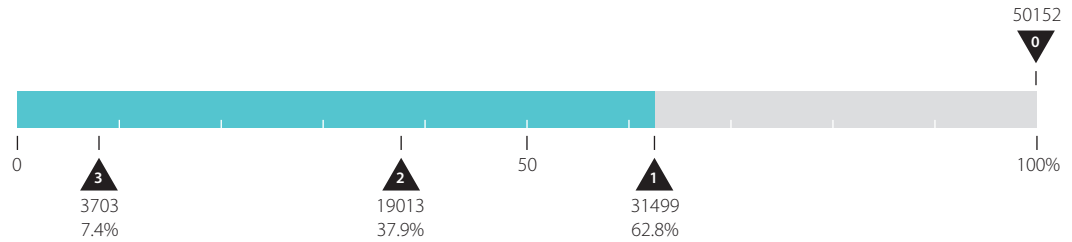


Унапређење термичког омотача и система грејања – енергетски биланс — Thermal envelope and heating systems improvement – energy balance

Финална енергија

Final energy

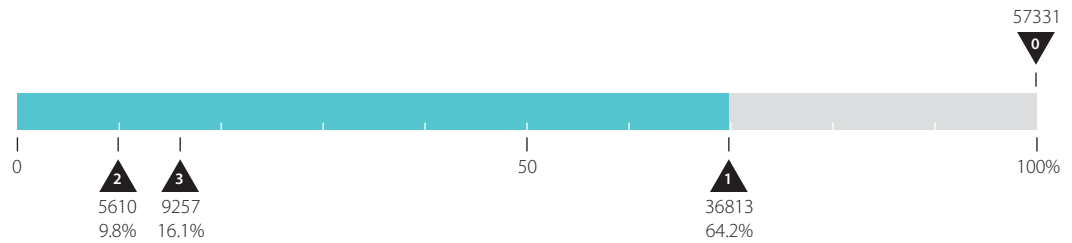
[kWh/a]



Примарна енергија

Primary energy

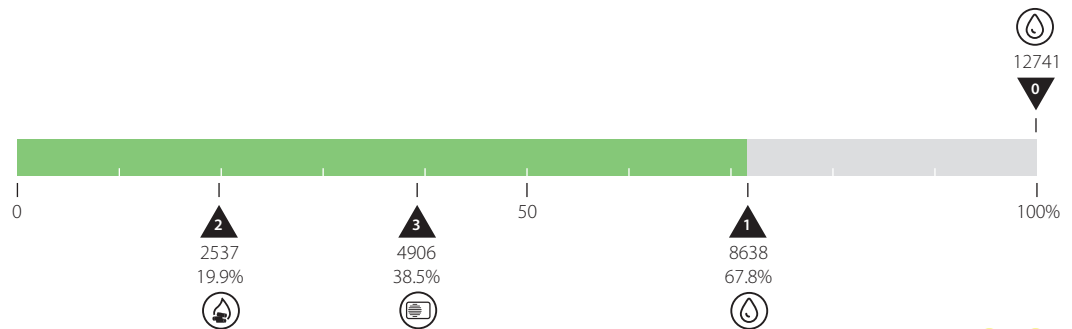
[kWh/a]



Емисија CO₂ након примене грађевинских и термотехничких мера

CO₂ emission after architectural and HVAC improvement

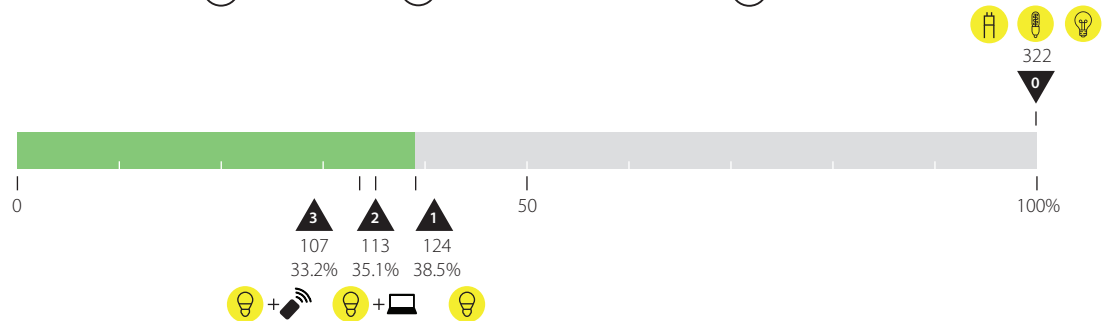
[kg/a]



Емисија CO₂ након унапређења система расвете

CO₂ emission after lighting improvement

[kg/a]



0 полазно стање starting condition

1 најчешће интервенције usual interventions

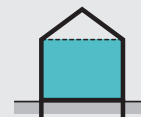
1 унапређење 1 improvement 1

2 унапређење 2 improvement 2

3 унапређење 3 improvement 3



B2
B2



Школска зграда површине 500-2000 m²

Категорија	основна школа
Година изградње	1959.
Број етажа	По+1
Површина (m ²) бруто	1050
Површина (m ²) нето грејана	840
Запремина (m ³) нето грејана	2720

Школске зграде овог типа су веома често грађене у послератном периоду. Са приземљем и спратом на једноставној, компактној и функционално постављеној основи, овакве зграде се могу наћи широм земље у новим насељима или изграђене уместо школских зграда оштећених или срушених током рата.

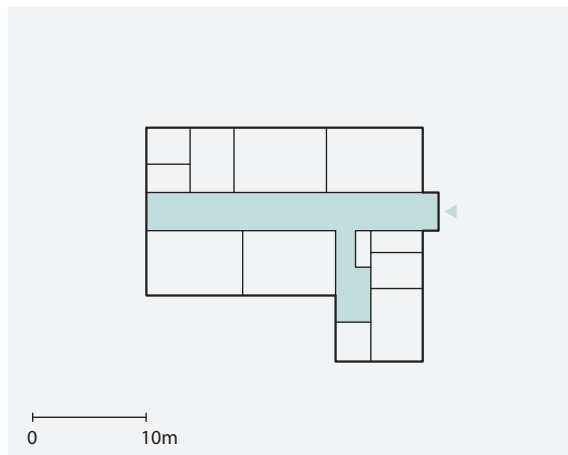
Репрезенти су, по правилу, спратне зграде, сведене геометрије, пројектоване у духу нових друштвених односа, у сталној потрази за идентификационим елементима новог архитектонског језика. Отвори су појединачни – вишеделни прозори знатно већих димензија у односу на школске зграде претходног периода.

School building with area 500-2000 m²

Category	elementary school
Year of construction	1959
Number of floors	Gf+1
Area (m ²) Gross	1050
Area (m ²) Net heated	840
Volume (m ³) Net heated	2720

This type of school buildings was very common in the post-war period. Such schools, having two floors on a simple functional layout, can be found all over the country, either in new developments or replacing the structures damaged or destroyed during the war.

Typical type representatives are two-story buildings with simple massing, designed to reflect new social relations, in permanent search for a new architectural identity and expression. The windows are single openings, notably larger than those from the previous periods are.



Школске зграде овог типа карактерише масиван конструктивни склоп, са носећим зидовима од пуне опеке и међусpratном конструкцијом типа „авраменко“. Фасадни зидови су обострано малтерисани, без термичке изолације, али и без декоративне пластике. Прозори су дрвени, двоструки, док су улазна врата и застакљење ходника црна браварија застакљена једноструким стаклом. Подови на тлу су на бетонској плочи, без термичке изолације.

School buildings of this type were built using simple traditional construction technologies. Facade walls are plastered on both sides, with no thermal insulation or wall cavities or any decorative elements. Windows are wooden, single-framed, connected double sashes with single pane glazing, while the entrance door and the hall are glazed with single panes in a metal sash. Ground floors were placed on concrete slabs, without thermal insulation.

Енергетски разред објекта – пројектовано стање

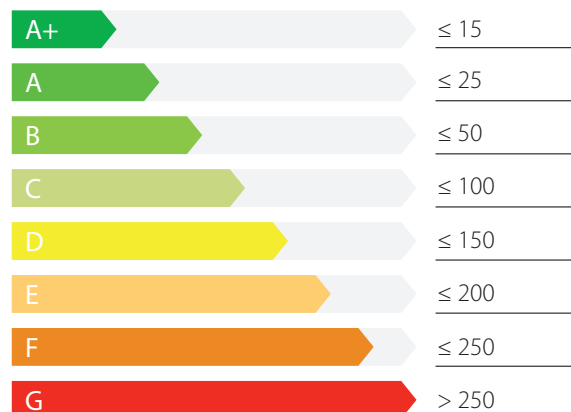
 $Q_{H,nd,rel} [\%]$

256

Energy class of building – as designed

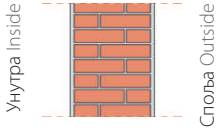
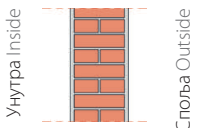
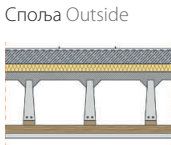
 $Q_{H,nd} [kWh/(m^2a)]$

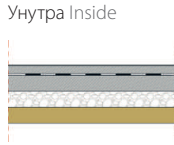
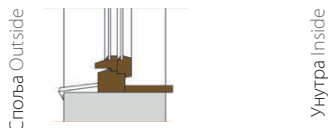
192



G

Склопови термичког омотача – постојеће стање — Elements of the thermal envelope – existing

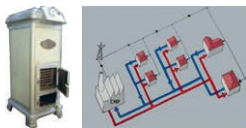
<p>Спољашњи зид 1 — External Wall 1</p>	 <p>малтер 2 cm, опека 38 cm, малтер 2 cm — plaster 2 cm, brick wall 38 cm, plaster 2 cm</p>
<p>U (W/m²K)</p>	<p>1.41</p>
<p>Спољашњи зид 2 — External Wall 2</p>	 <p>малтер 2 cm, опека 25 cm, малтер 2 cm — plaster 2 cm, brick wall 25 cm, plaster 2 cm</p>
<p>U (W/m²K)</p>	<p>1.85</p>
<p>Раван кров — Flat roof</p>	 <p>Унутра Inside</p> <p>лим, тер папир, лаки бетон 8 cm, плоче од дрвене вуне 5 cm, "Авраменко" таваница 30 cm, дрвена потконструкција 6 cm, малтер на тршчаној подлози 3 cm — metal sheet, roofing paper, lightweight concrete 8cm, thermal insulation 5cm (wood particle board), ribbed semi-prefabricated concrete slab Avramenko 30cm, wooden substructure 6cm, straw-plaster ceiling 3cm</p>
<p>U (W/m²K)</p>	<p>0.61</p>

<p>Под на тлу — Ground floor</p>	 <p>Унутра Inside</p> <p>Споља Outside</p> <p>линолеум 0.2 cm, цементна кошуљица 5 cm, хидроизолација 1 cm, бетонска плоча 10 cm, шљунак 10 cm, набијена земља — linoleum 0.2 cm, cement screed 5 cm, hydro insulation 1 cm, concrete 10 cm, gravel 10cm, rammed earth</p>
<p>U (W/m²K)</p>	<p>0.56</p>
<p>Прозори — Windows</p>	 <p>Споља Outside</p> <p>Унутра Inside</p> <p>дрвени двоструки са спојеним крилима и једноструким стаклом — wooden, double frame, connected sash with single glazing</p>
<p>U (W/m²K)</p>	<p>3.50</p>

Термотехнички системи и осветљење – постојеће стање — HVAC and lighting – existing

Систем грејања и припреме топле воде Heating and hot water system

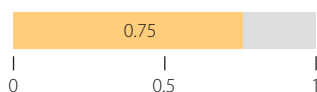
Систем загревања просторија
—
Heating system



У изворном стању школа се загревала путем локалних загревних уређаја - пећи на чврсто гориво (дрво и угаљ). Касније је уграђен систем централног грејања са радијаторима као грејним телима. Школа је повезана на систем даљинског грејања, а у топлани се као основно гориво користи природни гас.

—
Originally, local heating stoves (wood and coal fired) were used for heating school building. The central hydronic heating system with radiators has been installed afterwards and the school has been connected to district heating system. The thermal plant is using natural gas as primary energy source.

Степен корисности система грејања
—
Heating system efficiency



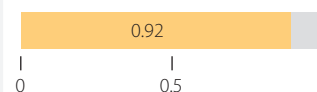
Систем припреме санитарне топле воде
—
Domestic hot water (DHW) preparation system



Припрема потрошне топле воде није била предвиђена пројектом. Данас се потрошна топла вода припрема у електричним бојлерима.

—
Originally, the system for domestic hot water preparation was not installed. Nowadays, domestic hot water is prepared using local electric water heaters.

Степен корисности припреме санитарне топле воде
—
DHW preparation efficiency



Систем осветљења Lighting system

Унутрашња расвета
—
Interior lighting



У школи је у изворном облику коришћено инкадесцентно осветљење, док је према постојећем стању највећи део школе покривен флуо осветљењем а мањи део инкадесцентним осветљењем. Без аутоматске контроле осветљења.

—
Incandescent lighting was used in the original form, however today a small part of the school uses incandescent lighting, while most of it uses fluorescent tube. No automatic light control.

Спољна расвета
—
Outdoor lighting



Живине сијалице.
—
Mercury vapor bulbs.

Слични објекти – представници типа — Similar buildings – type representatives



Околности у којима су грађене ове школе условиле су једноставна архитектонска решења, а технике грађења су се с временом постепено мењале па је прелаз од најједноставнијих ка савременијим врло изражен. Непосредно након рата, нема приметног одклона у односу на предратне зграде, а без монументалности и репрезентативности није било потребе ни за комплекснијим техничким решењима. С временом долази до промене у конструктивном склопу, појављују се скелетни системи па и прве прозорске траке те се крајем периода јављају и архитектонска решења у складу са новим принципима пројектовања школских зграда.

While the circumstances demanded simple and modest architecture, the building technologies evolved through the years, resulting in a noticeable transition from basic traditional techniques to solutions that were more modern. Immediately after the war, there was complete reliance on the pre-war practice while monumentality was replaced by modesty. Toward the end of the period, the load bearing structure changed with the introduction of the frame system and ribbon windows, resulting in architecture that was in line with the new doctrine of the design and materialization of school buildings.

Затечено стање — Existing state

Претходна
унапређења

—

Previous improvements

Уградња нових прозора и врата од ПВЦ профила са двослојним изолационим стакло-пакетом.

—

Installation of new, double-glazed PVC windows and entrance doors.

Опис унапређења — Improvement measures description

Унапређење 1

—

Improvement 1

Уградња нових прозора и улазних врата од ПВЦ профила са двослојним изолационим нискоемисионим стакло-пакетом (добра заптивеност).

—

Installation of new PVC windows and entrance doors with double-glazed low-emissivity glass unit (good air-tightness).

Унапређење 2

—

Improvement 2

Изоловање фасадних зидова контактном термоизолационом фасадом. Изоловање равног крова уз делимичну реконструкцију слојева. Уградња нових прозора и улазних врата од ПВЦ профила са двослојним изолационим нискоемисионим стакло-пакетом (добра заптивеност).

—

Insulation of façade walls with a contact façade system. Insulation of flat roof structure with partial layer reconstruction. Installation of new PVC windows and entrance doors with double-glazed low-emissivity glass unit (good air-tightness).

Унапређење 3

—

Improvement 3

Изоловање фасадних зидова контактном термоизолационом фасадом. Изоловање равног крова уз делимичну реконструкцију слојева. Изоловање пода на тлу уз делимичну реконструкцију слојева. Уградња нових прозора и улазних врата од композитних профила са трослојним изолационим нискоемисионим стакло-пакетом (добра заптивеност).

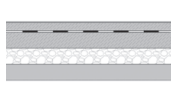
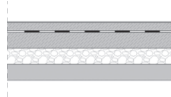
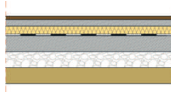
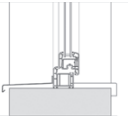
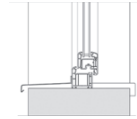
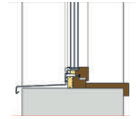
—

Insulation of façade walls with a contact façade system. Insulation of flat roof structure with partial layer reconstruction. Insulation of ground floor, with partial layer reconstruction. Installation of new composite windows and entrance doors with triple-glazed low-emissivity glass unit (good air-tightness).

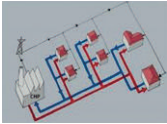
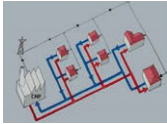



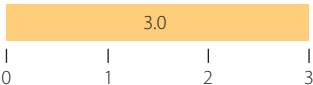
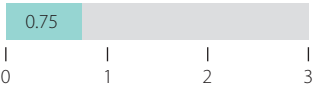
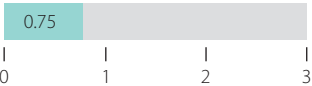
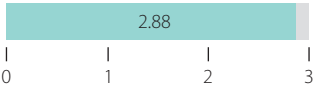



Склопови термичког омотача – унапређења — Elements of the thermal envelope – improvements

	Унапређење 1 Improvement 1	Унапређење 2 Improvement 2	Унапређење 3 Improvement 3
<p>Спољашњи зид 1 — External wall 1</p>	<p>Унутра Inside</p>  <p>Споља Outside</p> <p>НЕМА ИЗМЕНА — NO CHANGES</p>	<p>Унутра Inside</p>  <p>Споља Outside</p> <p>малтер 2 cm, опека 38 cm, малтер 2 cm, термоизолација 10 cm, малтер 1 cm</p> <p>—</p> <p>plaster 2 cm, brick wall 38 cm, plaster 2 cm, thermal insulation 10 cm, plaster 1 cm</p>	<p>Унутра Inside</p>  <p>Споља Outside</p> <p>малтер 2 cm, опека 38 cm, малтер 2 cm, термоизолација 20 cm, малтер 1 cm</p> <p>—</p> <p>plaster 2 cm, brick wall 38 cm, plaster 2 cm, thermal insulation 20 cm, plaster 1 cm</p>
U (W/m ² K)	1.41	0.29	0.16
<p>Спољашњи зид 2 — External wall 2</p>	<p>Унутра Inside</p>  <p>Споља Outside</p> <p>НЕМА ИЗМЕНА — NO CHANGES</p>	<p>Унутра Inside</p>  <p>Споља Outside</p> <p>малтер 2 cm, опека 25 cm, малтер 2 cm, термоизолација 10 cm, малтер 1 cm</p> <p>—</p> <p>plaster 2 cm, brick wall 25 cm, plaster 2 cm, thermal insulation 10 cm, plaster 1 cm</p>	<p>Унутра Inside</p>  <p>Споља Outside</p> <p>малтер 2 cm, опека 25 cm, малтер 2 cm, термоизолација 20 cm, малтер 1 cm</p> <p>—</p> <p>plaster 2 cm, brick wall 25 cm, plaster 2 cm, thermal insulation 20 cm, plaster 1 cm</p>
U (W/m ² K)	1.85	0.31	0.17
<p>Раван кров — Flat roof</p>	<p>Споља Outside</p>  <p>Унутра Inside</p> <p>НЕМА ИЗМЕНА — NO CHANGES</p>	<p>Споља Outside</p>  <p>Унутра Inside</p> <p>хидроизолациона мембрана, термоизолација 15 cm, ПЕ фолија, лаки бетон 8 cm, плоче од дрвене вуне 5 cm, "Авраменко" таваница 30 cm, дрвена потконструкција 6 cm, малтер на тршчаној подлози 3 cm</p> <p>—</p> <p>waterproof membrane, thermal insulation 15 cm, PE foil, lightweight concrete 8cm, thermal insulation 5 cm (wood particle board), ribbed semi-prefabricated concrete slab Avramenko 30 cm, wooden substructure 6 cm, straw-plaster ceiling 3 cm</p>	<p>Споља Outside</p>  <p>Унутра Inside</p> <p>хидроизолациона мембрана, термоизолација 25 cm, ПЕ фолија, лаки бетон 8 cm, плоче од дрвене вуне 5 cm, "Авраменко" таваница 30 cm, дрвена потконструкција 6 cm, малтер на тршчаној подлози 3 cm</p> <p>—</p> <p>waterproof membrane, thermal insulation 25cm, PE foil, lightweight concrete 8cm, thermal insulation 5 cm (wood particle board), ribbed semi-prefabricated concrete slab Avramenko 30 cm, wooden substructure 6 cm, straw-plaster ceiling 3 cm</p>
U (W/m ² K)	0.61	0.18	0.12







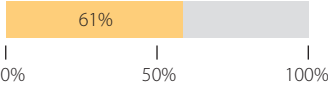
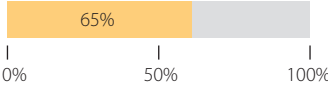
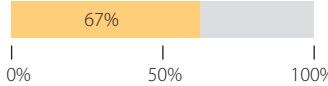
Склопови термичког омотача – унапређења — Elements of the thermal envelope – improvements

	Унапређење 1 Improvement 1	Унапређење 2 Improvement 2	Унапређење 3 Improvement 3
<p>Под на тлу</p> <p>—</p> <p>Ground floor</p>	<p>Унутра Inside</p>  <p>Споља Outside НЕМА ИЗМЕНА — NO CHANGES</p>	<p>Унутра Inside</p>  <p>Споља Outside НЕМА ИЗМЕНА — NO CHANGES</p>	<p>Унутра Inside</p>  <p>Споља Outside паркет 2.2 cm, цементна кошуљица 4 cm, термоизолација 5 cm, хидроизолација 1 cm, бетонска плоча 10 cm, шљунак 10cm, набијена земља — parquet 2.2 cm, cement screed 4 cm, thermal insulation 5 cm, hydro insulation 1cm, concrete 10 cm, gravel 10 cm, rammed earth</p>
U (W/m ² K)	0.36	0.36	0.23
<p>Прозори</p> <p>—</p> <p>Windows</p>	<p>Споља Outside</p>  <p>Унутра Inside</p> <p>ПВЦ са двослојним нискоемисионим стакло пакетом — PVC, double glazed low-E glass unit, inert gas filling</p>	<p>Споља Outside</p>  <p>Унутра Inside</p> <p>ПВЦ са двослојним нискоемисионим стакло пакетом — PVC, double glazed low-E glass unit, inert gas filling</p>	<p>Споља Outside</p>  <p>Унутра Inside</p> <p>Композитни профил са трослојним нискоемисионим стакло пакетом испуњеним инертним гасом — Composite, triple glazed low-E glass unit, inert gas filling</p>
U (W/m ² K)	1.40	1.40	0.80

Систем грејања зграде – унапређења — Heating system – improvements

	Унапређење 1 Improvement 1	Унапређење 2 Improvement 2	Унапређење 3 Improvement 3
<p>Систем загревања просторија</p> <p>—</p> <p>Heating system</p>	 <p>Задржан је постојећи систем грејања простора: даљинско грејање с котлом на природни гас.</p> <p>—</p> <p>The existing heating system is retained: district heating with natural gas fired boiler.</p>	 <p>Задржан је постојећи систем грејања простора: даљинско грејање с котлом на природни гас.</p> <p>—</p> <p>The existing heating system is retained: district heating with natural gas fired boiler.</p>	 <p>Уградња компресорске топлотне пумпе ваздух/вода са хидромодулом.</p> <p>—</p> <p>Installation of air-source heat pump with hydromodule.</p>
<p>Ефикасност извора топлоте</p> <p>—</p> <p>Heat source efficiency</p>			
<p>Ефикасност система грејања</p> <p>—</p> <p>Heating system efficiency</p>			
<p>Припрема санитарне топле воде</p> <p>—</p> <p>Domestic hot water preparation</p>	 <p>Електрични акумулациони бојлери</p> <p>—</p> <p>Electric water heaters</p>	 <p>Електрични акумулациони бојлери</p> <p>—</p> <p>Electric water heaters</p>	 <p>Топлотна пумпа ваздух/вода</p> <p>—</p> <p>Air source heat pump</p>

Систем осветљења – унапређења — Lighting system – improvements

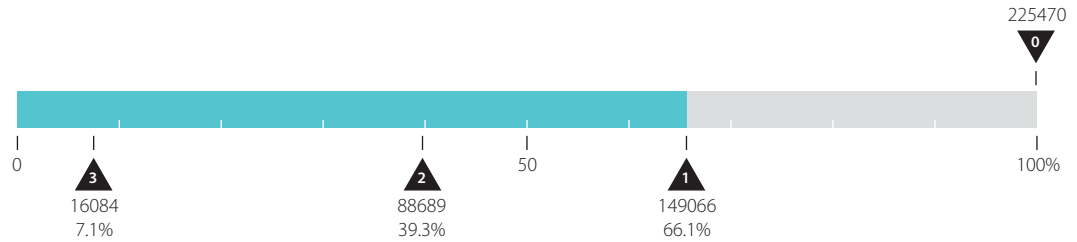
	Унапређење 1 Improvement 1	Унапређење 2 Improvement 2	Унапређење 3 Improvement 3
Унутрашња расвета — Interior lighting	 <p>Замења постојећег осветљења LED осветљењем. — Replacement of existing lighting with LED lighting.</p>	 <p>LED осветљење са могућношћу централизоване контроле укључености осветљења у појединим просторијама. — LED lighting with the possibility of centralized control of lighting activation in particular classrooms.</p>	 <p>Дисперзовани аутоматизовани систем осветљења који обухвата детекцију присуства људи и могућност прилагођења нивоа осветљења у зависности од доба дана и потреба људи у просторији. — Dispersed automated lighting system that includes the detection of people's presence and the ability to adjust the level of lighting depending on the time of day and the people's needs in the classrooms.</p>
Спољна расвета — Exterior lighting	 <p>Замења постојећег осветљења LED осветљењем. — Replacement of existing lighting with LED lighting.</p>	 <p>Подешавање времена укључивања осветљења у зависности од доба године. — Adjusting the lighting time depending on the time of the year.</p>	 <p>LED осветљење са аутоматском контролом осветљености и димовањем осветљења у зависности од доба дана. — LED lighting with automatic illumination control and lighting dimming depending on the part of the day.</p>
Релативна енергетска уштеда система осветљења [%] — Relative energy savings of lighting system [%]	 <p>61%</p>	 <p>65%</p>	 <p>67%</p>

Унапређење термичког омотача и система грејања – енергетски биланс — Thermal envelope and heating systems improvement – energy balance

