Архитектонски факултет
Универзитета у Београду
Faculty of Architecture
University of Belgrade

On behalf of
BMZ Federal Ministry for Economic Cooperation and Development

COOPERATION REPUBLIC OF SERBIA FEDERAL REPUBLIC OF GERMANY

giz Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

> Видети енергију
> Seeing Energy

Милица Јовановић Поповић, Душан Игњатовић
Milica Jovanović Popović, Dušan Ignjatović

Извод из рецензија

Монографија „Видети енергију“ представља прави начин да се укаже на проблем енергије коју трошимо у зградама. Концепт упоредног приказивања фотографије објекта и његовог термовизијског снимка показао се као идеално и очигледно средство да се овом једноставном методом укаже на чињеницу да наши објекти представљају значајне потрошаче енергије, и да се истовремено увиде многе заблуде и грешке које стручњаци, често несвесно, чине начином на који пројектују и граде. Кроз упоредне приказе карактеристичних објеката у великим урбаним центрима Србије као што су Београд, Нови Сад и Ниш, монографија на једноставан начин комуницира са својим читаоцима, који ће, након суочавања са овим штивом, неминовно другим очима гледати на изграђени свет око себе.

Проф. др Ана Радивојевић,
Архитектонски факултет Универзитета у Београду

Успостављање методологије у процесима планирања, пројектовања, изградње зграда као и у процесу коришћења и управљања енергијом, може се сматрати основним условом њене рационалне потрошње. Са аспекта потрошње енергије, пројектовање и изградња насеља и зграда као и реконструкција постојећих на принципима енергетске ефикасности, представља први корак ка постизању одрживости урбаних и руралних подручја. У свом истраживању, аутори су се бавили методом који утиче на подизање свести о неефикасном трошењу енергије, истовремено налазећи одговоре на питања приступа пројектовању и грађењу. Испред вас је, сада, Монографија. Мада аутори нису дошли до спектакуларних или провокативних открића, прикупљен је, обрађен и презентован значајан број података о зградама, по први пут на начин који јасно, недвосмислено и пре свега свима разумљиво, омогућава да схвате сложеност проблема и утицаје стања зграда на ефикасност потрошње енергије.

Волфганг Шут
Руководиоц пројекта „Енергетска ефикасност“
GTZ / INTEGRATION

Excerpt from Reviews

Monograph “Seeing Energy” is the right way to point out the issue of energy that is consumed in the buildings in which we live and work. Concept of a comparative presentation of a photograph of a building and its thermal image has shown to be an ideal and obvious tool in pointing out the fact that our buildings are significant consumers of energy, and at the same time, it has revealed many fallacies and mistakes that experts often, unconsciously, make in building design and construction. Through comparative presentations of characteristic buildings in large Serbian urban centers, like Belgrade, Novi Sad and Niš, it communicates in a straightforward manner to its readers, who after reading it, will certainly have a very different view of the world constructed around them.

Ph.D. Prof. Ana Radivojević
Faculty of Architecture, University of Belgrade

Establishment of a methodology is crucial for planning, design, production, consumption and management of energy and can be seen as a prerequisite for its rationalisation. Seen from the standpoint of consumption, design and construction of buildings and settlements, and a reconstruction for existing one is a first step towards the sustainable development of urban and rural areas. In their research, the authors developed the method how to improve the awareness for inefficient consumption of energy, answering questions regarding the adjustment of approaches and concepts in design. Now you hold the Monograph in your hand. Although, there are neither spectacular findings nor provocative proclamations, together with competent and substantial contents, we face the chance to make understandable the complexity and effect of the conditions of our buildings regarding the efficient use of energy.

Wolfgang Schütt
Project Manager, “Energy Efficiency”
GTZ / INTEGRATION

> Видети енергију
> Seeing Energy

Милица Јовановић Поповић, Душан Игњатовић
Milica Jovanovic Popovic, Dusan Ignjatovic

Проф. др Милица Јовановић Поповић
Доц. Душан Игњатовић

Professor Milica Jovanovic Popovic, PhD
Associate Professor Dusan Ignjatovic

Видети енергију

Издавач:
Архитектонски факултет Универзитета у Београду
GTZ Deutsche Gesellschaft fur Technische Zusammenarbeit

За Архитектонски факултет:
Проф др Владимир Мако

Рецензенти:
Проф. др Ана Радивојевић
Wolfgang Schuett

Превод на енглески:
Татјана Живић
Тамара Николић

Лектор:
Миодраг Игњатовић

Корице и техничка припрема:
Алекса Бијеловић

Термовизијски снимци:
Душан Игњатовић

Фотографије:
Срђан Боснић

Тираж:
1000 примерака

Штампа:
Академија, Београд

Seeing energy

Publisher:
Faculty of Architecture, University of Belgrade
GTZ Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit

Acting on behalf of the Faculty of Architecture:
Professor Vladimir Mako, PhD

Reviewers:
Professor Ana Radivojevic, PhD
Wolfgang Schuett

Translation into English:
Tatjana Živić
Tamara Nikolić

Copy Editing:
Miodrag Ignjatović

Cover and Technical Design:
Aleksa Bijelović

Thermographic Imaging:
Dušan Ignjatović

Photography:
Srđan Bosnić

Circulation:
1000 copies

Printed by:
Akademija, Belgrade

Захвалница

Иако монографија има само два аутора, њено стварање би било немогуће без помоћи великог броја учесника и сарадника.

Посебно се захваљујемо Наташи Ћуковић Игњатовић, на активном учешћу у стварању ове монографије. Без њеног искуства и помоћи, целокупан рад би представљао много већи изазов. Анита Мраовић и Сања Алорић су се показале као изузетни сарадници, несебично улажући велики труд у припрему и реализацију изложбе *Видети енергију,* а потом заједно са Јасном Јовановић, Петром Туфегџићем и Душаном Трифуновићем у изради ове монографије.

Приликом одабира репрезентативних објеката у Новом Саду и Нишу и сакупљању података о њима, драгоцену помоћ смо имали у Слободану Самарџићу, Драгани Константиновић и Милану Танићу.

Посебно захваљујемо декану Грађевинско Архитектонског факултета у Нишу професору Драгану Аранђеловићу на сарадњи и разумевању.

Несебичну помоћ и подршку у остваривању целокупне идеје пружио нам је Дејан Ковач, директор Агенције за енергетику Града Новог Сада.

Детаљније информације о техничким карактеристикама објеката било би немогуће пронаћи без помоћи Историјског архива Београда и Историјског архива Града Ниша.

Захваљујемо се професору Дарку Марушићу и Милени Марушић, Ђорђу Милетићу, Петру Васиљевићу на помоћи и сарадњи.

Acknowledgements

This monograph has only two authors; however, it would never have come into existence had it not been for its numerous participants and contributors.

We owe special gratitude to Nataša Ćuković Ignjatović for her active participation in helping our work come to life. Without her experience and ample assistance, the entire work would have been considerably more challenging. Anita Mraović and Sanja Aporić proved to be invaluable co-workers, sparing no effort in the preparation and realization of *Seeing Energy* – The Exhibition. Together with Jasna Jovanović, Petar Tufegdžić and Dušan Trifunović, they also contributed to the work on the monograph.

We enjoyed generous support in the selection of representative buildings in Novi Sad and Niš from Slobodan Samardžić, Dragana Konstantinović and Milan Tanić.

We would like to express our genuine appreciation to the Dean of Faculty of Civil Engineering and Architecture in Niš, Prof. Dragan Aranđelović, for his understanding and cooperation.

We have also received generous help and encouragement in the realization of the project by Dejan Kovač, the director of Energy Agency of City of Novi Sad.

A detailed insight into the technical data concerning the buildings would not have been possible without the kind assistance of Historical Archives of Belgrade and Niš.

We would like to thank Prof. Darko Marušić and Milenija Marušić, Đorđe Miletić, and Petar Vasiljević for their help and cooperation.

Садржај

Contents

Предговор

Већ више деценија, архитекти, па самим тим и архитектура, суочени су са потребом да се у процесу пројектовања размишља и брине и о енергији. Након интернационализације стила, након опште прихваћене идеје „мање је више", енергетске кризе и еколошки покрети вратиле су у архитектонске парадигме поштовање климатских параметара локације, транспоновање традиционалних принципа пројектовања и грађења у модерне технологије грађења уз примену савремених материјала. Тако настала архитектура, мењала се током времена а, у зависности од доминантних опредељења, среће се у литератури под називима: *соларна архитектура, биоклиматска архитектура, зелена архитектура, одржива архитектура, енергетски ефикасна архитектура*. Заједнички чинилац свих ових приступа је архитектонски одговор на императив да се у објектима постигне што већа енергетска ефикасност, што подразумева смањење потрошње енергије уз очување или побољшање комфора.

Колико је велика одговорност архитеката – архитектуре, произилази из чињенице да се у изграђеним зградама троши око 45-50% укупно произведене енергије. Како би се смањила потрошња енергије у зградама, током протеклих деценија, у развијеним европским земљама, прописи о термичкој заштити су стално пооштравани, а временом је промењено и тежиште ових прописа: са утврђивања и ограничавања вредности појединачних термичких карактеристика елемената зграде прешло се на дозвољену потрошњу енергије читаве зграде, а затим и на ограничавање емисије гасова стаклене баште, будући да је емисија гасова стаклене баште у директној корелацији са потрошњом фосилних горива. Доношењем Кјото протокола, Европска унија се обавезала на смањење емисије угљендиоксида за 8% у односу на ниво из 1990. године у периоду од 2008. до 2012. године. Како би се овај циљ остварио, предузете су бројне мере и акције на

Foreword

For the past several decades, architects and, consequently, architecture itself, have been faced with the need to include energy considerations into the design process. After the internationalization of styles and the widely accepted notion that "less is more", energy crises and environmental movements have brought back the recognition of climatic parameters of location to architecture, transposing traditional principles of design and building into modern building technologies with the application of contemporary materials. The resulting architecture has changed over time and has been differently named, depending on its primary considerations: *solar architecture, bioclimatic architecture, green architecture, sustainable architecture, or energy efficient architecture.* Nevertheless, all these approaches share the architectural response to the imperative of attaining the greatest possible energy efficiency, which assumes reducing energy consumption while preserving or improving comfortable conditions in buildings.

The great extent of responsibility bestowed upon architects and architecture is manifested in the fact that buildings account for the consumption of roughly 45-50% of the total energy generated. In order to reduce energy consumption in buildings, the developed European countries have tightened the regulations on thermal insulation in the past decades; besides, the focus of these regulations has shifted in time, from determining and limiting the individual thermal characteristics of particular elements in a building to restricting energy consumption allowed for the entire building so as to further limit greenhouse gas emission due to its direct correlation to fossil fuel consumption. By ratifying the Kyoto Protocol, the European Union committed itself to reducing carbon emissions by 8% as compared to 1990 levels in the period between 2008 and 2012. In order to achieve this, numerous measures and activities have been taken to reduce energy consumption in buildings. The Energy Performance of Buildings Directive came

смањењу потрошње енергије у зградама. Године 2002. године ступила је на снагу "Директива Европског парламента и Савета Европе о енергетским перформансама објекта" (EPBD)[1], којом се дефинишу основни правци оваквог деловања у Европи. Крајем 2006. године, Директива је прерасла у форму националних закона у земљама чланицама Уније, уз постојање клаузуле да се њена пуна примена могла одложити за највише 3 године у случају недостатка квалификованих и акредитованих експерата у појединим земљама. Политика Европске Уније према питањима енергије и климатских промена је у наредним годинама пооштравана, кроз већи број додатака који су јуна 2010. обједињени и усвојени као документ познат као EPBD 2[2]. Овим документом додатно је наглашена потреба за даљим смањењем емисије гасова стаклене баште и смањењем потрошње енергије у зградама дефинисањем тзв. „енергетског и климатског пакета", којим се, још ближе и строже, одређују смернице будућег деловање Уније у овој области. Постављеним циљем, симболично означеним као „20-20-20", земље Европске Уније се обавезују да својим деловањем до 2020. године обезбеде: редукцију емисије гасова стаклене баште за најмање 20% у односу на ниво из 1990. године, 20% енергије која се троши потиче из обновљивих извора, 20% смањења потрошње енергије што би се постигло унапређењем енергетске ефикасности. Овим законом даље се дефинишу и ограничења за потрошњу енергије за грејање, загревање топле воде, хлађење, вентилацију и осветљење у зградама, а финална потрошња своди на примарну енергију.

У нашој земљи, први прописи који уређују термичку заштиту зграда појавили су се крајем шездесетих година и, од тада, мењани су неколико пута, али с великим заостатком у односу на земље чланице Европске уније. Доношењем закона о планирању и грађењу[3] 2009. године, кроз чланове 4. 21. и 201., створен је правни основ за регулисање рационалне употребе енергије у области изградње зграда, а у процесу је доношење и регулативе којом се регулише енергетска ефикасност зграда и њихова енергетска сертификација (издавање пасоша). Тиме се, у великој мери, врши усклађивање српске регулативе са регулативом Европска уније.

Упркос чињеници да су, доношењем закона и подзаконских аката, стручњаци у потпуности упознати са начинима постизања енергетске ефикасности зграда, остаје проблем да су питања везана за губитке енергије у сложеним системима као што су зграде, конструкције и везе које се у њима јављају, апстрактне и невидљиве, и због тога најчешће недовољно јасне за нестручну јавност. Метод термовизијског снимања управо омогућава да се енергија „види" и голим оком.

Ова монографија представља, управо покушај аутора, да се, уз примену термовизиског снимања зграда, најширој јавности приближе, покажу и објасне начини на који зграде губе енергију. Одатле и наслов ове монографије ВИДЕТИ ЕНЕРГИЈУ. Снимљен је већи број зграда у Београду, Новом Саду и Нишу, и то обичном и термовизијском камером, како би се омогућило лако поређење и уочавање проблема и карактеристика омотача зграда који узрокују енергетске губитке. Изабране су зграде различите намене, стамбене зграде, јавни објекти, пословне зграде, здравствене установе, банке. Одабране су зграде из различитих периода изградње, што је омогућило да се сагледа утицај различитих система градње, примењених материјала и уграђених елемената на енергетску ефикасност зграда. Посебна пажња (и анализа) посвећена је детаљима веза, градње, као свему ономе што се обичним гледањем објекта не види, али кроз објектив термовизијске камере лако уочава.

Паралелно са монографијом, припремљена је и изложба ВИДЕТИ ЕНЕРГИЈУ, сличног садржаја, са циљем да, представљањем у већем броју градова и институција у Србији, буде доступна ширем слоју грађана. Тиме би се указало на сталну потребу за штедњом енергије и њеном рационалнијом потрошњом у зградама.

into force in 2002 (EPBD)[1] by which the guidelines for such activity were defined in Europe. By the end of 2006, the Directive had developed into a set of national laws in the EU member states with a stipulation tolerating a postponement of its full implementation for no longer than 3 years in case there was a lack of qualified and accredited experts in a particular country. Further, the European Union policy on energy and climate change issues intensified through a number of amendments which were unified and adopted as a document known as EPBD 2[2]. This document additionally highlights the need for further reduction in greenhouse gas emissions and energy consumption in buildings by defining the so-called "energy and climate package" that determines stricter and more precise guidelines for the future EU activity in this field. By this plan, symbolically called the "20-20-20 targets", the EU countries committed themselves to the following: by 2020, to reduce greenhouse gas emissions by at least 20% compared to 1990 levels, to reach 20% of renewable energy in the total energy consumption, and to increase energy efficiency to save 20% of energy consumption. This package further defines the limitations in energy consumption for heating, domestic hot water supply, cooling, ventilation and lighting in buildings, whereby final consumption is add up to primary energy.

In our country, the first regulations related to thermal insulation of buildings appeared at the end of 1960s and since then have undergone several changes; however, there has been a substantial delay with respect to the countries of the European Union. In 2009, the Law on Planning and Building[3] was adopted, whose articles 4. 21. and 201. established the legal grounds for regulating rational energy consumption in buildings. Furthermore, there is an ongoing process of regulating energy efficiency of buildings and their energy certification (the issuance of energy passports) which will greatly assist in harmonizing Serbian legislation with that of the European Union.

In spite of the fact, that the laws and by-laws have rendered experts fully familiar with the methods for achieving energy efficiency in buildings, there still remain issues that concern energy loss in complex systems such as buildings, structures and interrelated connections; these are invisible and abstract and therefore mostly difficult to comprehend, especially to the non-expert. The method of thermal imaging allows for energy to be "seen" by the naked eye.

This monograph applies thermal imaging in the authors' attempt to demonstrate and explain to the general public how building energy loss occurs. Therefore its title is *Seeing Energy*. A number of buildings in Belgrade, Novi Sad and Niš were captured by both an ordinary and a thermographic camera to enable easy comparison and detection of the problems and characteristics of building envelopes which cause energy waste. The selection included buildings with different purposes, such as residential and public buildings, office buildings, health institutions, and banks. Their construction dates to different periods, which enabled an insight into the impact on energy efficiency arising from the choice of building systems, materials and fittings. Special attention, in the analysis, has been paid to those details of connection and installation that are not visible by ordinary observation of the structure but are clearly detected by the lens of a thermographic camera.

The monograph is accompanied by the exhibition of the similar content and title, *Seeing Energy,* with the aim of providing easy access to the general public by presentations in a number of towns and institutions in Serbia. This would highlight the constant need for saving energy and its more rational use in buildings.

Припрему и израду ове монографије као и пратеће изложбе омогућио је GTZ (Deutsche Gezellschaft fur Technische Zusamenarbeit).

–

[1] EPBD представља скраћеницу од Energy Performance of Buildings Directive. Directive 2002/91/EC of the European Parliament and of the Council of 16 December 2002. on the energy performance of buildings, Official Journal of the European Union, June, 2010.

[2] Directive 2010/31/EU of the European Parliament and of the Council of 19 May 2010 on the energy performance of buildings, Official Journal of the European Union, June, 2010.

[3] Закон о планирању и градјењу , Службени гласник Републике Србије, бр 72/2009.

The preparation and writing of this monograph, as well as the attendant exhibitions, were enabled by GTZ (Deutsche Gezellschaft fur Technische Zusamenarbeit).

–

[1] EPBD is an abbreviation of Energy Performance of Buildings Directive. Directive 2002/91/EC of the European Parliament and of the Council of 16 December 2002 on the energy performance of buildings, Official Journal of the European Union, June, 2010.

[2] Directive 2010/31/EU of the European Parliament and of the Council of 19 May 2010 on the energy performance of buildings, Official Journal of the European Union, June, 2010.

[3] Law on Planning and Construction, the Official Gazette of the Republic of Serbia, No. 72/2009.

Архитектура и термовизија

Монографија и изложба „Видети енергију" приказују зграде из нашег свакодневног окружења снимљене на два различита начина - стандардним дигиталним фотоапаратом и термовизијском камером. Фотоапарат је снимио архитектонске објекте на исти начин на који их и ми визуелно препознајемо и сагледавамо, док нам термовизијски снимци приказују исте објекте сагледане кроз (нашем оку невидљиви) инфрацрвени део спектра који открива термичке карактеристике омотача објеката. Објектив инфрацрвене камере је забележио, и визуелизовао, топлотну енергију која се емитује у атмосферу уместо у наше стамбене, пословне или јавне просторе, заправо енергију која је „изгубљена", а могла би бити сачувана бољим архитектонским и техничким решењима.

Термовизија је научна дисциплина новијег датума, у цивилној употреби тек од половине двадесетог века: она се бави прикупљањем и анализом термалних карактеристика објеката преко њихових термалних слика односно термограма без успостављања директног физичког контакта. Примена термовизије у циљу сагледавања енергетских перформанси архитектонских објеката, постала је актуелна крајем двадесетог века. Тада су теме од значаја за енергетску ефикасност у развијеним европским земљама постале интегрални део архитеконске праксе и стратешко питање у домену третмана постојећег грађевинског фонда.

Теоретски основ

Термовизија се базира на чињеници да сва тела топлија од апсолутне нуле емитују, у зависности од своје температуре, одређену количину зрачења.