Финална енергија

Final energy

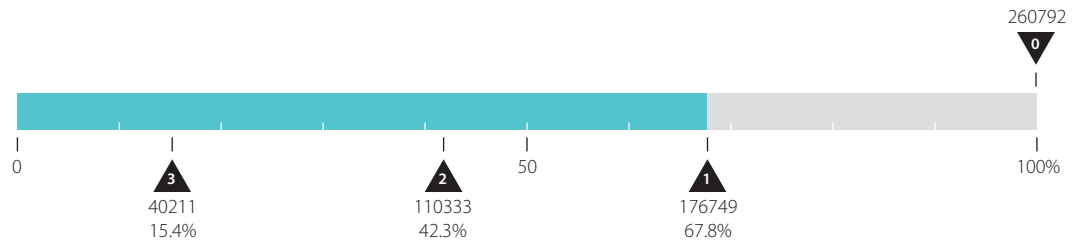
[kWh/a]



Примарна енергија

Primary energy

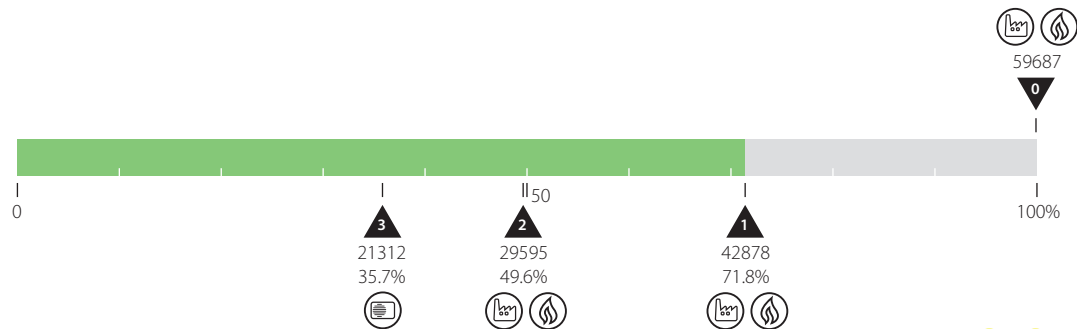
[kWh/a]



Емисија CO₂ након примене грађевинских и термотехничких мера

CO₂ emission after architectural and HVAC improvement

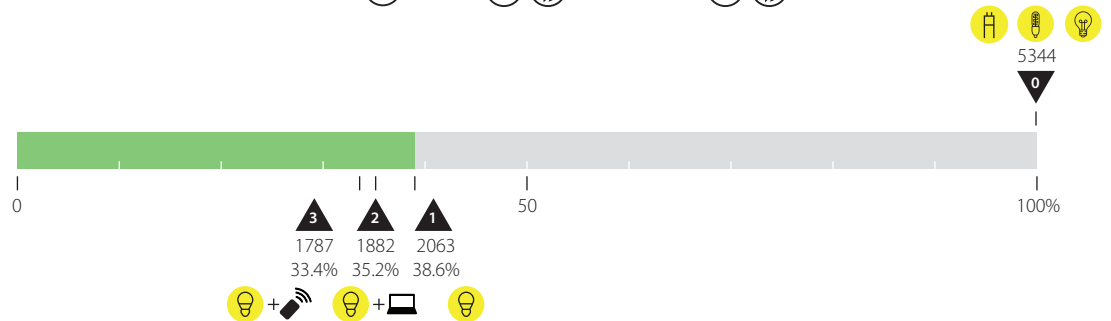
[kg/a]



Емисија CO₂ након унапређења система расвете

CO₂ emission after lighting improvement

[kg/a]



0 полазно стање starting condition

1 најчешће интервенције usual interventions

1 унапређење 1 improvement 1

2 унапређење 2 improvement 2

3 унапређење 3 improvement 3



B3
B3



Школска зграда површине веће од 2000 m²

Категорија	основна школа
Година изградње	1966.
Број етажа	П+2
Површина (m ²) бруто	2500
Површина (m ²) нето грејана	1990
Запремина (m ³) нето грејана	6650

Основни корпус школе представља двоспратни волумен једноставне геометрије, са бочним приземним и спратним траковима. Школске зграде овог типа имају већи број учионица и кабинета, библиотеку и управни део са зборницом, канцеларијом директора и административним службама. Фасада је једноставна, и у геометрији и у материјализацији, што омогућава примену разноврсних мера енергетске рехабилитације и преобликовања.

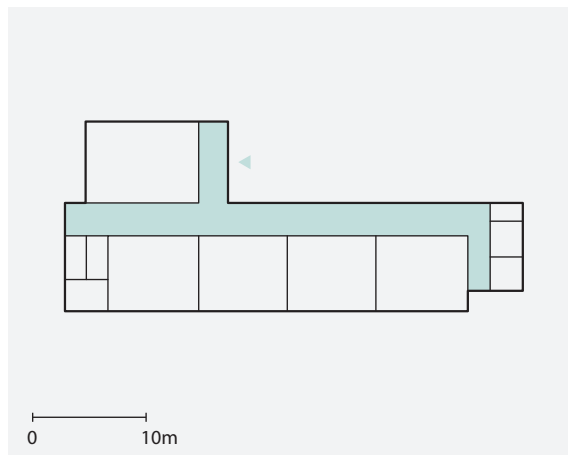
Кров главног тракта је раван непроходан, а на бочним крилима су плитки коси кровови. Отвори су појединачни – вишеделни прозори већих димензија који дају утисак прозорских трака.

School building with area more than 2000 m²

Category	elementary school
Year of construction	1966
Number of floors	Gf+2
Area (m ²) Gross	2500
Area (m ²) Net heated	1990
Volume (m ³) Net heated	6650

The main school hull is a simple prismatic three-story volume, with one- and two-story side wings. The school buildings of this type have numerous classrooms and laboratories, the library and the school administration block with the staffroom, the principal's office and other offices. The facade is very simple in both the geometry and the materials, enabling the application of various energy improvement measures and remodeling.

The roof of the main volume is flat, while side wings are covered with low-pitched roofs. The arrays of large single openings make an impression of ribbon windows.



Школске зграде овог типа рађене су у армиранобетонском скелетном систему, са међусpratном конструкцијом. Фасадни зидови су од пуне опеке, обострано малтерисани, неизоловани, са видним стубовима. Прозори су дрвени, двоструки, са спојеним крилима. У склопу равнoг крова постоји термоизолација која не одговара актуелним стандардима. Подови на тлу су на бетонској плочи (терацо у ходницима, ви-наз плоче у учионицама) без термичке изолације.

The load bearing structure of this school type is in reinforced-concrete frame system. Facade walls are plastered on both sides, with no thermal insulation. Windows are wooden, single framed, connected double sashes with single pane glazing. The flat roof structure contains some (insufficient) thermal insulation while ground floors (terrazzo or vinyl flooring), were placed on concrete slabs with no thermal insulation.

Енергетски разред објекта – пројектовано стање

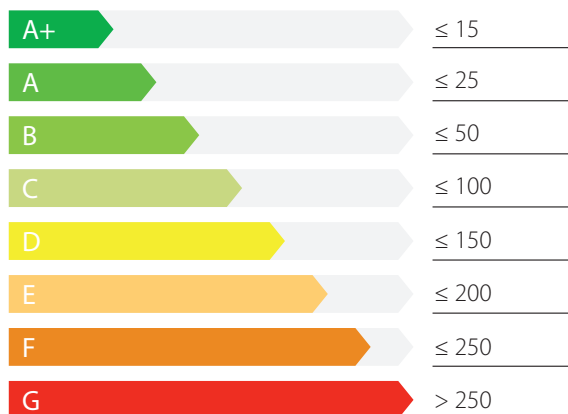
 $Q_{H,nd\ rel} [\%]$

263

Energy class of building – as designed

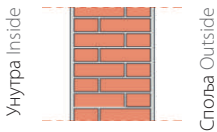
 $Q_{H,nd} [kWh/(m^2a)]$

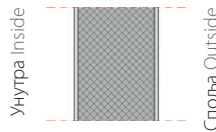
197



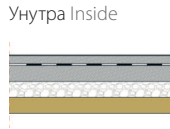
G

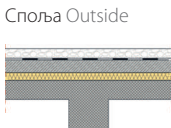
Склопови термичког омотача – постојеће стање — Elements of the thermal envelope – existing

Спољашњи зид 1 — External Wall 1	
	<p>малтер 2 cm, опека 38 cm, малтер 2 cm — plaster 2 cm, brick wall 38 cm, plaster 2 cm</p>
U (W/m ² K)	1.27

Спољашњи зид 2 — External Wall 2	
	<p>малтер 2 cm, бетон 38 cm, малтер 2 cm — plaster 2 cm, concrete 38 cm, plaster 2 cm</p>
U (W/m ² K)	2.70

Кос кров — Pitched roof	
	<p>трапезасти лим 0.07 cm, летве 5/3 cm, рогови 10/12 cm, дрвена потконструкција 5/3 cm, гипскартонска плоча 1.25 cm — trapezoidal metal sheet 0.07 cm, battens 5/3 cm, wood rafters 10/12 cm, wooden substructure 5/3 cm, gypsum board 1.25 cm</p>
U (W/m ² K)	1.11

Под на тлу — Ground floor	
	<p>линолеум 0.2 cm, цементна кошуљица 5 cm, хидроизолација 1 cm, бетонска плоча 10 cm, шљунак 10 cm, набијена земља — linoleum 0.2 cm, cement screed 5 cm, hydro insulation 1 cm, concrete 10 cm, gravel 10cm, rammed earth</p>
U (W/m ² K)	0.34

Раван кров — Flat roof	
	<p>шљунак 6 cm, битуменска хидроизолација 1 cm, лаки бетон 8 cm, плоче од дрвене вуне 5 cm, ребраста конструкција 35 cm (плоча 12 cm) — gravel 6 cm, bituminous hydro insulation 1 cm, lightweight concrete 8 cm, thermal insulation 5 cm (wood particle board), ribbed concrete structure 35 cm (slab 12cm)</p>
U (W/m ² K)	1.06

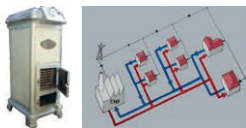
Прозори — Windows	
	<p>дрвени двоструки са спојеним крилима и једноструким стаклом — wooden, double frame, connected sash with single glazing</p>
U (W/m ² K)	3.30

Термотехнички системи и осветљење – постојеће стање — HVAC and lighting – existing

Систем грејања и припреме топле воде Heating and hot water system

Систем загревања просторија

Heating system

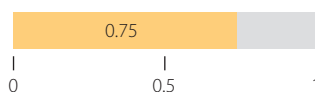


У изворном стању школа се загревала путем локалних загревних уређаја - пећи на чврсто гориво (дрво и угаљ). Касније је уграђен систем централног грејања са радијаторима као грејним телима. Школа је повезана на систем даљинског грејања, а у топлани се као основно гориво користи природни гас.

Originally, local heating stoves (wood and coal fired) were used for heating school building. The central hydronic heating system with radiators has been installed afterwards and the school has been connected to district heating system. The thermal plant is using natural gas as primary energy source.

Степен корисности система грејања

Heating system efficiency



Систем припреме санитарне топле воде

Domestic hot water (DHW) preparation system

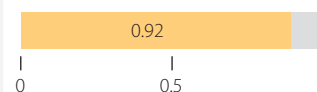


Припрема потрошне топле воде није била предвиђена пројектом. Данас се потрошна топла вода припрема у електричним бојлерима.

Originally, the system for domestic hot water preparation was not installed. Nowadays, domestic hot water is prepared using local electric water heaters.

Степен корисности припреме санитарне топле воде

DHW preparation efficiency



Систем осветљења Lighting system

Унутрашња расвета

Interior lighting



У школи је у изворном облику коришћено инкадесцентно осветљење, док је према постојећем стању највећи део школе покривен флуо осветљењем а мањи део инкадесцентним осветљењем. Без аутоматске контроле осветљења.

Incandescent lighting was used in the original form, however today a small part of the school uses incandescent lighting, while most of it uses fluorescent tube. No automatic light control.

Спољна расвета

Outdoor lighting



Живине сијалице.

Mercury bulbs.

Слични објекти – представници типа — Similar buildings – type representatives



Школске зграде овог типа поседују препознатљиве елементе савремене архитектуре свог доба.

Доминантни су равни, непроходни кровови и прозорске траке, док се уочавају и плитки коси кровови покривени лимом. Осим прозорских трака, истичу се и велике застакљене површине (најчешће на делу централног хола). Конструкција прозора је и даље дрвена, а поједине позиције се раде од црне браварије.

Ове зграде, због неизолованих фасадних зидова и великих стаклених површина, имају велике топлотне губитке те су веома погодне за енергетску рехабилитацију будући да се ради о једноставним архитектонским решењима.

Reinforced concrete and frame constructions are common for this building type, resulting in schools with recognizable elements of contemporary architecture.

Flat graveled roofs and ribbon windows prevail. Besides the window ribbons, there are also window walls that usually provide daylight for the central hall. The window casing is still wooden, while certain atypical openings may be in steel casing.

The uninsulated facade walls and large glazed surfaces result in significant thermal losses, which, in addition to their basic design, makes these buildings quite suitable for energy upgrades.

Затечено стање — Existing state

Претходна
унапређења

–

Previous improvements

Уградња нових прозора од ПВЦ профила са двослојним изолационим стакло-пакетом.

—

Installation of new, double-glazed PVC windows.

Опис унапређења — Improvement measures description

Унапређење 1

–

Improvement 1

Уградња нових прозора и улазних врата од ПВЦ профила са двослојним изолационим нискоемисионим стакло-пакетом (добра заптивеност).

—

Installation of new PVC windows and entrance doors with double-glazed low-emissivity glass unit (good air-tightness).

Унапређење 2

–

Improvement 2

Изоловање фасадних зидова контактном термоизолационом фасадом. Изоловање равног крова уз делимичну реконструкцију слојева. Изоловање косог крова уз делимичну реконструкцију слојева са унутрашње стране. Изоловање пода на тлу уз делимичну реконструкцију слојева. Уградња нових прозора и улазних врата од ПВЦ профила са двослојним изолационим нискоемисионим стакло-пакетом (добра заптивеност).

—

Insulation of façade walls with a contact façade system. Insulation of flat roof structure with partial layer reconstruction. Interior insulation of pitched roof structure with partial layer reconstruction. Insulation of ground floor, with partial layer reconstruction. Installation of new PVC windows and entrance doors with double-glazed low-emissivity glass unit (good air-tightness).

Унапређење 3

–


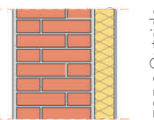
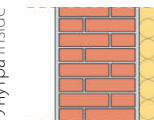
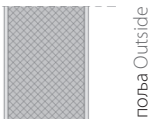
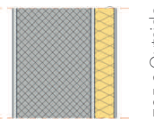


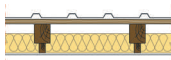
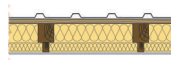
Improvement 3

Изоловање фасадних зидова контактном термоизолационом фасадом. Изоловање равног крова уз делимичну реконструкцију слојева. Изоловање косог крова уз делимичну реконструкцију слојева са унутрашње стране. Изоловање пода на тлу уз делимичну реконструкцију слојева. Уградња нових прозора и улазних врата од композитних профила са трослојним изолационим нискоемисионим стакло-пакетом (добра заптивеност).

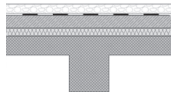
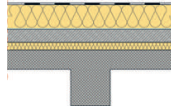
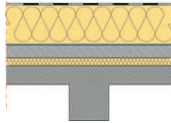
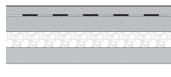
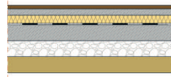
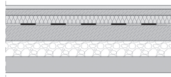
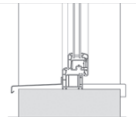
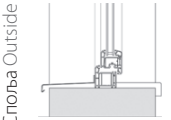
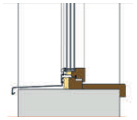
—

Insulation of façade walls with a contact façade system. Insulation of flat roof structure with partial layer reconstruction. Interior insulation of pitched roof structure with partial layer reconstruction. Insulation of ground floor, with partial layer reconstruction. Installation of new composite windows and entrance doors with triple-glazed low-emissivity glass unit (good air-tightness).

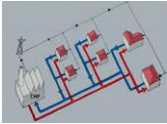
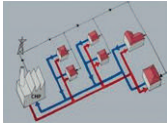



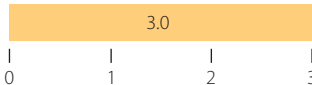
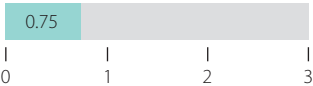
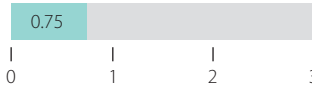
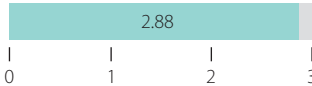



Склопови термичког омотача – унапређења — Elements of the thermal envelope – improvements

	Унапређење 1 Improvement 1	Унапређење 2 Improvement 2	Унапређење 3 Improvement 3
<p>Спољашњи зид 1 — External wall 1</p>	<p>Унутра Inside</p>  <p>Споља Outside</p> <p>НЕМА ИЗМЕНА — NO CHANGES</p>	<p>Унутра Inside</p>  <p>Споља Outside</p> <p>малтер 2 cm, опека 38 cm, малтер 2 cm, термоизолација 10 cm, малтер 1 cm — plaster 2 cm, brick wall 38 cm, plaster 2 cm, thermal insulation 10 cm, plaster 1 cm</p>	<p>Унутра Inside</p>  <p>Споља Outside</p> <p>малтер 2 cm, опека 38 cm, малтер 2 cm, термоизолација 20 cm, малтер 1 cm — plaster 2 cm, brick wall 38 cm, plaster 2 cm, thermal insulation 20 cm, plaster 1 cm</p>
U (W/m ² K)	1.27	0.29	0.16
<p>Спољашњи зид 2 — External wall 2</p>	<p>Унутра Inside</p>  <p>Споља Outside</p> <p>НЕМА ИЗМЕНА — NO CHANGES</p>	<p>Унутра Inside</p>  <p>Споља Outside</p> <p>малтер 2 cm, бетон 38 cm, малтер 2 cm, термоизолација 10 cm, малтер 1 cm — plaster 2 cm, concrete 38 cm, plaster 2 cm, thermal insulation 10 cm, plaster 1 cm</p>	<p>Унутра Inside</p>  <p>Споља Outside</p> <p>малтер 2 cm, бетон 38 cm, малтер 2 cm, термоизолација 20 cm, малтер 1 cm — plaster 2 cm, concrete 38 cm, plaster 2 cm, thermal insulation 20 cm, plaster 1 cm</p>
U (W/m ² K)	2.70	0.32	0.17
<p>Кос кров — Pitched roof</p>	<p>Споља Outside</p>  <p>Унутра Inside</p> <p>НЕМА ИЗМЕНА — NO CHANGES</p>	<p>Споља Outside</p>  <p>Унутра Inside</p> <p>трапезасти лим 0.07 cm, летве 5/3 cm, рогови 10/12 cm / термоизолација 12 cm, дрвена потконструкција 6 cm, гипс картонска плоча 1.25 cm — trapezoidal metal sheet 0.07 cm, battens 5/3 cm, wood rafters 10/12 cm, thermal insulation 12 cm, wooden substructure 6 cm, gypsum board 1.25 cm</p>	<p>Споља Outside</p>  <p>Унутра Inside</p> <p>трапезасти лим 0.07 cm, летве 5/3 cm, рогови 10/12 cm / термоизолација 18 cm, дрвена потконструкција 6cm, гипс картонска плоча 1.25 cm — trapezoidal metal sheet 0.07 cm, battens 5/3cm, wood rafters 10/12 cm, thermal insulation 18 cm, wooden substructure 6 cm, gypsum board 1.25 cm</p>
U (W/m ² K)	1.11	0.16	0.13







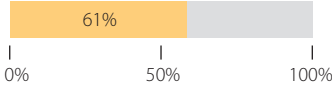
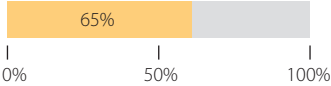
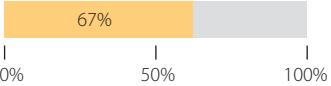
Склопови термичког омотача – унапређења — Elements of the thermal envelope – improvements

	Унапређење 1 Improvement 1	Унапређење 2 Improvement 2	Унапређење 3 Improvement 3
Раван кров — Flat roof	Споља Outside  Унутра Inside НЕМА ИЗМЕНА NO CHANGES	Споља Outside  Унутра Inside хидроизолациона мембрана, термоизолација 15 cm, ПЕ фолија, лаки бетон 8 cm, плоче од дрвене вуне 5 cm, ребраста конструкција 35 cm (плоча 12 cm) — waterproof membrane, thermal insulation 15 cm, PE foil, lightweight concrete 8 cm, thermal insulation 5 cm (wood particle board), ribbed concrete structure 35 cm (slab 12 cm)	Споља Outside  Унутра Inside хидроизолациона мембрана, термоизолација 25 cm, ПЕ фолија, лаки бетон 8 cm, плоче од дрвене вуне 5 cm, ребраста конструкција 35 cm (плоча 12cm) — waterproof membrane, thermal insulation 25 cm, PE foil, lightweight concrete 8 cm, thermal insulation 5 cm (wood particle board), ribbed concrete structure 35 cm (slab 12 cm)
U (W/m ² K)	1.06	0.20	0.13
Под на тлу — Ground floor	Унутра Inside  Споља Outside НЕМА ИЗМЕНА NO CHANGES	Унутра Inside  Споља Outside паркет 2.2 cm, цементна кошуљица 4 cm, термоизолација 5 cm, хидроизолација 1cm, бетонска плоча 10cm, шљунак 10cm, набијена земља — parquet 2.2 cm, cement screed 4 cm, thermal insulation 5 cm, hydro insulation 1 cm, concrete 10 cm, gravel 10 cm, rammed earth	Унутра Inside  Споља Outside паркет 2.2 cm, цементна кошуљица 4 cm, термоизолација 5 cm, хидроизолација 1cm, бетонска плоча 10cm, шљунак 10cm, набијена земља — parquet 2.2 cm, cement screed 4 cm, thermal insulation 5 cm, hydro insulation 1 cm, concrete 10 cm, gravel 10 cm, rammed earth
U (W/m ² K)	0.34	0.22	0.22
Прозори — Windows	Споља Outside  Унутра Inside ПВЦ са двослојним нискоемисионим стакло пакетом — PVC, double glazed low-E glass unit, inert gas filling	Споља Outside  Унутра Inside ПВЦ са двослојним нискоемисионим стакло пакетом — PVC, double glazed low-E glass unit, inert gas filling	Споља Outside  Унутра Inside Композитни профил са трослојним нискоемисионим стакло пакетом испуњеним инертним гасом — Composite, triple glazed low-E glass unit, inert gas filling
U (W/m ² K)	1.40	1.40	0.80

Систем грејања зграде – унапређења — Heating system – improvements

	Унапређење 1 Improvement 1	Унапређење 2 Improvement 2	Унапређење 3 Improvement 3
<p>Систем загревања просторија</p> <p>—</p> <p>Heating system</p>	 <p>Задржан је постојећи систем грејања простора: даљинско грејање с котлом на природни гас.</p> <p>—</p> <p>The existing heating system is retained: district heating with natural gas fired boiler.</p>	 <p>Задржан је постојећи систем грејања простора: даљинско грејање с котлом на природни гас.</p> <p>—</p> <p>The existing heating system is retained: district heating with natural gas fired boiler.</p>	 <p>Уградња компресорске топлотне пумпе ваздух/вода са хидромодулом.</p> <p>—</p> <p>Installation of air-source heat pump with hydromodule.</p>
<p>Ефикасност извора топлоте</p> <p>—</p> <p>Heat source efficiency</p>			
<p>Ефикасност система грејања</p> <p>—</p> <p>Heating system efficiency</p>			
<p>Припрема санитарне топле воде</p> <p>—</p> <p>Domestic hot water preparation</p>	 <p>Електрични акумулациони бојлери</p> <p>—</p> <p>Electric water heaters</p>	 <p>Електрични акумулациони бојлери</p> <p>—</p> <p>Electric water heaters</p>	 <p>Топлотна пумпа ваздух/вода</p> <p>—</p> <p>Air source heat pump</p>

Систем осветљења – унапређења — Lighting system – improvements

	Унапређење 1 Improvement 1	Унапређење 2 Improvement 2	Унапређење 3 Improvement 3
<p>Унутрашња расвета — Interior lighting</p>	 <p>Замења постојећег осветљења LED осветљењем. — Replacement of existing lighting with LED lighting.</p>	 <p>LED осветљење са могућношћу централизоване контроле укључености осветљења у појединим просторијама. — LED lighting with the possibility of centralized control of lighting activation in particular classrooms.</p>	 <p>Дисперзовани аутоматизовани систем осветљења који обухвата детекцију присуства људи и могућност прилагођења нивоа осветљења у зависности од доба дана и потреба људи у просторији. — Dispersed automated lighting system that includes the detection of people's presence and the ability to adjust the level of lighting depending on the time of day and the people's needs in the classrooms.</p>
<p>Спољна расвета — Exterior lighting</p>	 <p>Замења постојећег осветљења LED осветљењем. — Replacement of existing lighting with LED lighting.</p>	 <p>Подешавање времена укључивања осветљења у зависности од доба године. — Adjusting the lighting time depending on the time of the year.</p>	 <p>LED осветљење са аутоматском контролом осветљености и димовањем осветљења у зависности од доба дана. — LED lighting with automatic illumination control and lighting dimming depending on the part of the day.</p>
<p>Релативна енергетска уштеда система осветљења [%] — Relative energy savings of lighting system [%]</p>	 <p>61%</p>	 <p>65%</p>	 <p>67%</p>

Унапређење термичког омотача – енергетски биланс — Thermal envelope improvement – energy balance

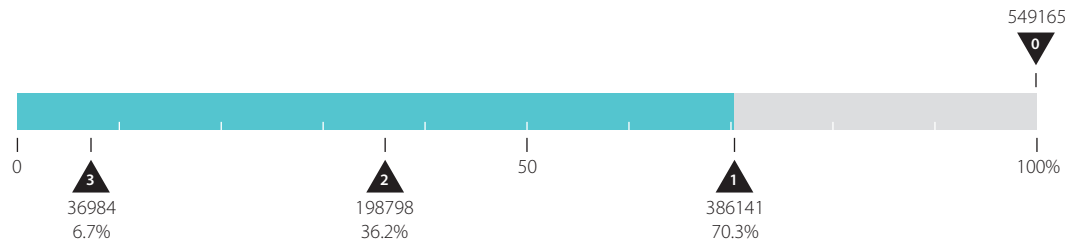


Унапређење термичког омотача и система грејања – енергетски биланс — Thermal envelope and heating systems improvement – energy balance