Количина овог зрачења за идеална „црна тела" се може изразити помоћу Штефан-Болцмановог закона:

Architecture and Thermo-vision

The monograph and the exhibition "Seeing Energy" show images of buildings from our everyday surroundings taken in two different ways – by a standard digital photographic camera and a thermographic camera. The photographs present the architectural structures as we recognize and perceive them visually, while the thermograms show the same buildings through the infrared range of the spectrum (invisible to the eye), thus revealing the thermal characteristics of their outer envelope. The lens of the infrared camera recorded and visualized the thermal energy released into the atmosphere rather than into our residential, office or public spaces; in fact, it is the energy that is "lost" but could be saved by superior architectural and technological solutions.

A relatively recent scientific discipline, thermal imaging has only been in civilian use since the mid-twentieth century: it collects and analyzes thermal characteristics of objects through their thermal images, i.e. thermograms, without establishing a direct physical contact. The use of thermal imaging to assess energy efficiency of architectural structures became topical at the end of the twentieth century. It was then that in developed European countries the issues concerning energy efficiency were integrated into the architectural practice and the strategy in treating the existing buildings.

Theoretical background

Thermal imaging is based on the fact that all bodies warmer than absolute zero emit a certain amount of radiation depending on their temperature.

The amount of such radiation for ideal black bodies can be expressed by the Stefan-Boltzmann law:

$$Wb=\sigma T^4.$$

Wb = количина зрачења црног тела [W/m^2]
T = апсолутна температура [°K]
σ = Штефан-Болцманова константа = 5.6696 x 10^{-8}[W/m^{2}K^4]

„Црна тела“ су теоретска тела која се понашају као савршени емитери односно апсорбери енергије и она не постоје у природи. Ми, у ствари, анализирамо обична „сива тела“ чија се способност израчавања енергије мања и везује се за карактеристику емисивности. Емисивност представља количник зрачења сивог према црном телу и може се изразити следећим изразом:

$$\varepsilon = W / Wb$$

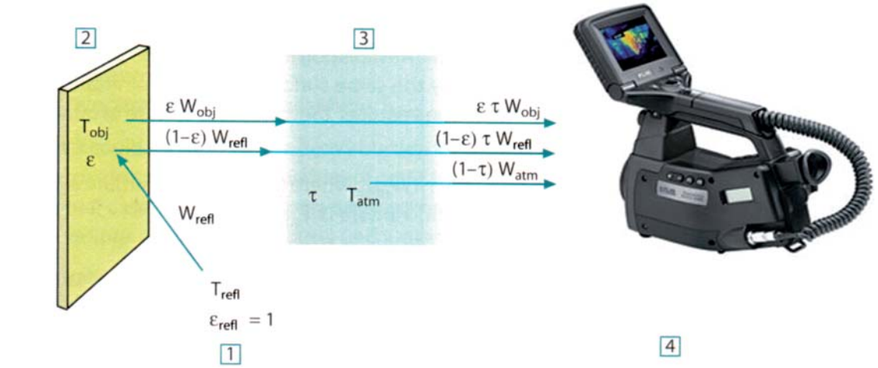
То практично значи да тела истих температура у зависности од емисивности могу имати различите интензитете зрачења и, самим тиме, другачије се очитавати на термограму.

Енергија, коју детектује термовизијско снимање, не мора потицати само од зрачења објекта. Објекти се не налазе у изолованим системима, већ у окружењу које, такође, има одређене енергетске карактеристике. Укупна енергија која пада на неко тело може бити апсорбована (апсорпција á), рефлектована (рефлексија ρ) или пропуштена (трансмисија - t). Сума ових енергија мора бити константна, тј. да је:

$$á+ ρ+ t=1.$$

У грађевинарству, најчешће, објекти нису провидни, тј. t =0 и једначина се може свести на á + ρ=1. Према Кирхофовом закону способност тела да емитује енергију је једнака способности да је прими, из чега изводимо да је ε= á, односно ε+ ρ=1 или ρ=1 – ε. Ово, практично, значи да за објекте високог степена углачаности ε се приближава нули и термограм углавном показује рефлексије, и обратно, што је већа емисивност, то термограм реалније приказује температуру површине. У грађевинарству утицај емисивности на очитавање вредности термограма је нарочито изражен код метала, тако да алуминијум, уколико је елоксиран тамне боје има емисивност од 0.95, док високо полиран има емисивност од 0.05.

Структуру зрачења најбоље илуструје приказ уобичајене шеме термовизијског снимка (слика 1). Из ове шеме јасно видимо да је укупно зрачење, у ствари, сума енергије: емитоване из самог објекта, рефлектоване енергије окружења и енергије емитоване од стране атмосфере. Термовизијска камера компензује утицаје рефлексија и утицаје атмосфере и то на основу података које је неопходно унети од стране оператера, она преводи зрачење тела у визуелну репрезентацију – термограм на основу унапред калибрисаних резултата унетих у меморију камере.



Слика 1. Шематски приказ типичног мерења: 1-окружење, 2-објекат, 3-атмосфера, 4-камера

Термовизија се базира на мерењу зрачења у одређеном – инфрацрвеном - спектралном опсегу електромагнетног спектра (слика 2), односно у таласним дужинама између 0.7 i 100μm са корисним опсегом од 2-5 μm odnosno 8-14 μm. Топлотна

$$Wb=\sigma T^4.$$

where:
Wb = radiant heat energy of a black body [W/m^2]
T = the absolute temperature [°K]
σ = the Stefan-Boltzmann constant = 5.6696 x 10^{-8}[W/m^{2}K^4]

Black bodies are theoretical objects that behave as perfect emitters, i.e. absorbers of energy. As they do not exist in the natural world, we practically analyze the common grey bodies with a lower ability to radiate energy which is linked to emissivity. This property represents the ratio of radiation emitted by a grey body to that emitted by a black body and can be expressed as follows:

$$\varepsilon = W / Wb$$

This practically means that relative to their emissivity, bodies having the same temperatures can have different intensities of radiation and thus will project different thermal images.

The energy detected by thermal imaging does not necessarily originate from the radiation emitted by buildings only. Buildings do not exist in isolated systems but in the environment with certain energy properties. The overall energy which a body receives can be absorbed (absorption á), reflected (reflection ρ) or transmitted (transmission - t). The sum of these energies must be constant so that:

$$á+ ρ+ t=1.$$

In building construction, buildings are mostly not transparent, i.e., t =0 so the equation can be reduced to á + ρ=1. According to Kirchhoff's law, the body's ability to emit energy is equal to its ability to absorb it; hence ε= á, i.e., ε+ ρ=1 or ρ=1 – ε. Practically, this means that for buildings with high gloss levels ε approaches zero and their thermogram mainly shows reflections; reversely, the greater the emissivity, the more realistically the thermogram shows the surface temperature. In building construction, the impact of emissivity on thermogram values is especially distinctive in metals; thus, dark anodized aluminium has the emissivity of 0.95 while when highly polished, its emissivity is 0.05.

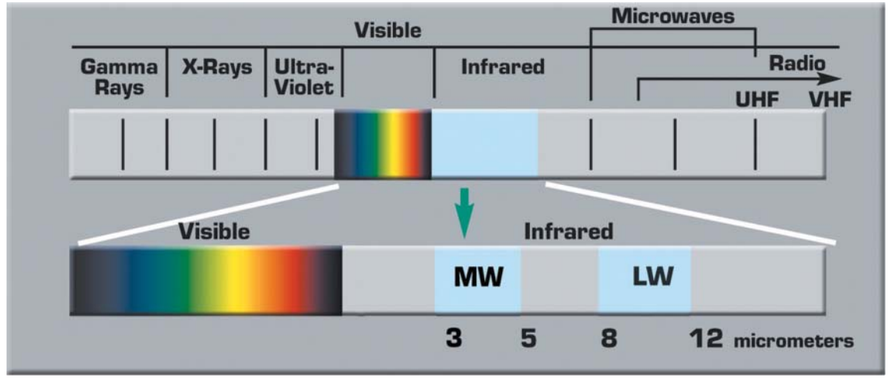
The structure of radiation is best illustrated by the common diagram of a thermovisual recording (Figure 1). It can be clearly seen that the overall radiation is in fact the sum of energy: radiated by the building itself, reflected by the surroundings and radiated by the atmosphere. A thermographic camera compensates for the effects of reflection and the atmosphere: it translates body radiation into a visual representation – a thermogram, using previously calibrated data entered into the memory of the camera by the operator.

Figure 1. Graphic representation of a typical measurement: 1-the environment, 2-the building, 3-the atmosphere, 4-the camera

Thermal imaging is based on measuring radiation in a specific – infrared – spectral range of the electromagnetic spectrum (Figure 2), that is, in wavelengths between 0.7 and 100μm with the useful range of 2-5 μm, and 8-14 μm. Thermal energy is not transmitted only within these

енергија се не преноси само у овим таласним дужинама, штавише, сунчева енергија се највише преноси у видљивом делу спектра. Пренос топлоте почиње у зони ултраљубичастог зрачења и простире се кроз целокупан видљиви и инфрацрвени спектар.

wavelengths; moreover, solar energy is mostly transmitted in the visible range of the spectrum. Heat transmission starts in the zone of ultraviolet radiation and extends through the entire visible and infrared spectrum.



Слика 2. Шема електромагнетног зрачења

Figure 2. Graphic representation of electromagnetic radiation

Однос количине зрачења у зависности од таласне дужине исказан је Планковим законом

The ratio of the amount of radiation to wavelength is expressed by Planck's law

$$W_{\lambda b} = \frac{2\pi hc^3}{\lambda^5 \left(e^{hc/\lambda kt} - 1\right)} \times 10^{-6}$$

где је:
$W_{\lambda b}$ = зрачење црног тела на одређеној таласној дужини [W/m² μm],
c = брзина светлости (3x10⁸ m/s),
h = Планкова константа (6.6x 10⁻³⁴ Js),
k = Болцманова константа (1.38x10⁻²³ J/K),
T = апсолутна температура црног тела [°K],
λ = таласна дужина [μm]

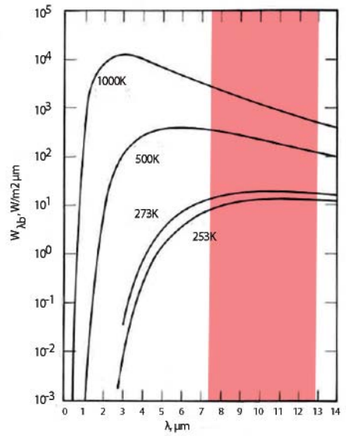
where:
$W_{\lambda b}$ = radiation emitted from a black body at a specific wavelength [W/m² μm],
c = the speed of light (3x10⁸ m/s),
h = Planck's constant (6.6x 10⁻³⁴ Js),
k = Boltzmann's constant (1.38x10⁻²³ J/K),
T = absolute temperature of the black body [°K],
λ = wavelength [μm]

Графичка илустрација ове законитости се види на слици 3 и можемо уочити да се за више температуре максимум помера ка мањим таласним дужинама. На графикону се може видети и да је за температуре које

A graphic representation of this law is shown in Figure 3, where it can be noticed that at higher temperatures the maximum value moves towards the lower wavelengths. The graph shows that for the temperatures of

су предмет нашег интересовања, максимална вредност у зони инфрацрвеног зрачења, а црвеном бојом је приказан спектрални опсег коришћене камере.

our interest, the maximum value is in the range of infrared radiation. The spectral range of the camera used is highlighted in red.



Слика 3. Планкове криве
Figure 3. Planck's curves

Основе формирања термалних слика

Приликом снимања термовизијских слика врши се конверзија инфрацрвеног зрачења које се, преко сочива, фокусира на детектор на сличан начин као у обичној дигиталној фотографији. Детектор креира електрични сигнал који зависи од интензитета сигнала и он се касније конвертује у термалну слику.

Две су основне резлике у односу на фотографију:

- овде се снима зрачење које потиче од објекта и од рефлексија - за разлику од фотографије где се углавном снимају рефлексије (осим изразито загрејаних објеката)
- визуелни спектар се односи и на боју и интензитет - док инфрацрвено снимање се односи само на интензитет.

The basics of thermal imaging

Similarly to ordinary digital photography, thermal imaging is done by converting infrared radiation, which is focused on a detector through the lens and then turned into an electric intensity-dependent signal whereby a thermal image is formed.

Compared to photography, there are two basic differences:

- here imaging is done of the radiation which originates from both the building and the reflections, unlike photography, where reflections are mainly recorded (with the exception of extremely heated objects)
- the visual spectrum refers to both the color and the intensity, while infrared imaging refers to intensity only.

Шта представља термална слика? Она не представља слику дистрибуције температуре како се обично сматра, већ интензитет зрачења, који, као што је већ речено, може имати различите изворе. Код објеката са већом емисивношћу слика реалније приказује температуре (мали је проценат рефлексије) - и обратно. Тако нпр. прозор који је у визелној фотографији провидан, у термовизији представља рефлесивну површину (пандан огледалу). Зато ми, у ствари, снимамо такозвану привидну температуру коју је неопходно компензовати приликом фотографисања, јер слика остаје непромењена визуелно али се, нумерички параметри очитавања, разликују.
У циљу добијања адекватних мерења (пошто се фотографисање у ствари своди на мерење) морају бити остварена температурна разлика од мин. 10°C између делова који се анализирају уз одржавање стабилне унутрашње температуре односно постојање негативног притисака од 10-50Pa - уколико се мери инфилтрација.

За потребе снимања објеката приказаних у овој монографији коришћена је камера ThermaAM B20, произвођача *Flir Systems*, која је наменски дизајнирана за примену у грађевинсрству. Оперативна у рангу од 7.5-13 μm и на температурама од -15 до +50°C она је стандардно је опремљена сочивом од 24° и омогућава снимање објеката обрадом преко ФПА (focal plane array) микроболометра уз излазну дигиталну слику димензија 320/240 пиксела. То практично значи да за сваки од 76800 излазних пиксела можемо, у каснијој анализи фотографије преко одговарајућег софвера (ThermaCAM Reporter), добити информације о очитаним вредностима односно користити посебне аналитичке алате (маркиране тачке, регионе, изотерме итд.) за њихово поређење.

What does a thermal image represent? Contrary to common belief, it does not show temperature distribution but the intensity of radiation, which can have different sources as mentioned above. In buildings with higher emissivity, the image shows temperatures more realistically (there is a small percentage of reflection) and vice versa. For example, a window that is transparent in a visual photograph represents a reflexive surface in a thermogram (like that of a mirror). That is why the so-called apparent temperature is recorded in fact, which must be compensated in the process since the image remains visually unchanged although the registered numeric parameters will differ.
To achieve adequate measurements (since thermal imaging is in fact measuring), a minimum 10^0C difference in temperature must be achieved between the surfaces (internal - external) under analysis, while at the same time a stable internal temperature, i.e., negative pressure of 10-50Pa must be maintained in case infiltration is measured.

The thermal images of buildings presented in this monograph were made by ThermaCAM B20 camera, manufactured by Flir Systems. It was purposely designed for the use in building construction. With an operational range of 7.5-13 μm at temperatures between -15 and +50°C, it is standardly equipped with a 24° lens and enables capturing structures by FPA (focal plane array) microbolometer with a digital image output of 320/240 pixels. Thus subsequent software analysis (by ThermaCAM Reporter) yields information on each of the 76800 output pixels regarding the obtained values and enables the use of special analytical tools (marked points, regions, isotherms etc.) for their comparison.

Примена термовизије

Примена термовизије је веома разноврсна и она углавном обухвата:
- процесе одржавања базиране на мерењима стања,
- истражвачке и развојне пројекте,
- медицинске и ветеринарске примене,
- контрола квалитета,
- процесна контрола,
- недеструктивно тестирање.

Снимање у реалном времену уз „инертност“ прикупљања података о самом процесу (објекту посматрања) исказана кроз одсуство контакта гарантује његово неометано одвијање (не утиче се на ток) уз правовремене информације, обезбеђује сигурност у раду и представља велику предност термовизије као методе.

Грађевинарство се, као делатност у овој дијагностичкој области првенствено сврстава у домен одржавања и делом контроле квалитета и као таква у последње време представља стандардан метод сертификације и провере функционисања објеката.
Захтеви за високим степеном комфора и енергетском ефикасношћу објеката значајно доприносе повећању употребе ове дијагностичке методе.

Поља примене су разноврсна и углавном се односе на:
- дијагностицирање квалитета термоизолације, начина њеног постављања, дефеката, термалних мостова,
- утврђивање зона инфилтрације ваздуха,
- утврђивање зона кондензације,
- утврђивање зона продора влаге (цурења,)
- цурења система грејања и других инсталација,
- застоја у цевима (у одређеним случајевима),
- варијације температура конструкције и омотача.

The applications of thermal imaging

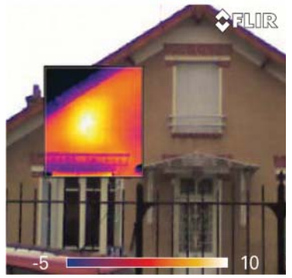
Thermal imaging can be used in a wide variety of applications, mainly including:
- maintenance processes based on condition assays,
- research and development projects,
- human and veterinary medicine,
- quality control,
- process control,
- non-destructive testing.

Real time imaging combined with “passivity” (absence of contact) in collecting data on a process under observation guarantees its uninterrupted progress (its course is not influenced), provides timely information, secures the working process and represents a great advantage of the thermal imaging method.

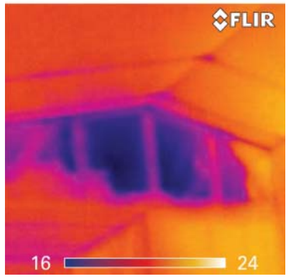
In building construction, this diagnostic field is primarily placed in the domain of maintenance and partly in quality control, and as such it has recently become a standard method of certification and building function control.

The demands for a high level of comfort and energy efficiency of buildings have significantly contributed to an increased use of this diagnostic method.

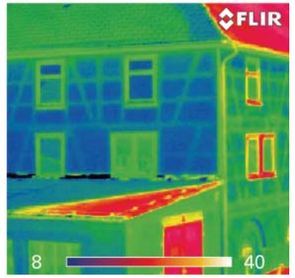
The fields of application are diverse and mainly include:
- diagnostics in thermal insulation quality, its installation, defects, thermal bridges,
- determining the air infiltration zones,
- determining the condensation zones,
- determining the humidity penetration (leakage) zones,
- leakages in the heating system and other installations,
- pipe blockages (in certain cases),
- temperature variations in the structure and the envelope.



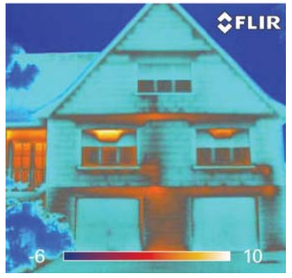
Недостатак изолације посматрано споља значно топлији део зида, знатан губитак енергије.
Missing insulation seen from inside, ignificantly warmer part of the wall severe energy loss.



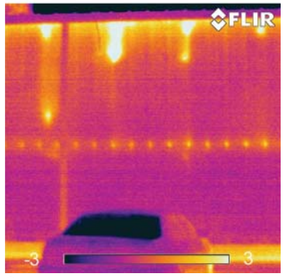
Недостатак изолације, посматрано изнутра хладнији део зида, знатан губитак енергије.
Missing insulation seen from inside, significantly colder part of the wall severe energy loss.



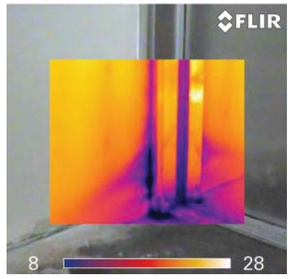
Откривање конструкције зидова и утврђивање могућих оштећења. Објекат са дрвеном конструкцијом.
Definition of structural elements of façade walls and inspection for damages. building with wooden construction.



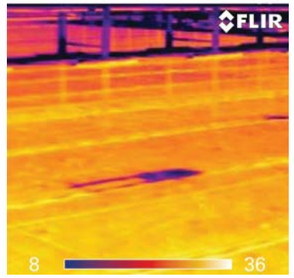
Продувавање кроз фасаду објекта услед лоше изведене заптивености.
Air leakage through façade due to the low quality of wall construction.



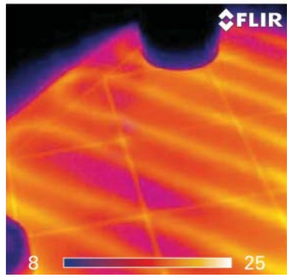
Откривање конструкције зидова и утврђивање могућих оштећења. Објекат са панелном фасадом.
Definition of structural elements of façade walls and inspection for damages. Building with panel façade.



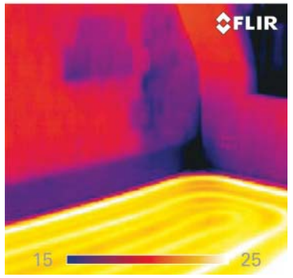
Продувавање балконских врата, губици и до 50% губитке енергије за грејање.
Air leakage through balcony door, losses for almost 50% of energy needed for heating.



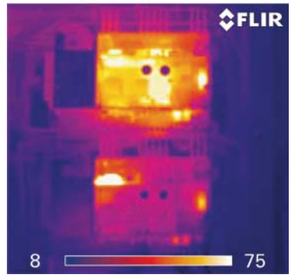
Цурење равног крова. Јасно уочљива зона влажне изолације омогућава ефикасну и брзу поправку.
Leakage of flat roof construction. Clearly visible zone of wet insulation enables efficient and fast repair.



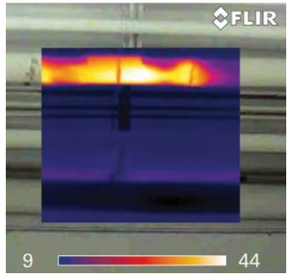
Утврђивање положаја цеви подног грејања.
Localizing and vizualizing of the floor heating pipes.



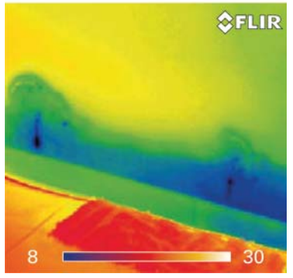
Цурење система грејања и влажење зида јасно видљиве влажне зоне и место цурења.
Leaking from the heating system and water entering the wall, clearly visible wet zones and position of leakage.



Детекција лоших контаката у електричној мрежи који резултују повећањем температуре и чести су узрочници пожара.
Detection of loose contacts within home electrical network resulting in temperature increase usually causing fire.



Откривање зачепљења као и цурења цеви сакривених у оквиру конструкција.
Detection of blockages as well as leakages of pipes hidden within the construction.



Ширење влаге услед лоше хидроизолације.
Moisture intrusion due to the lack of adequate hydro - insulation.

Београд Belgrade

1 Републичка скупштина, Трг Николе Пашића 13
The House of the National Assembly, 13 Nikole Pašića Sq

2 Стамбена зграда, Господар Јованова 27
A residential building, 27 Gospodar Jovanova St

3 Палата „Албанија“, Кнез Михаилова 4-6
The Albanija Palace, 4-6 Knez Mihailova St

6 Стамбена зграда, Господар Јованова 19
A residential building, 19 Gospodar Jovanova St

8 Културни центар “Дом омладине“, Македонска 22-24
The Youth Culture Center – Dom Omladine, 22-24 Makedonska St

10 Палата „Београд“ - „Београђанка“, Масарикова 5
The Beograd Palace – Beograđanka, 5 Masarikova St

18 Пословна зграда „Инекс“, Краљице Марије 3
The Inex Office Tower, 3 Kraljice Marije St

21 Стамбена зграда, Булевар краља Александра 177
A residential building, 177 Blvd kralja Aleksandra

22 Стамбена зграда, Бранка Крсмановића 24
A residential building, 24 Branka Krsmanovića St

4 Палата „Србија“ - СИВ, Булевар Михајла Пупина 8
The Srbija (former SIV) Palace, 8 Mihajla Pupina Blvd

5 Стамбена зграда у Блоку 7а - „Павиљони“, Џона Кенедија 55-57
A residential building in Block 7a – The Pavillions, 55-57 Džona Kenedija St

7 Стамбена зграда у Блоку 21 - „Шест каплара“, Булевар Михајла Пупина 3-13
A residential building in Block 21 – The Six Corporals, 3-13 Mihajla Pupina Blvd

9 Пословно – трговачки комплекс „Ушће“, Булевар Михајла Пупина 6
The Ušće Office and Retail Complex, 6 Mihajla Pupina Blvd

11 Стамбена зграда у Блоку 28 – „Телевизорка“, Милутина Миланковића 96-118
A residential building in Block 28 – The Televizorka, 96-118 Milutina Milankovića St

12 Стамбена зграда у Блоку 28, Булевар уметности 37
A residential building in Block 28, 37 Blvd umetnosti

13 Центар „Генекс“ – Западна капија Београда, Народних хероја 41-43
The Genex Tower – The Western City Gate, 41-43 Narodnih Heroja St

14 Стамбена зграда у Блоку 45, Јурија Гагарина 191
A residential building in Block 45, 191 Jurija Gagarina St

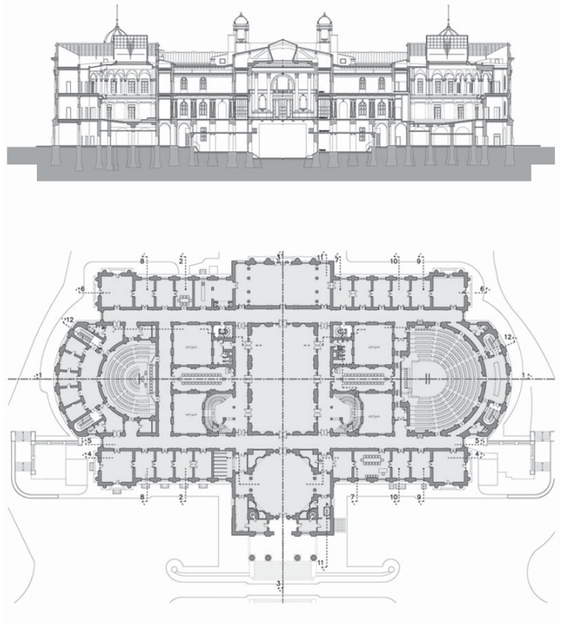
15 Стамбена зграда у Блоку 29, Булевар АВНОЈ-а 115
A residential building in Block 29, 115 Blvd AVNOJ-a

16 Дом здравља „Нови Београд“ у Блоку 44, Нехруова 53
The Novi Beograd Primary Health Care Center in 44 Housing Project, 53 Nehruova St

17 Стамбена зграда у Блоку 30, Булевар Михајла Пупина 157
A residential building in Block 30, 157 Mihajla Pupina Blvd

19 Стамбена зграда у Блоку 9б - „Ретензија“, Џона Кенедија 10е-10х
A residential building in Block 9b – The Retenzija, 10e-10x Džona Kenedija St

20 Стамбена зграда у Блоку 70, Јурија Гагарина 27а-д
A residential building in Block 70, 27a-d Jurija Gagarina St



Републичка скупштина

Трг Николе Пашића 13, Јован Илкић, 1906-1936.

Зграда Републичке скупштине, грађена више деценија, према првобитном пројекту архитекте Јована Илкића, својом монументалношћу у духу стила касне ренесансе и значајем своје друштвене функције, као да симболизује официјелни дух времена у којем је грађена. Објекат је замишљен као грађевина у слободном простору, окружена зеленилом, разуђене основе, са подрумом , приземљем и два спрата. Централни део је наглашен прилазним рампама, монументалним степеништем и улазним портиком са троугаоним тимпаноном и са четири мање декоративне куполе између којих се уздиже велика-централна. Од средишњег корпуса одвајају се разуђена крила са по једним ризалитом, наглашеним кровним венцем, зиданом атиком и по једном мањом куполом. Овај објекат спада међу најзначајнија архитектонска остварења у Београду.

The House of the National Assembly

13 Nikole Pašića Square, Jovan Ilkić, 1906-1936.

The building of the National Assembly, which was under construction for several decades, was originally designed by the architect Jovan Ilkić. Its Late Renaissance monumentality and the importance of its social function, seems to symbolize the prevailing spirit of the age in which it was built. The building was envisioned as a free-standing structure immersed in greenery, featuring complex plan with a basement, ground level and two floors. Its central part is emphasized by approach ramps, a dominant staircase and a portico with a triangular tympanum and four smaller decorative domes, among which the great central dome rises. Two wings reach out from the central corpus, each with an overhang, an emphasized roof cornice, and an attic under a smaller dome. This building stands out as one of the most important architectural monuments in Belgrade.

Зграда је грађена у масивном конструктивном систему са зидовима од опеке. Фасада је изведена без термоизолације у обради од вештачког камена. Неоренесансни и необарокни облици, и њима одговарајући декоративни елементи, налазе посебно место на богатој пластици фасаде.

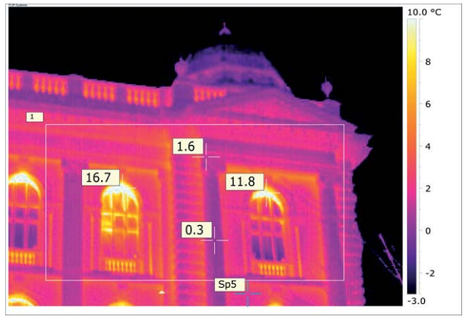
The building was constructed with load bearing masonry walls. The facade has no thermal insulation and is finished with cast stone layer. The Neo Renaissance and Neo Baroque forms with their corresponding decorative elements have a special place in the elaborately embellished frontispiece.

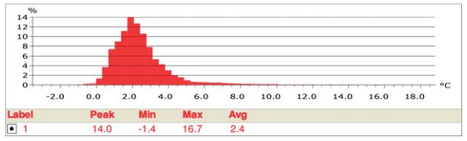
Термовизијски снимак објекта открива различите видове топлотних губитака који варирају у односу на материјал, дебљину зидова и грађевинске детаље. Најупечатљивији су губици на прозорима: они указују да је приликом замене столарије пропуштена прилика да се значајно унапреде термичке карактеристике зграде употребом квалитетније столарије и бољом заптивеношћу спојева са зидом.

The thermographic image of the building reveals different types of thermal loses that vary depending on the material, wall thickness and construction detailing. The most noticeable are the losses at the windows, showing that, at the time when the old casings were replaced, the opportunity was missed to improve the thermal characteristics of the building significantly by using high-quality tightly fitting window systems.

- Детаљнији снимак показује различите спољашње температуре зида. Температуре су приметно ниже на деловима где се налазе пиластри и други елементи пластике, где је дебљина зида двоструко већа од основне. Насупрот томе, јасно се оцртавају парапети и друга поља где је дебљина зида (испуне) мања.
- Губици око прозора су посебно изражени на полукружним сегментима, где је очигледно већа разлика између геометрије отвора и прозора.

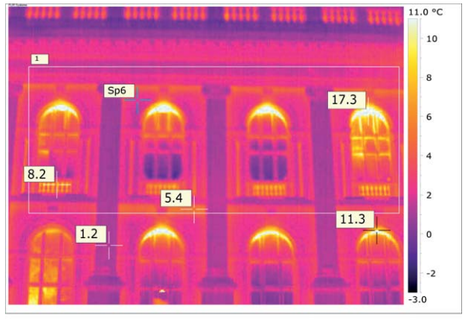
- A more detailed image shows different outdoor temperatures of the walls; they are notably lower in the parts where there are pilasters and other decorative elements and the walls are twice as thick as the main wall. By contrast, the parapets and the other areas where the wall is not as thick are clearly defined in thermographic image.
- The losses around the windows are especially evident at the semicircular segments, where there is obviously a greater discrepancy between the geometry of the window casings and the wall openings.

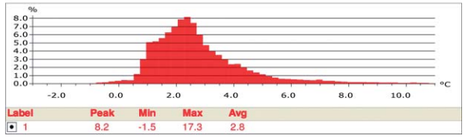


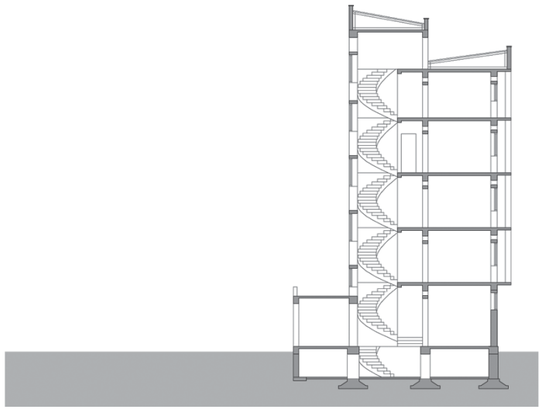


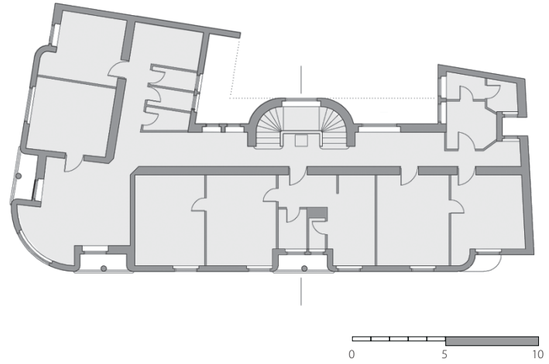
- Детаљ фасаде са прозорима јасно показује разлику у топлотним губицима у зависности од режима коришћења просторија (нпр. прозор горе десно), као и колико је значајно искључивање свих уређаја када нису у функцији. На истом прозору види се и да неадекватна уградња може имати за последицу директан губитак топлоте - спољашња температура зида на «критичном» месту у темену лука је 17.3°C, што је једва неколико степени мање од температуре унутар саме просторије.

- The detail of the façade with windows clearly shows the difference in thermal performances, depending on how the space is used (e.g., the top right window), as well as how important it is that all electric devices are disconnected when not used. The same example indicates that inadequate installation can cause direct heat loss – the outdoor temperature of the wall in the critical place in the arch vertex is 17.3°C, which is only several degrees lower than the temperature inside the room itself.









Стамбена зграда

Господар Јованова 27, Драгомир Томић, 1933.

Зграда у Господар Јовановој улици бр. 27 представник је стамбене архитектуре Београда која се развила у периоду између два светска рата. Овај угаони објекат се састоји из подрума, приземља намењеног комерцијалним садржајима, четири стамбене и једне поткровне етаже. Сведеним архитектонским изразом апострофира се лучни угаони мотив, уз дискретне цезуре формиране лођама. Хоризонталност је наглашена секундарном пластиком и прозорском поделом у контрасту са сведеним парапетним тракама. Коришћени елементи су карактеристични за период београдске модерне.

A Residential building

27 Gospodar Jovanova Street, Dragomir Tomić, 1933.

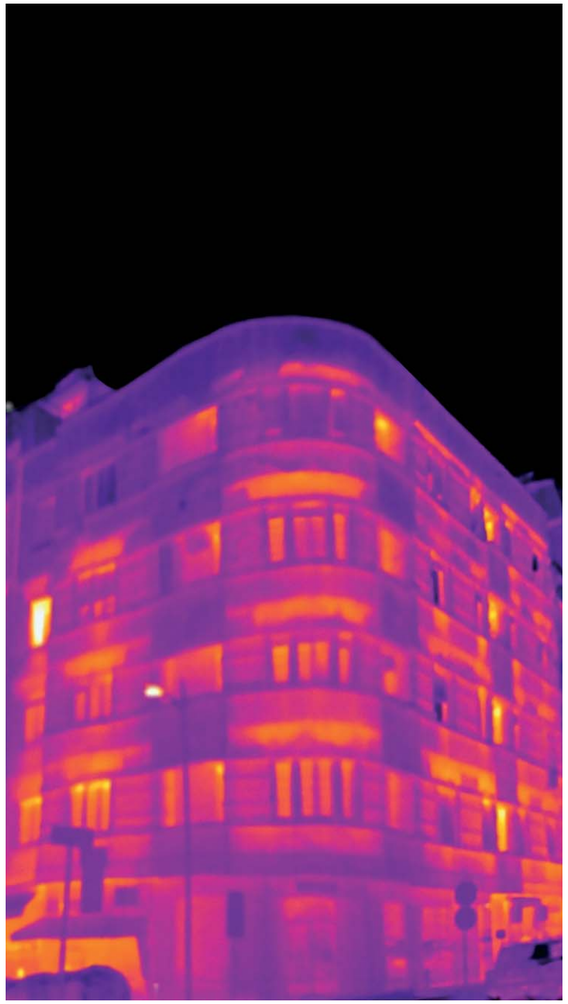
The building at 27 Gospodar Jovanova St. is representative of typical residential architecture in Belgrade from the period before the Second World War. This corner-positioned structure consists of a basement, a dominant ground level intended for commercial purposes, four residential floors and a loft. The minimalist architectural expression emphasizes the curved corner motive, discretely interrupted by loggias. The unembellished parapets and the window frames with shallow decorative elements form alternating horizontal stripes, which are elements characteristic of Belgrade Modernism.

Објекат је зидан у масивном зиданом конструктивном склопу, са фасадним зидовима од опеке дебљине 38cm и малтером као завршном обрадом, без икакве термичке изолације. Прозори су дрвени, двоструки (широка кутија) са поделом карактеристичном за стамбене зграде из тридесетих година прошлог века и нису мењани у односу на првобитно стање. Ефекат повученог приземља постигнут је малим конзолним препуштањем стамбених етажа и растерећењем масе приземља коришћењем великих стаклених површина.

The building was constructed with load bearing masonry walls, with the façade walls made of 38 cm thick brick and mortar cladding, with no thermal insulation. The double windows are wooden (in wide casing) with the division characteristic of the 1930s residential buildings; they have not been replaced since their original installation. The effect of the recessing ground floor was achieved by a slight cantilevered overhanging of the residential floors and by minimizing the massive appearance of the ground level with large glass surfaces.

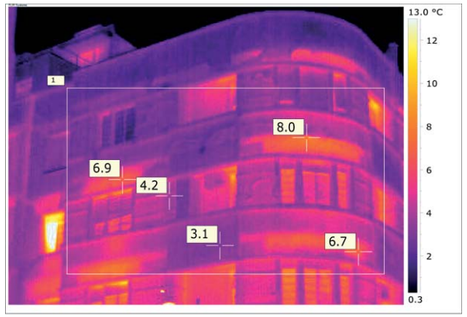
Термовизијски снимак открива структуру фасадног платна, подједнако јасно на деловима на којима се задржала оригинална облога као и на деловима који су временом «огољени». Бетонски елементи - натпрозорници и спојеви таванице са зидом - издвајају се слабијим термичким карактеристикама од делова зиданих опеком. Угаони локал у приземљу се није користио у тренутку снимања, што се види са «дневне» фотографије, али и са термовизијског снимка где камера бележи много мање одавање топлоте неко код суседних локала.

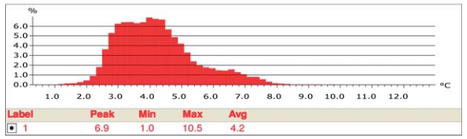
The thermographic image reveals the structure of the façade, equally visible in parts where the original rendering was preserved, as well as in parts that have "bared" in time. The concrete elements – lintels and spandrel beams – have poorer thermal performance compared to the brick segments. The corner shop on the ground level was not used during the audit, which is evident in both the daytime image and in the thermogram, where the camera detected a significantly less heat loses than at the neighboring shops.



- Хистограм са термографског снимка показује да се на фасадном платну детектују температуре од 2 до 8°C; највеће вредности су на бетонским натпрозорницима, а најмање на лођама, где заправо и нема директне трансмисије из грејаног унутрашњег простора.