Финална енергија

Final energy

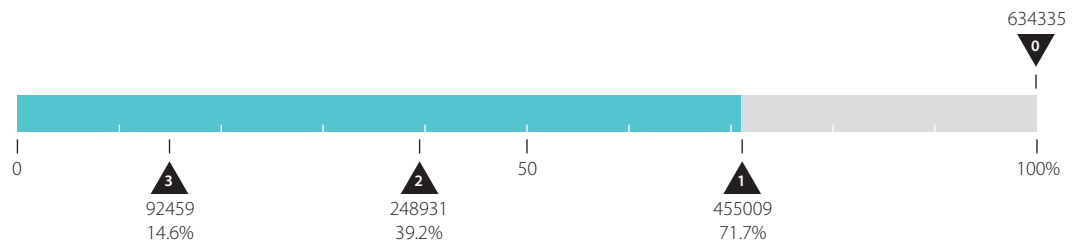
[kWh/a]



Примарна енергија

Primary energy

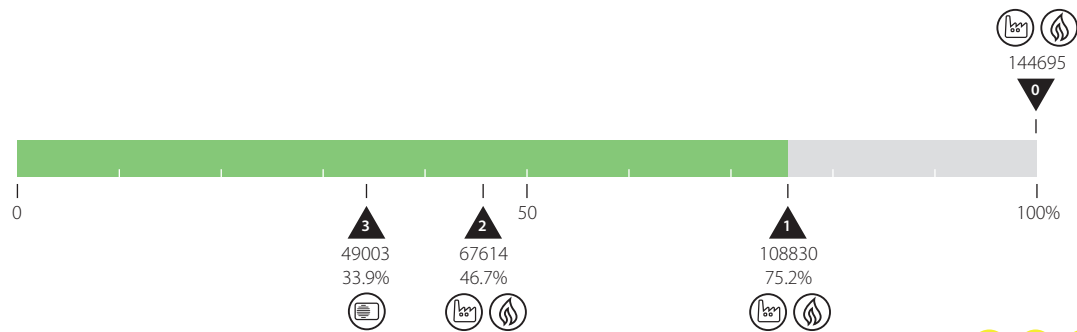
[kWh/a]



Емисија CO₂ након примене грађевинских и термотехничких мера

CO₂ emission after architectural and HVAC improvement

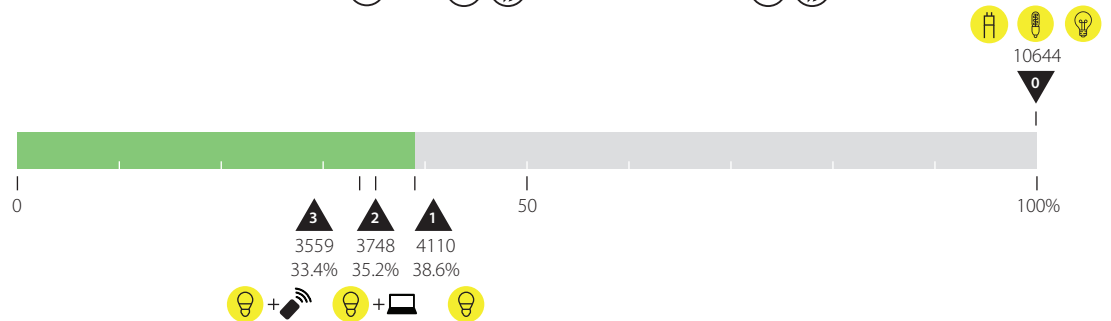
[kg/a]



Емисија CO₂ након унапређења система расвете

CO₂ emission after lighting improvement

[kg/a]



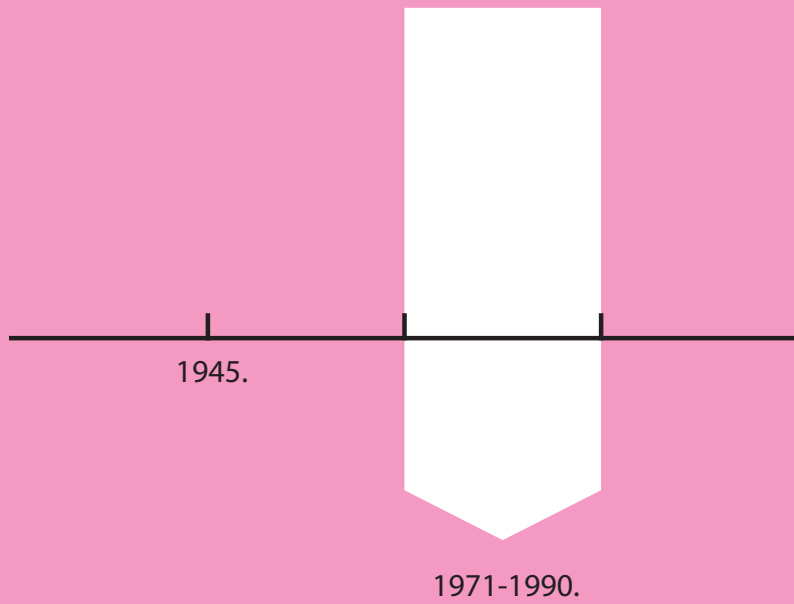
0 полазно стање starting condition

1 најчешће интервенције usual interventions

1 унапређење 1 improvement 1

2 унапређење 2 improvement 2

3 унапређење 3 improvement 3

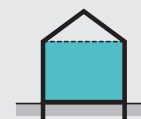
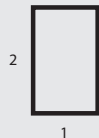


Ц

период 1971-1990.

C

period 1971-1990



Школска зграда површине мање од 500 m²

Категорија	основна школа
Година изградње	1968.
Број етажа	Пр
Површина (m ²) бруто	230
Површина (m ²) нето грејана	185
Запремина (m ³) нето грејана	600

Зграде подручних школа овог периода углавном су рађене према типским пројектима прилагођеним условима конкретне локације и планираног капацитета. Садрже неколико учионица, санитарни чвор и мању канцеларију, без осталих комплементарних садржаја. Пројектоване су за наставу организовану у мешовитим одељењима.

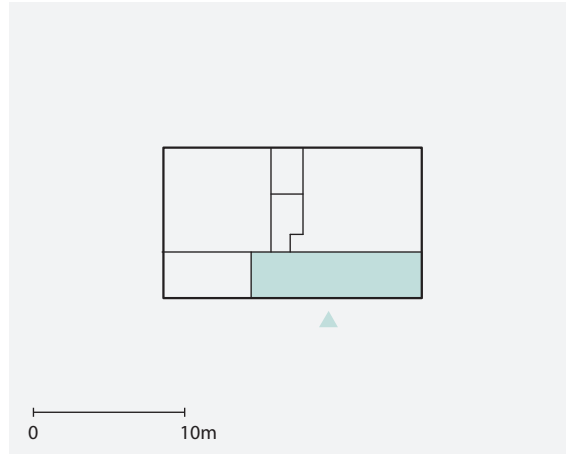
Зграда је приземна, једноставне компактне основе, са двоводним кровом, таванским простором који се не користи и без подземних етажа. Отвори су појединачни, али већих димензија. Архитектонска решења ових објеката немају специфичности које би условљавале посебан режим при енергетској санацији.

School building with area less than 500 m²

Category	elementary school
Year of construction	1968
Number of floors	Gf
Area (m ²) Gross	230
Area (m ²) Net heated	185
Volume (m ³) Net heated	600

During this period, rural school units were built using typical standardized designs with the adjustments to the specific site and the required capacity. They have a couple of classrooms, sanitary facilities and a small office, with no complementary rooms. They were usually designed to provide for mixed classes.

The school has a very simple and compact layout, with a double pitched roof, an unused attic and without underground floors. The windows are placed in large single openings. These buildings have no architectural features that would require special design approach in energy refurbishment.



Школске зграде овог типа рађене су у масивном конструктивном склопу, са носећим зидовима од пуне опеке. Према тавану је дрвена међуспратна конструкција а кровна конструкција је једноставна традиционална. Фасадни зидови су обострано малтерисани, без термичке изолације; прозори су дрвени, двоструки, са раздвојеним крилима а заштита од сунца је у виду платнених ролетни. Подови су са дрвеном облогом (углавном паркет) без термичке изолације.

The school buildings of this type were built with massive primary structure. The ceiling to the attic is simple with wood beams, and the roof is supported by a traditional timber structure. Facade walls are plastered on both sides, with no thermal insulation; windows are wooden framed, double-sashed with single pane glazing and interior textile roller blinds for sun protection. Wood strip flooring placed on sleepers has no thermal insulation.

Енергетски разред објекта – пројектовано стање

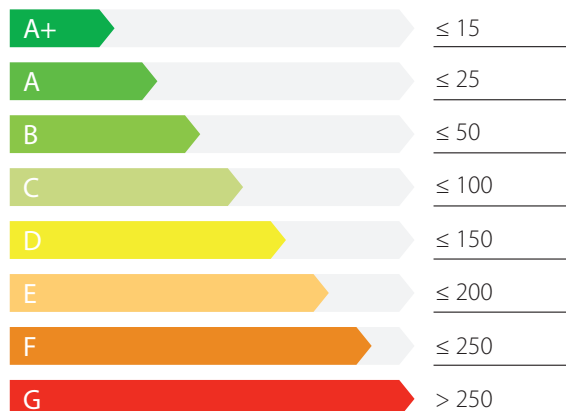
 $Q_{H,nd,rel} [\%]$

424

Energy class of building – as designed

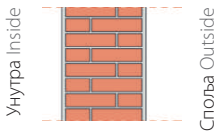
 $Q_{H,nd} [kWh/(m^2a)]$

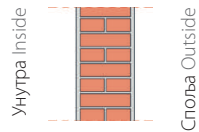
318

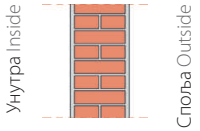


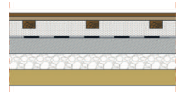
G

Склопови термичког омотача – постојеће стање — Elements of the thermal envelope – existing

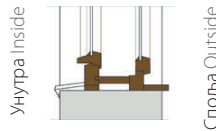
Спољашњи зид 1 — External Wall 1	
	малтер 2 cm, опека 38 cm, малтер 2 cm — plaster 2 cm, brick wall 38 cm, plaster 2 cm
U (W/m ² K)	1.27

Спољашњи зид 2 — External Wall 2	
	малтер 2 cm, опека 25 cm, малтер 2 cm — plaster 2 cm, brick wall 25 cm, plaster 2 cm
U (W/m ² K)	1.70

Зид према негрејаном тавану — Partition wall to unheated attic	
	малтер 2 cm, опека 25 cm, малтер 2 cm — plaster 2 cm, brick wall 25 cm, plaster 2 cm
U (W/m ² K)	1.48

Под на тлу — Ground floor	Унутра Inside 
	Споља Outside паркет 2.2 cm, даске 2.4 cm, потпатоснице 8/5 cm у слоју песка 10 cm, хидроизолација 1 cm, бетонска плоча 10 cm, шљунак 10 cm, набијена земља — parquet 2.2 cm, wooden subfloor 2.4 cm, sleepers 8/5 cm in 10 cm sand bedding, concrete 10 cm, gravel 10 cm, rammed earth
U (W/m ² K)	0.48

Међуспратна конструкција испод негрејаног тавана — Floor structure to unheated attic	Споља Outside 
	Унутра Inside земља са плевом 10 cm, даске 2.4cm, таванаће 14/20 cm, дрвена потконструкција 6 cm, малтер на тршчаној подлози 3 cm — earth 10 cm, plank 2.4 cm, wood rafters 14/20 cm, wooden substructure 6 cm, straw-plaster ceiling 3 cm
U (W/m ² K)	0.78

Прозори — Windows	Унутра Inside 
	Дрвени двоструки са раздвојеним крилима и једноструким стаклом — Wooden, double frame, double sash (wide box) with single glazing
U (W/m ² K)	3.50

Термотехнички системи и осветљење – постојеће стање — HVAC and lighting – existing

Систем грејања и припреме топле воде Heating and hot water system

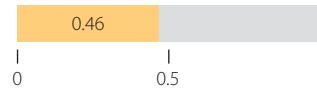
Систем загревања просторија
—
Heating system



У изворном стању школа се загревала путем локалних загревних уређаја - пећи на чврсто гориво (дрво и угаљ). Тај систем се користи и данас.

—
Originally, local heating stoves (wood and coal fired) were used for heating school building. The same heating system is used nowadays.

Степен корисности система грејања
—
Heating system efficiency



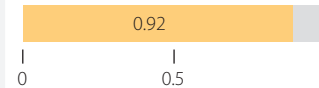
Систем припреме санитарне топле воде
—
Domestic hot water (DHW) preparation system



Потрошна топла вода се припрема у електричним бојлерима.

—
Domestic hot water is prepared using local electric water heaters.

Степен корисности припреме санитарне топле воде
—
DHW preparation efficiency



Систем осветљења Lighting system

Унутрашња расвета
—
Interior lighting



У школи се користи инкадесцентно осветљење. Без аутоматске контроле осветљења.

—
The school uses incandescent lighting. No automatic light control.

Спољна расвета
—
Outdoor lighting



Живине сијалице.

—
Mercury vapor bulbs.

Слични објекти – представници типа — Similar buildings – type representatives



Школске зграде овог типа грађене су углавном према типским пројектним решењима, а последица је изражена типолошка хомогеност. Типско решење, заправо, представља савремену интерпретацију малих подручних школа грађених у претходном периоду. Конструкција је оптимизована, прозорски отвори су повећани највише могуће у оквиру датог конструктивног склопа.

Варијације на већини објеката су минималне, што омогућава и релативно једноставну имплементацију мера енергетске ефикасности. Мере унапређења дате у овој публикацији могу бити, уз минимална прилагођавања, примењене на читав низ школа.

These school buildings were built mainly using a standardized, typical design, resulting in extraordinary homogeneity within the building type. The typical design was in fact the contemporary interpretation of small rural school units built immediately after the Second World War. The load bearing structure was optimized, and windows were expanded to maximum size relative to the given structure.

There are minimal variations in most buildings, enabling a relatively straightforward implementation of proposed energy efficiency measures.

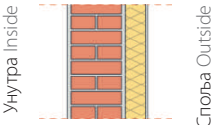
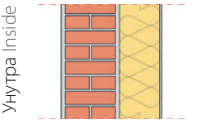

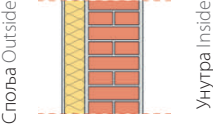
Затечено стање — Existing state

Претходна унапређења — Previous improvements	Уградња нових прозора од ПВЦ профила са двослојним изолационим стакло-пакетом. — Installation of new, double-glazed PVC windows.
---	--

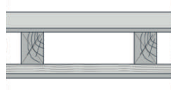
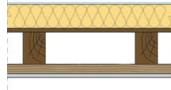

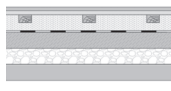
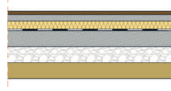
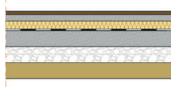
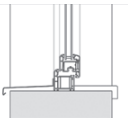
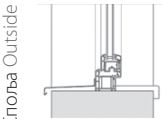
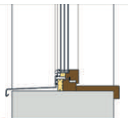
Опис унапређења — Improvement measures description

Унапређење 1 — Improvement 1	Изоловање фасадних зидова контактном термоизолационом фасадом. Уградња нових прозора и улазних врата од ПВЦ профила са двослојним изолационим нискоемисионим стакло-пакетом (добра заптивеност). — Insulation of façade walls with a contact façade system. Installation of new PVC windows and entrance doors with double-glazed low-emissivity glass unit (good air-tightness).
Унапређење 2 — Improvement 2	Изоловање фасадних зидова контактном термоизолационом фасадом. Изоловање унутрашњих зидова према негрејаном тавану. Изоловање међуспратне конструкције ка негрејаном тавану уз делимичну реконструкцију слојева. Изоловање пода на тлу уз делимичну реконструкцију слојева. Уградња нових прозора и улазних врата од ПВЦ профила са двослојним изолационим нискоемисионим стакло-пакетом (добра заптивеност). — Insulation of façade walls with a contact façade system. Insulation of interior walls to unheated attic. Insulation of floor structure to unheated attic with partial layer reconstruction. Insulation of ground floor, with partial layer reconstruction. Installation of new PVC windows and entrance doors with double-glazed low-emissivity glass unit (good air-tightness).
Унапређење 3 — Improvement 3	Изоловање фасадних зидова контактном термоизолационом фасадом. Изоловање унутрашњих зидова према негрејаном тавану. Изоловање међуспратне конструкције ка негрејаном тавану уз делимичну реконструкцију слојева. Изоловање пода на тлу уз делимичну реконструкцију слојева. Уградња нових прозора и улазних врата од композитних профила са трослојним изолационим нискоемисионим стакло-пакетом (добра заптивеност). — Insulation of façade walls with a contact façade system. Insulation of interior walls to unheated attic. Insulation of floor structure to unheated attic with partial layer reconstruction. Insulation of ground floor, with partial layer reconstruction. Installation of new composite windows and entrance doors with triple-glazed low-emissivity glass unit (good air-tightness).




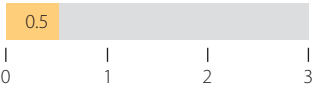

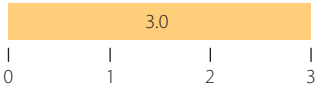


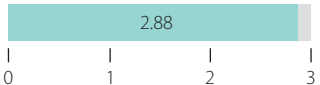



Склопови термичког омотача – унапређења — Elements of the thermal envelope – improvements

	Унапређење 1 Improvement 1	Унапређење 2 Improvement 2	Унапређење 3 Improvement 3
<p>Спољашњи зид 1 — External wall 1</p>	 <p>малтер 2 cm, опека 38 cm, малтер 2 cm, термоизолација 10 cm, малтер 1 cm</p> <p>plaster 2 cm, brick wall 38 cm, plaster 2 cm, thermal insulation 10 cm, plaster 1 cm</p>	 <p>малтер 2 cm, опека 38 cm, малтер 2 cm, термоизолација 10 cm, малтер 1 cm</p> <p>plaster 2 cm, brick wall 38 cm, plaster 2 cm, thermal insulation 10 cm, plaster 1 cm</p>	 <p>малтер 2 cm, опека 38 cm, малтер 2 cm, термоизолација 20 cm, малтер 1 cm</p> <p>plaster 2 cm, brick wall 38 cm, plaster 2 cm, thermal insulation 20 cm, plaster 1 cm</p>
U (W/m ² K)	0.29	0.29	0.16
<p>Спољашњи зид 2 — External wall 2</p>	 <p>малтер 2 cm, опека 25 cm, малтер 2 cm, термоизолација 10 cm, малтер 1 cm</p> <p>plaster 2 cm, brick wall 25 cm, plaster 2 cm, thermal insulation 10 cm, plaster 1 cm</p>	 <p>малтер 2 cm, опека 25 cm, малтер 2 cm, термоизолација 10 cm, малтер 1 cm</p> <p>plaster 2 cm, brick wall 25 cm, plaster 2 cm, thermal insulation 10 cm, plaster 1 cm</p>	 <p>малтер 2 cm, опека 25 cm, малтер 2 cm, термоизолација 20 cm, малтер 1 cm</p> <p>plaster 2 cm, brick wall 25 cm, plaster 2 cm, thermal insulation 20 cm, plaster 1 cm</p>
U (W/m ² K)	0.30	0.30	0.17
<p>Зид према негрејаном тавану — Partition wall to unheated attic</p>	 <p>НЕМА ИЗМЕНА — NO CHANGES</p>	 <p>гипскартонска плоча 1.25 cm, термоизолација 5 cm, малтер 2 cm, опека 25 cm, малтер 2 cm,</p> <p>gypsum board 1.25 cm, thermal insulation 5 cm, plaster 2 cm, brick wall 25 cm, plaster 2 cm</p>	 <p>гипскартонска плоча 1.25 cm, термоизолација 10 cm, малтер 2 cm, опека 25 cm, малтер 2 cm</p> <p>gypsum board 1.25 cm, thermal insulation 10 cm, plaster 2 cm, brick wall 25 cm, plaster 2 cm</p>
U (W/m ² K)	1.48	0.48	0.29







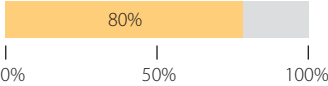
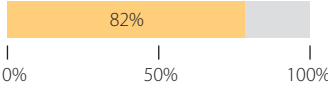
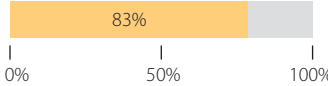
Склопови термичког омотача – унапређења — Elements of the thermal envelope – improvements

	Унапређење 1 Improvement 1	Унапређење 2 Improvement 2	Унапређење 3 Improvement 3
<p>Међуспратна конструкција испод негрејаног тавана</p> <p>—</p> <p>Floor structure to unheated attic</p>	<p>Споља Outside</p>  <p>Унутра Inside НЕМА ИЗМЕНА — NO CHANGES</p>	<p>Споља Outside</p>  <p>Унутра Inside ПЕ фолија, термоизолација 15 cm, даске 2.4 cm, таваначе 14/20 cm, дрвена потконструкција 6 cm, малтер на тршчаној подлози 3 cm</p> <p>—</p> <p>PE foil, thermal insulation 15 cm, planks 2.4 cm, wood rafters 14/20 cm, wooden substructure 6 cm, straw-plaster ceiling 3 cm</p>	<p>Споља Outside</p>  <p>Унутра Inside ПЕ фолија, термоизолација 25 cm, даске 2.4 cm, таваначе 14/20 cm, дрвена потконструкција 6 cm, малтер на тршчаној подлози 3 cm</p> <p>—</p> <p>PE foil, thermal insulation 25 cm, planks 2.4 cm, wood rafters 14/20 cm, wooden substructure 6 cm, straw-plaster ceiling 3 cm</p>
<p>U (W/m²K)</p>	0.78	0.19	0.13
<p>Под на тлу</p> <p>—</p> <p>Ground floor</p>	<p>Унутра Inside</p>  <p>Споља Outside НЕМА ИЗМЕНА — NO CHANGES</p>	<p>Унутра Inside</p>  <p>Споља Outside паркет 2.2 cm, цементна кошуљица 4 cm, термоизолација 5 cm, хидроизолација 1 cm, бетонска плоча 10 cm, шљунак 10cm, набијена земља</p> <p>—</p> <p>parquet 2.2 cm, cement screed 4 cm, thermal insulation 5 cm, hydro insulation 1 cm, concrete 10 cm, gravel 10 cm, rammed earth</p>	<p>Унутра Inside</p>  <p>Споља Outside паркет 2.2 cm, цементна кошуљица 4 cm, термоизолација 5 cm, хидроизолација 1 cm, бетонска плоча 10 cm, шљунак 10cm, набијена земља</p> <p>—</p> <p>parquet 2.2 cm, cement screed 4 cm, thermal insulation 5 cm, hydro insulation 1 cm, concrete 10 cm, gravel 10 cm, rammed earth</p>
<p>U (W/m²K)</p>	0.48	0.28	0.28
<p>Прозори</p> <p>—</p> <p>Windows</p>	<p>Споља Outside</p>  <p>Унутра Inside</p> <p>ПВЦ са двослојним нискоемисионим стакло пакетом</p> <p>—</p> <p>PVC, double glazed low-E glass unit, inert gas filling</p>	<p>Споља Outside</p>  <p>Унутра Inside</p> <p>ПВЦ са двослојним нискоемисионим стакло пакетом</p> <p>—</p> <p>PVC, double glazed low-E glass unit, inert gas filling</p>	<p>Споља Outside</p>  <p>Унутра Inside</p> <p>Композитни профил са трослојним нискоемисионим стакло пакетом испуњеним инертним гасом</p> <p>—</p> <p>Composite, triple glazed low-E glass unit, inert gas filling</p>
<p>U (W/m²K)</p>	1.40	1.40	0.80

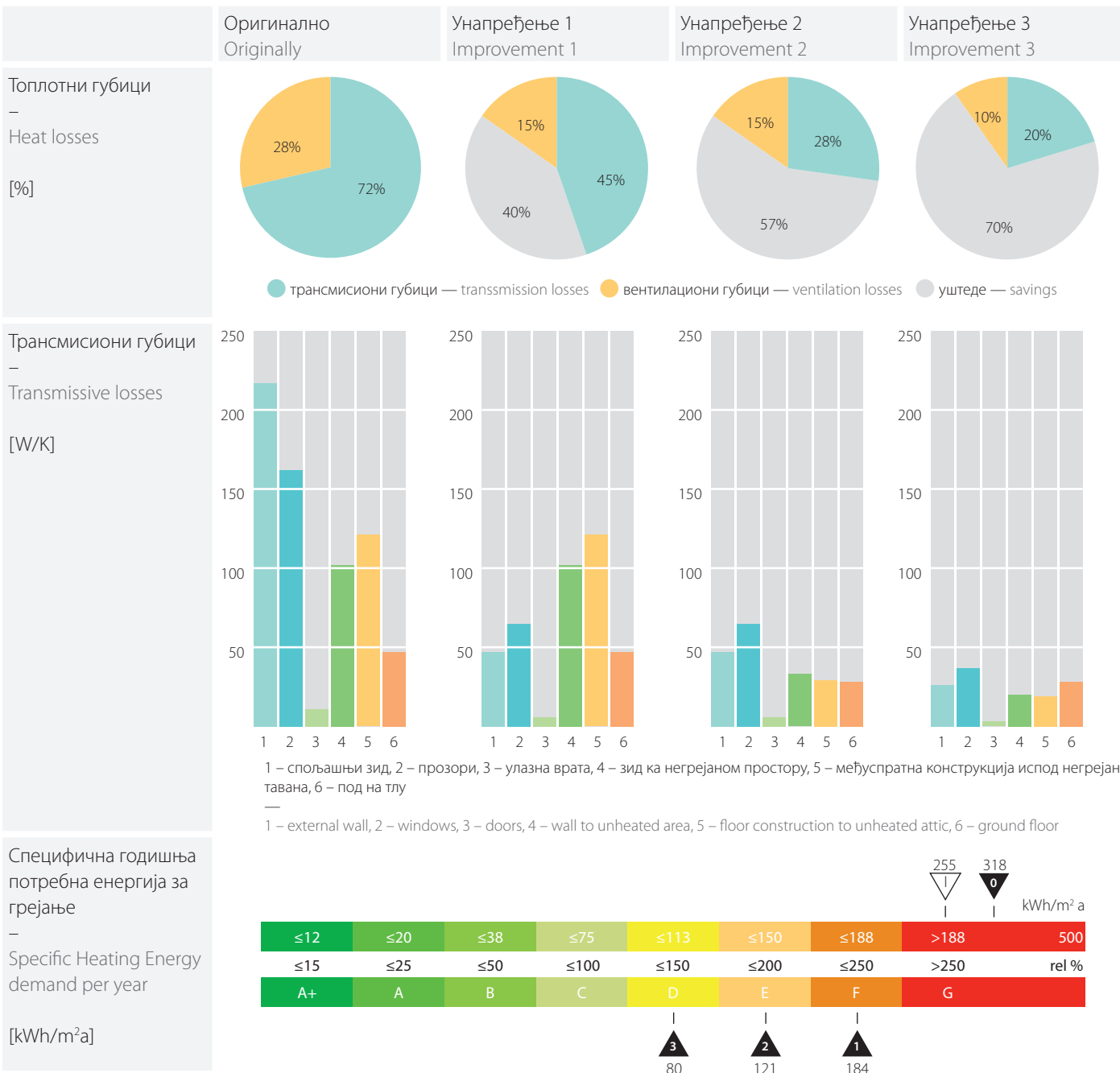
Систем грејања зграде – унапређења — Heating system – improvements