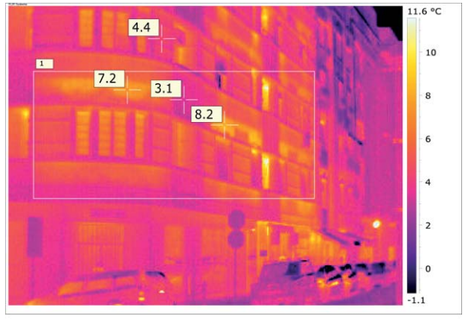
- A histogram from the thermal image shows that temperatures between 2 and 8°C were detected on the façade; the highest values were at the concrete lintels and the lowest at the loggias, where there was actually no direct transmission from the heated interior.

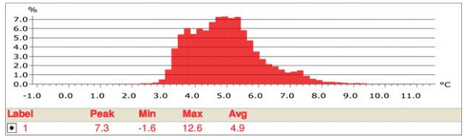


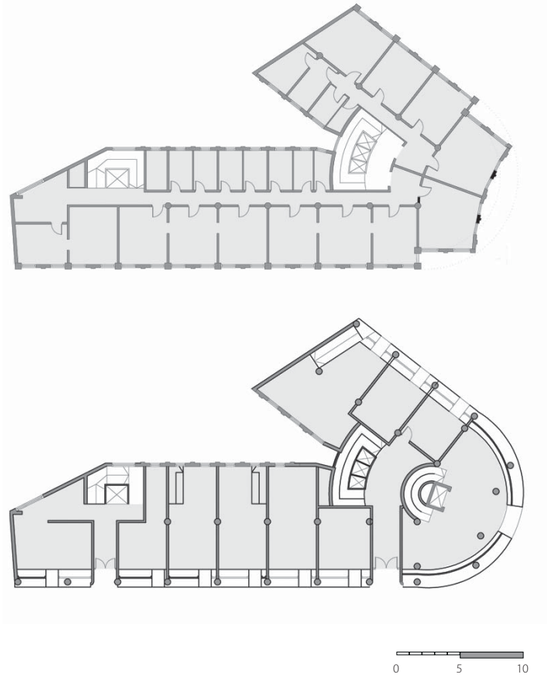


- Уградња прозора у отворе са «зубом» редукује топлотна давања по обиму прозора, а зидани стубићи на угаоним прозорима помажу да се боље усклади геометрија столарије са кривином фасадног зида. Неизолован фасадни зид има за последицу значајне топлотне губитке.

- The installation of windows into the openings, fitted with window reveals, reduces heat waste per window perimeter, while the brick columns on the corner windows help better adjustment between the geometry of the casing with the curve of the façade wall. Significant heat loss results from the non-insulated façade wall.







Палата „Албанија“

Кнез Михаилова 4-6,
Бранко Бон, Миладин Прљевић, 1938-1939.

Палата „Албанија“ се налази на Теразијском гребену и представља почетну тачку главне градске осе. Име је добила по кафани која се претходно налазила на овом месту. Висока 53 метра, својевремено је била највиша зграда на Балкану, са 13 надземних и 4 подземне етаже. Обликована је у интернационалном духу модернизма тридесетих година нашег века, са фасадама обложеним мермером.

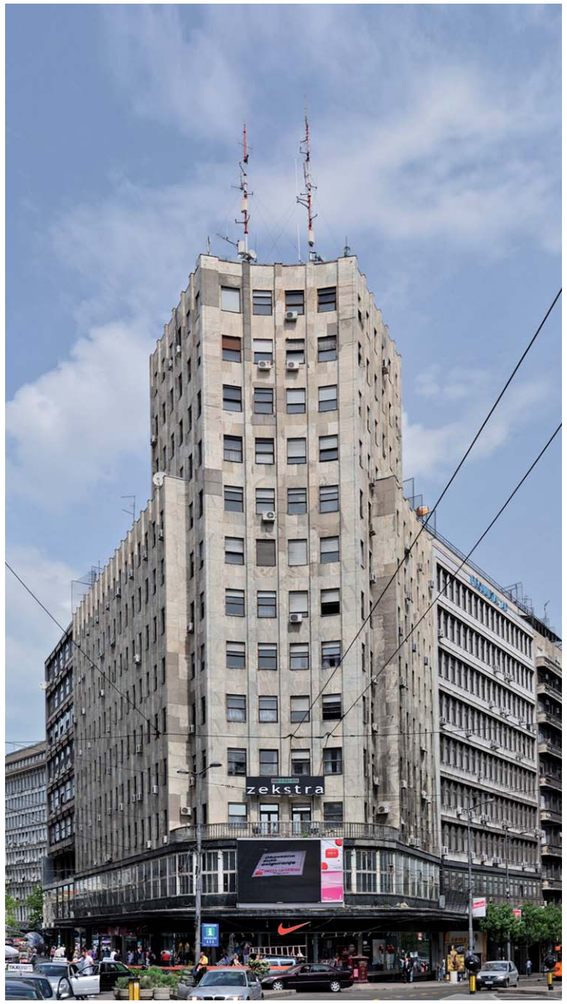
The Albanija Palace

4-6 Knez Mihailova Street,
Branko Bon, Miladin Prljević, 1938-1939.

Located on the crest of Terazije, it represents the starting point of the main city axis. The building was named after a tavern (kafana) that used to be in its place. With the height of 53 m and its 13 above-ground and 4 below-ground levels, it was once the tallest building in the Balkans. It was designed in the international style of Modernism of the 1930s, with façades in marble cladding.

У конструктивном и технолошком смислу, представља значајно достигнуће српске архитектуре тог доба. Својим благо конвексним обликом, слободним приземљем са продавницама, првим спратом који је оивичен бордуром, што визуелно потцртава постамент куће, као и високим доминантним вертикалним волуменом који је израстао из бочних нижих крила објекта, овај објекат представља просторни акценат Теразија и један од препознатљивих репера Београда.

With respect to construction and technology, it represents a significant achievement of contemporary Serbian architecture. With its gentle convex shape, a free ground level with shops and the first floor with a border which visually underlines the base of the building, combined with its prominent tall vertical volume rising from the lower side wings, this building accentuates Terazije spatially and is one of Belgrade's signature landmarks.

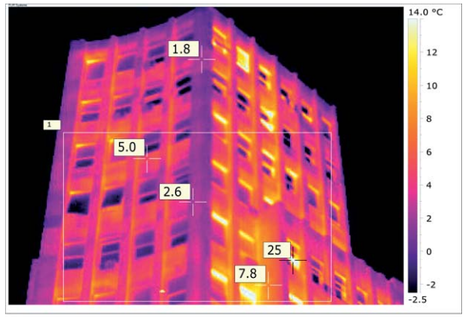


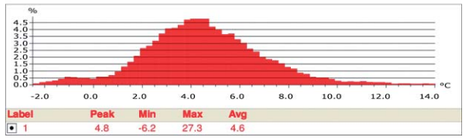
Посматрајући објекат у целини, можемо да приметимо да се највећи топлотни губици јављају на прозорима и застакљеним површинама. Занимљива је разлика између локала у приземљу, са јаком расветом, и простора на спрату, који се није користио у тренутку термографског снимања.

As a whole, the building displays greatest heat losses at the windows and glazed surfaces. There was a noticeable difference between the ground floor shops with strong lighting and the spaces on the floors above, which were not used at the time when the thermal images were taken.

- Прозори, који нису добро затворени јасно се издвајају, као што се уочава и системски проблем у горњој зони прозорских отвора. Код отвореног прозора камера је очитала заправо температуру просторије (25°C), прозори код којих су спуштени застори показују прилично реалне температуре, док је код појединих прозора забележена рефлексија ноћног неба и они се на снимку приказују као хладни (сасвим тамни).

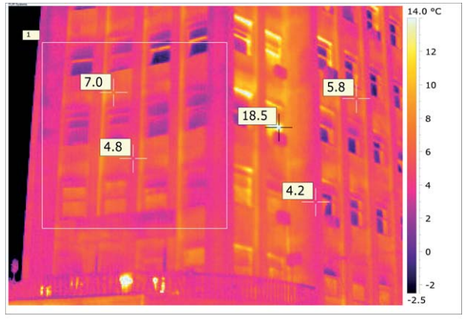
- The windows, that were not closed properly, are emphasized, and there is an obvious, systemic, problem in the upper zone of the window openings. In fact, the camera registered room temperature (25°C) at an open window; the windows with lowered blinds show fairly realistic temperatures; while a reflection of the night sky was registered at certain windows so that the thermogram shows them as cold (completely dark).

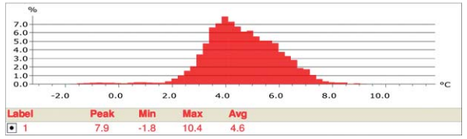


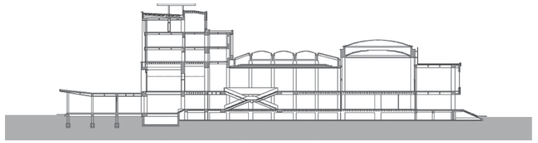


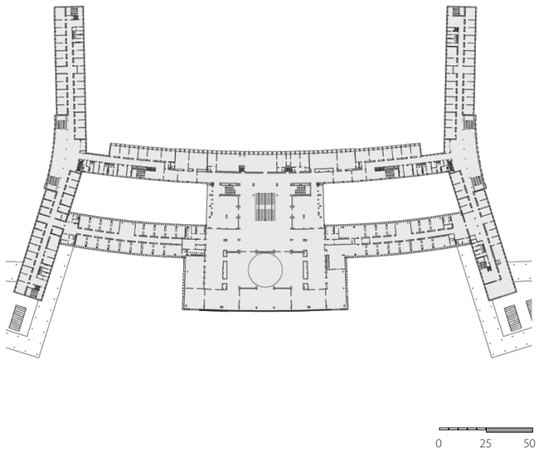
- Као последица примене скелетног система, пиластри (ивични стубови) показују боље термичке карактеристике од парапета, што је логична последица веће дебљине и термичке масе на тим деловима фасадног платна. Слаба заптивеност појединих прозора узрокује приметне топлотне губитке.

- Due to the skeleton design, the pilasters (border columns) show better thermal properties than the parapets, which logically ensues from greater thickness and thermal mass in those parts of the façade. Poor sealing in some windows causes notable heat loses.









Палата „Србија“ - СИВ

Булевар Михајла Пупина 8, Антон Урлих, Владимир Поточњак, Златко Најман, Драгица Перак, 1947-1953.

Првобитно зграда председништва владе ФНРЈ, од 1961.године Савезно извршно веће - СИВ - изграђена је и отворена за Прву конференцију шефова држава и влада несврстаних земаља.
Овај објекат, са просторијама за републичка министарства, администрацију, посебне комисије, републичке органе, пројектован је као слободностојећа монументална композиција, заснована на прочишћеној модерној, неокласицистичкој архитектонској поставци.
Основа палате је симетрична са средишњим корпусом и два бочна крила, пројектована у облику слова „Н“ и обухвата површину од 5.500m² у основи. Испред средњег крила налази се нижи део, покривен стакленом куполом, у коме је свечана дворана која може да прими 2000 званица. Објекат садржи шест салона и око 1000 канцеларијских просторија.

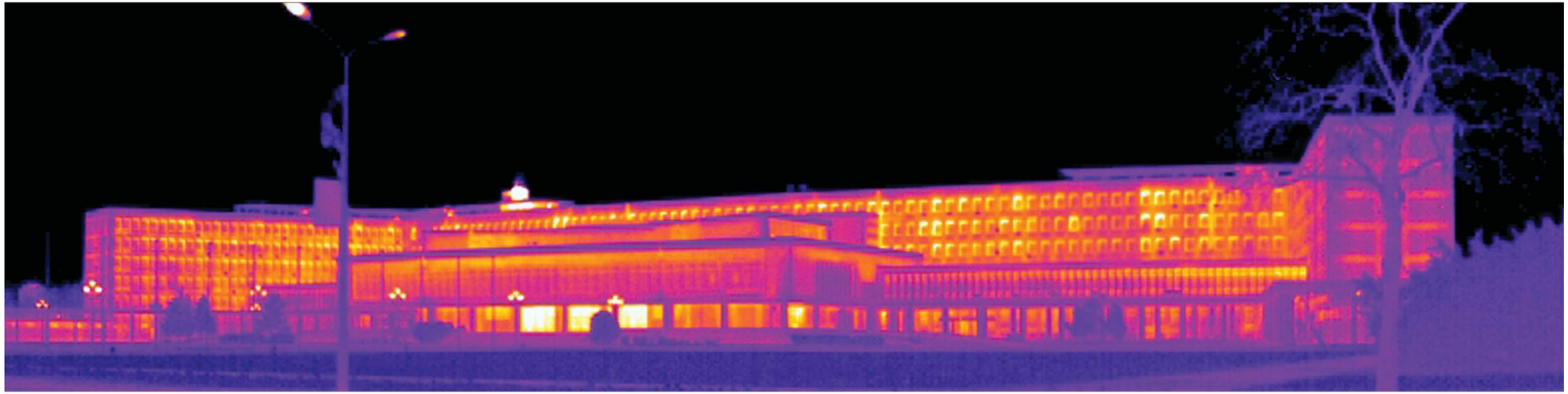
The Srbija (former SIV) Palace

8 Mihajla Pupina Boulevard, Anton Urlih, Vladimir Potočnjak, Zlatko Najman, Dragica Perak, 1947-1953.

Originally housing the Presidency of the FPR Yugoslavia and from 1961 the Federal Executive Council (Savezno izvršno veće – SIV), the building was opened to host the First Non-Aligned Movement Summit in 1961.
This building, spaciously accommodating numerous federal administration departments and agencies, was designed as a monumental, free-standing composition, based on a clean modern neoclassical architectural arrangement.
The H-shaped ground flor plan of the palace is symmetrical with the central corpus and two side wings, and takes up an area of 5500 square meters. In front of the central wing, there is a lower glass-domed section housing a grand conference hall that accommodates 2000 guests. The building has six reception rooms and approximately 1000 offices.

Зграда СИВ-а је рађена као армиранобетонска скелетна конструкција, са испуном од опеке. Фасада је обложена белим брачким мермером, а употребом алуминијумских прозора, са профилима бојеним у бело постигнут је савремен архитектонски израз фасадног платна.

The SIV Palace is a skeleton construction built in reinforced concrete with brick walls. Brač white marble cladding and the white alluminium windows lend themselves to creating a modern architectonic expression of the façade.

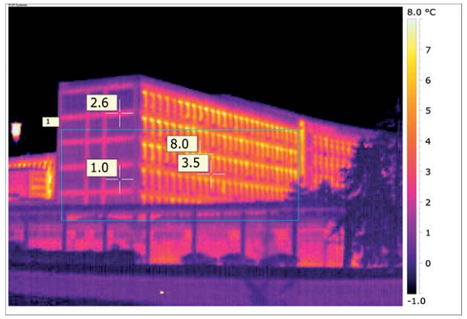


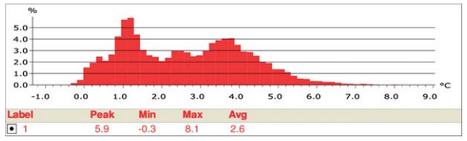
Термовизијски снимак палате „Србија“ открива нам неке од аспеката слабих енергетских особина, карактеристичних за објекте модернизма: велики део фасаде је, заправо, у стаклу, и ту се исказују велики губици, кад су у питању технологије коришћене средином прошлог века. Атрактивно архитектонско решење има, нажалост, веома велику површину фасаде у односу на волумен који затвара, што додатно увећава топлотне губитке на нивоу читавог објекта и умањује комфор у његовој унутрашњости.

The thermal image of the Serbia Palace reveals some of the aspects of poor energy performances typical of Modernist architecture: a large section of the façade is glazed, and this is where great thermal losses are detected regarding the technologies used in the middle of the last century. However attractive, the architectural solution has a much larger façade surface relative to the volume it covers, which additionally increases heat loss of the entire building and thereby compromises the thermal comfort in its interior.

- На термовизијском снимку калкана јасно се уочава структура зида (стубови и греде) која се, иначе, не може видети голим оком због униформне камене облоге. Бетон је бољи проводник топлоте од зидане испуне, па се, самим тим, бетонски елементи издвајају нешто вишим регистрованим температурама.
- Снимак убедљиво илуструје и разлику у топлотним губицима између пуног платна (лево) и фасадног платна са великим бројем отвора (десно).

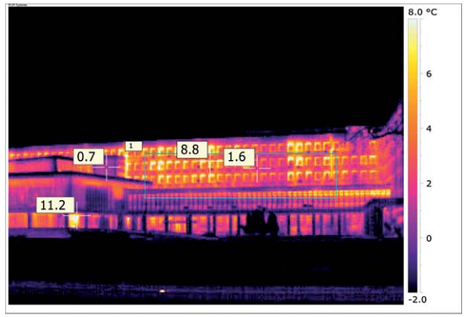
- The thermal image of the façade openly exposes the structure of the wall (the columns and beams) which is otherwise hidden to the naked eye due to the uniform stone cladding. Since concrete is a better heat conductor than the brick wall, the registered temperatures were somewhat higher at the concrete elements.
- The thermogram renders a convincing illustration of the differences in heat loses between the sections where the façade is solid (left) and where there are a great number of openings (right).

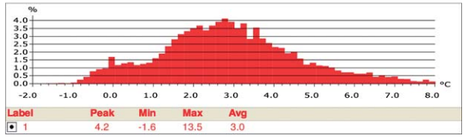


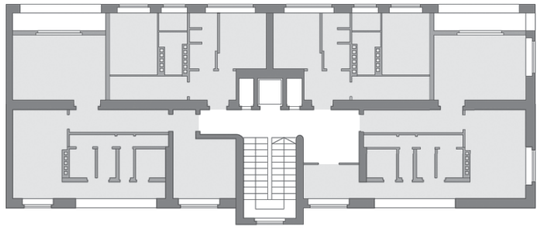


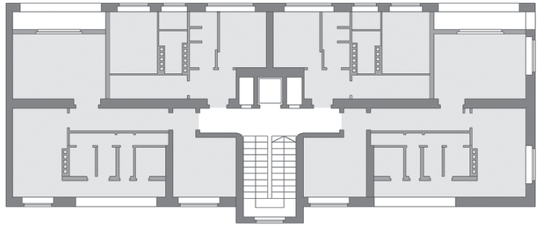
- Велики линијски губици око густо постављених прозора указују нам на значај правилног избора профила и застакљења, као и добро промишљених и уграђених детаља столарије, тј. браварије у оваквим ситуацијама кад се највећи део енергије „губи“ кроз прозорске отворе.

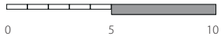
- Substantial linear heat loss around the densely placed windows highlights the importance of thoughtful consideration of the adequate choice of window details and panes, wood- and metalwork in cases when the greatest amount of energy is wasted through the windows.











Стамбена зграда у Блоку 7а - „Павиљони“

Џона Кенедија 55-57,
Љубо Илић, Вида Врбанић, 1950-1955.

Стамбене зграде у новобеоградским «павиљонима» настале су непосредно после Другог светског рата као једни од првих објеката саграђених на територији Новог Београда. Пројектовани, првенствено са циљем да се у кратком року обезбеди кров над главом за што већи број породица, ови објекти су резултат до крајности доведене рационализације и поједностављења предратних искустава у стамбеној градњи. Ту није било довољно простора нити прилике за експеримент, па су, за разлику од осталих новобеоградских стамбених блокова, «павиљони» реализовани коришћењем традиционалних метода пројектовања и грађења.

Residential building in Block 7a – The Pavillions

55-57 Džona Kenedija Street,
Ljubo Ilić, Vida Vrbanić, 1950-1955.

The Pavillions, residential buildings among the first to rise on the territory of New Belgrade, were built immediately after the Second World War. Designed with the primary objective to provide housing for as many families as possible in a very short time, these buildings were a result of ultimate rationalization and simplification of the pre-war experiences in residential building construction. There was neither enough room nor opportunity for experimentation; thus the Pavillions, unlike other New Belgrade housing projects, were constructed using traditional methods of design and construction.

Објекат је рађен у масивном конструктивном склопу, са зидовима од опеке 25 и 38cm, технолошки у потпуности базиран на предратној градитељској пракси («стари мајстори» обучавали су на градилишту бројну неквалификовану радну снагу). У склопу малтерисаног фасадног зида од опеке нема термоизолационог слоја, будући да у то време није било прописа који би регулисали питања термичке заштите. Прозори су двоструки, дрвени, рађени као појединачни отвори у стандардизованим димензијама.

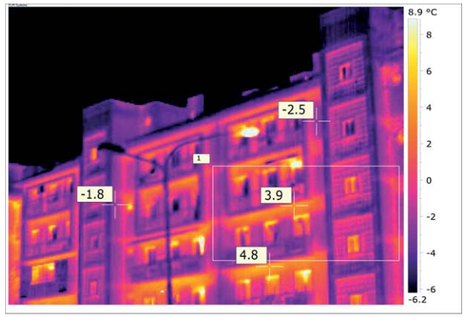
The building was constructed as a masonary structure with 25 and 38cm brick walls; technologically, it was based on pre-war building practice (master builders provided on-site training to a multitude of unqualified workers). There is no thermal insulation in the structure of the plastered brick façade since in those days there were no regulations regarding such issues. The double wooden windows were built as individual openings in standardized sizes.

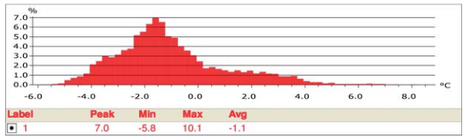
Код објеката попут овог, где су лође формиране препуштањем таванице, јављају се значајни термички губици у зонама где армирано-бетонске таваничне плоче «пробијају» фасадни зид, те се топлота преноси са унутрашњег, загрејаног дела таванице на њен спољашњи део, па се може рећи да, када грејемо собу, једним делом, нехотице грејемо и терасу. Као и код осталих неизолованих зиданих зграда, на термовизијском снимку се јасно препознају бетонски делови - топлији од зиданих.

In such structures, where loggias were formed by projecting the slabs, there is significant thermal loss in the zones where reinforced concrete slab penetrate the façade wall, so that the heat is transmitted from the interior part to the exterior. In a sense, the open loggia is partially heated together with the room, however inadvertently. Like in all other non-insulated buildings, the concrete sections are easily recognizable in the thermogram – they are warmer than the brick.

- Детаљ фасаде приказује колико се енергије «изгуби» на препустима таваница (лође), око отвора и кроз саму столарију са слабим термичким карактеристикама. У односу на бетонске елементе, масивни зидови, иако без икакве термоизолације, показују боље термичке карактеристике.

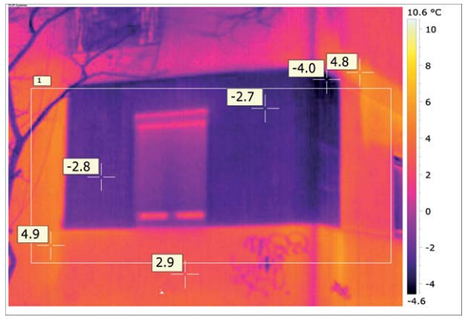
- The façade detail shows how much energy is wasted in the slab projections (loggias), around the openings and through the corresponding woodwork with poor thermal efficiency. Compared to concrete elements, the masonary walls display better thermal properties even with no thermal insulation.

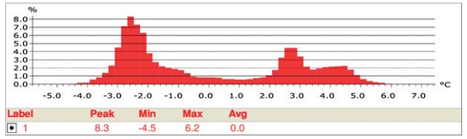




- Тамни део представља сегмент фасаде који је станар самоиницијативно изоловао са спољашње стране. На овом термовизијском снимку очигледан је ефекат термоизолације на количину енергије која остаје сачувана у стану.

- The dark area represents a segment of the façade which has been additionally insulated from the outside by a tenant on his or her own accord. The thermal image reveals the obvious effect of the thermal insulation on the amount of energy thus preserved.





Стамбена зграда

Господар Јованова 19

Стамбена четвороспратница на углу Господар Јованове и Цара Уроша представник је послератне изградње у централним деловима града којом се попуњавала урбана матрица и консолидовало ратним сукобима оштећено градско ткиво. Иако грађен скромним средствима, овај објекат носи поједине елементе савременог третмана градске архитектуре, са повученим приземљем, «превлачењем» главног волумена преко угла и растерећењем корпуса отварањем лођа.

A Residential building

19 Gospodar Jovanova Street

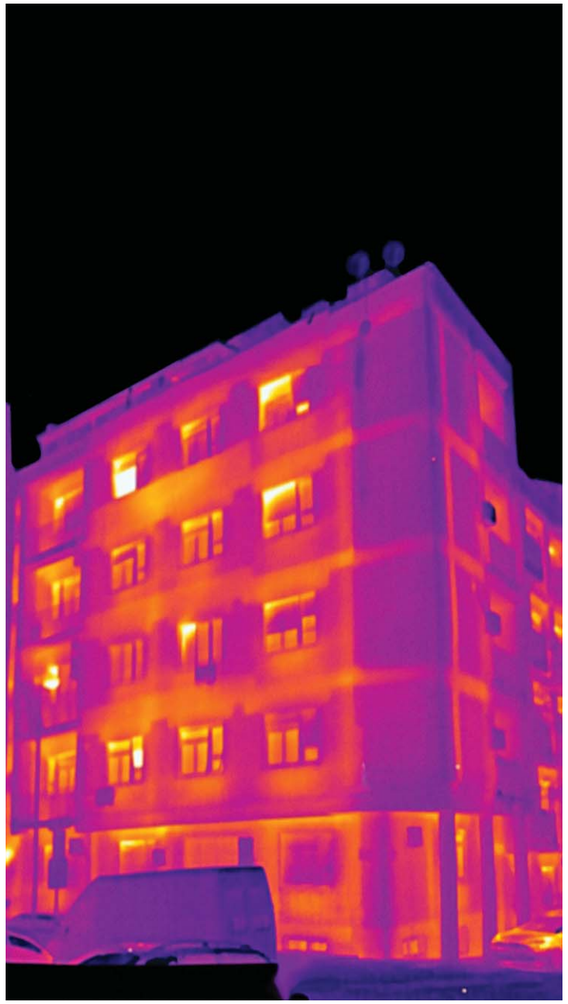
A residential four-storey building on the corner of the streets of Gospodar Jovanova and Cara Uroša is representative of post-war downtown construction, whose purpose was to fill out the urban matrix and to consolidate the urban tissue damaged in the war. Even though it was built with modest means, this building carries some elements of modern city architecture, with its recessed ground floor, the central volume projecting over the corner, and the corpus destressed by opening loggias.

Објекат је зидан као масивни склоп, са конзолним препустом према Господар Јовановој и два растера ослоњена на слободне стубове у приземљу према Улици цара Уроша. Фасадни зидови су од опеке, са фасадним малтером као завршном обрадом. Прозори су дрвени, двоструки, са дрвеним ролетнама, стандардизованих димензија, троделни - као на већини београдских стамбених зграда насталих у овом периоду. Лође су формиране повлачењем фасадног платна у раван основног растера.

The building was constructed as a masonary structure, with a cantileveled overhanging towards Gospodar Jovanova St and two bays leaning on the free columns at the ground level towards Cara Uroša St. The façade walls were made of plastered brick. The wooden standard-sized triple-pane casement windows have wooden roller shutters – like in most Belgrade residential buildings from this period. The loggias were formed by the façade recessing into the plane of the basic volume.

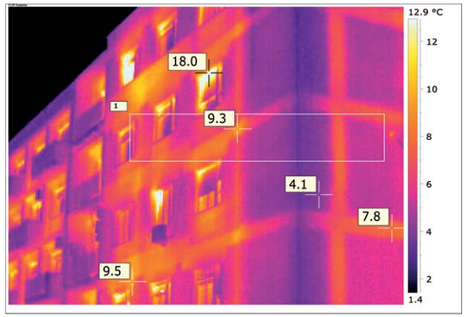
Термовизијски снимак открива веома слабе термичке карактеристике парапета који су рађени као испуна. Како су управо у зони парапета позиционирана грејна тела, ефекат загревања фасадног платна је још израженији. Стара столарија и неизоловане кутије за ролетне доводе до великих губитака топлоте у горњој зони прозора. На лођама, температура бетонске плоче је практично иста као температура бетонских надпрозорника, те се јасно види колико топлотне енергије одлази у окружење преко ових елемената.

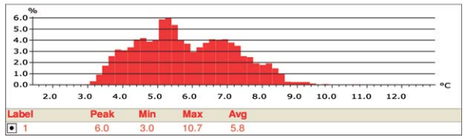
The thermogram reveals very poor thermal performance of the thin masonary parapets. As it is in the parapet zone that the radiators are placed, the effect of heating the façade is even more significant. The weathered original woodwork and non insulated rolling shutter boxes result in excessive heat loss in the upper window zones. At the loggias, the temperature of the concrete slabs is practically the same as at the concrete lintels, so it is obvious how much energy is lost to the surroundings through these elements.

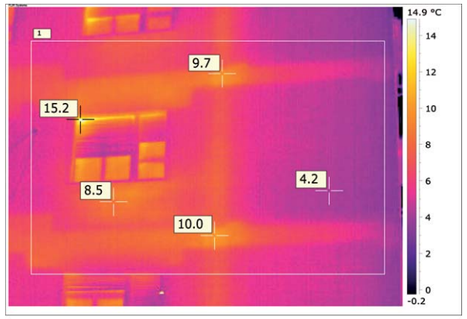


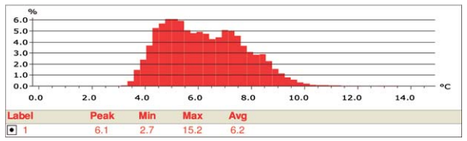
- Детаљнији снимци јасније показују разлике у термичким карактеристикама различитих типова материјализације на истом фасадном платну: тањи парапети испод прозора одају много више енергије него што је то случај на деловима где је пуна дебљина зида; армирано-бетонски елементи се издвајају површинским температурама, у просеку за 5-6°C вишим у односу на зидане сегменте.
- Код прозора, највећи губици се јављају на делу споја са бетонским зубом за ролетну, где се очитавају температуре веће од 15°C, што указује на слабо место: стара столарија, у комбинацији са сасушеним кутијама за ролетне, не дају готово никакву заптивеност у горњој зони прозорског отвора.

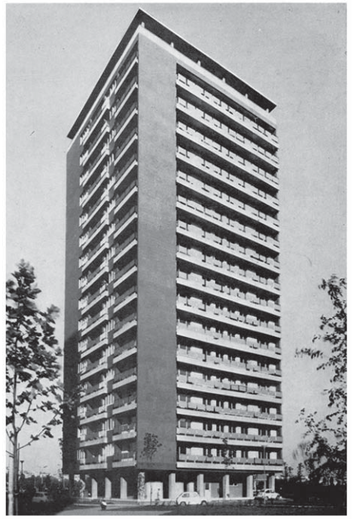
- More detailed images show clearer distinctions between the thermal performances of the various materials used on the same façade: the thinner parapets below the windows release much more energy than thick solid walls; the reinforced concrete elements are distinct for surface temperatures, which are on average 5-6°C higher than the brickwork.
- At the windows, the greatest losses appear at the contact between the window reveal and the shutter, where temperatures higher than 15°C were registered, which is an indication of a week spot; weathered woodwork combined with dry roller shutter boxes provide no sealing in the upper zone of the window opening.

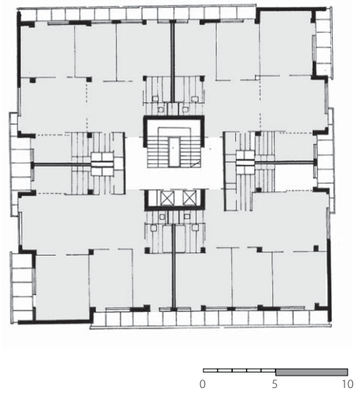












Стамбена зграда у Блоку 21 - „Шест каплара“

Булевар Михајла Пупина 3-13,
Богдан Игњатовић, Леон Кабиљо, 1962-1966.

Шест стамбених кула, популарно названих „Шест каплара“, убрајају се у значајна дела послератне новобеоградске архитектуре, пројектоване су доследно у складу са тада идеолошки прихваћеним принципима функционализма.
Према урбанистичком решењу Блока 21, група солитера спратности П+16+Пк је заротирана под углом од 45° у односу на уличну матрицу. Према захтевима инвеститора, у солитерима 2, 4 и 6, пројектовани су само четворособни станови. У приземљима су предвиђени просторије за сервисе и мањи супермаркети. Сваки солитер има стан за домара, просторије вешернице, као и 64 четворособна стана.

Residential building in Block 21 – “The Six Corporals”

3-13 Mihajla Pupina Boulevard,
Bogdan Ignjatović, Leon Kabiljo, 1962-1966.

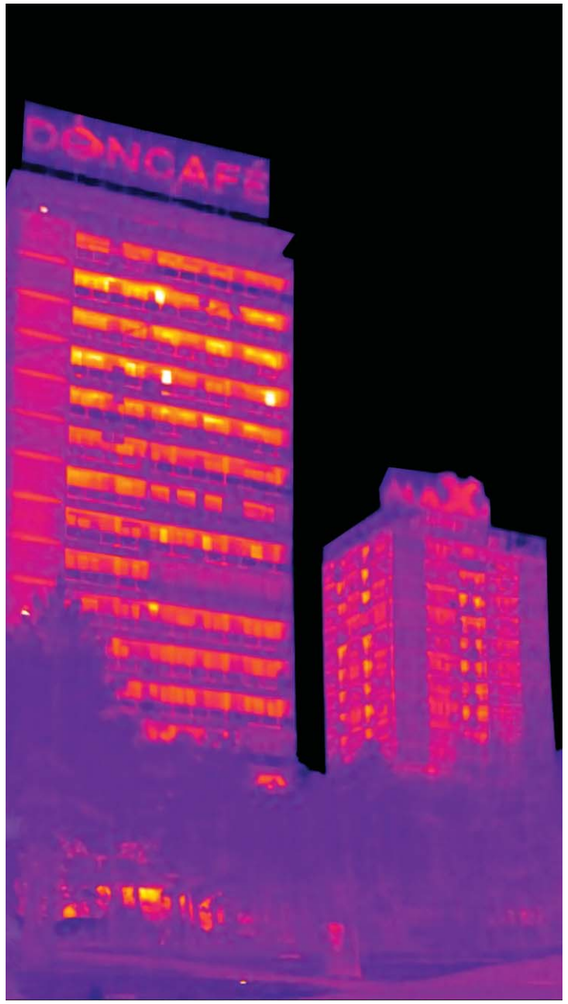
The six residential towers, popularly known as the “Six Corporals”, have been listed as important works of the post-war architecture in New Belgrade, their design congruous with, at the time, ideologically prominent principles of functionalism.
According to the planning solution for Block 21, a group of towers (GF+16Fs+L) was rotated at a 45° angle to the street matrix. Following the investors’ demands, the towers numbered 2,4 and 6 were designed to accommodate only four-room apartments. The ground levels provided dedicated space for maintenance and repair services, and smaller retail premises. Each tower contains a janitor’s apartment, a laundry room, and 64 four-room apartments.

Зграде су од армиранобетонског скелета, фундиране на армиранобетонској плочи дебљине 1m, са монтажним међуспратним таваницама. Фасадни зидови су од фуговане опеке или гитер блокова, без термоизолације, обложени керамичким мозаик плочама 2x2cm, док су зидови лођа малтерисани „терановом".

The building`s structures of reinforced concrete frame, founded on a 1m reinforced-concrete mat, with prefabricated load-bearing ceilings. The façade walls were made of grouted brick or clay blocks with no thermal insulation, and were cladded in 2x2cm ceramic mosaic tiles, while the loggia walls were rendered in Terranova plaster.

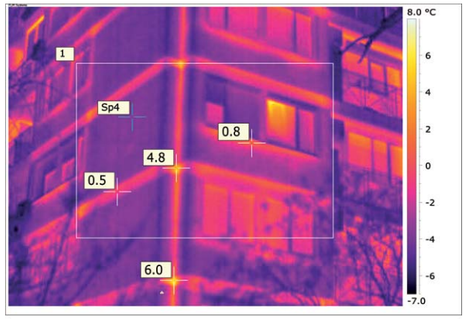
Прозорске траке, које се протежу кроз пет растера, исказују највеће топлотне губитке на термовизијском снимку ове стамбене куле. У становима у целини, а посебно у просторијама где се прозори простиру практично читавом ширином једног зида, топлотни комфор добрим делом зависи од квалитета столарије и правилне уградње.
На пуним зидним платнима јасно се издвајају армирано-бетонски елементи: таваничне плоче, серклажи, стубови итд. Платна са рекламама немају утицај на термичко понашање зида и термовизијска камера их не детектује, док је на снимку остала забележена топлота са неонских реклама на крову.

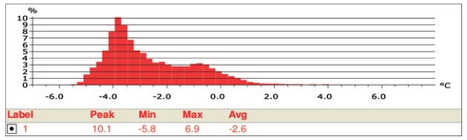
Window ribbons, which stretch through five bays, show the greatest heat loss in the thermal image of this residential tower. In the apartments, especially in the rooms where the windows stretch along the entire wall, heat efficiency mostly depends on the quality of the woodwork and its proper installation.
The solid wall surfaces unmistakably display the reinforced concrete elements: the ceiling slabs, the ring beams, the columns etc. The advertising canvases have no effect on the thermal performance of the walls and were not detected by the thermographic camera while it did register the heat from the neon signs on the roof.

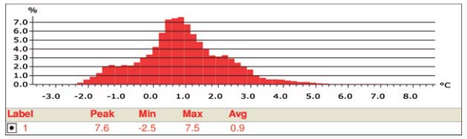


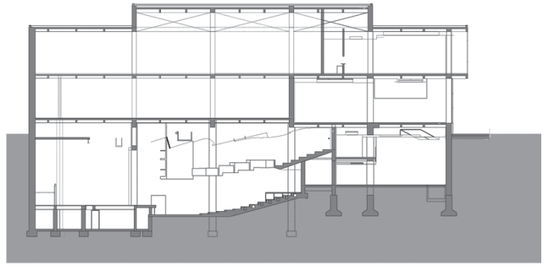
- И на детаљима са објекта у којем су мање стамбене јединице и појединачни прозори, показују се велики губици на видним бетонским елементима и температуре за око 5°C више него на деловима где је зидана испуна. У тањим фасадним зидовима више нема места за класичан зуб за уградњу прозора, па су приметни линијски губици око прозорских отвора где се може уочити велика температурна разлика између зоне у непосредној близини отвора (5-7°C) и нижег дела парапета (0.4°C на доњој слици).

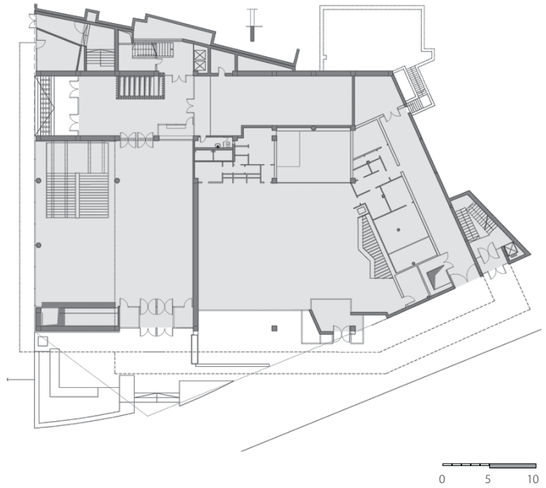
- The details from a building with smaller apartments and individual windows also reveal extensive thermal loss at the visible concrete elements, and the temperatures are by approximately 5°C higher than at solid walls. The thinner façade walls could no longer accommodate window reveals so that linear losses are noticeable around the window openings; there are considerable temperature differences between the zones next to the openings (5-7°C) and the lower parts of the parapet (0.4°C in the bottom image).











Културни центар „Дом Омладине”

Македонска 22-24,
Зоран Тасић, Драган Филиповић, 1964.