	Унапређење 1 Improvement 1	Унапређење 2 Improvement 2	Унапређење 3 Improvement 3
<p>Систем загревања просторија</p> <p>—</p> <p>Heating system</p>	 <p>Задржан је постојећи систем грејања простора.</p> <p>—</p> <p>The existing heating system is retained.</p>	 <p>Уградња централног грејања са радијаторима као грејним телима и котлом на дрвну биомасу (пелет).</p> <p>—</p> <p>Installation of central hydronic system with radiators. The heating source is biomass (wood pellet) fired boiler.</p>	 <p>Уградња компресорске топлотне пумпе ваздух/вода са хидромодулом.</p> <p>—</p> <p>Installation of air source heat pump with hydromodule.</p>
<p>Ефикасност извора топлоте</p> <p>—</p> <p>Heat source efficiency</p>	 <p>0.5</p>	 <p>0.91</p>	 <p>3.0</p>
<p>Ефикасност система грејања</p> <p>—</p> <p>Heating system efficiency</p>	 <p>0.46</p>	 <p>0.85</p>	 <p>2.88</p>
<p>Припрема санитарне топле воде</p> <p>—</p> <p>Domestic hot water preparation</p>	 <p>Електрични акумулациони бојлери</p> <p>—</p> <p>Electric water heaters</p>	 <p>Електрични акумулациони бојлери</p> <p>—</p> <p>Electric water heaters</p>	 <p>Топлотна пумпа ваздух/вода</p> <p>—</p> <p>Air source heat pump</p>

Систем осветљења – унапређења — Lighting system – improvements

	Унапређење 1 Improvement 1	Унапређење 2 Improvement 2	Унапређење 3 Improvement 3
Унутрашња расвета — Interior lighting	 <p>Замења постојећег осветљења LED осветљењем. — Replacement of existing lighting with LED lighting.</p>	 <p>LED осветљење са могућношћу централизоване контроле укључености осветљења у појединим просторијама. — LED lighting with the possibility of centralized control of lighting activation in particular classrooms.</p>	 <p>Дисперзовани аутоматизовани систем осветљења који обухвата детекцију присуства људи и могућност прилагођења нивоа осветљења у зависности од доба дана и потреба људи у просторији. — Dispersed automated lighting system that includes the detection of people's presence and the ability to adjust the level of lighting depending on the time of day and the people's needs in the classrooms.</p>
Спољна расвета — Exterior lighting	 <p>Замења постојећег осветљења LED осветљењем. — Replacement of existing lighting with LED lighting.</p>	 <p>Подешавање времена укључивања осветљења у зависности од доба године. — Adjusting the lighting time depending on the time of the year.</p>	 <p>LED осветљење са аутоматском контролом осветљености и димовањем осветљења у зависности од доба дана. — LED lighting with automatic illumination control and lighting dimming depending on the part of the day.</p>
Релативна енергетска уштеда система осветљења [%] — Relative energy savings of lighting system [%]	 <p>80%</p>	 <p>82%</p>	 <p>83%</p>

Унапређење термичког омотача – енергетски биланс — Thermal envelope improvement – energy balance

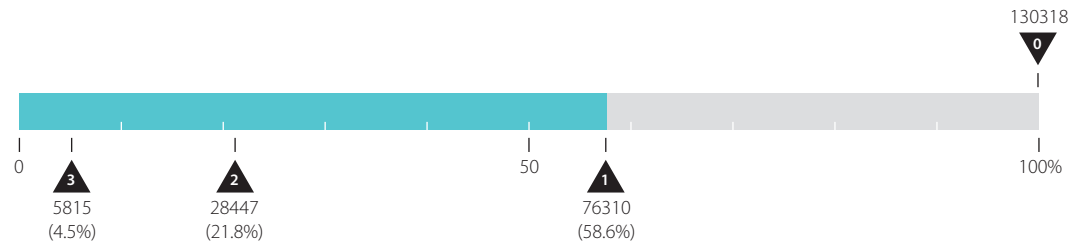


Унапређење термичког омотача и система грејања – енергетски биланс — Thermal envelope and heating systems improvement – energy balance

Финална енергија

Final energy

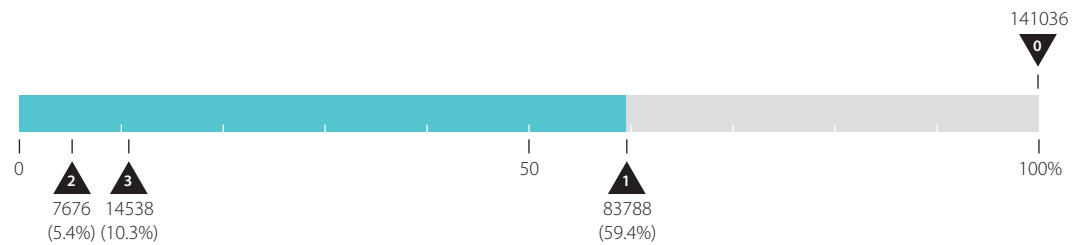
[kWh/a]



Примарна енергија

Primary energy

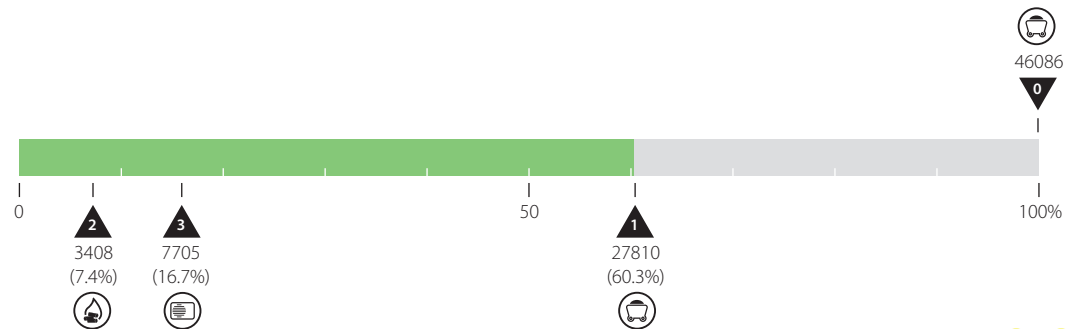
[kWh/a]



Емисија CO₂ након примене грађевинских и термотехничких мера

CO₂ emission after architectural and HVAC improvement

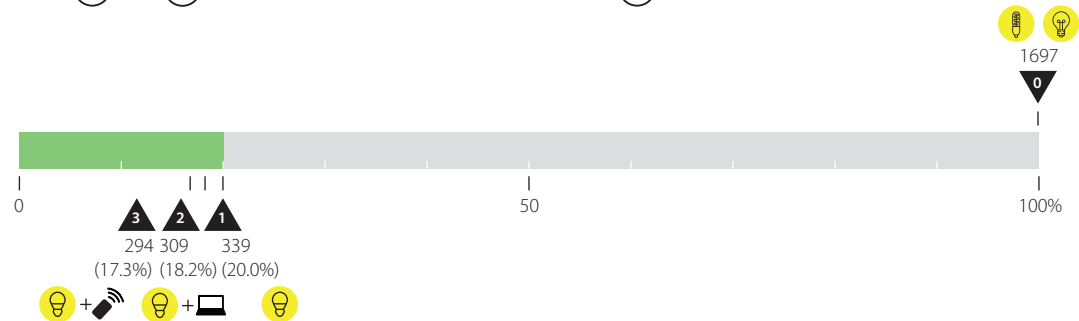
[kg/a]



Емисија CO₂ након унапређења система расвете

CO₂ emission after lighting improvement

[kg/a]



0 полазно стање
starting condition

1 најчешће интервенције
usual interventions

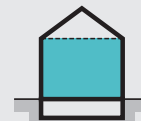
1 унапређење 1
improvement 1

2 унапређење 2
improvement 2

3 унапређење 3
improvement 3



Ц2
С2



Школска зграда површине 500-2000 m²

Категорија	основна школа
Година изградње	1971.
Број етажа	По+Пр+1
Површина (m ²) бруто	1200
Површина (m ²) нето грејана	990
Запремина (m ³) нето грејана	3760

Објекти овог типа грађени су углавном према прилагођеним типским пројектима: школска зграда је формирана од главног корпуса, са једним до два анекса (често грађеним у фазама) и садржи већи број учионица и кабинета, зборницу и административни блок. Централни део зграде има приземље и спрат, док анекси могу бити приземни или спратни. Испод дела зграде налази се негрејани подрум са техничким просторијама. Кровови су равни, непроходни или коси у благом паду.

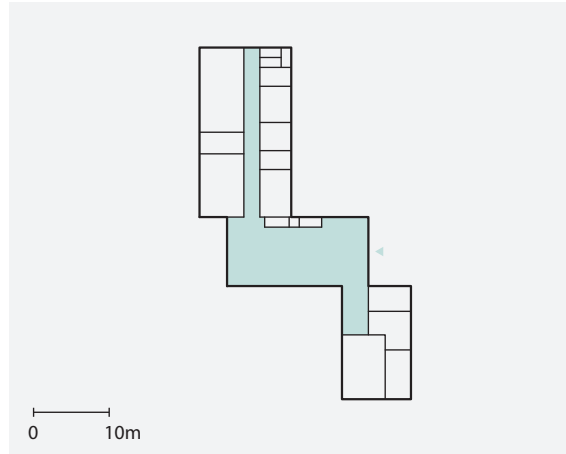
Отвори су у виду прозорских трака које се простиру унутар конструктивних распона, са армиранобетонским стубовима видљивим на фасади.

School building with area 500-2000 m²

Category	elementary school
Year of construction	1971
Number of floors	B+Gf+1
Area (m ²) Gross	1200
Area (m ²) Net heated	990
Volume (m ³) Net heated	3760

This building type was built according to the adjusted typical designs: the school building consists of the main hull with one or two annexes (often built in different phases), containing numerous classrooms and laboratories, the staffroom and school administration offices. The central part of the structure has two stories, while the annexes may be one or two stories high. There are flat or shallow pitched roofs.

The openings are in the form of ribbon windows fitting the entire structural spans, leaving the reinforced concrete columns visible on the facade.



Школске зграде овог типа рађене су у скелетном систему са ситноребрастом међуспратном конструкцијом типа „авраменко“. Армиранобетонски (стубови, греде, зидна платна) и зидани (испуне од гитер опеке, фасадни зидови од пуне опеке) елементи фасадног омотача су неизоловани. Равни кровови имају у својој структури и термоизолацију која не одговара актуелним стандардима, док су плитки коси кровови рађени изнад бетонске таванице без термоизолације.

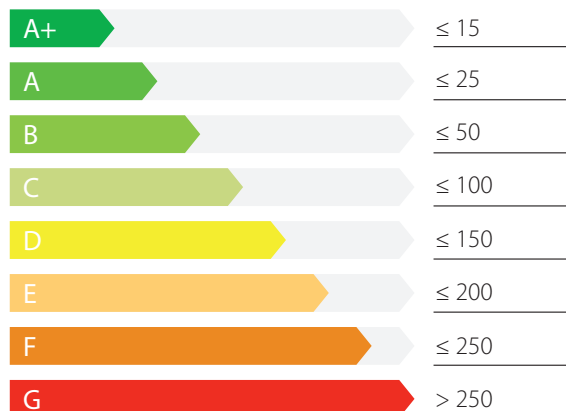
The load bearing structure of this school type is in the reinforced concrete frame system. Concrete facade elements (columns, beams, walls) as well as the masonry (clay block infills, brick walls) are uninsulated. Flat roofs contain substandard thermal insulation layers while low-pitched roofs were constructed without any thermal insulation. Windows are wooden, single frame, connected double sashes with single pane transparent glazing.

Енергетски разред објекта – пројектовано стање

$Q_{H,nd,rel}$ [%]
409

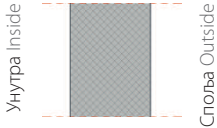
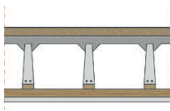
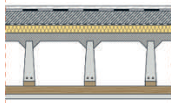
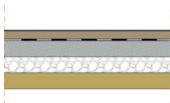

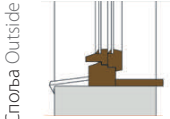
Energy class of building – as designed

$Q_{H,nd}$ [kWh/(m²a)]
307



G

Склопови термичког омотача – постојеће стање — Elements of the thermal envelope – existing

<p>Спољашњи зид — External Wall</p>	 <p>Унутра Inside</p> <p>Споља Outside</p> <p>бетон 40 cm — concrete 40 cm</p>	<p>Међуспратна конструкција изнад негрејаног подрума — Floor structure to unheated basement</p>	 <p>Унутра Inside</p> <p>Споља Outside</p> <p>виназ плоче 0.2 cm, флорбит 5 cm, "Авраменко" таваница 30 cm, дрвена потконструкција 6 cm, малтер на тршчаној подлози 3 cm</p> <p>—</p> <p>vinyl-asbestos tile 0.2 cm, bitumenous screed (florbit) 5 cm, ribbed semi-prefabricated concrete slab Avramenko 30 cm, wooden substructure 6 cm, straw-plaster ceiling 3 cm</p>
<p>U (W/m²K)</p>	<p>2.92</p>	<p>U (W/m²K)</p>	<p>0.58</p>
<p>Раван кров — Flat roof</p>	 <p>Споља Outside</p> <p>Унутра Inside</p> <p>шљунак 2 cm, хидроизолација 1 cm, бетон за пад 8 cm, тер папир, термоизолација 5 cm, "Авраменко" таваница 30 cm, дрвена потконструкција 6 cm, малтер на тршчаној подлози 3 cm</p> <p>—</p> <p>gravel 2 cm, hydro insulation 1 cm, lightweight concrete 8 cm, roofing paper, thermal insulation 5 cm, ribbed semi-prefabricated concrete slab Avramenko 30 cm, wooden substructure 6 cm, straw-plaster ceiling 3 cm</p>	<p>Под на тлу — Ground floor</p>	 <p>Унутра Inside</p> <p>Споља Outside</p> <p>виназ плоче 0.2 cm, флорбит 5 cm, хидроизолација 1 cm, бетонска плоча 10 cm, шљунак 10 cm, набијена земља</p> <p>—</p> <p>vinyl-asbestos tile 0.2 cm, bitumenous screed (florbit) 5 cm, hydro insulation 1 cm, concrete 10 cm, gravel 10 cm, rammed eart</p>
<p>U (W/m²K)</p>	<p>0.56</p>	<p>U (W/m²K)</p>	<p>0.30</p>
<p>Кос кров — Pitched roof</p>	 <p>Споља Outside</p> <p>Унутра Inside</p> <p>салонит, летве 5/8 cm, дрвене гредице 8/10 cm, "Авраменко" таваница 30 cm, дрвена потконструкција 6 cm, малтер на тршчаној подлози 3 cm</p> <p>—</p> <p>fiber cement roof tile, battens 5/8 cm, wooden substructure 8/10, ribbed semi-prefabricated concrete slab Avramenko 30 cm, wooden substructure 6 cm, straw-plaster ceiling 3 cm</p>	<p>Прозори — Windows</p>	 <p>Споља Outside</p> <p>Унутра Inside</p> <p>дрвени двоструки са спојеним крилима и једноструким стаклом</p> <p>—</p> <p>wooden, double frame, connected sash with single glazing</p>
<p>U (W/m²K)</p>	<p>1.03</p>	<p>U (W/m²K)</p>	<p>3.30</p>

Термотехнички системи и осветљење – постојеће стање — HVAC and lighting – existing

Систем грејања и припреме топле воде Heating and hot water system

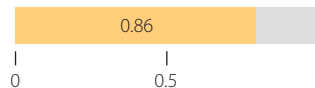
Систем загревања просторија
—
Heating system



У изворном стању школа се загревала системом централног грејања са котлом на чврсто гориво (угаљ) и са радијаторима као грејним телима. Тај систем се користи и данас уз прелазак на котлоу на природни гас.

Originally, central hydronic heating system with coal fired boiler and radiators has been installed. The same heating system is used nowadays, but with new boiler using natural gas as the energy source.

Степен корисности система грејања
—
Heating system efficiency



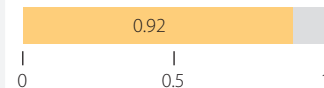
Систем припреме санитарне топле воде
—
Domestic hot water (DHW) preparation system



Потрошна топла вода се припрема у електричним бојлерима.

Domestic hot water is prepared using local electric water heaters.

Степен корисности припреме санитарне топле воде
—
DHW preparation efficiency



Систем осветљења Lighting system

Унутрашња расвета
—
Interior lighting



Мали део школе користи инкадесцентно осветљење док се у највећем делу користи флуо осветљење. Без аутоматске контроле осветљења.

A small part of the school uses incandescent lighting, while most of it uses fluorescent lighting. No automatic light control.

Спољна расвета
—
Outdoor lighting



Живине сијалице.

Mercury bulbs.

Слични објекти – представници типа — Similar buildings – type representatives



Школске зграде средње величине пројектоване су према тада стандардним моделима те се слична архитектонска решења - спратни двотракт, са низовима појединачних прозора који симулирају прозорске траке - могу наћи широм земље.

Елементи материјализације се такође понављају, како у екстеријеру тако и у ентеријеру, па подне облоге у учионицама, ходници, степеништа, ограде и опрема готово да су исти у свим школама овог типа.

Због великих стаклених површина, замена фасадне столарије једна је од неизоставних мера унапређења веома лоших енергетских карактеристика ових зграда.

Mid-size school buildings were designed using the same models, resulting in similar architecture - two-story double-bay structure with arrays of windows acting like ribbon windows - all over the country.

The materials, structures and finishes are repeatedly used in the exterior as well as in the interior: classroom floors, halls, stairways, railings and equipment are almost the same in all schools of this type.

Because of the large glazed areas, the window replacement may be considered as one of the inevitable measures for improving the poor energy performance of these buildings.

Затечено стање — Existing state

Претходна унапређења – Previous improvements	Уградња нових прозора од ПВЦ профила са двослојним изолационим стакло-пакетом. — Installation of new, double-glazed PVC windows.
---	--

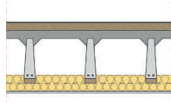
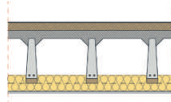
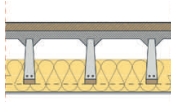
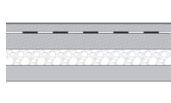
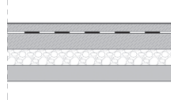
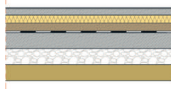
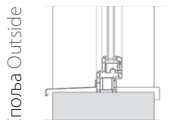
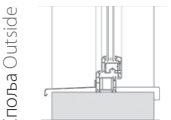
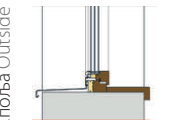
Опис унапређења — Improvement measures description

Унапређење 1 – Improvement 1	Изоловање равнoг крова уз делимичну реконструкцију слојева. Изоловање косог крова уз делимичну реконструкцију слојева са спољашње стране. Изоловање међуспратне конструкције ка негрејаном подруму уз делимичну реконструкцију слојева. Уградња нових прозора и улазних врата од ПВЦ профила са двослојним изолационим нискоемисионим стакло-пакетом (добра заптивеност). — Insulation of flat roof structure with partial layer reconstruction. Exterior insulation of pitched roof structure with partial layer reconstruction. Insulation of floor structure to unheated basement with partial layer reconstruction. Installation of new PVC windows and entrance doors with double-glazed low-emissivity glass unit (good air-tightness).
Унапређење 2 – Improvement 2	Изоловање фасадних зидова контактном термоизолационом фасадом. Изоловање равнoг крова уз делимичну реконструкцију слојева. Изоловање косог крова уз делимичну реконструкцију слојева са спољашње стране. Изоловање међуспратне конструкције ка негрејаном подруму уз делимичну реконструкцију слојева. Уградња нових прозора и улазних врата од ПВЦ профила са двослојним изолационим нискоемисионим стакло-пакетом (добра заптивеност). — Insulation of façade walls with a contact façade system. Insulation of flat roof structure with partial layer reconstruction. Exterior insulation of pitched roof structure with partial layer reconstruction. Insulation of floor structure to unheated basement with partial layer reconstruction. Installation of new PVC windows and entrance doors with double-glazed low-emissivity glass unit (good air-tightness).
Унапређење 3 – Improvement 3	Изоловање фасадних зидова контактном термоизолационом фасадом. Изоловање равнoг крова уз делимичну реконструкцију слојева. Изоловање косог крова уз делимичну реконструкцију слојева са спољашње стране. Изоловање међуспратне конструкције ка негрејаном подруму уз делимичну реконструкцију слојева. Изоловање пода на тлу уз делимичну реконструкцију слојева. Уградња нових прозора и улазних врата од композитних профила са трослојним изолационим нискоемисионим стакло-пакетом (добра заптивеност). — Insulation of façade walls with a contact façade system. Insulation of flat roof structure with partial layer reconstruction. Exterior insulation of pitched roof structure with partial layer reconstruction. Insulation of floor structure to unheated basement with partial layer reconstruction. Insulation of ground floor, with partial layer reconstruction. Installation of new composite windows and entrance doors with triple-glazed low-emissivity glass unit (good air-tightness).