Зграда Дома омладине налази се на углу Улица Дечанске и Македонске, у непосредној близини Трга Републике. Објекат се састоји од пословне куле, повучене у односу на уличне регулације, и анекса са двораном, галеријским и угоститељским просторима. Модерни израз објекта наглашен је, осим урбанистички, и материјализацијом – једном од првих примена фасадног система типа „зид завесе“ код нас. Оригинална фасада задржана је на кули док је анекс реконструисан.

The Youth Culture Center – Dom Omladine

22-24 Makedonska Street,
Zoran Tasić, Dragan Filipović, 1964.

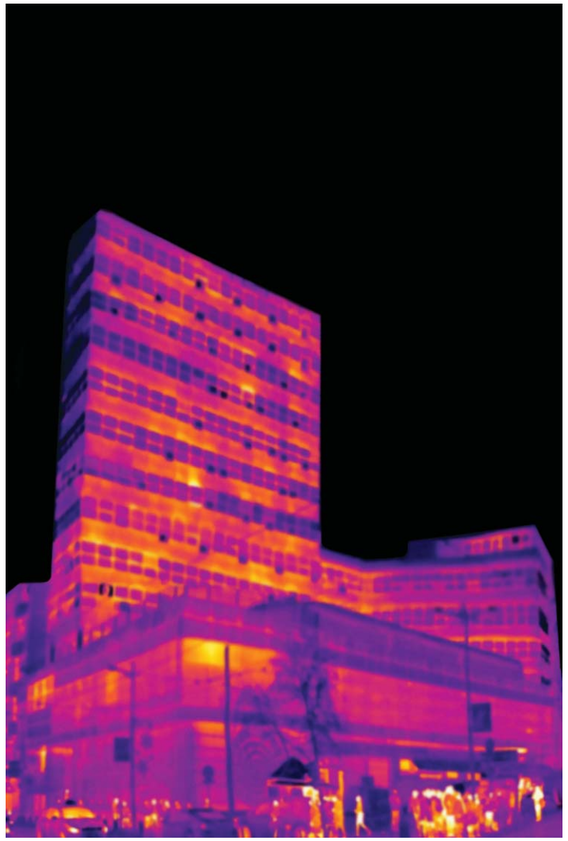
The building of the Youth Culture Center is located at the corner of Dečanska and Makedonska Streets, in the vicinity of Republic Square. It houses an office tower, which is withdrawn further from the street zone, and an annex accommodating an auditorium, galleries and cafe. Its modern expression is highlighted by both its urban and material solutions – one of our country's first applications of the curtain wall façade system was used here. The original façade has been retained in the tower while the annex has been reconstructed.

Својим једноставним конструктивним решењем, армирано бетонским скелетним системом, и стакленом фасадом, издваја се из непосредног окружења. Реконструкцијом објекта 2007. године на делу анекса, уведен је нови фасадни систем, који чини комбинација алукобонд плоча и „зид завесе".

With its simple solution of a reinforced concrete skeleton system and a glass façade, the building stands out in its immediate surroundings. The reconstruction of 2007 introduced a new façade system to a part of the annex, featuring a combination of alucobond panels and the curtain wall.

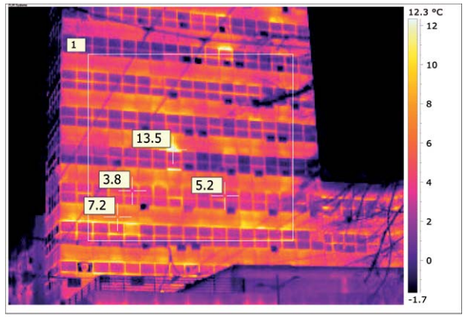
На објектима, попут Дома омладине, није једноставно добити реалистичан термовизијски снимак, пошто је велики утицај рефлексија, што је нарочито уочљиво на вишим етажама. Тако, прозори нереално приказују далеку нижу температуру од парапета као последица рефлектовања температуре окружења (атмосфере). На парапетима степен рефлексије је знатно мањи а, самим тим, очитане вредности температуре много реалније. На анекса, уочавају се мања топлотна зрачења, што показује да су реконструкцијом побољшане и термичке перформансе овог објекта.

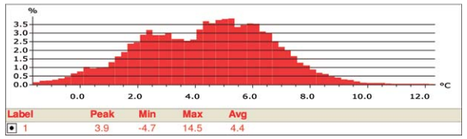
For the buildings such as the Youth Culture Center, it is not easy to obtain a realistic thermogram due to a high impact of reflections, which is particularly evident on the higher floors. Thus, as a consequence of the temperature reflection from the environment (the atmosphere), the windows show a much lower temperature than the parapets, which is unrealistic. However, the degree of reflection is much lower at the parapets and thereby the detected values are much more feasible. The annex had lower heat emissions, which shows that the reconstruction has improved the thermal performance of the structure.

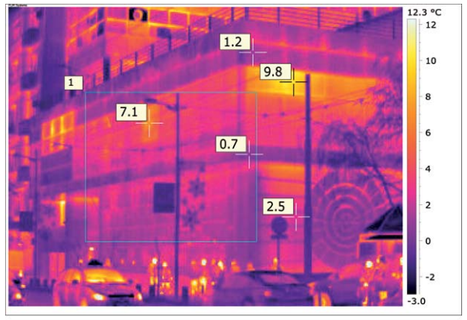


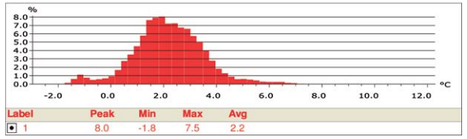
- Детаљнији поглед на фасаду куле омогућава опажање слабије изолованих парапета, али и положај отворених и неправилно затворених прозора, као и начин на који се загрева фасада око њих.
- Реконструисани анекс са улазним холом, својом материјализацијом испуњава услове актуелних термичких прописа, али се ипак примећују топлотни губици на великим стакленим површинама. У простору главног хола може се приметити на који начин расветна тела у ентеријеру загревају околне површине.

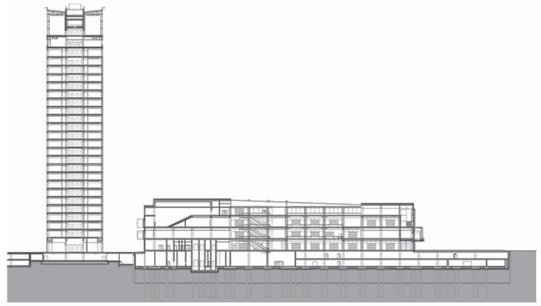
- A detailed inspection of the tower façade gives away not only the parapets with poorer insulation, but also the position of the opened or improperly closed windows and the heat loss at the façade surrounding them.
- The materialization of the reconstructed annex with the entrance hall meets the current requirements of thermal regulation; however, heat losses are still noticeable on the large glazed surfaces. The thermogram of the main hall shows how the interior lighting heats the surrounding surfaces.

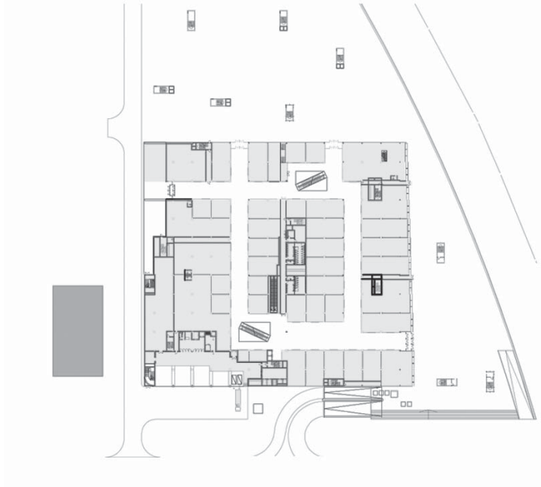












Пословно - трговачки комплекс „Ушће“

Булевар Михајла Пупина 6,
Михајло Јанковић, Мирјана Маријановић,
Душан Миленковић, 1964.
Бранислав Реџић, Чепмен Тејлор, 2009.

Пословно – трговачки комплекс „Ушће“ заузима доминантан положај на Новобеоградској страни у непосредној близини Бранковог моста и ушћа Саве у Дунав. Састоји се од куле, бивше зграде Централног комитета оштећене у бомбардовању 1999. године и трежног центра. Комплекс представља један од препознатљивих репера Новог Београда. Тржни центар је један од највећих у региону. Простире се на шест нивоа и 50 000 m^2 комерцијалног простора. Поред многобројних продавница, у објекту се налазе бројни ресторани, барови, играонице, супермаркет и мултиплекс биоскоп са 11 сала.

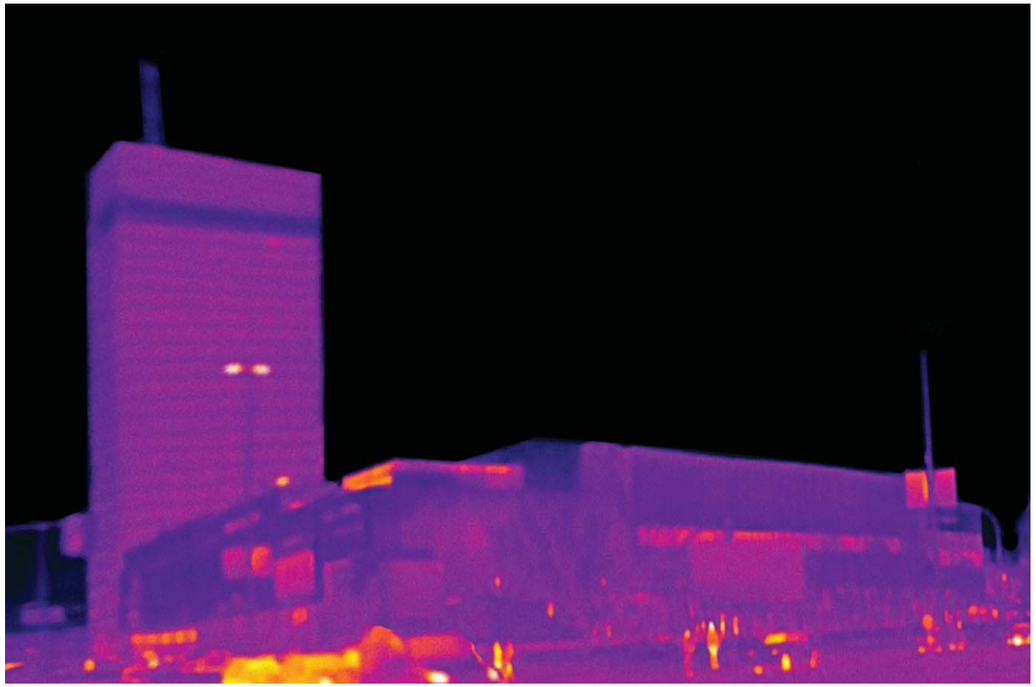
The Ušće Office and Retail Complex

6 Mihajla Pupina Boulevard,
Mihajlo Janković, Mirjana Marijanović,
Dušan Milenković, 1964.
Branislav Redžić, Čepmen Tejlor, 2009.

The Ušće (Estuary) Office and Retail Complex dominates its surroundings at the New Belgrade end of the Brankov Bridge in the vicinity of the Danube and the Sava estuary. It consists of an office tower, formerly the seat of the Central Committee of the Communist Party, which was heavily damaged in the airstrikes of 1999, and a shopping mall. The complex is one of the signature landmarks of New Belgrade. The mall is one of the largest in the whole region, spreading over six levels of 50,000m^2 of retail space. Besides numerous shops, it contains restaurants, bars, playhouses, a supermarket and a multiplex cinema with 11 auditoriums.

Конструкција оба објекта је армирано бетонска скелетна. Зграда пословне куле поседује јединствени систем фундирања захваљујући коме је било могуће „исправити“ зграду после бомбардовања. Фасада је типа „зид завесе“ и у потпуности промењена током реконструкције када је дозидан и мултифункционални простор на крову. Насупрот томе, фасаду тржног центра чини испуна од гитер блока, са термоизолацијом и финалном обрадом од алукобонд панела у различитим бојама, на металној подконструкцији.

Both buildings have a reinforced concrete skeleton structure. The unique foundation system of the office tower made it possible to straighten the building after it had been repeatedly struck in the air raids. The curtain wall façade had to be completely replaced during the reconstruction, when also a multifunctional area was added on the roof. By contrast, the façade of the shopping mall was made of clay block, with thermal insulation and a finishing in multicolored alucobond panels on a metal substructure.

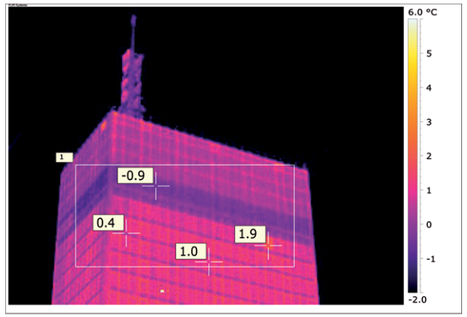


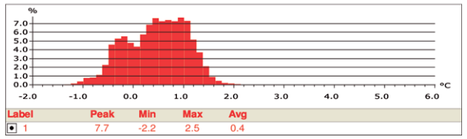
Термовизијским снимањем објекта из веће даљине забележене су само контуре пословне куле и тржног центра, уз неколико термичких акцената који се јављају на позицијама светлећих реклама и декоративне расвете. Овакав снимак настаје суперпонирањем неколико утицајних фактора: сама камера, која је наменски дизајнирана за снимање архитектонских објеката, на већим дистанцама теже компензује рефлексије са нискоемисивних површина као што је „зид-завеса“ пословне куле; завршне облоге на тржном центру су на великој удаљености од основног зида (на појединим местима и више од 50cm), а, с обзиром на примењена савремена техничка решења у материјализацији термичког омотача, топлотна зрачења су битно редукована.

Thermal imaging at a greater distance recorded only the contours of the office tower and the shopping mall, with a few thermal accents revealing the positions of neon advertisements and decorative lighting. Such an image was obtained by the superimposition of several significant factors: at greater distances the camera, purposely designed for capturing architectural structures, has difficulty compensating for the reflections from low-emission surfaces such as the curtain wall of the office tower; moreover, the shopping mall cladding is offset from the main wall (in some places more than 50cm) and heat radiation has been significantly reduced considering the fact that contemporary technical solutions were applied in the materialization of the thermal envelope.

- Термовизијски снимак завршетка куле„открива“ нам положај техничке етаже („хладни“ прстен изнад 23. спрата), и указује на различит систем „зид-завесе“ примењен на 24. и 25. спрату, који, захваљујући напреднимм техничким решењима, има и боље перформансе у односу на типске спратове. Иако је графички приказ контрастан, детектоване температуре се крећу око 0°C што указује на добру термичку изолованост.

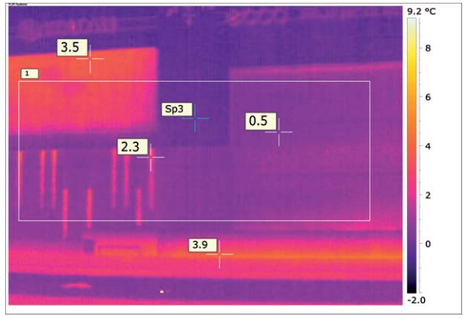
- The thermogram of the tower top end reveals the position of the uninhabited service space (the "cold" ring above the 23rd floor), and shows a different system of the curtain wall applied to the 24th and 25th floors, which has better performances compared to the standard floors owing to advanced technical solutions. Although the graphic representation is contrasting, the detected temperatures range from around 0°C, which points to efficient thermal insulation.

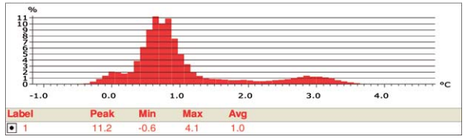


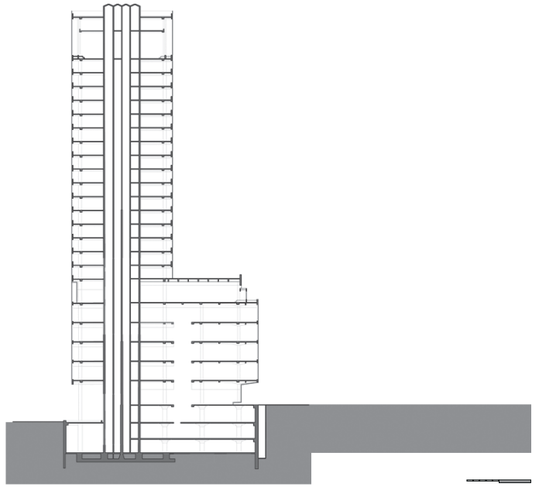


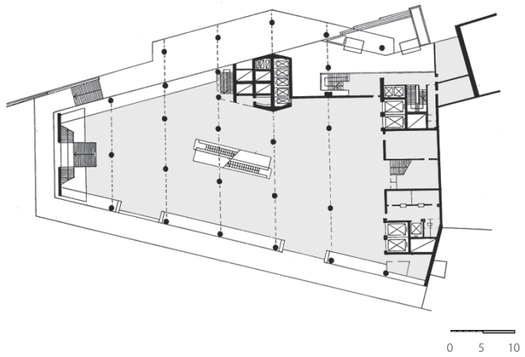
- На фасади тржног центра, као што је на претходној страни објашњено, не могу се анализирати термичке карактеристике самог објекта, али се лепо запажају разнолике температуре различитих извора светлости: рекламни натписи (сасвим горе), светлећи билборд (горе лево), вертикалне неонке (лево средина)... Једина позиција на којој се уочава топлотно зрачење у функцији архитектонског решења је сокла према негрејаној подземној гаражи (доле).

- As explained above, the shopping mall façade cannot render a successful analysis of its thermal properties; however, a range of temperatures from different sources of lighting can be distinctly observed: the neon signs (topmost), a lit billboard (top left), vertical neon lights (middle left), etc. The only position related to the architectural solution in which heat radiation can be observed is the skirting towards the unheated underground garage (bottom).









Палата „Београд“ - „Београђанка“

Масарикова 5, Бранко Пешић, 1969-1974.

Смештена у старој градској матрици, Палата „Београд“ представља прву високу зграду у старом делу града. Својим положајем, висином и материјализацијом постаје један од просторних репера Београда, чији се тамни обрис уочава у силуети града. Објекат је компонован од два основна волумена: доњи, база, уклапа се у висинску регулацију околних објеката, док горњи представља снажни вертикални акценат, висок 24 спрата.
Половина од 40 000 m^2 је предвиђена за комерцијалне потребе и обухвата: низ продајних простора, робну кућу са пратећим садржајима, ресторане, терасе, видиковац док је други део намењен пословању.

The Beograd Palace – Beograđanka

5 Masarikova Street, Branko Pešić, 1969-1974.

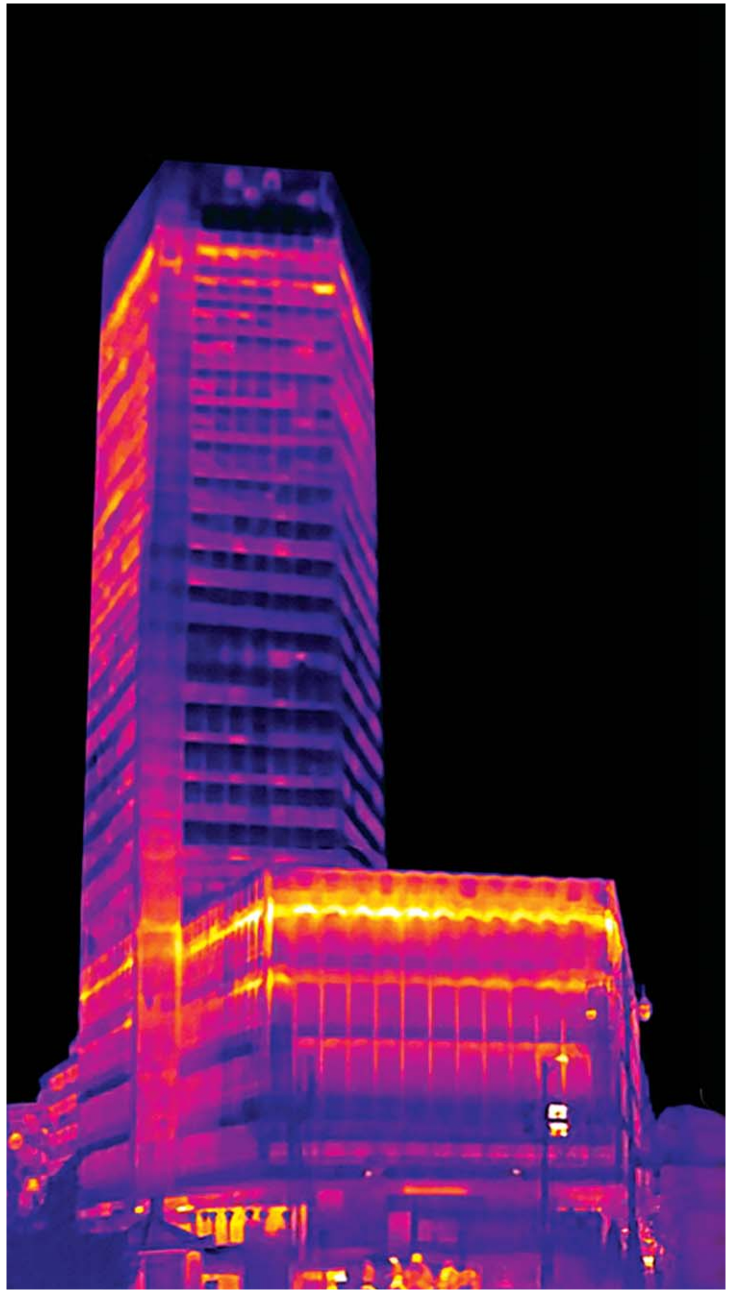
Located in the old city matrix, the Beograd Palace was the first high-rise building erected in the historic downtown. Its position, height and materialization render it a unique Belgrade's landmark, whose dark silhouette dominates the cityscape. The structure is composed of two basic volumes: the lower base and the upper tower. The former blends in the surrounding elevations, while the latter creates a strong vertical accent with its 24 floors.
Half of the total area of 40,000 m^2 is dedicated to commercial purposes and holds a number of retail premises, a department store with accompanying facilities, restaurants, open terraces and the observation deck; the remaining half is occupied by offices.

Конструктивни систем је армиранобетонски, скелетни, распона 9m, са гредама у оба правца. Фасадна опна, „зид-завеса“, састоји се из елемената који чине конструкција од тамног елоксираног алуминијума, дупло термопан стакло у боји дима и парапетни сендвич састављен од стакла и саћастог порофена. Објекат је опремљен и спољашњм жалузинама на електрични погон.

The structure system is 9m span skeleton reinforced concrete with beams in both directions. The curtain wall façade features dark anodized aluminium construction elements, double smoky grey thermopane glass panels and a glass and honeycomb Porophene parapet sandwich. The external Venetian shutters are electrically operated.

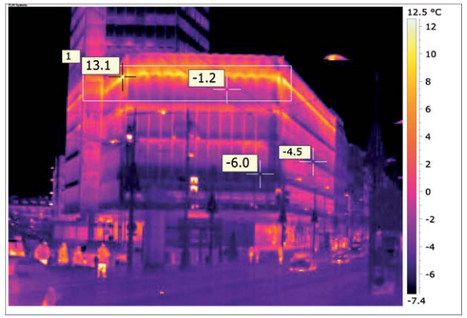
„Зид-завеса“ се на термизијском снимку види као ритмично низање међуспратних таваница и етажа, али нам овакав графички приказ открива и низ других аспеката битисања једног од најпрепознатљивијих београдских објеката. Топлотно зрачење у зони таванице изнад четвртог спрата је резултат неадекватно изоловане кровне терасе, а просторије «Студија Б» на последњим етажама су топлије због природе активности радио станице и ТВ студија који се ту налазе. Према Масариковој улици, тераса видиковца на последњем спрату, као и тераса на петом спрату, у термичком смислу се понашају на исти начин.

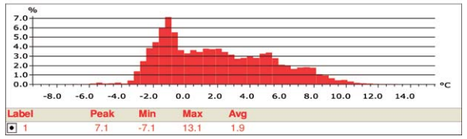
The curtain wall is displayed as a rhythmic series of floors in the thermogram, which also gives insight into a number of other aspects of existence of one of the most recognizable Belgrade's buildings. The heat radiation in the ceiling zone above the fourth floor results from an inadequately insulated roof terrace, while the premises of the radio and TV broadcaster "Studio B" that occupy the top floors are warmer due to the nature of their activities. Similar thermal behavior was observed at the top floor observation deck at the section overlooking Masarikova St. and at the fifth floor terrace.

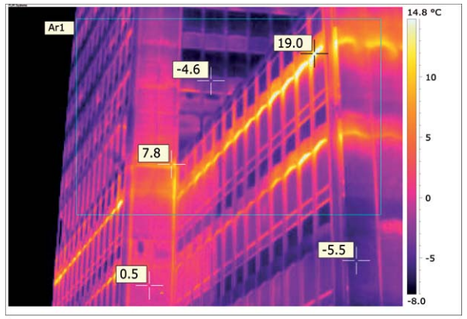


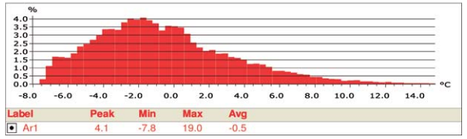
- Детаљнији снимци указују на позиције са најслабијим термичким карактеристикама. На делу где се кула спаја са својим постаментом, на петом спрату, формирана је велика кровна тераса изнад целог постамента и, повучена тераса, на делу према Масариковој улици. У тежњи да се оствари потпуни континуитет „зид-завесе“ (ограда терасе је формирана као интегрални део фасадне облоге) остварен је проблематичан детаљ на споју са таваницом, па се на фасади очитавају веома високе температуре,чак до 19°C (доле). Дистрибуција топлоте је таква да ограда кровне терасе показује чак и већу вредност од парапета на нижим спратовима.

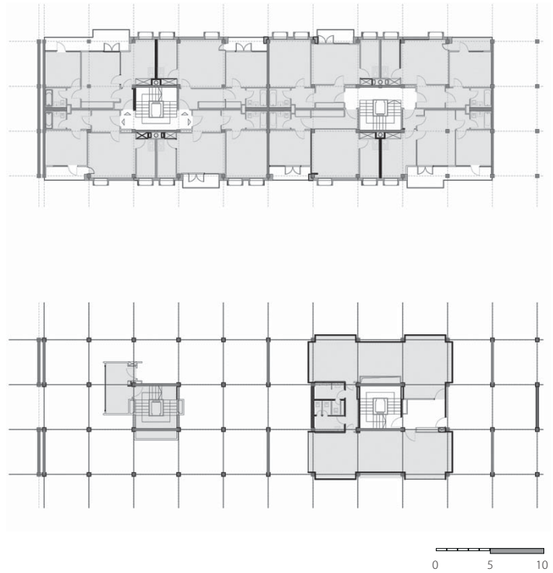
- More detailed images indicate the positions with the poorest thermal performance. A spacious roof terrace over the entire base was formed on the fifth floor where the tower joins its base; there is a recessed terrace in the section overlooking Masarikova St. In an attempt to achieve absolute continuity of the curtain wall (the design incorporated the terrace fence into the façade cladding), a problematic detail appeared at the contact with the ceiling. Thus very high temperatures – as high as 19°C – were registered at the façade (bottom). Heat distribution is such that the roof terrace fence emits an even higher value than the parapets on the lower floors.











Стамбена зграда у Блоку 28 – „Телевизорка“

Милутина Миланковића 96-118,
Илија Арнаутовић, 1971.

Два десетоспратна линеарна објекта, дужине од по 270 m, познатија су под називом „Телевизорке“, због бетонских „рамова“ који уоквирују прозоре на фасадама и подсећају на ТВ екран. Зграду са преко 500 станова различите структуре карактерише разиграна фасада формирана употребом свега неколико типова фасадних панела.

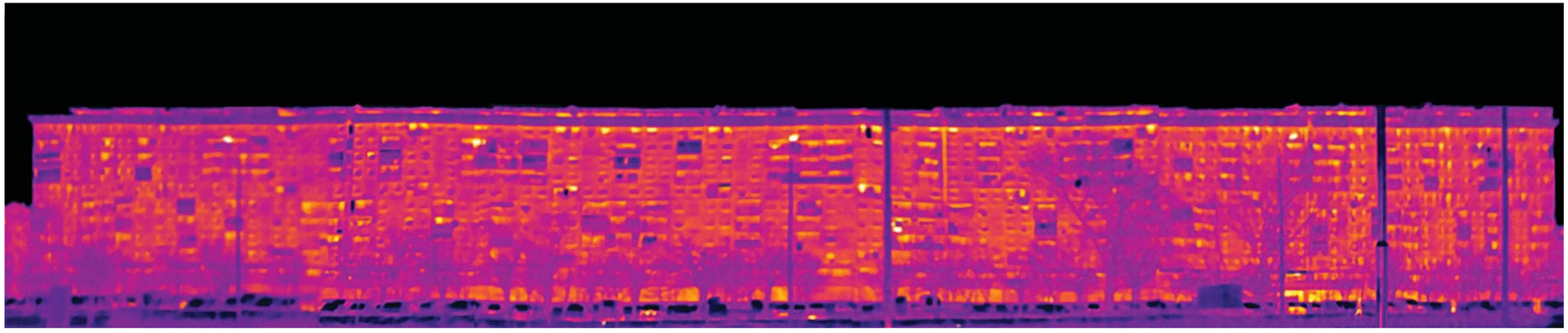
A residential building in Block 28 – The Televizorka

96-118 Milutina Milankovića Street,
Ilija Arnautović, 1971.

The two linear 10-storey structures 270m in length are popularly known as the Televizorke (TV Buildings) named after the characteristic window trims reminiscent of the TV screen. The structure housing over 500 apartments of diverse structures, is characterized by a playful façade formed by a combination of only a few panel types.

Конструкција објекта изведена је као префабриковани скелетни армиранобетонски систем распона 4,20x4,20m. Фасадни зидови састоје се од префабрикованих фасадних панела „кулије" обраде и препознатљивих бетонских прозорских елемената, рамова.

The construction was built as a prefabricated skeleton reinforced concrete 4.20x4.20m span system. The façade walls consist of prefabricated façade panels with a washed pebble washing and the recognizable concrete window trimming.

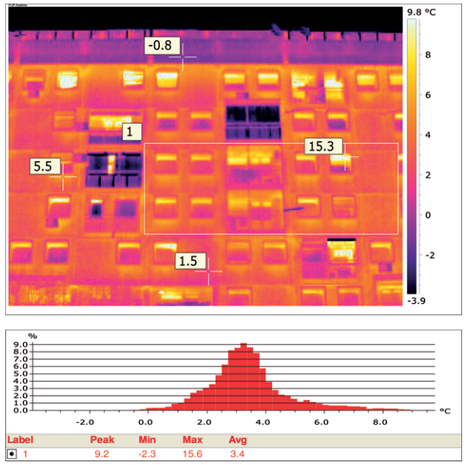


Иконични објекат новобеоградске стамбене архитектуре са почетка седамдесетих „врви од живота" и на термовизијском снимку. Најразличитије интервенције станара у виду застакљивања, додавања ролетни, доградњи на равном крову у великој мери су утицали на изглед и термичке перформансе зграде.

The iconic structure of New Belgrade residential architecture from the beginning of the 1970s scintillates with life in infrared light as well. A motley of the tenants' ingenious interventions in the form of glazed loggias, self-mounted roller shutters, extensions on the flat roof, etc. has had a considerable impact on both the exterior appearance and the thermal performances of the building.

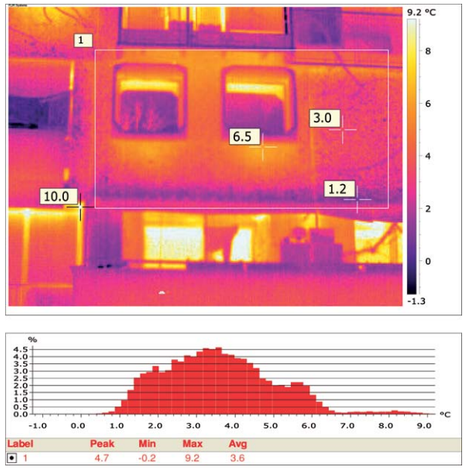
- У уоквиреном пољу детектују се температуре од 0 до 8°C, док су око прозора измерене температуре веће од 15°C, као последица лошег стања прозора и неадекватне уградње.

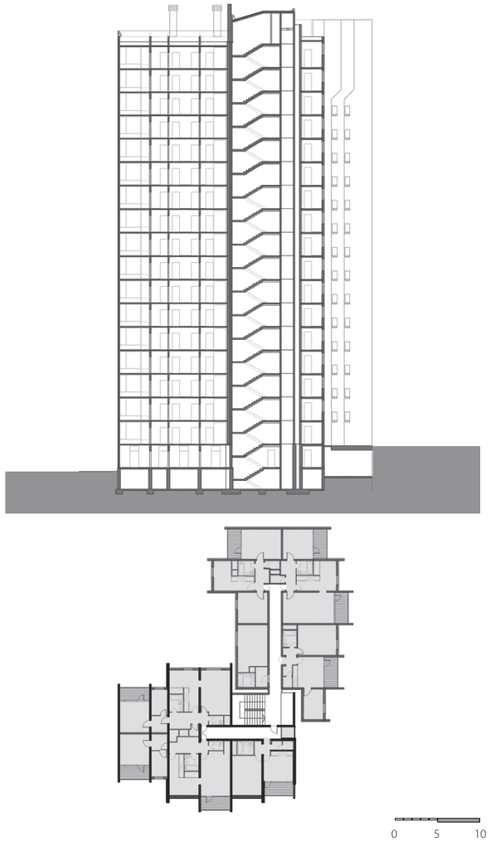
- In the framed section, temperatures between 0 and 8°C were detected, whereas they were above 15°C around the windows as a result of their poor condition and mounting.



- Снимак типичног фасадног панела показује уједначену структуру фасадног зида, са губицима који се опажају на спојницама између панела, али су релативно мали за префабриковану градњу тог времена. На овом детаљу може се видети како емитована топлота загрева и карактеристичне «рамове» око прозора.

- The thermogram of a typical façade panel shows an evenly structured façade wall with evident losses at the panel connections, which are still relatively small for the 70`s prefabricated construction. This detail shows how the thermal leaks heat the characteristic window trims.





Стамбена зграда у Блоку 28

Булевар уметности 37, Илија Арнаутовић, 1971.

Објекат у блоку 28 налази се у непосредној близини „Телевизорке". Карактеристика ове седамнаестоспратнице је ликовна једноставност фасаде објекта релативно разуђене основе. Фасада је изведена коришћењем малог броја типова фасадних панела са карактеристчним детаљем сакривених прозорских оквира.

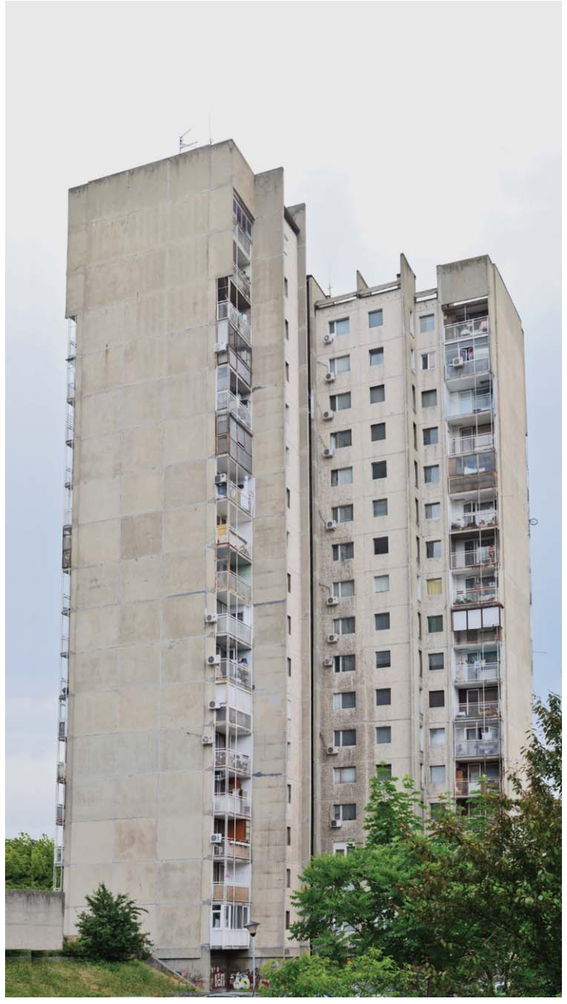
A residential building in Block 28

37 Bulevar umetnosti, Ilija Arnautović, 1971.

The building is located in Block 28, in the vicinity to the Televizorka. This seventeen-storey building is characterized by minimalistic detailing on the façade, which was formed by a combination of a few panel types, and features the characteristic motive of hidden window cases.

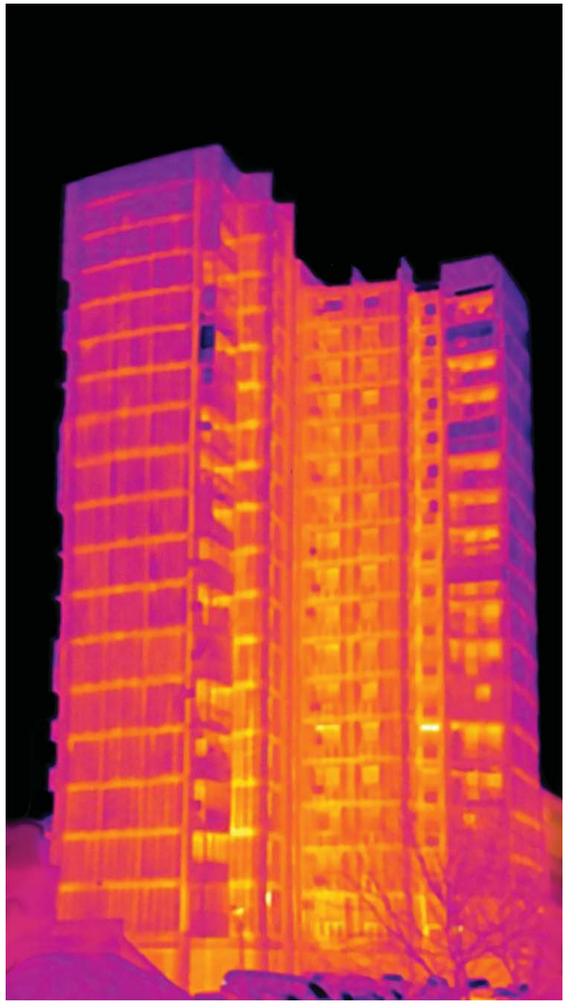
Конструкција објекта изведена је као префабриковани панелни армиранобетонски систем. Фасадни зидови се састоје од префабрикованих бетонских фасадних панела са завршном обрадом у натур бетону или ломљеном кулијеу.

The building construction was carried out as a prefabricated panel reinforced concrete system. The façade panels were done in exposed concrete or crushed pebble finishing.



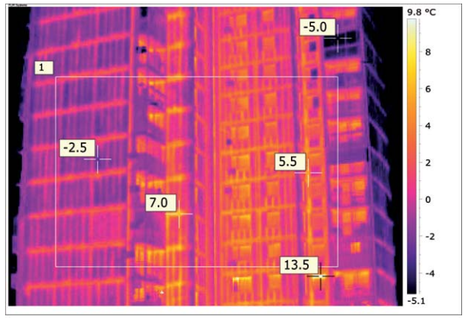
Термовизијски снимак показује знатно веће топлотне губитке на фасадним платнима са прозорима и вертикалама са лођама, него на пуном бочном зиду. На пуним платнима показују се мане префабрикованог система у којем је изграђен овај солитер: спојеви између фасадних панела, посебно хоризонталне спојнице у нивоу са међуспратном конструкцијом, нису изоловане и емитују у окружење велике количине топлотне енергије.