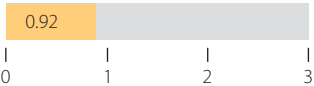
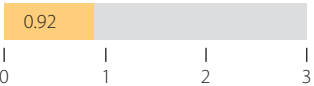
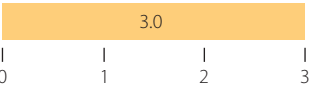


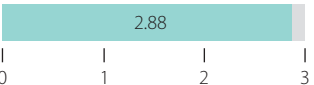



Склопови термичког омотача – унапређења — Elements of the thermal envelope – improvements

	Унапређење 1 Improvement 1	Унапређење 2 Improvement 2	Унапређење 3 Improvement 3
<p>Спољашњи зид</p> <p>External wall</p>	<p>Унутра Inside</p> <p>Споља Outside</p> <p>НЕМА ИЗМЕНА</p> <p>NO CHANGES</p>	<p>Унутра Inside</p> <p>Споља Outside</p> <p>бетон 40 см, термоизолација 10 см, малтер 1 см</p> <p>concrete 40 cm, thermal insulation 10 cm, plaster 1 cm</p>	<p>Унутра Inside</p> <p>Споља Outside</p> <p>бетон 40 см, термоизолација 20 см, малтер 1 см</p> <p>concrete 40 cm, thermal insulation 20 cm, plaster 1 cm</p>
U (W/m ² K)	2.92	0.33	0.17
<p>Раван кров</p> <p>Flat roof</p>	<p>Споља Outside</p> <p>Унутра Inside</p> <p>хидроизолациона мембрана, термоизолација 15 см, парна брана, бетон за пад 8 см, тер папир, термоизолација 5 см, "Авраменко" таваница 30 см, дрвена потконструкција 6см, малтер на тршчаној подлози 3 см</p> <p>waterproof membrane, thermal insulation 15 cm, vapour control layer, lightweight concrete 8 cm, roofing paper, thermal insulation 5cm, ribbed semi-prefabricated concrete slab Avramenko 30 cm, wooden substructure 6 cm, straw-plaster ceiling 3 cm</p>	<p>Споља Outside</p> <p>Унутра Inside</p> <p>хидроизолациона мембрана, термоизолација 15 см, парна брана, бетон за пад 8 см, тер папир, термоизолација 5 см, "Авраменко" таваница 30 см, дрвена потконструкција 6см, малтер на тршчаној подлози 3 см</p> <p>waterproof membrane, thermal insulation 15 cm, vapour control layer, lightweight concrete 8 cm, roofing paper, thermal insulation 5cm, ribbed semi-prefabricated concrete slab Avramenko 30 cm, wooden substructure 6 cm, straw-plaster ceiling 3 cm</p>	<p>Споља Outside</p> <p>Унутра Inside</p> <p>хидроизолациона мембрана, термоизолација 25 см, парна брана, бетон за пад 8 см, тер папир, термоизолација 5см, "Авраменко" таваница 30 см, дрвена потконструкција 6 см, малтер на тршчаној подлози 3 см</p> <p>waterproof membrane, thermal insulation 25 cm, vapour control layer, lightweight concrete 8 cm, roofing paper, thermal insulation 5cm, ribbed semi-prefabricated concrete slab Avramenko 30 cm, wooden substructure 6cm, straw-plaster ceiling 3 cm</p>
U (W/m ² K)	0.18	0.18	0.12
<p>Кос кров</p> <p>Pitched roof</p>	<p>Споља Outside</p> <p>Унутра Inside</p> <p>трапезасти лим, двоструке летве 3/5, тер папир, даске 2.4 см, дистанцери 5/15 см/ термоизолација 15 см, "Авраменко" таваница 30 см, дрвена потконструкција 6 см, малтер на тршчаној подлози 3 см</p> <p>metal roofing sheet, battens / counter battens 3/5 cm, roofing paper, plank 2.4 cm, wooden substructure 5/15, thermal insulation 15 cm, ribbed semi-prefabricated concrete slab Avramenko 30 cm, wooden substructure 6 cm, straw-plaster ceiling 3 cm</p>	<p>Споља Outside</p> <p>Унутра Inside</p> <p>трапезасти лим, двоструке летве 3/5, тер папир, даске 2.4 см, дистанцери 5/15 см/ термоизолација 15 см, "Авраменко" таваница 30 см, дрвена потконструкција 6 см, малтер на тршчаној подлози 3 см</p> <p>metal roofing sheet, battens / counter battens 3/5 cm, roofing paper, plank 2.4 cm, wooden substructure 5/15, thermal insulation 15 cm, ribbed semi-prefabricated concrete slab Avramenko 30 cm, wooden substructure 6 cm, straw-plaster ceiling 3 cm</p>	<p>Споља Outside</p> <p>Унутра Inside</p> <p>трапезасти лим, двоструке летве 3/5 см, тер папир, даске 2.4 см, дистанцери 5/25 см/ термоизолација 25 см, "Авраменко" таваница 30 см, дрвена потконструкција 6см, малтер на тршчаној подлози 3 см</p> <p>metal roofing sheet, battens / counter battens 3/5 cm, roofing paper, plank 2.4 cm, wooden substructure 5/25, thermal insulation 25 cm, ribbed semi-prefabricated concrete slab Avramenko 30 cm, wooden substructure 6 cm, straw-plaster ceiling 3 cm</p>
U (W/m ² K)	0.20	0.20	0.13







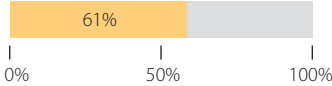
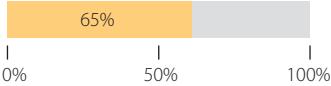
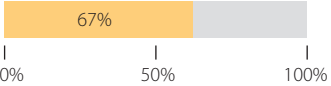
Склопови термичког омотача – унапређења — Elements of the thermal envelope – improvements

	Унапређење 1 Improvement 1	Унапређење 2 Improvement 2	Унапређење 3 Improvement 3
Међуспратна конструкција изнад негрејаног подрума — Floor structure to unheated basement	<p>Унутра Inside</p>  <p>Споља Outside</p> <p>винил плоче 0.2 cm, флорбит 5 cm, "Авраменко" таваница 30 cm, дрвена потконструкција летве 2x 5/3 cm / термоизолација 10 cm, гипскартонска плоча 1.25 cm</p> <p>—</p> <p>vinyl tile 0.2 cm, bitumenous screed (florbit) 5 cm, ribbed semi-prefabricated concrete slab Avramenko 30 cm, double wooden substructure 5/3 cm, thermal insulation 10 cm, gypsum board 1.25 cm</p>	<p>Унутра Inside</p>  <p>Споља Outside</p> <p>винил плоче 0.2 cm, флорбит 5 cm, "Авраменко" таваница 30 cm, дрвена потконструкција летве 2x 5/3 cm / термоизолација 10 cm, гипскартонска плоча 1.25 cm</p> <p>—</p> <p>vinyl tile 0.2 cm, bitumenous screed (florbit) 5 cm, ribbed semi-prefabricated concrete slab Avramenko 30 cm, double wooden substructure 5/3 cm, thermal insulation 10 cm, gypsum board 1.25 cm</p>	<p>Унутра Inside</p>  <p>Споља Outside</p> <p>винил плоче 0.2 cm, флорбит 5 cm, "Авраменко" таваница 30 cm, дрвена потконструкција летве 2x 5/3 cm / термоизолација 20 cm, гипскартонска плоча 1.25 cm</p> <p>—</p> <p>vinyl tile 0.2 cm, bitumenous screed (florbit) 5 cm, ribbed semi-prefabricated concrete slab Avramenko 30 cm, double wooden substructure 5/3 cm, thermal insulation 20cm, gypsum board 1.25 cm</p>
U (W/m²K)	0.37	0.37	0.34
Под на тлу — Ground floor	<p>Унутра Inside</p>  <p>Споља Outside</p> <p>НЕМА ИЗМЕНА — NO CHANGES</p>	<p>Унутра Inside</p>  <p>Споља Outside</p> <p>НЕМА ИЗМЕНА — NO CHANGES</p>	<p>Унутра Inside</p>  <p>Споља Outside</p> <p>винил плоче 0.2 cm, цементна кошуљица 4 cm, термоизолација 5 cm, флорбит 5 cm, хидроизолација 1 cm, бетонска плоча 10cm, шљунак 10 cm, набијена земља</p> <p>—</p> <p>vinyl tile 0.2 cm, cement screed 4 cm, thermal insulation 5 cm, thermal insulation 5 cm (florbit) hydro insulation 1 cm, concrete 10cm, gravel 10 cm, rammed earth</p>
U (W/m²K)	0.30	0.30	0.24
Прозори — Windows	<p>Споља Outside</p>  <p>Унутра Inside</p> <p>ПВЦ са двослојним нискоемисионим стакло пакетом</p> <p>—</p> <p>PVC, double glazed low-E glass unit, inert gas filling</p>	<p>Споља Outside</p>  <p>Унутра Inside</p> <p>ПВЦ са двослојним нискоемисионим стакло пакетом</p> <p>—</p> <p>PVC, double glazed low-E glass unit, inert gas filling</p>	<p>Споља Outside</p>  <p>Унутра Inside</p> <p>Композитни профил са трослојним нискоемисионим стакло пакетом испуњеним инертним гасом</p> <p>—</p> <p>Composite, triple glazed low-E glass unit, inert gas filling</p>
U (W/m²K)	1.40	1.40	0.80

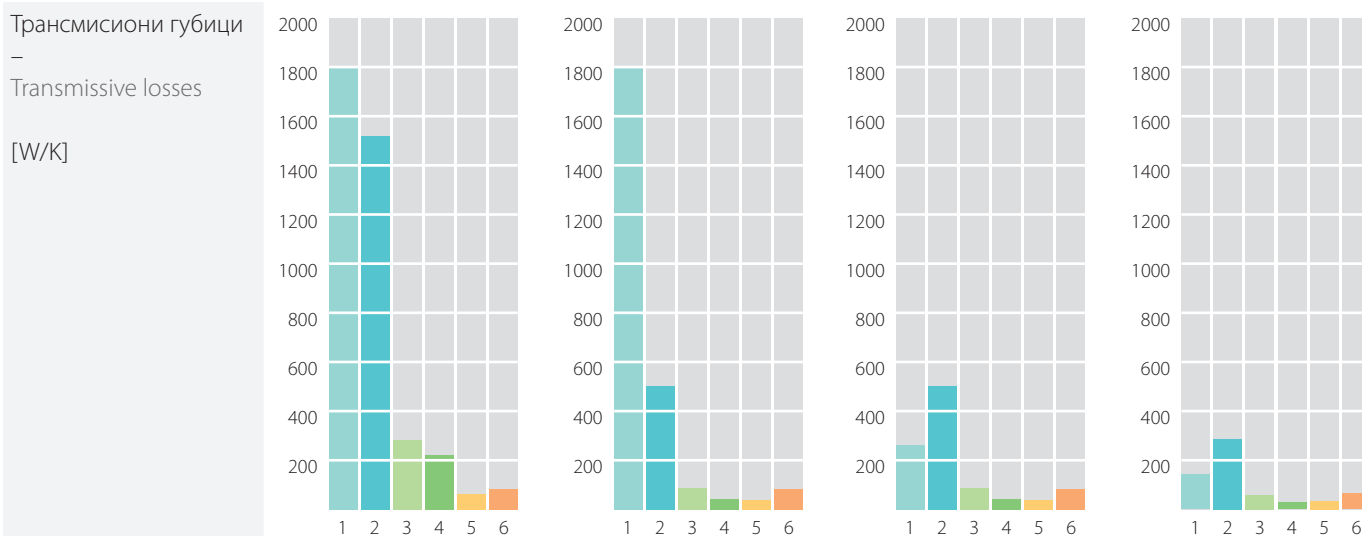
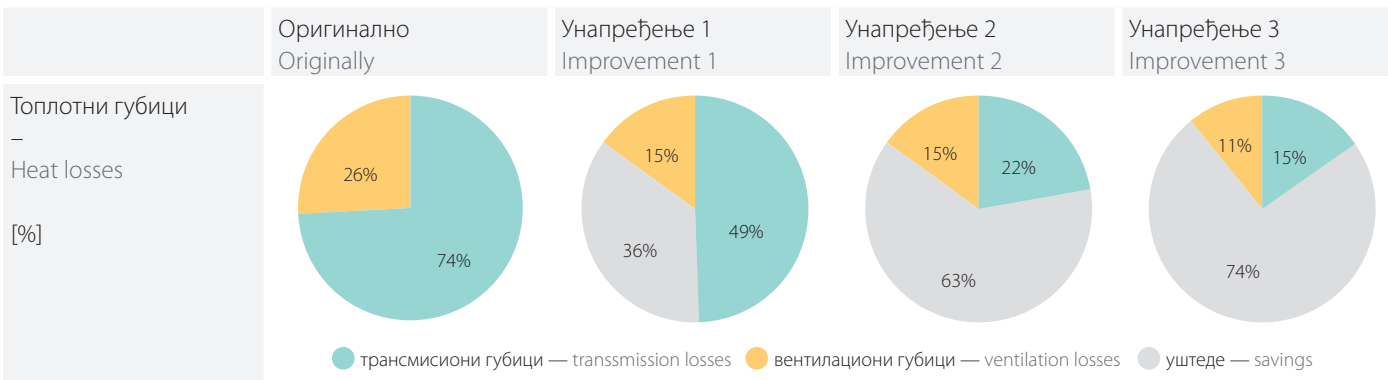
Систем грејања зграде – унапређења — Heating system – improvements

	Унапређење 1 Improvement 1	Унапређење 2 Improvement 2	Унапређење 3 Improvement 3
<p>Систем загревања просторија</p> <p>—</p> <p>Heating system</p>	 <p>Задржан је постојећи систем грејања простора, са смањењем температурског режима у односу на постојећи.</p> <p>—</p> <p>The existing central hydronic system is retained, with lower water temperature level comparing to the existing.</p>	 <p>Задржан је постојећи систем грејања простора, са смањењем температурског режима у односу на постојећи.</p> <p>—</p> <p>The existing central hydronic system is retained, with lower water temperature level comparing to the existing.</p>	 <p>Уградња компресорске топлотне пумпе ваздух/вода са хидромодулом.</p> <p>—</p> <p>Installation of air-source heat pump with hydromodule.</p>
<p>Ефикасност извора топлоте</p> <p>—</p> <p>Heat source efficiency</p>	 <p>0.92</p>	 <p>0.92</p>	 <p>3.0</p>
<p>Ефикасност система грејања</p> <p>—</p> <p>Heating system efficiency</p>	 <p>0.86</p>	 <p>0.86</p>	 <p>2.88</p>
<p>Припрема санитарне топле воде</p> <p>—</p> <p>Domestic hot water preparation</p>	 <p>Електрични акумулациони бојлери</p> <p>—</p> <p>Electric water heaters</p>	 <p>Нема измена</p> <p>—</p> <p>No changes</p>	 <p>Топлотна пумпа ваздух/вода</p> <p>—</p> <p>Air source heat pump</p>

Систем осветљења – унапређења — Lighting system – improvements

	Унапређење 1 Improvement 1	Унапређење 2 Improvement 2	Унапређење 3 Improvement 3
Унутрашња расвета — Interior lighting	 <p>Замења постојећег осветљења LED осветљењем. — Replacement of existing lighting with LED lighting.</p>	 <p>LED осветљење са могућношћу централизоване контроле укључености осветљења у појединим просторијама. — LED lighting with the possibility of centralized control of lighting activation in particular classrooms.</p>	 <p>Дисперзовани аутоматизовани систем осветљења који обухвата детекцију присуства људи и могућност прилагођења нивоа осветљења у зависности од доба дана и потреба људи у просторији. — Dispersed automated lighting system that includes the detection of people's presence and the ability to adjust the level of lighting depending on the time of day and the people's needs in the classrooms.</p>
Спољна расвета — Exterior lighting	 <p>Замења постојећег осветљења LED осветљењем. — Replacement of existing lighting with LED lighting.</p>	 <p>Подешавање времена укључивања осветљења у зависности од доба године. — Adjusting the lighting time depending on the time of the year.</p>	 <p>LED осветљење са аутоматском контролом осветљености и димовањем осветљења у зависности од доба дана. — LED lighting with automatic illumination control and lighting dimming depending on the part of the day.</p>
Релативна енергетска уштеда система осветљења [%] — Relative energy savings of lighting system [%]	 <p>61%</p>	 <p>65%</p>	 <p>67%</p>

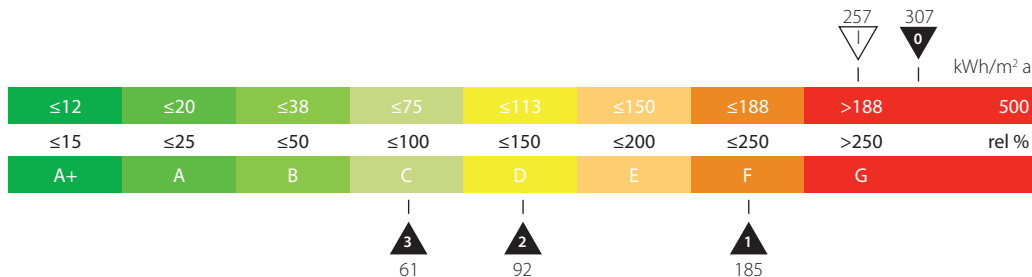
Унапређење термичког омотача – енергетски биланс — Thermal envelope improvement – energy balance



1- спољашњи зид, 2- прозори и врата, 3- раван кров, 4- кос кров, 5- међуспратна конструкција изнад негрејаног подрума, 6- под на тлу

1- external wall, 2- windows and doors, 3- flat roof, 4- pitched roof, 5- floor construction to unheated basement, 6- ground floor

Специфична годишња
потребна енергија за
грејање
–
Specific Heating Energy
demand per year
[kWh/m²a]

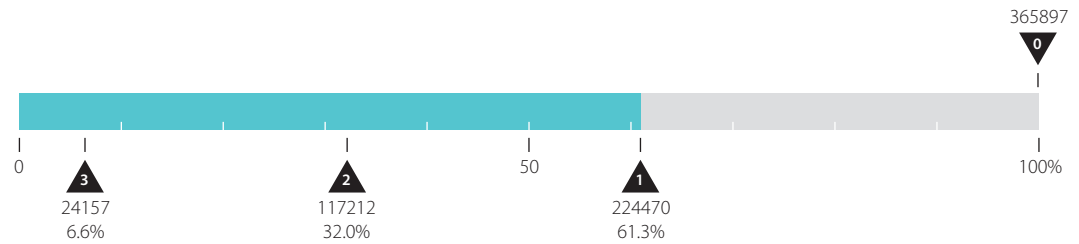


Унапређење термичког омотача и система грејања – енергетски биланс — Thermal envelope and heating systems improvement – energy balance

Финална енергија

Final energy

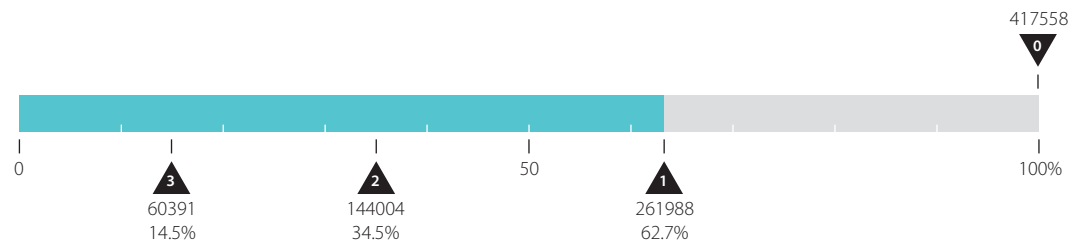
[kWh/a]



Примарна енергија

Primary energy

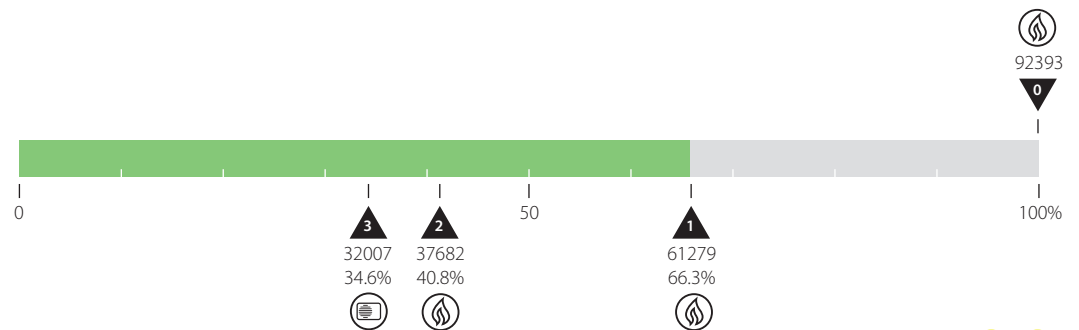
[kWh/a]



Емисија CO₂ након примене грађевинских и термотехничких мера

CO₂ emission after architectural and HVAC improvement

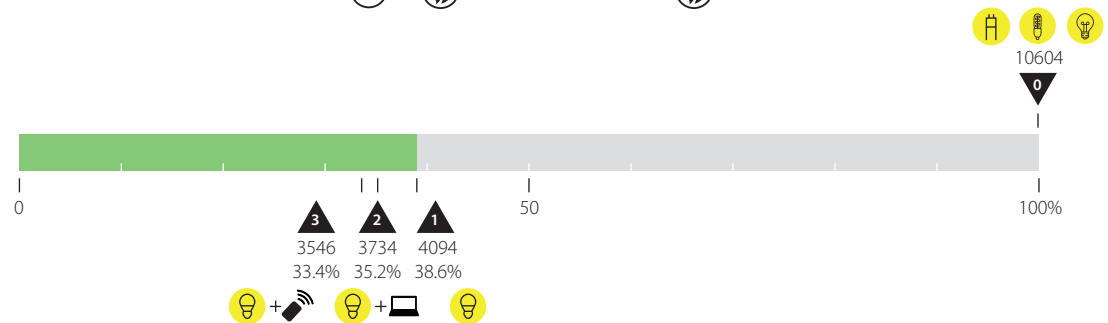
[kg/a]



Емисија CO₂ након унапређења система расвете

CO₂ emission after lighting improvement

[kg/a]



0 полазно стање starting condition

1 најчешће интервенције usual interventions

1 унапређење 1 improvement 1

2 унапређење 2 improvement 2

3 унапређење 3 improvement 3



Ц3а
С3а



Школска зграда површине веће од 2000 m²

Категорија	средња школа
Година изградње	1980.
Број етажа	Пр+1
Површина (m ²) бруто	3300
Површина (m ²) нето грејана	2765
Запремина (m ³) нето грејана	11575

Архитектонски склоп школских зграда овог типа резултат је примене стандардних пројектних решења карактеристичних за школске зграде 70-их година 20. века. Зграда има приземље и спрат: учионице и кабинети се нижу дуж централног ходника, а у приземљу се код улазног хола налазе зборница и административни блок. Кровови су коси двоводни.

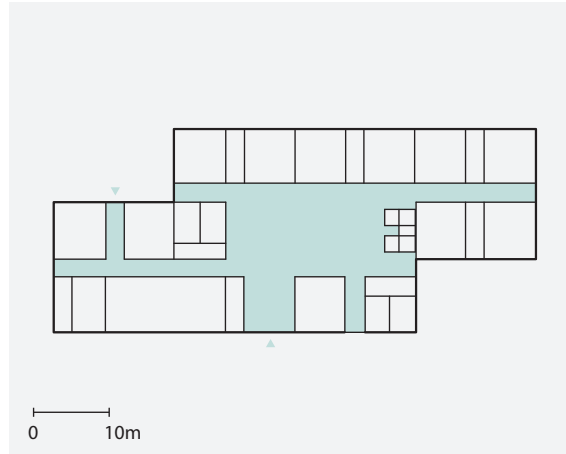
Отвори на учионицама су у виду прозорских трака које се простиру унутар конструктивних распона, са армиранобетонским стубовима видљивим на фасади, док је ходник осветљен појединачним отворима на бочним фасадама.

School building with area more than 2000 m²

Category	high school
Year of construction	1980
Number of floors	Gf+1
Area (m ²) Gross	3300
Area (m ²) Net heated	2765
Volume (m ³) Net heated	11575

The architectural layout of this type resulted from the application of the standard design guidelines for the 1970s school buildings. The building has two stories; classrooms and laboratories are laid out along the central corridor, while the staffroom and school administration offices are placed on the ground floor, next to the entrance hall. The roofs are double pitched.

The ribbon windows cover the entire structural spans, leaving the reinforced concrete columns visible on the facade, while the corridors are lit through single facade openings.



Школске зграде овог типа рађене су у армиранобетонском скелетном систему. Елементи скелетне конструкције, као и фасадни зидови од фуговане силикатне опеке са спољашње стране су немалтерисани, без термичке изолације. Конструкција косог крова је пуна армиранобетонска плоча, са 5cm термоизолације и бетонским црепом на дрвеној потконструкцији. Прозори су дрвени, двоструки, са спојеним крилима („крило на крило“) застакљени једноструким стаклом.

This type of school buildings was built in the reinforced concrete frame system with concrete floor slabs. The frame components as well as the facade walls are in 38cm silicone brick, without thermal insulation or plastering on the exterior. The roof structure is a pitched reinforced concrete slab, with 5cm of thermal insulation and concrete tiles on the wooden battens. Windows are wooden, connected double sashes with single pane glazing.

Енергетски разред објекта – пројектовано стање

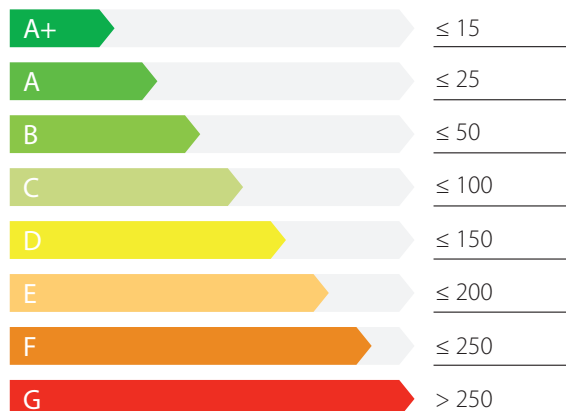
 $Q_{H,nd,rel} [\%]$

256

Energy class of building – as designed

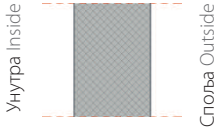
 $Q_{H,nd} [kWh/(m^2a)]$

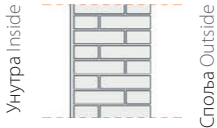
192

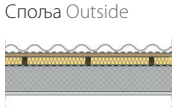


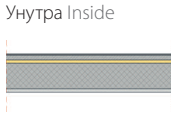
G

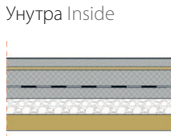
Склопови термичког омотача – постојеће стање — Elements of the thermal envelope – existing

Спољашњи зид 1 — External Wall 1	 <p>бетон 38 cm — concrete 38 cm</p>	<p>У (W/m²K)</p> <p>3.00</p>
--	---	---

Спољашњи зид 2 — External Wall 2	 <p>малтер 2 cm, силикатна опека 38 cm — plaster 2 cm, silicate brick wall 38 cm</p>	<p>У (W/m²K)</p> <p>1.75</p>
--	---	---

Кос кров — Pitched roof	 <p>Унутра Inside салонитка, тер папир, дашчана оплата 2.4 cm, летве 3/5 cm/ термоизолација 5 cm, тер папир, бетонска плоча 16 cm, малтер 2cm — fibre cement tile, roofing paper, planks 2.4 cm, battens 3/5 cm, thermal insulation 5 cm, roofing paper, concrete 16 cm, plaster 2 cm</p>	<p>У (W/m²K)</p> <p>0.66</p>
-------------------------------	--	---

Међуспратна конструкција изнад спољног простора — Floor structure to outside area	 <p>Споља Outside керамичке плочице 0.8 cm, цементна кошуљица 3 cm, звучна изолација 2 cm, бетонска плоча 16 cm, малтер 2 cm — ceramic tiles 0.8 cm, cement screed 3 cm, sound insulation 2 cm, concrete 16 cm, plaster 2 cm</p>	<p>У (W/m²K)</p> <p>1.24</p>
---	---	---

Под на тлу — Ground floor	 <p>Споља Outside виназ плоче 0.2 cm, цементна кошуљица 5 cm, термоизолација 2 cm, бетонска плоча 10 cm, хидроизолација, бетонска плоча 7cm, шљунак 10 cm, набијена земља — vinyl-asbestos tile 0.2 cm, cement screed 5cm, thermal insulation 2 cm, concrete 10cm, hydro insulation, concrete 7 cm, gravel 10 cm, rammed earth</p>	<p>У (W/m²K)</p> <p>0.30</p>
---------------------------------	---	---

Прозори — Windows	 <p>Споља Outside дрвени двоструки са спојеним крилима и једноструким стаклом — wooden, double frame, connected sash with single glazing</p>	<p>У (W/m²K)</p> <p>3.30</p>
-------------------------	---	---

Термотехнички системи и осветљење – постојеће стање — HVAC and lighting – existing

Систем грејања и припреме топле воде Heating and hot water system

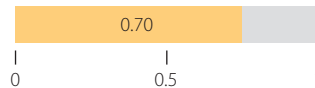
Систем загревања просторија
—
Heating system



Систем централног грејања са радијаторима као грејним телима и котлом на чврсто гориво (угаљ).

—
Central hydronic heating system, with radiators and coal fired boiler.

Степен корисности система грејања
—
Heating system efficiency



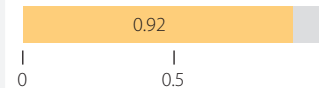
Систем припреме санитарне топле воде
—
Domestic hot water (DHW) preparation system



Потрошна топла вода се припрема у електричним бојлерима.

—
Domestic hot water is prepared using local electric water heaters.

Степен корисности припреме санитарне топле воде
—
DHW preparation efficiency



Систем осветљења Lighting system

Унутрашња расвета
—
Interior lighting



Мали део школе користи инкадесцентно осветљење док се у највећем делу користи флуо осветљење. Без аутоматске контроле осветљења.

—
A small part of the school uses incandescent lighting, while most of it uses fluorescent lighting. No automatic light control.

Спољна расвета
—
Outdoor lighting



Живине сијалице.
—
Mercury vapor bulbs.

Слични објекти – представници типа — Similar buildings – type representatives



Највеће школске зграде из 70-их и 80-их година 20. века прате пројектантску логику уобичајену за образовне објекте тог периода, али због већег броја учионица и кабинета показују нешто веће варијације архитектонског склопа. Ове школе могу имати већи број трактова повезаних топлом везом или груписаних око централног хола.

На већини зграда кровови су били равни, али су с временом прерађени у косе како би се решио проблем прокишњавања.

Прозори формирају прозорске траке где конструктивни склоп то омогућава, а појављују се и појединачни отвори великих димензија.

The largest schools from the 1970s and the 1980s follow the design guidelines typical of the educational buildings of the period, but they show more variations in architecture owing to a great number of classrooms. These schools may have more wings that are interconnected or grouped around the central hall.

Most of the buildings were originally constructed with flat roofs that were in time converted into pitched roofs in order to manage frequent leakages.

Wherever the primary load bearing structure would allow it, ribbon windows or continuous wide single openings were applied.

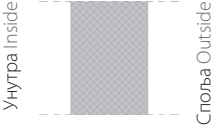
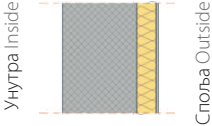
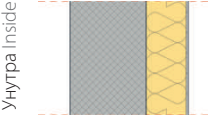

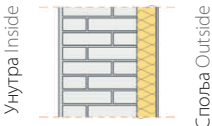
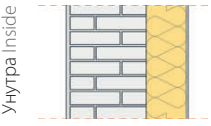
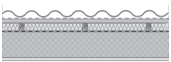

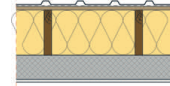
Затечено стање — Existing state

Претходна унапређења — Previous improvements	Уградња нових прозора од ПВЦ профила са двослојним изолационим стакло-пакетом. — Installation of new, double-glazed PVC windows.
---	--


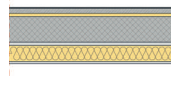
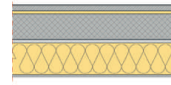
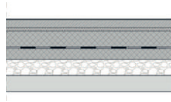
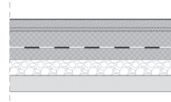
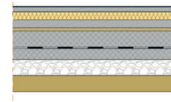
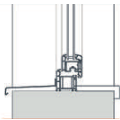

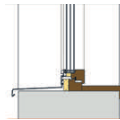
Опис унапређења — Improvement measures description

Унапређење 1 — Improvement 1	Уградња нових прозора и улазних врата од ПВЦ профила са двослојним изолационим нискоемисионим стакло-пакетом (добра заптивеност). — Installation of new PVC windows and entrance doors with double-glazed low-emissivity glass unit (good air-tightness).
Унапређење 2 — Improvement 2	Изоловање фасадних зидова контактном термоизолационом фасадом. Изоловање косог крова уз потпуну реконструкцију слојева са спољашње стране. Изоловање међуспратне конструкције изнад отвореног простора. Уградња нових прозора и улазних врата од ПВЦ профила са двослојним изолационим нискоемисионим стакло-пакетом (добра заптивеност). — Insulation of façade walls with a contact façade system. Exterior insulation of pitched roof structure with total layer reconstruction. Insulation of floor structure to outside area. Installation of new PVC windows and entrance doors with double-glazed low-emissivity glass unit (good air-tightness).
Унапређење 3 — Improvement 3	Изоловање фасадних зидова контактном термоизолационом фасадом. Изоловање косог крова уз потпуну реконструкцију слојева са спољашње стране. Изоловање међуспратне конструкције изнад отвореног простора. Изоловање пода на тлу уз делимичну реконструкцију слојева. Уградња нових прозора и улазних врата од композитних профила са трослојним изолационим нискоемисионим стакло-пакетом (добра заптивеност). — Insulation of façade walls with a contact façade system. Exterior insulation of pitched roof structure with total layer reconstruction. Insulation of floor structure to outside area. Insulation of ground floor, with partial layer reconstruction. Installation of new composite windows and entrance doors with triple-glazed low-emissivity glass unit (good air-tightness).


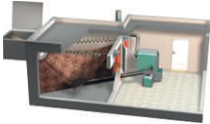



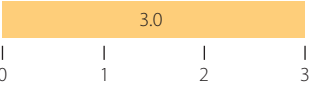
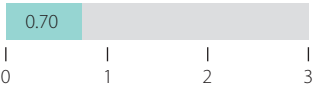
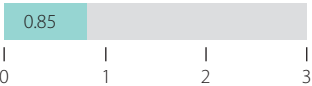
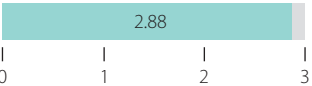



Склопови термичког омотача – унапређења — Elements of the thermal envelope – improvements

	Унапређење 1 Improvement 1	Унапређење 2 Improvement 2	Унапређење 3 Improvement 3
<p>Спољашњи зид 1</p> <p>—</p> <p>External wall 1</p>	<p>Унутра Inside</p>  <p>Споља Outside</p> <p>НЕМА ИЗМЕНА</p> <p>—</p> <p>NO CHANGES</p>	<p>Унутра Inside</p>  <p>Споља Outside</p> <p>бетон 38 см, термоизолација 10 см, малтер 1 см</p> <p>—</p> <p>concrete 38 cm, thermal insulation 10 cm, plaster 1 cm</p>	<p>Унутра Inside</p>  <p>Споља Outside</p> <p>бетон 38 см, термоизолација 20 см, малтер 1 см</p> <p>—</p> <p>concrete 38 cm, thermal insulation 20 cm, plaster 1 cm</p>
U (W/m ² K)	3.00	0.33	0.17
<p>Спољашњи зид 2</p> <p>—</p> <p>External wall 2</p>	<p>Унутра Inside</p>  <p>Споља Outside</p> <p>НЕМА ИЗМЕНА</p> <p>—</p> <p>NO CHANGES</p>	<p>Унутра Inside</p>  <p>Споља Outside</p> <p>малтер 2 см, силикатна опека 38 см, термоизолација 10 см, малтер 1 см</p> <p>—</p> <p>plaster 2 cm, silicate brick wall 38 cm, thermal insulation 10 cm, plaster 1 cm</p>	<p>Унутра Inside</p>  <p>Споља Outside</p> <p>малтер 2 см, силикатна опека 38 см, термоизолација 20 см, малтер 1 см</p> <p>—</p> <p>plaster 2 cm, silicate brick wall 38 cm, thermal insulation 20 cm, plaster 1 cm</p>
U (W/m ² K)	1.75	0.30	0.17
<p>Кос кров</p> <p>—</p> <p>Pitched roof</p>	<p>Споља Outside</p>  <p>Унутра Inside</p> <p>НЕМА ИЗМЕНА</p> <p>—</p> <p>NO CHANGES</p>	<p>Споља Outside</p>  <p>Унутра Inside</p> <p>трапезасти лим, тер папир, дашчана оплата 2.4 см, дистанцери 5/20 см/ термоизолација 20 см, бетонска плоча 16см, малтер 2 см</p> <p>—</p> <p>metal roofing sheet, roofing paper, planks 2.4 cm, wooden substructure 5/20, thermal insulation 20 cm, concrete 16 cm, plaster 2 cm</p>	<p>Споља Outside</p>  <p>Унутра Inside</p> <p>трапезасти лим, тер папир, дашчана оплата 2.4 см, дистанцери 5/30 см/ термоизолација 30 см, бетонска плоча 16 см, малтер 2 см</p> <p>—</p> <p>metal roofing sheet, roofing paper, planks 2.4 cm, wooden substructure 5/30, thermal insulation 30 cm, concrete 16 cm, plaster 2 cm</p>
U (W/m ² K)	0.66	0.19	0.13







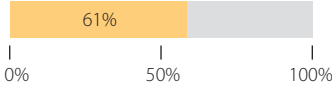
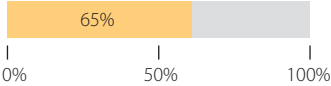
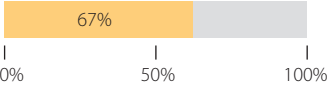
Склопови термичког омотача – унапређења — Elements of the thermal envelope – improvements

	Унапређење 1 Improvement 1	Унапређење 2 Improvement 2	Унапређење 3 Improvement 3
<p>Међуспратна конструкција изнад спољног простора</p> <p>—</p> <p>Floor structure to outside area</p>	<p>Унутра Inside</p>  <p>Споља Outside НЕМА ИЗМЕНА — NO CHANGES</p>	<p>Унутра Inside</p>  <p>Споља Outside керамичке плочице 0.8 cm, цементна кошуљица 3 cm, звучна изолација 2 cm, бетонска плоча 16 cm, малтер 2 cm, термоизолација 10 cm, малтер 1 cm</p> <p>—</p> <p>ceramic tiles 0.8 cm, cement screed 3 cm, sound insulation 2 cm, concrete 16 cm, plaster 2 cm, thermal insulation 10 cm, plaster 1 cm</p>	<p>Унутра Inside</p>  <p>Споља Outside керамичке плочице 0.8 cm, цементна кошуљица 3 cm, звучна изолација 2 cm, бетонска плоча 16 cm, малтер 2 cm, термоизолација 20 cm, малтер 1 cm</p> <p>—</p> <p>ceramic tiles 0.8 cm, cement screed 3 cm, sound insulation 2 cm, concrete 16 cm, plaster 2 cm, thermal insulation 20 cm, plaster 1 cm</p>
U (W/m ² K)	1.24	0.28	0.16
<p>Под на тлу</p> <p>—</p> <p>Ground floor</p>	<p>Унутра Inside</p>  <p>Споља Outside НЕМА ИЗМЕНА — NO CHANGES</p>	<p>Унутра Inside</p>  <p>Споља Outside НЕМА ИЗМЕНА — NO CHANGES</p>	<p>Унутра Inside</p>  <p>Споља Outside винил плоче 0.2 cm, цементна кошуљица 3 cm, термоизолација 5 cm, цементна кошуљица 5 cm, термоизолација 2 cm, бетонска плоча 10 cm, хидроизолација, бетонска плоча 7 cm, шљунак 10 cm, набијена земља</p> <p>—</p> <p>vinyl tile 0.2 cm, cement screed 3 cm, thermal insulation 5 cm, cement screed 5 cm, thermal insulation 2 cm, concrete 10 cm, hydro insulation, concrete 7 cm, gravel 10 cm, rammed earth</p>
U (W/m ² K)	0.30	0.30	0.19
<p>Прозори</p> <p>—</p> <p>Windows</p>	<p>Споља Outside</p>  <p>Унутра Inside</p> <p>ПВЦ са двослојним нискоемисионим стакло пакетом</p> <p>—</p> <p>PVC, double glazed low-E glass unit, inert gas filling</p>	<p>Споља Outside</p>  <p>Унутра Inside</p> <p>ПВЦ са двослојним нискоемисионим стакло пакетом</p> <p>—</p> <p>PVC, double glazed low-E glass unit, inert gas filling</p>	<p>Споља Outside</p>  <p>Унутра Inside</p> <p>Композитни профил са трослојним нискоемисионим стакло пакетом испуњеним инертним гасом</p> <p>—</p> <p>Composite, triple glazed low-E glass unit, inert gas filling</p>
U (W/m ² K)	1.40	1.40	0.80

Систем грејања зграде – унапређења — Heating system – improvements

	Унапређење 1 Improvement 1	Унапређење 2 Improvement 2	Унапређење 3 Improvement 3
<p>Систем загревања просторија</p> <p>—</p> <p>Heating system</p>	 <p>Задржан је постојећи систем грејања простора, са смањењем температурског режима у односу на постојећи.</p> <p>—</p> <p>The existing central hydronic system is retained, with lower water temperature level comparing to the existing.</p>	 <p>Задржан је исти систем грејања, уз уградњу новог котла на чврсто гориво који користи дрвну биомасу (сечку).</p> <p>—</p> <p>The same heating system is retained, with installation of new boiler that uses biomass (wood chips) as the energy source.</p>	 <p>Уградња компресорске топлотне пумпе ваздух/вода са хидромодулом.</p> <p>—</p> <p>Installation of air-source heat pump with hydromodule.</p>
<p>Ефикасност извора топлоте</p> <p>—</p> <p>Heat source efficiency</p>	 <p>0.75</p>	 <p>0.91</p>	 <p>3.0</p>
<p>Ефикасност система грејања</p> <p>—</p> <p>Heating system efficiency</p>	 <p>0.70</p>	 <p>0.85</p>	 <p>2.88</p>
<p>Припрема санитарне топле воде</p> <p>—</p> <p>Domestic hot water preparation</p>	 <p>Електрични акумулациони бојлери</p> <p>—</p> <p>Electric water heaters</p>	 <p>Електрични акумулациони бојлери</p> <p>—</p> <p>Electric water heaters</p>	 <p>Топлотна пумпа ваздух/вода</p> <p>—</p> <p>Air source heat pump</p>

Систем осветљења – унапређења — Lighting system – improvements

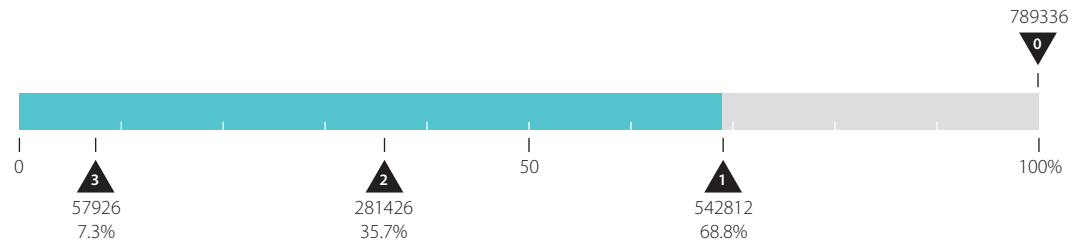
	Унапређење 1 Improvement 1	Унапређење 2 Improvement 2	Унапређење 3 Improvement 3
Унутрашња расвета — Interior lighting	 <p>Замења постојећег осветљења LED осветљењем. — Replacement of existing lighting with LED lighting.</p>	 <p>LED осветљење са могућношћу централизоване контроле укључености осветљења у појединим просторијама. — LED lighting with the possibility of centralized control of lighting activation in particular classrooms.</p>	 <p>Дисперзовани аутоматизовани систем осветљења који обухвата детекцију присуства људи и могућност прилагођења нивоа осветљења у зависности од доба дана и потреба људи у просторији. — Dispersed automated lighting system that includes the detection of people's presence and the ability to adjust the level of lighting depending on the time of day and the people's needs in the classrooms.</p>
Спољна расвета — Exterior lighting	 <p>Замења постојећег осветљења LED осветљењем. — Replacement of existing lighting with LED lighting.</p>	 <p>Подешавање времена укључивања осветљења у зависности од доба године. — Adjusting the lighting time depending on the time of the year.</p>	 <p>LED осветљење са аутоматском контролом осветљености и димовањем осветљења у зависности од доба дана. — LED lighting with automatic illumination control and lighting dimming depending on the part of the day.</p>
Релативна енергетска уштеда система осветљења [%] — Relative energy savings of lighting system [%]	 <p>61%</p>	 <p>65%</p>	 <p>67%</p>

Унапређење термичког омотача и система грејања – енергетски биланс — Thermal envelope and heating systems improvement – energy balance

Финална енергија

Final energy

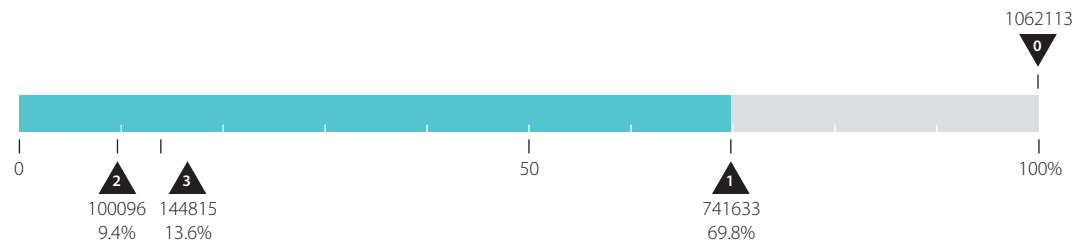
[kWh/a]



Примарна енергија

Primary energy

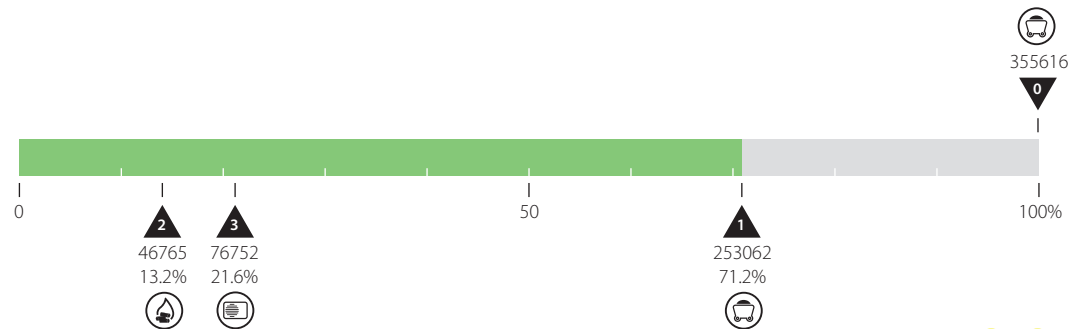
[kWh/a]



Емисија CO₂ након примене грађевинских и термотехничких мера

CO₂ emission after architectural and HVAC improvement

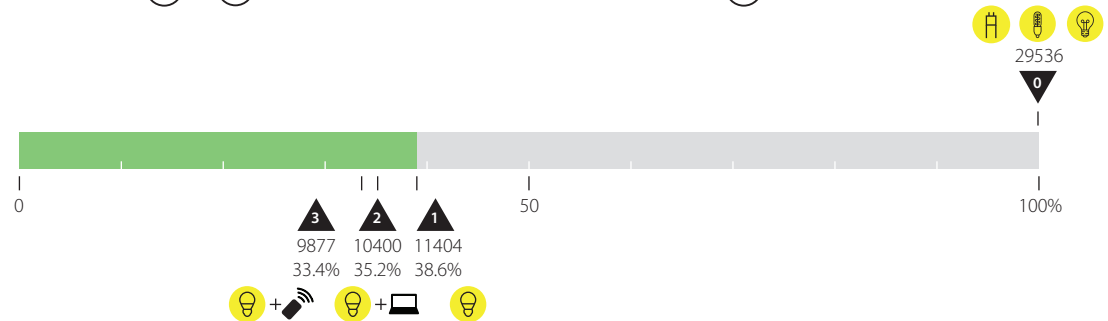
[kg/a]



Емисија CO₂ након унапређења система расвете

CO₂ emission after lighting improvement

[kg/a]



0 полазно стање starting condition

1 најчешће интервенције usual interventions

1 унапређење 1 improvement 1

2 унапређење 2 improvement 2

3 унапређење 3 improvement 3



Ц36
С3b



Школска зграда површине веће од 2000 m²

Категорија	основна школа
Година изградње	1973
Број етажа	П+2
Површина (m ²) бруто	4400
Површина (m ²) нето грејана	3765
Запремина (m ³) нето грејана	13770

Школска зграда организована по принципу двотракта, са централним вишетажним холем у склопу зграде, садржи велики број учионица и кабинета са пратећим садржајима и функционалним групама. Објекат се састоји од три кубична волумена: бочних крила спратности П+1, П+2 и централног дела спратности П+3.

Фасада је сведене геометрије, материјализована у натур бетону. Отвори на учионицама су у виду континуалних прозорских трака, док је ходник осветљен појединачним отворима на бочним фасадама.

Кровови су равни, непроходни.

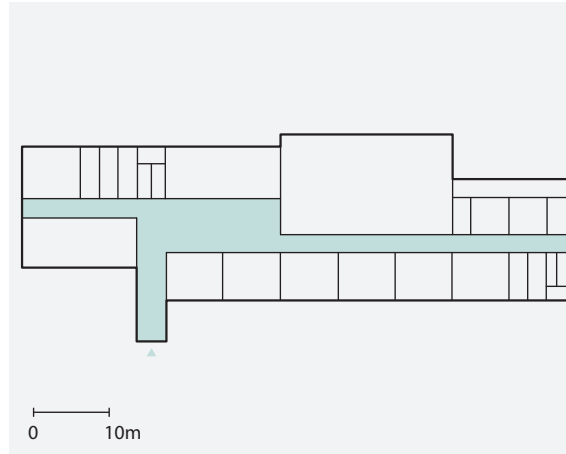
School building with area more than 2000 m²

Category	elementary school
Year of construction	1973
Number of floors	Gf+2
Area (m ²) Gross	4400
Area (m ²) Net heated	3765
Volume (m ³) Net heated	13770

The school building, designed as a three-bay structure with the central multi-story hall, contains a large number of classrooms and laboratories, with all complementary spaces and functional groups. The structure consists of three prismatic volumes: the lower side wings and the main volume four stories high.

The facade is simple in geometry, emphasizing the use of béton brut. The classroom facade openings are in the form of continuous ribbon windows while the corridors are lit through the single windows on the side facades.

All roofs are flat.



Конструкција је армиранобетонска, са масивним носећим зидовима. Бочни носећи зидови су изоловани са унутрашње стране термоизолацијом дебљине 10cm, док су парапетне испуне од армираног бетона дебљине 20cm без термичке изолације. У склопу равних кровова и подова на тлу постоји термоизолација али ниједан елемент термичког омотача не одговара актуелним стандардима.

Прозори су алуминијумски, без термо прекида, застакљени двоструким стаклом.

The entire load bearing structure is in reinforced concrete, with massive walls and ribbed floor slabs. Side bearing walls have 10cm of thermal insulation on the interior side, whereas parapet infills are uninsulated 20cm reinforced concrete walls. Flat roofs and floors on the ground contain a thermal insulation layer which doesn't comply with the current standards.

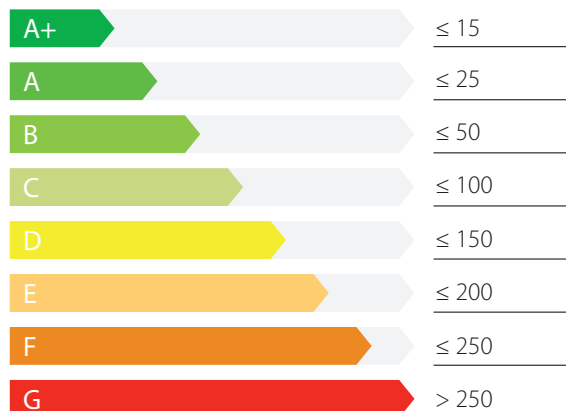
Windows are uninsulated aluminium frames, single sashed with double glazing.

Енергетски разред објекта – пројектовано стање

$Q_{H,nd,rel}$ [%]
308

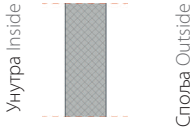
Energy class of building – as designed

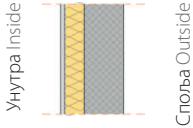
$Q_{H,nd}$ [kWh/(m²a)]
231

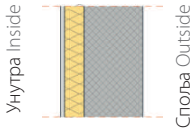


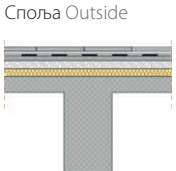
G

Склопови термичког омотача – постојеће стање — Elements of the thermal envelope – existing

Спољашњи зид 1 — External Wall 1	
	бетон 20 cm — concrete 20 cm
U (W/m ² K)	3.91

Спољашњи зид 2 — External Wall 2	
	малтер 2 cm, термоизолација 10 cm, бетон 20 cm — plaster 2 cm, thermal insulation 10 cm, concrete 20 cm
U (W/m ² K)	0.78

Спољашњи зид 3 — External Wall 3	
	малтер 2 cm, термоизолација 10 cm, бетон 30 cm — plaster 2 cm, thermal insulation 10 cm, concrete 30 cm
U (W/m ² K)	0.75

Раван кров — Flat roof	
	терацо плоче 2.5 cm, малтер 2 cm, хидроизолација 1 cm, цементна кошуљица 3 cm, бетон за пад мин. 5 cm, термоизолација 5 cm, ребраста армирано бетонска конструкција 60 cm (плоча 10cm) — terazzo tile 2.5 cm, plaster 2 cm, hydro insulation 1 cm, cement screed 3 cm, lightweight concrete to fall min. 5 cm, thermal insulation 5 cm, ribbed concrete structure 60 cm (slab 10 cm)
U (W/m ² K)	1.06

Под на тлу — Ground floor	
	виназ плоче 0.2 cm, цементна кошуљица 3 cm, термоизолација 2.5 cm, бетонска плоча 5 cm, хидроизолација 1 cm, бетонска плоча 10 cm, шљунак 10 cm, набијена земља — vinyl-asbestos tile 0.2 cm, cement screed 3 cm, thermal insulation 2.5 cm, concrete 5 cm, hydro insulation 1 cm, concrete 10 cm, gravel 10 cm, rammed earth
U (W/m ² K)	0.30

Прозори — Windows	
	алуминијумски без термичког прекида застакљени двослојним стаклом — aluminium single frame (cold profile), with double glazing
U (W/m ² K)	4.50

Термотехнички системи и осветљење – постојеће стање — HVAC and lighting – existing

Систем грејања и припреме топле воде Heating and hot water system

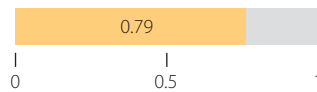
Систем загревања просторија
—
Heating system



Систем централног грејања са радијаторима као грејним телима и котлом који користи лако уље за ложење.

—
Central hydronic heating system with radiators and boiler, using light heating oil as the energy source.

Степен корисности система грејања
—
Heating system efficiency



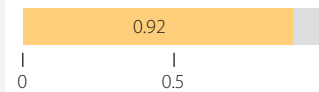
Систем припреме санитарне топле воде
—
Domestic hot water (DHW) preparation system



Потрошна топла вода се припрема у електричним бојлерима.

—
Domestic hot water is prepared using local electric water heaters.

Степен корисности припреме санитарне топле воде
—
DHW preparation efficiency



Систем осветљења Lighting system

Унутрашња расвета
—
Interior lighting



У школи се користи флуо осветљење. Без аутоматске контроле осветљења.

—
The school uses fluorescent lighting. No automatic light control.

Спољна расвета
—
Outdoor lighting



Живине сијалице.

—
Mercury vapor bulbs.

Слични објекти – представници типа — Similar buildings – type representatives



Школске зграде овог типа, у појединим случајевима, пројектоване су са фасадама материјализованим у натур бетону, фасадној опеци или комбинацији ова два материјала па формирају специфичан архитектонски израз који захтева нешто другачији третман приликом енергетске рехабилитације. Преовлађују двоспратни објекти, али и зграде са једним или три спрата.

На зградама из 70-их година преовлађују прозорске траке и равни или плитки коси кровови, док су током 80-их чести појединачни отвори већих димензија и коси кровови покривени црепом.

Some of the school buildings of this type were designed with facades in *béton brut*, facing bricks or a combination of these materials, in a way that the resulting architecture requires a different approach when reaching for energy efficiency upgrades. Three-story buildings prevail, but two- or four-story structures occur as well.

Window ribbons and flat or shallow pitched roofs are typical of the buildings from the 1970s, while those from the 1980s may have large single openings and pitched roofs with tiling.

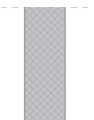
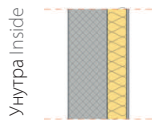

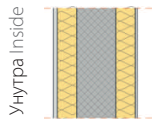
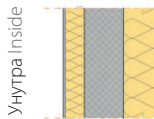
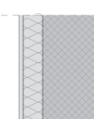


Затечено стање — Existing state

Претходна унапређења — Previous improvements	Уградња нових прозора од ПВЦ профила са двослојним изолационим стакло-пакетом. — Installation of new, double-glazed PVC windows.
---	--

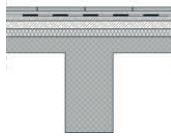
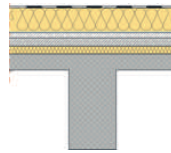
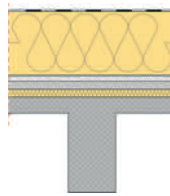
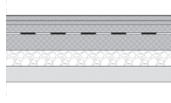
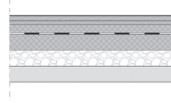
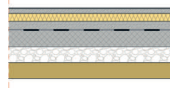
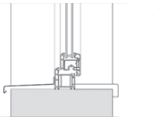
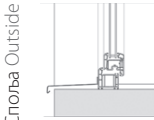
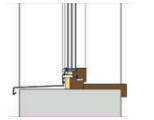
Опис унапређења — Improvement measures description

Унапређење 1 — Improvement 1	Уградња нових прозора и улазних врата од ПВЦ профила са двослојним изолационим нискоемисионим стакло-пакетом (добра заптивеност). — Installation of new PVC windows and entrance doors with double-glazed low-emissivity glass unit (good air-tightness).
Унапређење 2 — Improvement 2	Изоловање фасадних зидова контактном термоизолационом фасадом. Изоловање равног крова уз делимичну реконструкцију слојева. Уградња нових прозора и улазних врата од ПВЦ профила са двослојним изолационим нискоемисионим стакло-пакетом (добра заптивеност). — Insulation of façade walls with a contact façade system. Insulation of flat roof structure with partial layer reconstruction. Installation of new PVC windows and entrance doors with double-glazed low-emissivity glass unit (good air-tightness).
Унапређење 3 — Improvement 3	Изоловање фасадних зидова контактном термоизолационом фасадом. Изоловање равног крова уз делимичну реконструкцију слојева. Изоловање пода на тлу уз делимичну реконструкцију слојева. Уградња нових прозора и улазних врата од композитних профила са трослојним изолационим нискоемисионим стакло-пакетом (добра заптивеност). — Insulation of façade walls with a contact façade system. Insulation of flat roof structure with partial layer reconstruction. Insulation of ground floor, with partial layer reconstruction. Installation of new composite windows and entrance doors with triple-glazed low-emissivity glass unit (good air-tightness).


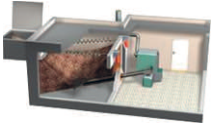

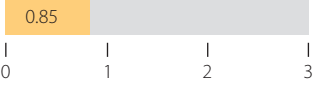
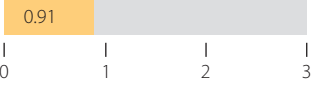
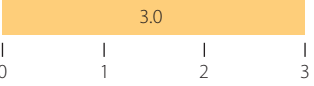


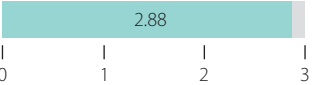



Склопови термичког омотача – унапређења — Elements of the thermal envelope – improvements

	Унапређење 1 Improvement 1	Унапређење 2 Improvement 2	Унапређење 3 Improvement 3
<p>Спољашњи зид 1 — External wall 1</p>	<p>Унутра Inside</p>  <p>Споља Outside</p>	<p>Унутра Inside</p>  <p>Споља Outside</p>	<p>Унутра Inside</p>  <p>Споља Outside</p>
	<p>НЕМА ИЗМЕНА — NO CHANGES</p>	<p>бетон 20 см, термоизолација 10 см, малтер 1 см — concrete 20 cm, thermal insulation 10 cm, plaster 1 cm</p>	<p>бетон 20 см, термоизолација 20 см, малтер 1 см — concrete 20 cm, thermal insulation 20 cm, plaster 1 cm</p>
U (W/m ² K)	3.91	0.34	0.18
<p>Спољашњи зид 2 — External wall 2</p>	<p>Унутра Inside</p>  <p>Споља Outside</p>	<p>Унутра Inside</p>  <p>Споља Outside</p>	<p>Унутра Inside</p>  <p>Споља Outside</p>
	<p>НЕМА ИЗМЕНА — NO CHANGES</p>	<p>малтер 2 см, термоизолација 10 см, бетон 20 см, термоизолација 10 см, малтер 1 см — plaster 2 cm, thermal insulation 10 cm, concrete 20 cm, thermal insulation 10 cm, plaster 1 cm</p>	<p>малтер 2 см, термоизолација 10 см, бетон 20 см, термоизолација 20 см, малтер 1 см — plaster 2 cm, thermal insulation 10 cm, concrete 20 cm, thermal insulation 20 cm, plaster 1 cm</p>
U (W/m ² K)	0.78	0.25	0.15
<p>Спољашњи зид 3 — External wall 3</p>	<p>Унутра Inside</p>  <p>Споља Outside</p>	<p>Унутра Inside</p>  <p>Споља Outside</p>	<p>Унутра Inside</p>  <p>Споља Outside</p>
	<p>НЕМА ИЗМЕНА — NO CHANGES</p>	<p>малтер 2 см, термоизолација 10 см, бетон 30 см, термоизолација 10 см, малтер 1 см — plaster 2 cm, thermal insulation 10 cm, concrete 30 cm, thermal insulation 10 cm, plaster 1 cm</p>	<p>малтер 2 см, термоизолација 10 см, бетон 30 см, термоизолација 20 см, малтер 1 см — plaster 2 cm, thermal insulation 10 cm, concrete 30 cm, thermal insulation 20 cm, plaster 1 cm</p>
U (W/m ² K)	0.75	0.25	0.15







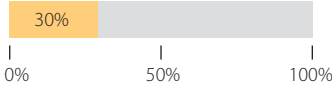

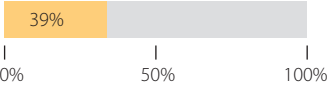
Склопови термичког омотача – унапређења — Elements of the thermal envelope – improvements

	Унапређење 1 Improvement 1	Унапређење 2 Improvement 2	Унапређење 3 Improvement 3
<p>Раван кров</p> <p>—</p> <p>Flat roof</p>	<p>Споља Outside</p>  <p>Унутра Inside</p> <p>НЕМА ИЗМЕНА</p> <p>—</p> <p>NO CHANGES</p>	<p>Споља Outside</p>  <p>Унутра Inside</p> <p>хидроизолациона мембрана, термоизолација 20 см, ПЕ фолија, цементна кошуљица 3 см, бетон за пад мин. 5 см, термоизолација 5 см, ребраста армирано бетонска конструкција 60 см (плоча 10см)</p> <p>—</p> <p>waterproof membrane, thermal insulation 20 cm, PE foil, cement screed 3 cm, lightweight concrete to fall min. 5 cm, thermal insulation 5 cm, ribbed concrete structure 60 cm (slab 10 cm)</p>	<p>Споља Outside</p>  <p>Унутра Inside</p> <p>хидроизолациона мембрана, термоизолација 40 см, ПЕ фолија, цементна кошуљица 3 см, бетон за пад мин. 5 см, термоизолација 5 см, ребраста армирано бетонска конструкција 60см (плоча 10 см)</p> <p>—</p> <p>waterproof membrane, thermal insulation 40 cm, PE foil, cement screed 3 cm, lightweight concrete to fall min. 5 cm, thermal insulation 5 cm, ribbed concrete structure 60 cm (slab 10 cm)</p>
<p>U (W/m²K)</p>	1.06	0.16	0.09
<p>Под на тлу</p> <p>—</p> <p>Ground floor</p>	<p>Споља Outside</p>  <p>Унутра Inside</p> <p>НЕМА ИЗМЕНА</p> <p>—</p> <p>NO CHANGES</p>	<p>Споља Outside</p>  <p>Унутра Inside</p> <p>НЕМА ИЗМЕНА</p> <p>—</p> <p>NO CHANGES</p>	<p>Споља Outside</p>  <p>Унутра Inside</p> <p>винил плоче 0.2 см, цементна кошуљица 3см, термоизолација 5 см, бетонска плоча 5 см, хидроизолација 1 см, бетонска плоча 10 см, шљунак 10 см, набијена земља</p> <p>—</p> <p>vinyl tile 0.2 cm, cement screed 3cm, thermal insulation 5cm, concrete 5 cm, hydro insulation 1 cm, concrete 10 cm, gravel 10 cm, rammed earth</p>
<p>U (W/m²K)</p>	0.30	0.30	0.19
<p>Прозори</p> <p>—</p> <p>Windows</p>	<p>Споља Outside</p>  <p>Унутра Inside</p> <p>ПВЦ са двослојним нискоемисионим стакло пакетом</p> <p>—</p> <p>PVC, double glazed low-E glass unit, inert gas filling</p>	<p>Споља Outside</p>  <p>Унутра Inside</p> <p>ПВЦ са двослојним нискоемисионим стакло пакетом</p> <p>—</p> <p>PVC, double glazed low-E glass unit, inert gas filling</p>	<p>Споља Outside</p>  <p>Унутра Inside</p> <p>Композитни профил са трослојним нискоемисионим стакло пакетом испуњеним инертним гасом</p> <p>—</p> <p>Composite, triple glazed low-E glass unit, inert gas filling</p>
<p>U (W/m²K)</p>	1.40	1.40	0.80

Систем грејања зграде – унапређења — Heating system – improvements

	Унапређење 1 Improvement 1	Унапређење 2 Improvement 2	Унапређење 3 Improvement 3
<p>Систем загревања просторија</p> <p>—</p> <p>Heating system</p>	 <p>Задржан је постојећи систем грејања простора: централно грејање с котлом на течном гориву.</p> <p>—</p> <p>The existing heating system is retained: central hydronic system with oil fired boiler.</p>	 <p>Задржан је исти систем грејања, уз уградњу новог котла на чврсто гориво који користи дрвну биомасу (сечку).</p> <p>—</p> <p>The same heating system is retained, with installation of new boiler that uses biomass (wood chips) as the energy source.</p>	 <p>Уградња компресорске топлотне пумпе ваздух/вода са хидромодулом.</p> <p>—</p> <p>Installation of air-source heat pump with hydromodule.</p>
<p>Ефикасност извора топлоте</p> <p>—</p> <p>Heat source efficiency</p>	 <p>0.85</p>	 <p>0.91</p>	 <p>3.0</p>
<p>Ефикасност система грејања</p> <p>—</p> <p>Heating system efficiency</p>	 <p>0.79</p>	 <p>0.85</p>	 <p>2.88</p>
<p>Припрема санитарне топле воде</p> <p>—</p> <p>Domestic hot water preparation</p>	 <p>Електрични акумулациони бојлери</p> <p>—</p> <p>Electric water heaters</p>	 <p>Електрични акумулациони бојлери</p> <p>—</p> <p>Electric water heaters</p>	 <p>Топлотна пумпа ваздух/вода</p> <p>—</p> <p>Air source heat pump</p>

Систем осветљења – унапређења — Lighting system – improvements

	Унапређење 1 Improvement 1	Унапређење 2 Improvement 2	Унапређење 3 Improvement 3
Унутрашња расвета — Interior lighting	 <p>Замења постојећег осветљења LED осветљењем. — Replacement of existing lighting with LED lighting.</p>	 <p>LED осветљење са могућношћу централизоване контроле укључености осветљења у појединим просторијама. — LED lighting with the possibility of centralized control of lighting activation in particular classrooms.</p>	 <p>Дисперзовани аутоматизовани систем осветљења који обухвата детекцију присуства људи и могућност прилагођења нивоа осветљења у зависности од доба дана и потреба људи у просторији. — Dispersed automated lighting system that includes the detection of people's presence and the ability to adjust the level of lighting depending on the time of day and the people's needs in the classrooms.</p>
Спољна расвета — Exterior lighting	 <p>Замења постојећег осветљења LED осветљењем. — Replacement of existing lighting with LED lighting.</p>	 <p>Подешавање времена укључивања осветљења у зависности од доба године. — Adjusting the lighting time depending on the time of the year.</p>	 <p>LED осветљење са аутоматском контролом осветљености и димовањем осветљења у зависности од доба дана. — LED lighting with automatic illumination control and lighting dimming depending on the part of the day.</p>
Релативна енергетска уштеда система осветљења [%] — Relative energy savings of lighting system [%]	 <p>30%</p>	 <p>36%</p>	 <p>39%</p>

Унапређење термичког омотача – енергетски биланс — Thermal envelope improvement – energy balance

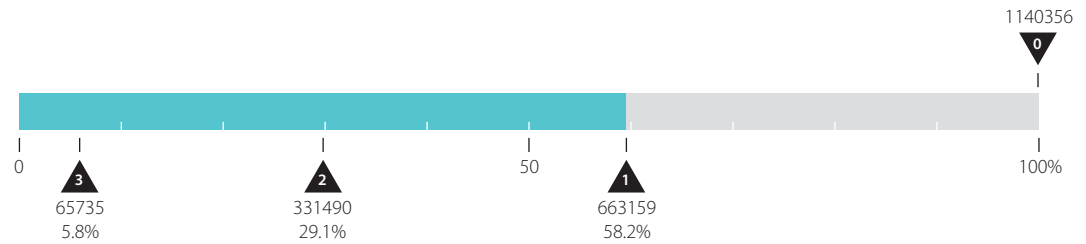


Унапређење термичког омотача и система грејања – енергетски биланс — Thermal envelope and heating systems improvement – energy balance

Финална енергија

Final energy

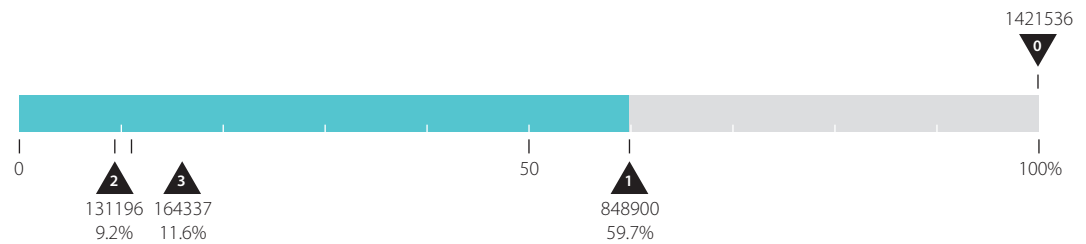
[kWh/a]



Примарна енергија

Primary energy

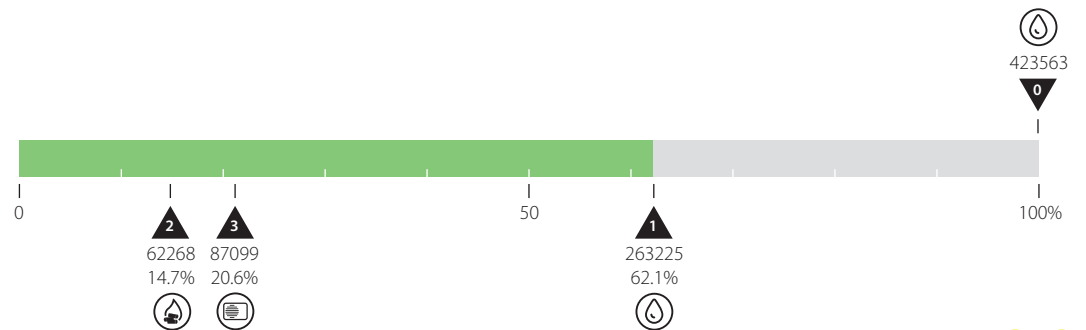
[kWh/a]



Емисија CO₂ након примене грађевинских и термотехничких мера

CO₂ emission after architectural and HVAC improvement

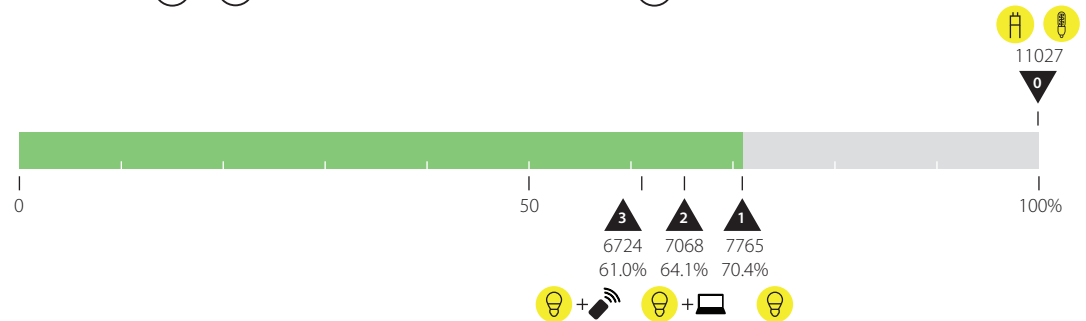
[kg/a]



Емисија CO₂ након унапређења система расвете

CO₂ emission after lighting improvement

[kg/a]



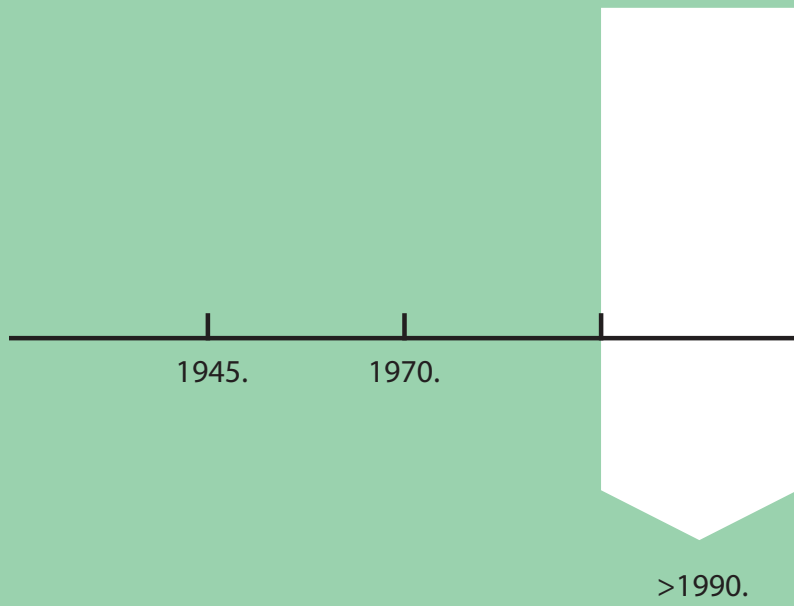
0 полазно стање starting condition

1 најчешће интервенције usual interventions

1 унапређење 1 improvement 1

2 унапређење 2 improvement 2

3 унапређење 3 improvement 3



Д

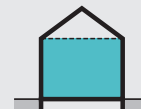
период после 1991.

D

period after 1991



ДЗ
D3



Школска зграда површине веће од 2000 m²

Категорија	основна школа
Година изградње	2014.
Број етажа	По+Пр+2
Површина (m ²) бруто	5300
Површина (m ²) нето грејана	4600
Запремина (m ³) нето грејана	16140

Школску зграду формирају два управно постављена крила – једнотракт и двотракт спратности П+2 са централним вишеетажним холем на месту укрштања ових волумена. У склопу школе налази се велики број учионица и кабинета са свим пратећим садржајима и функционалним групама.

Фасада својом ликовношћу и материјализацијом прати логику и захтеве различитих садржаја. Отвори на учионицама су у виду континуалних прозорских трака, док су ходници осветљени појединачним отворима. Кровови су коси, двоводни у благом паду, сакривени иза назидака, тако да зграда у потпуности задржава језик кубичних форми.

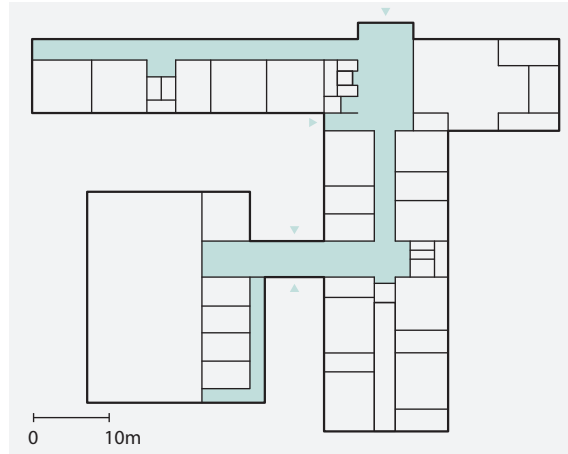
School building with area more than 2000 m²

Category	elementary school
Year of construction	2014
Number of floors	B+Gf+2
Area (m ²) Gross	5300
Area (m ²) Net heated	4600
Volume (m ³) Net heated	16140

The school has an "L" shaped plan, with double-bay and triple-bay three-story wings and the main multi-story hall at the junction of these volumes. The school contains a large number of classrooms and laboratories, with all complimentary spaces.

The facade design and materials correspond to the various programs within the structure. The classroom facade openings are in the form of continuous ribbon windows while the corridors are lit through the single windows on the side facades.

The roofs are pitched, hidden behind the perimeter walls so that the building retains the prismatic appearance.



Конструктивни склоп је скелетна армиранобетонска конструкција.

Фасадни зидови су рађени као „сендвич“ конструкција са термоизолацијом и малтерисаном шупљом опеком (бочна зидна платна), као вентилисана конструкција са облогом од цемент-композитних плоча на потконструкцији (парапети учионица) или као „зид-завеса“ (у централном делу).

Сви елементи термичког омотача су у складу са актуелном регулативом области термичке заштите.

The load bearing structure is a reinforced frame system with bidirectional shear walls. Floor and roof structures are 20cm reinforced concrete slabs.

Facade walls are in the form of “sandwich walls” (side walls), a ventilated structure with fiber cement panels (classroom window parapets), or a curtain wall (the main hall).

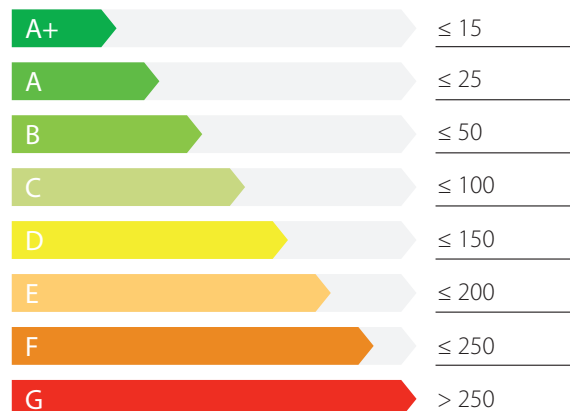
All thermal envelope elements comply with the current regulations on thermal protection and energy performance.

Енергетски разред објекта – пројектовано стање

$Q_{H,nd,rel}$ [%]
55

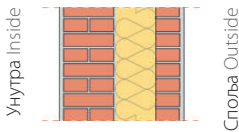
Energy class of building – as designed

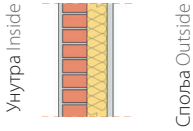
$Q_{H,nd}$ [kWh/(m²a)]
41

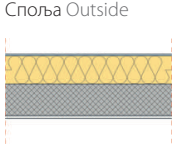


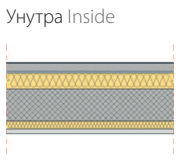
C

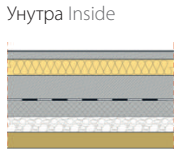
Склопови термичког омотача – постојеће стање — Elements of the thermal envelope – existing

Спољашњи зид — External Wall	 <p>Унутра Inside</p> <p>Споља Outside</p>
	<p>малтер 2 cm, шупља опека 25 cm, ПЕ фолија, термоизолација 20 cm, шупља опека 12 cm, малтер 2 cm</p> <p>—</p> <p>plaster 2 cm, hollow brick 25 cm, PE foil, thermal insulation 20 cm, hollow brick 12cm, plaster 2 cm</p>
U (W/m ² K)	0.15

Зид ка негрејаном простору — Wall to unheated area	 <p>Унутра Inside</p> <p>Споља Outside</p>
	<p>малтер 2 cm, шупља опека 12 cm, термоизолација 10 cm, малтер 3 cm</p> <p>—</p> <p>plaster 2 cm, hollow brick 12 cm, thermal insulation 10 cm, plaster 3 cm</p>
U (W/m ² K)	0.30

Међуспратна конструкција испод негрејаног простора — Floor structure to unheated area	 <p>Споља Outside</p> <p>Унутра Inside</p>
	<p>паропропусна водонепропусна фолија, термоизолација 18 cm, бетон 20 cm, малтер 2 cm</p> <p>—</p> <p>vapour control layer, thermal insulation 18cm, concrete 20 cm, plaster 2 cm</p>
U (W/m ² K)	0.20

Међуспратна конструкција изнад негрејаног подрума — Floor structure to unheated basement	 <p>Унутра Inside</p> <p>Споља Outside</p>
	<p>винил плоче 0.2 cm, цементна кошуљица 5 cm, ПВЦ фолија, термоизолација 10 cm, бетонска плоча 20 cm, термоизолација 5 cm, малтер 3 cm</p> <p>—</p> <p>vinyl tile 0.2 cm, cement screed 5 cm, PVC foil, thermal insulation 10 cm, concrete 20 cm, thermal insulation 5 cm, plaster 3 cm</p>
U (W/m ² K)	0.21

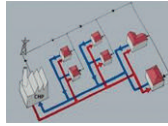
Под на тлу — Ground floor	 <p>Унутра Inside</p> <p>Споља Outside</p>
	<p>линолеум 0.2 cm, цементна кошуљица 5 cm, термоизолација 10 cm, бетонска плоча 15 cm, хидроизолациона мембрана, бетонска плоча 10 cm, шљунак 10 cm, набијена земља</p> <p>—</p> <p>linoleum 0.2 cm, cement screed 5 cm, thermal insulation 10 cm, concrete 15 cm, waterproof membrane, concrete 10 cm, gravel 10 cm, rammed earth</p>
U (W/m ² K)	0.15

Прозори — Windows	 <p>Споља Outside</p> <p>Унутра Inside</p>
	<p>Алуминијумски прозор са побољшаним термичким прекидом застакљен трослојним нискоемисионим стаклом пуњеним криптоном</p> <p>—</p> <p>Aluminium (HI profile), triple glazed low-E glass unit, inert Krypton gas filling</p>
U (W/m ² K)	1.10

Термотехнички системи и осветљење – постојеће стање — HVAC and lighting – existing

Систем грејања и припреме топле воде Heating and hot water system

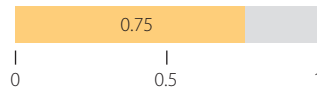
Систем загревања просторија
—
Heating system



Систем централног грејања са радијаторима као грејним телима. Школа је повезана на систем даљинског грејања, а у топлани се као основно гориво користи природни гас.

—
The central hydronic heating system with radiators is installed. The school is connected to district heating system, with thermal plant using natural gas as primary energy source.

Степен корисности система грејања
—
Heating system efficiency



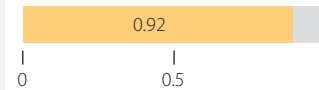
Систем припреме санитарне топле воде
—
Domestic hot water (DHW) preparation system



Потрошна топла вода се припрема у електричним бојлерима.

—
Domestic hot water is prepared using local electric water heaters.

Степен корисности припреме санитарне топле воде
—
DHW preparation efficiency



Систем осветљења Lighting system

Унутрашња расвета
—
Interior lighting



У школи се користи LED осветљење. Са аутоматском контролом осветљења.

—
The school uses LED lighting. With automatic light control.

Спољна расвета
—
Outdoor lighting

Није познато.

—
N/A

Слични објекти – представници типа — Similar buildings – type representatives



Школске зграде грађене након 1990. године одликују се великом разноврсношћу архитектонских решења. За разлику од претходних периода, нема јединственог шаблона ни у организацији нити у материјализацији. Уочавају се различите фасадне обраде, равни и коси кровови, индивидуални отвори и прозорске траке, па чак и зид завесе на појединим деловима.

Сви објекти овог типа пројектовани су у складу са националним прописима из области термичке заштите који су током последње деценије 20. века у великој мери усаглашени са тадашњом европском регулативом.

The schools built after 1990 show a great variety in architectural design. Unlike in the previous periods, there are no patterns either in the layout or in the materials and massing. Facades vary in finishes, design and structure; the same is true for the geometry of roofs. There is fenestration of all types, from large single openings to window ribbons or even curtain walls in some parts of the buildings.

All schools of this type were designed in compliance with the national regulations related to the thermal behavior of buildings.

Затечено стање — Existing state

Претходна унапређења	Без претходних унапређења.
—	—
Previous improvements	No previous improvements.

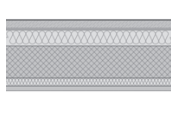
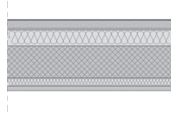
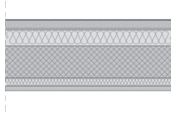
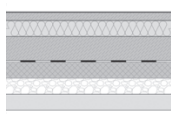
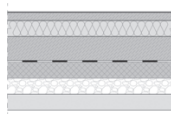
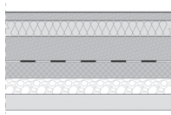
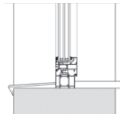
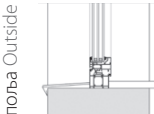
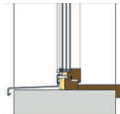
Опис унапређења — Improvement measures description

Унапређење 1	Није планирано.
—	—
Improvement 1	Not specified.
Унапређење 2	Није планирано.
—	—
Improvement 2	Not specified.
Унапређење 3	Изоловање фасадних зидова контактном термоизолационом фасадом. Изоловање међуспратне конструкције испод негрејаног простора. Уградња нових прозора и улазних врата од композитних профила са трослојним изолационим нискоемисионим стакло-пакетом (добра заптивеност).
—	—
Improvement 3	Insulation of façade walls with a contact façade system. Insulation of floor structure to unheated area. Installation of new composite windows and entrance doors with triple-glazed low-emissivity glass unit (good air-tightness).

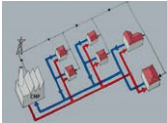
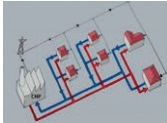


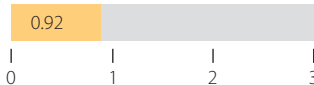
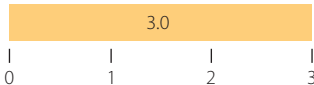

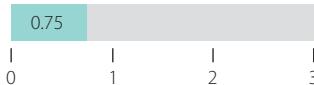
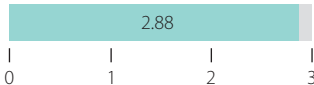



Склопови термичког омотача – унапређења — Elements of the thermal envelope – improvements

	Унапређење 1 Improvement 1	Унапређење 2 Improvement 2	Унапређење 3 Improvement 3
<p>Спољашњи зид</p> <p>—</p> <p>External wall</p>	 <p>Унутра Inside</p> <p>Споља Outside</p> <p>НЕМА ИЗМЕНА</p> <p>—</p> <p>NO CHANGES</p>	 <p>Унутра Inside</p> <p>Споља Outside</p> <p>НЕМА ИЗМЕНА</p> <p>—</p> <p>NO CHANGES</p>	 <p>Унутра Inside</p> <p>Споља Outside</p> <p>малтер 2 cm, шупља опека 25 cm, ПЕ фолија, термоизолација 20 cm, шупља опека 12 cm, малтер 2 cm, термоизолација 10 cm, малтер 2 cm</p> <p>—</p> <p>plaster 2 cm, hollow brick 25 cm, PE foil, thermal insulation 20 cm, hollow brick 12 cm, plaster 2 cm, thermal insulation 10 cm, plaster 2 cm</p>
<p>U (W/m²K)</p>	0.15	0.15	0.11
<p>Зид ка негрејаном простору</p> <p>—</p> <p>Wall to unheated area</p>	 <p>Унутра Inside</p> <p>Споља Outside</p> <p>НЕМА ИЗМЕНА</p> <p>—</p> <p>NO CHANGES</p>	 <p>Унутра Inside</p> <p>Споља Outside</p> <p>НЕМА ИЗМЕНА</p> <p>—</p> <p>NO CHANGES</p>	 <p>Унутра Inside</p> <p>Споља Outside</p> <p>НЕМА ИЗМЕНА</p> <p>—</p> <p>NO CHANGES</p>
<p>U (W/m²K)</p>	0.30	0.30	0.30
<p>Међуспратна конструкција испод негрејаног простора</p> <p>—</p> <p>Floor structure to unheated area</p>	 <p>Споља Outside</p> <p>Унутра Inside</p> <p>НЕМА ИЗМЕНА</p> <p>—</p> <p>NO CHANGES</p>	 <p>Споља Outside</p> <p>Унутра Inside</p> <p>НЕМА ИЗМЕНА</p> <p>—</p> <p>NO CHANGES</p>	 <p>Споља Outside</p> <p>Унутра Inside</p> <p>паропропусна водонепропусна фолија, термоизолација 15 cm, термоизолација 18cm, бетон 20 cm, малтер 2 cm</p> <p>—</p> <p>vapour control layer, thermal insulation 15 cm, thermal insulation 18 cm, concrete 20cm, plaster 2 cm</p>
<p>U (W/m²K)</p>	0.20	0.20	0.11

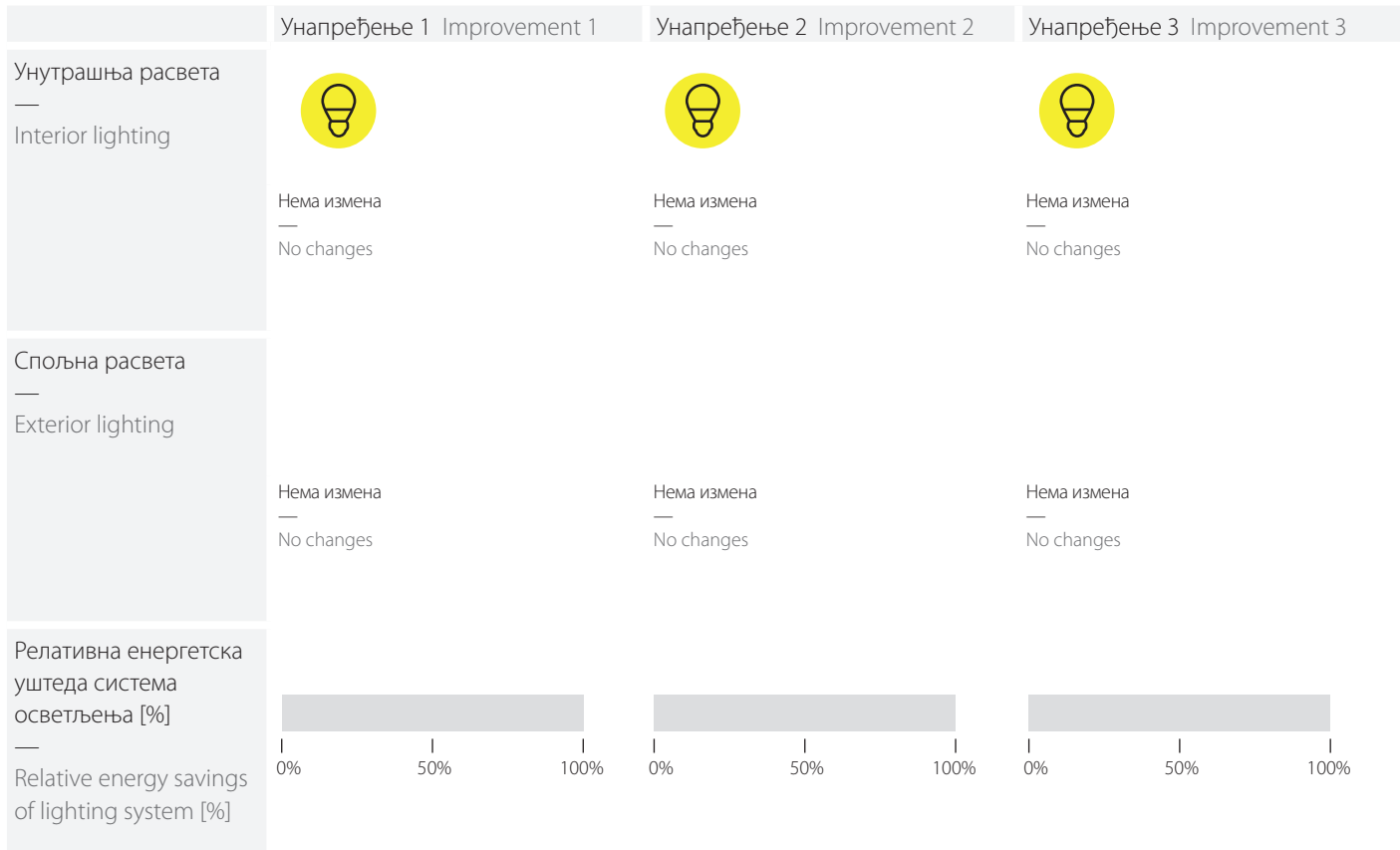
Склопови термичког омотача – унапређења — Elements of the thermal envelope – improvements

	Унапређење 1 Improvement 1	Унапређење 2 Improvement 2	Унапређење 3 Improvement 3
<p>Међуспратна конструкција изнад негрејаног подрума</p> <p>—</p> <p>Floor structure to unheated basement</p>	<p>Унутра Inside</p>  <p>Споља Outside НЕМА ИЗМЕНА — NO CHANGES</p>	<p>Унутра Inside</p>  <p>Споља Outside НЕМА ИЗМЕНА — NO CHANGES</p>	<p>Унутра Inside</p>  <p>Споља Outside НЕМА ИЗМЕНА — NO CHANGES</p>
<p>U (W/m²K)</p>	0.21	0.21	0.21
<p>Под на тлу</p> <p>—</p> <p>Ground floor</p>	<p>Унутра Inside</p>  <p>Споља Outside НЕМА ИЗМЕНА — NO CHANGES</p>	<p>Унутра Inside</p>  <p>Споља Outside НЕМА ИЗМЕНА — NO CHANGES</p>	<p>Унутра Inside</p>  <p>Споља Outside НЕМА ИЗМЕНА — NO CHANGES</p>
<p>U (W/m²K)</p>	0.15	0.15	0.15
<p>Прозори</p> <p>—</p> <p>Windows</p>	<p>Споља Outside</p>  <p>Унутра Inside</p> <p>НЕМА ИЗМЕНА — NO CHANGES</p>	<p>Споља Outside</p>  <p>Унутра Inside</p> <p>НЕМА ИЗМЕНА — NO CHANGES</p>	<p>Споља Outside</p>  <p>Унутра Inside</p> <p>Композитни профил са трослојним нискоемисионим стакло пакетом испуњеним инертним гасом</p> <p>—</p> <p>Composite, triple glazed low-E glass unit, inert gas filling</p>
<p>U (W/m²K)</p>	1.10	1.10	0.80

Систем грејања зграде – унапређења — Heating system – improvements

	Унапређење 1 Improvement 1	Унапређење 2 Improvement 2	Унапређење 3 Improvement 3
<p>Систем загревања просторија</p> <p>—</p> <p>Heating system</p>	 <p>Задржан је постојећи систем грејања простора: даљинско грејање с котлом на природни гас.</p> <p>—</p> <p>The existing heating system is retained: district heating with natural gas fired boiler.</p>	 <p>Задржан је постојећи систем грејања простора: даљинско грејање с котлом на природни гас.</p> <p>—</p> <p>The existing heating system is retained: district heating with natural gas fired boiler.</p>	 <p>Уградња компресорске топлотне пумпе ваздух/вода са хидромодулом.</p> <p>—</p> <p>Installation of air-source heat pump with hydromodule.</p>
<p>Ефикасност извора топлоте</p> <p>—</p> <p>Heat source efficiency</p>	 <p>0.92</p>	 <p>0.92</p>	 <p>3.0</p>
<p>Ефикасност система грејања</p> <p>—</p> <p>Heating system efficiency</p>	 <p>0.75</p>	 <p>0.75</p>	 <p>2.88</p>
<p>Припрема санитарне топле воде</p> <p>—</p> <p>Domestic hot water preparation</p>	 <p>Електрични акумулациони бојлери</p> <p>—</p> <p>Electric water heaters</p>	 <p>Електрични акумулациони бојлери</p> <p>—</p> <p>Electric water heaters</p>	 <p>Топлотна пумпа ваздух/вода</p> <p>—</p> <p>Air source heat pump</p>

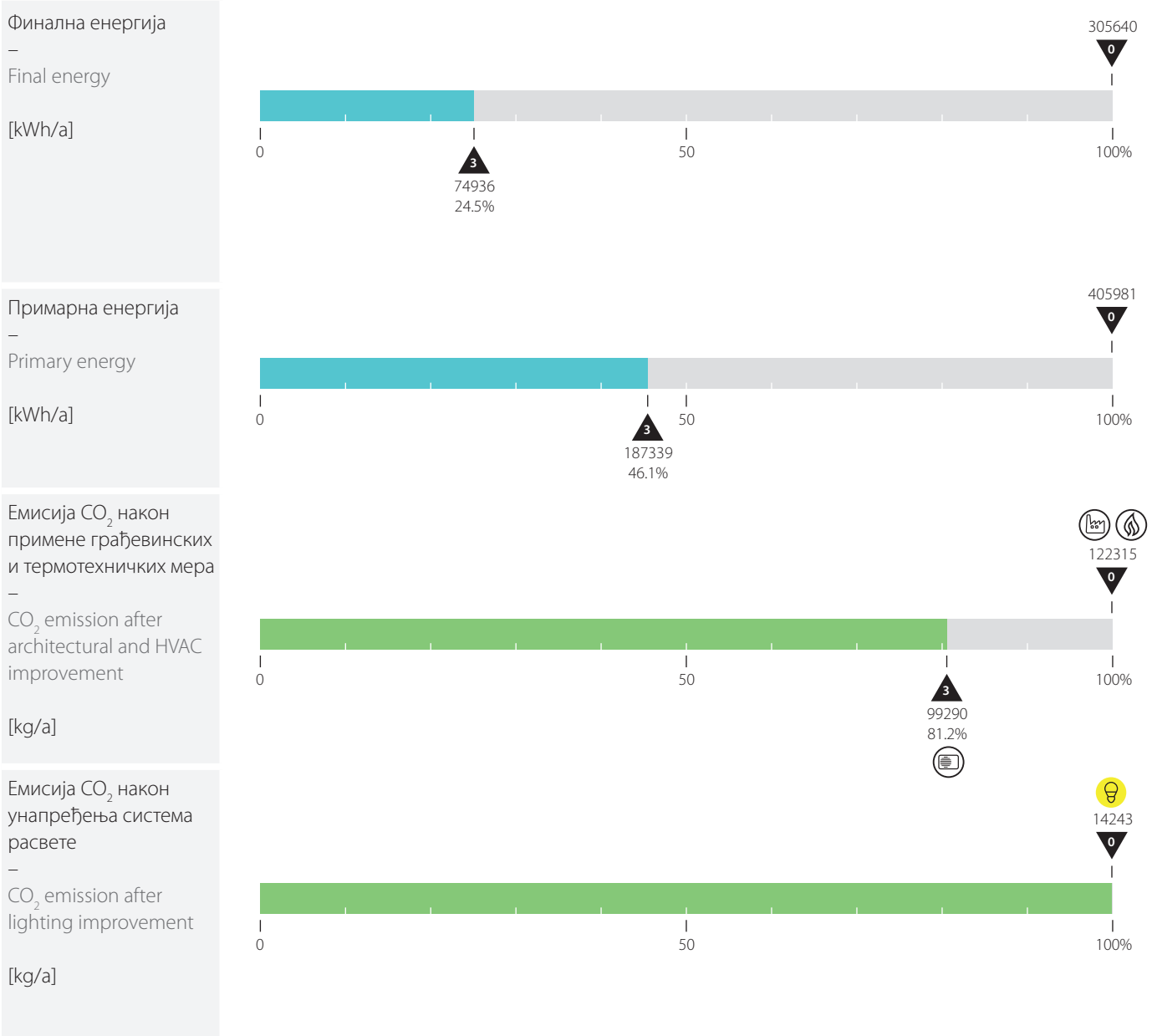
Систем осветљења – унапређења — Lighting system – improvements



Унапређење термичког омотача – енергетски биланс — Thermal envelope improvement – energy balance



Унапређење термичког омотача и система грејања – енергетски биланс — Thermal envelope and heating systems improvement – energy balance



0 полазно стање / starting condition
 1 најчешће интервенције / usual interventions
 2 унапређење 1 / improvement 1
 3 унапређење 2 / improvement 2
 4 унапређење 3 / improvement 3

ЛИТЕРАТУРА REFERENCES

- Babić I, Đurišić Ž, Žarković M. (2015) Analysis of impact of building integrated photovoltaic systems on distribution network losses. *Journal of Renewable and Sustainable Energy*, Vol 7/4, 1-13.
- Božić V, Cvetković S, Živković B. (2015) Influence of renewable energy sources on climate change mitigation in the republic of Serbia. *International Scientific Journal „Thermal Science“*, Vol. 19, No 2, 411-424.
- Đukanović Lj, Radivojević A, Rajčić A. (2016). Potentials and Limitations for Energy Refurbishment of Multi-Family Residential Buildings Built In Belgrade before the World War One. *Energy and buildings*, Vol.115, *Speccial Issue: A selection of International AcademicConference “Places and Technologies 2014“*, 112-120.
- 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.
- Jovanović Popović M, Stanković B, Pajkić M. (2014). Regional characteristics of individual housing units in Serbia from the aspect of applied building technologies. *SPATIUM International Review*, No. 31, 39-44.
- Jovanović R, Sretenović A, Živković B. (2015) Ensemble of various neural networks for prediction of heating energy consumption. *Energy and Buildings*, Vol. 94, 189-199.
- Jovanović R, Sretenović A, Živković B. (2016) Multistage ensemble of feedforward neural networks for prediction of heating energy consumption. *International Scientific Journal „Thermal Science“*, Vol 20, No 4, 1321-1331.
- Jovanović R, Sretenović A. (2015) Various multistage ensembles for prediction of heating energy consumption. *Modeling, Identification and Control*, Vol. 36, No. 2, 119-132.
- Kotur D, Đurišić Ž. (2017) Optimal spatial and temporal demand side management in a power system comprising renewable energy sources. *Renewable Energy*, Vol 108, 533–547.
- Stanković B, Kostić A, Jovanović Popović M. (2014) Analysis and comparison of lighting design criteria in green building certification systems - Guidelines for application in Serbian building practice. *Energy for Sustainable Development*, Vol 19, 56-65.
- Trifunović J, Mikulović J, Đurišić Ž, Đurić M, Kostić M. (2009) Reductions in electricity consumption and power demand in case of the mass use of compact fluorescent lamps. *Energy*, Vol 34, 1355–1363.
- Trifunović J, Mikulović J, Đurišić Ž, Kostić M. (2011) Reductions in electricity losses in the distribution power system in case of the mass use of compact fluorescent lamps. *Electric Power Systems Research*, Vol 81, 465-477.
- Živković B, Jankeš G, Novaković V. (2013) Energetska efikasnost u energetici i zgradarstvu kao mera zaštite životne sredine. SANU, *Energetika i životna sredina, Naučni skupovi, Knjiga CXLIII, Beograd*, str. 519-541.

ИЗВОРИ BIBLIOGRAPHY

Jovanović Popović M, Ignjatović D, Radivojević A, Rajčić A, Ćuković Ignjatović N, Đukanović Lj, Nedić M. (2013) Nacionalna tipologija stambenih zgrada Srbije/National Typology of Residential Buildings in Serbia. Izdavač: Arhitektonski fakultet Univerziteta u Beogradu, GIZ. Beograd.

Jovanović Popović M, Ignjatović D, Radivojević A, Rajčić A, Ćuković Ignjatović N, Đukanović Lj, Nedić M. (2013) Atlas višeporodičnih zgrada Srbije/Atlas of Multifamily housing in Serbia. Izdavač: Arhitektonski fakultet Univerziteta u Beogradu, GIZ. Beograd.

Jovanović Popović M, Ignjatović D, Radivojević A, Rajčić A, Ćuković Ignjatović N, Đukanović Lj, Nedić M. (2012) Atlas porodičnih zgrada Srbije/Atlas of Family housing in Serbia. Izdavač: Arhitektonski fakultet Univerziteta u Beogradu, GIZ. Beograd.

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.

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.

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, Notices from European Union institutions, bodies, offices and agencies (2012) Guidelines accompanying Commission delegated regulation (EU) No 244/2012 of 16 January 2012 supplementing Directive 2013/10/EC. Official Journal of the European Union 16.01.2012, C115, 1-28.

Pravilnik o energetkoj efikasnosti zgrada ("Sl. glasnik RS", 6p.61/2011) / Ministry of Construction, Transport and Infrastructure of Republic of Serbia (2011) Rulebook on energy efficiency in buildings. The Official Gazette of Republic of Serbia No. 61/2011.

Pravilnik o uslovima, sadržini i načinu izdavanja sertifikata o energetskim svojstvima zgrada ("Sl. glasnik RS", 6p.69/2012) / Ministry of Construction, Transport and Infrastructure of Republic of Serbia (2012) Rulebook on conditions, content and method of issuing energy performance certificates. The Official Gazette of Republic of Serbia No. 69/2012.

Jovanović Popović, M. (ur.) (2003) Energetska optimizacija zgrada u kontekstu održive arhitekture - faza 1: Analiza strukture građevinskog fonda. Izdavač: Arhitektonski fakultet Univerziteta u Beogradu.

Jovanović Popović, M. (ur.) (2003) Energetska optimizacija zgrada u kontekstu održive arhitekture – faza 2: Mogućnosti unapređenja energetskih karakteristika građevinskog fonda. Izdavač: Arhitektonski fakultet Univerziteta u Beogradu.

ИНТЕРНЕТ ИЗВОРИ WEB SOURCES

<http://opendata.mpn.gov.rs/>

<http://webrzs.stat.gov.rs/WebSite/repository/documents/00/02/63/78/05-Obrazovanje.pdf>

<http://www.stat.gov.rs/WebSite/repository/documents/00/02/06/06/dd10032016.pdf>

<http://webrzs.stat.gov.rs/WebSite/repository/documents/00/02/48/33/SB-621-SrednjeSkole2016-17.pdf>

CIP - Каталогизација у публикацији -
Народна библиотека Србије, Београд

727.1(497.11)

НАЦИОНАЛНА типологија школских зграда Србије / Милица
Јовановић Поповић ... [и др.] ; [фотографије репрезентата типова
Срђан Боснић] = National Typology of School Buildings in Serbia /
Milica Jovanović Popović ... [et al.] ; [photographs of building type
representatives Srđan Bosnić]. - Germany : Deutsche Gesellschaft für
Internationale Zusammenarbeit GIZ, 2018 (Београд : Цицеро). - 261
стр. : илустр. ; 22 x 22 cm

Упоредо срп. и енгл. текст. - "Пројекат српско-немачке развојне
сарадње 'Енергетска ефикасност у јавним зградама'" -->
импресум. - Тираж 300. - Напомене и библиографске референце уз
текст. - Библиографија: стр. 260-261.

ISBN 978-86-80390-29-1

1. Ур. ств. насл. 2. Јовановић Поповић, Милица, 1953- [аутор]

а) Школске зграде - Типологија - Србија

COBISS.SR-ID 270974732

Издавач — Published by the

Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH
2018