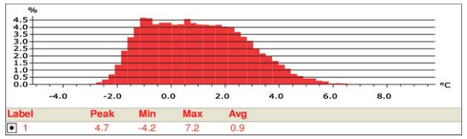
The thermal image detects considerably higher heat losses at the façades with windows and loggias than at the solid side walls. On the other hand, these display the drawbacks of the prefabricated system used in this tower block: the connections between the façade panels, especially those that are in level with the floor, were not insulated and therefore release vast amounts of thermal energy into the environment.



- Детаљнији приказ зграде открива структуру бетонских фасадних панела који, на појединим сегментима, имају веома слабе термичке карактеристике приближне карактеристикама прозора. Изразити губици готово да онемогућавају распознавање прозора у односу на пуне површине зида

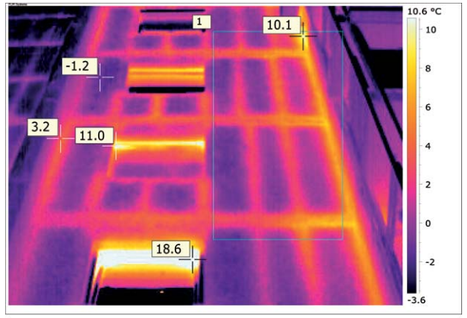
- A more detailed presentation of the building reveals the structure of the concrete façade panels whose thermal performance is in places almost as poor as that of the windows. Excessive radiation renders almost impossible identification of the windows as distinct from the solid wall surfaces.

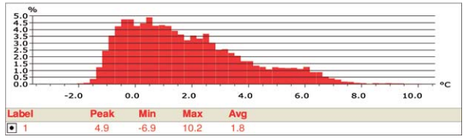


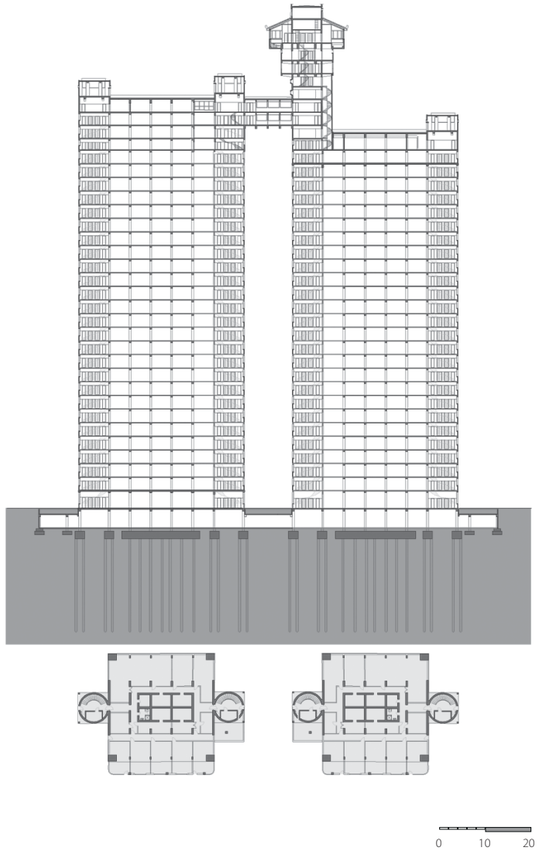


- Типски фасадни панели имају у својој структури термоизолациони слој, али он није континуалан, већ је изолација прекинута као последица технологије производње и монтаже фасадних панела. На спој панела на унутрашњем углу нема готово ниакве термичке изолације.
- Доњи прозор је мало отворен, док прозор изнад њега не може добро да се затвори, па се ту доста топлотне енергије емитује у окружење.

- Although the standard façade panels contain a thermo-insulating layer, it is not continuous due to the manufacturing and mounting technology. There is almost no thermal insulation at the interior corner connection between the panels.
- The lower window is ajar, while the window above it cannot close properly so considerable thermal energy is lost to the environment.







Центар „Генекс“ – „Западна капија Београда“

Народних хероја 41-43,
Михаило Митровић, 1970-1980.

Центар „Генекс“ („Западна капија Београда“) налази се непосредно поред аутопута који пролази кроз Нови Београд. Комплекс представља једно од најоригиналнијих остварења српске архитектуре и најпознатије је дело архитекте Михајла Митровића. Центар се састоји од две бетонске куле: пословне и стамбене, неједнаких висина, спојене у горњој зони двоетажним мостом, који даје посебну ноту композицији. Западна кула је пословна палата „Генекса“, док је источна кула стамбени објекат. На врху пословне куле налази се ротациони, кружни ресторан - видиковац.

The Genex Tower – The Western City Gate

41-43 Narodnih Heroja Street,
Mihailo Mitrović, 1970-1980.

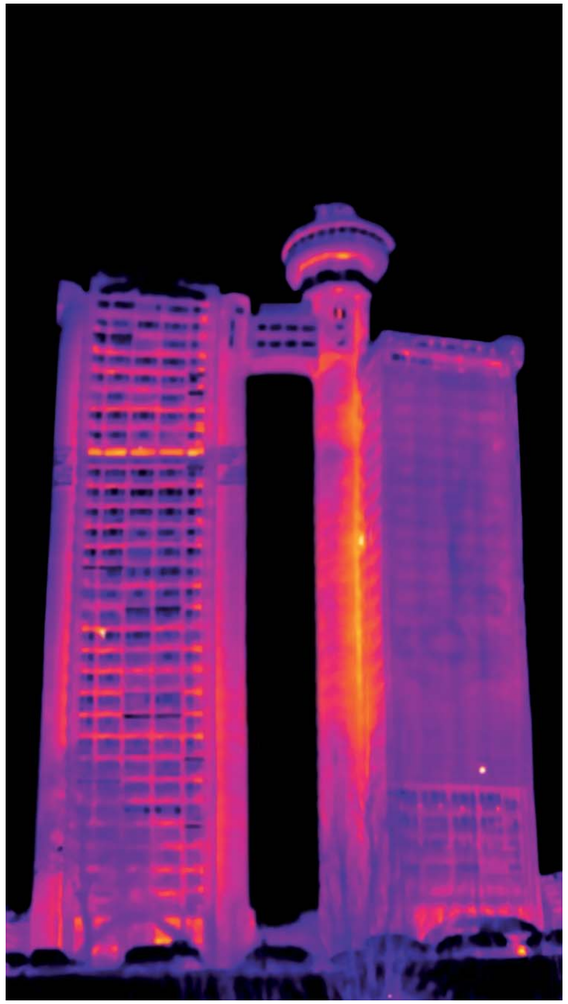
The Genex Tower (The Western City Gate) rises next to the highway which cuts through New Belgrade. The building complex is one of the most original pieces of Serbian architecture and it is the best known design by the architect Mihajlo Mitrović. The Gate comprises two concrete towers, an apartment and an office block; they are of uneven height and connected by a two-storey bridge, which lends a striking note to the whole composition. The taller tower is residential, while the other is owned by the Genex Group. There is a round revolving restaurant/observation deck at the top of the business tower.

„Генекс“ кула својим обликом, као и структуралним и конструктивним квалитетима представља препознатљив архитектонски симбол - капију на западном улазу у Београд. Смела, атрактивна бетонска конскtукција са јединственим армиранобетонским скелетом, у зони контакта са тлом разрешена је лучним мотивном који ослобађа приземље сводећи стубове фасадног платна на два ослонца.

With its form as well as the qualities of its structure and construction, the Genex Tower is a recognizable architectonic symbol – a gate at the Western entrance to Belgrade. The bold and attractive construction with a unique reinforced concrete skeleton is resolved by an arched motive in the ground contact zone; it is a solution that clears the ground floor by reducing the façade columns to two massive supporting pillars.

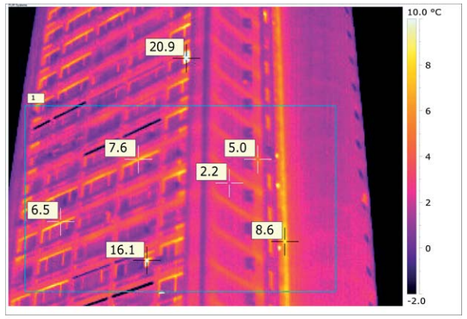
Термовизијски снимак, начињен са релативно велике удаљености за овај тип мерења, даје нам општу термичку слику «Западне капије Београда», верније приказујући армиранобетонске елементе, док прозорска стакла рефлектују температуру неба. Термографски су реалније приказани односи стаклених и бетонских компоненти које се налазе иза велике рекламе. Платно, наиме, добрим делом елиминише ефекат рефлексије код нискоемисивних материјала, као што је стакло.

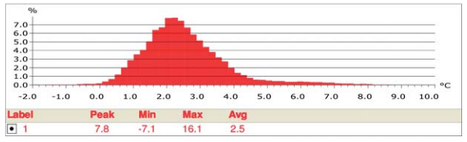
Taken at a relatively large distance for this type of measurement, the thermal image yields a general view of the Western City Gate; the rendition of the reinforced concrete elements is more correct, while the window panes reflect the temperature of the sky. The thermogram gives a more realistic image of the relations between the glass and concrete components positioned behind the large advertisement since canvas is fairly successful at eliminating the reflection effect in low-emission materials such as glass.

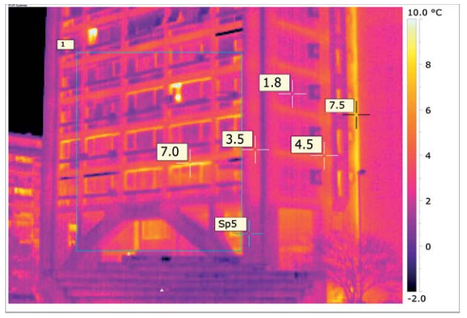


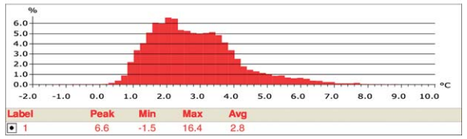
- Снимци начињени из веће близине, показују да и овај објекат исказује, у погледу термичких перформанси, сличне проблеме као и остале скелетне зграде са префабрикованим бетонским фасадним компонентама: топлота се губи кроз хоризонталне и вертикалне спојнице панела, термоизолација пропада по ободу панела, кутија за ролетну није адекватно изолована и сл. Хоризонталне површине конструкција у контакту са спољашњом средином, слабо су изоловане и узрокују губитке, који су можда занемарљиви на нивоу целе зграде, али значајно умањују топлотни комфор у припадајућим стамбеним и пословним јединицама.

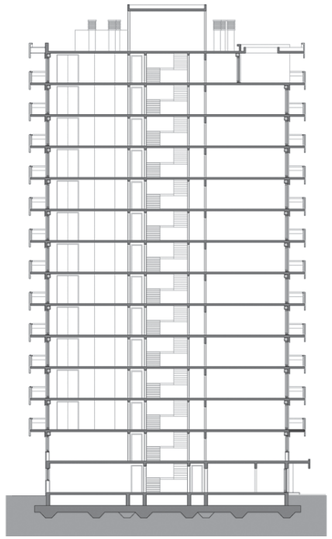
- At a closer distance, this building shows equally problematic thermal behavior as other skeleton structures with prefabricated concrete façade components: heat is lost through horizontal and vertical panel connections, thermal insulation deteriorates along the panel edges, the roller shutter boxes were not adequately insulated etc. The exposed horizontal construction surfaces are poorly insulated and cause losses, which may be negligible with respect to the whole building but they significantly reduce the thermal comfort in the residential and office units.

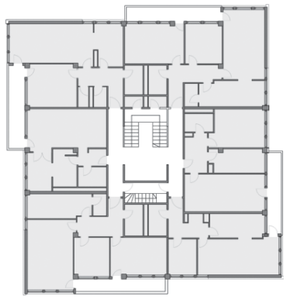












Стамбена зграда у Блоку 45

Јурија Гагарина 191, Гргур Поповић, 1969-1973.

Приказани објекат припада периоду почетка интензивне изградње блокова у Новом Београду. Слободностојећа зграда спратности П+12 до П+16 је карактеристична за блокове 45 и 70 где се понавља на десетине пута. У приземљима су предвиђени станови за домаре, просторије за кућне савете и остале заједничке садржаје.

A residential building in Block 45

191 Jurija Gagarina Street, Grgur Popović, 1969-1973.

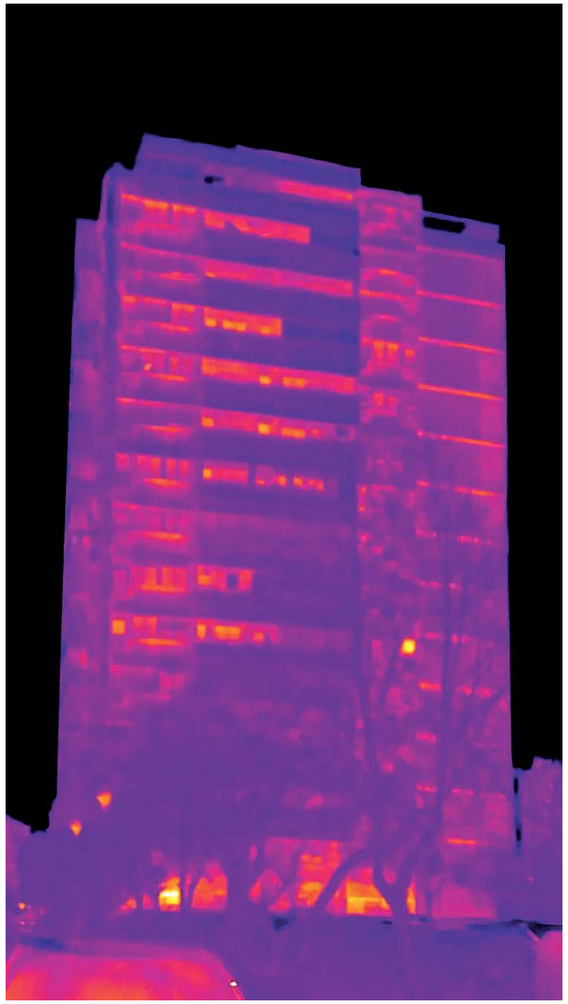
This building dates back to the period when intensive housing development began in New Belgrade. Free-standing 12- to 16-storey structures were typical of 45 and 70 Housing Projects, where they were reiterated by dozens. The ground floor provided the janitor's apartment, the tenants' meeting room and other communal areas.

Конструкција објекта је армиранобетонски скелетни систем са зиданом испуном. Препознатљиве карактеристике обликовања ових објеката су фасадно платно од гитер блокова, са видљивим бетонским хоризонталним серклажима у зони међуспратне конструкције и хоризонталне траке формиране сменом прозорских отвора и парапета од префабрикованих бетонских елемената обложених белим мозаик плочицама.

The construction of the building is a reinforced concrete skeletal system with brick paneling. The buildings are characterized by clay block façades with horizontal concrete ring beams visible at the floor zones, and by horizontal ribbons formed by alternating window assemblies and prefabricated concrete parapets clad in white mosaic tiles.

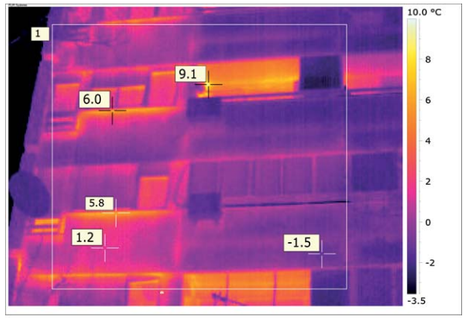
Термовизијски снимак објекта, чак и са веће дистанце, открива готово комплетну структуру фасадног омотача, што указује на слабу термичку изолованост. Различити типови материјализације остварују различите температурне вредности које формирају специфичну слику овог новобеоградског солитера.

Even at a greater distance, the thermal image of the building reveals almost the entire structure of the façade envelope, which indicates poor thermal insulation. Different types of materialization lead to different temperature values, thus forming a specific image of this New Belgrade high rise.



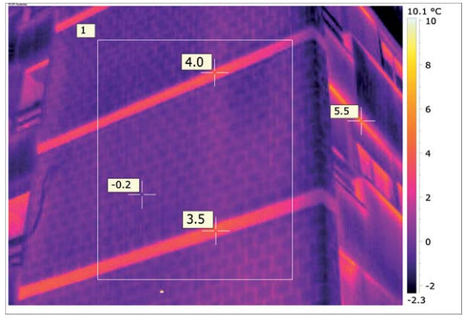
- Велики зазори између столарије и парапета узрокују линијске губитке, али и трајна оштећења термоизолације у парапетима, што додатно увећава топлотне губитке. На десној страни снимка парапетне траке делују „хладно“, али иза њих су негрејане застакљене терасе, па и нема трансмисије топлоте која би била забележена на снимку.

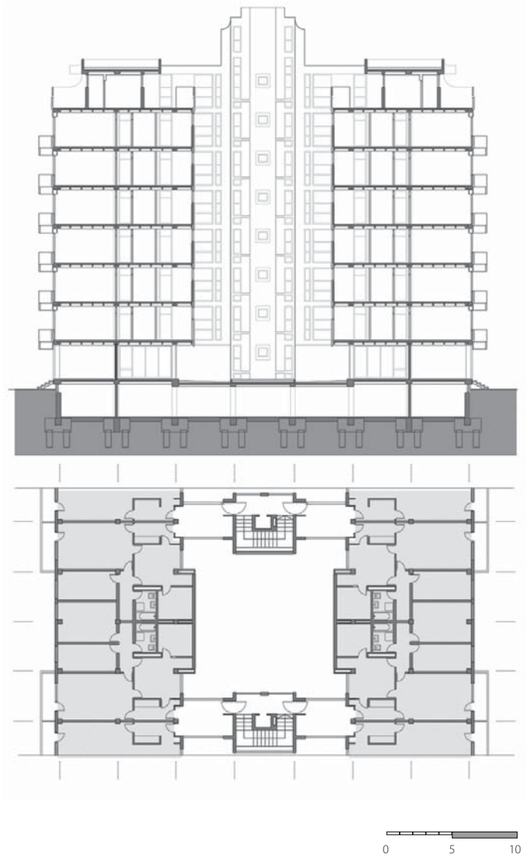
- Vast gaps between the window frames and the parapets cause linear losses; besides, permanent deterioration of the thermal insulation in the parapets adds to thermal loss. In the thermogram, the parapet ribbons on the right seem “cold”; however, there are unheated glazed loggias behind them so that there is no heat transmission to detect.



- На зидном платну од гитер блока јасно се оцртавају спојнице, што је резултат различите топлотне проводљивисти блокова и малтера који их повезује. Хоризонтални бетонски серклажи показују највишу температуру, будући да је бетон најбољи проводник топлоте од свих материјала у склопу снимљеног детаља, па се на фасади емитује део топлоте коју је акумулирала бетонска међуспратна конструкција.

- The clay block mortar joints are clearly outlined on the wall face, which results from the differences in heat conductivity of the blocks and the joining mortar. The horizontal concrete ring beams show the highest temperature since concrete is the best heat conductor of all the materials in the recorded detail. Therefore, some heat accumulated in the concrete floor construction is radiated onto the façade.





Стамбена зграда у Блоку 29

Булевар АВНОЈ-а 115,
Милосав Митић, Михаило Чанак, 1969-1971.

Препознатљиве зграде типа двотракта спратности П+6+Пк изведене су коришћењем монтажног скелетног система типа ИМС распона од 3.60 x 4.20m. На степенишне вертикале лоциране између трактова везана су четири стана по етажи са приступима остварених преко заједничког вестибила за два по два стана. Захваљујући концепту објекта сви станови у блоку имају двострану , а на угловима тростарну оријентацију, чиме су осигурани оптимални услови проветравања и осунчања.
Приземља су такође стамбена са паузама у срединама објекта остварујући попречну повезаност целог блока. Испод целог објекта се налази гаража са оставама.

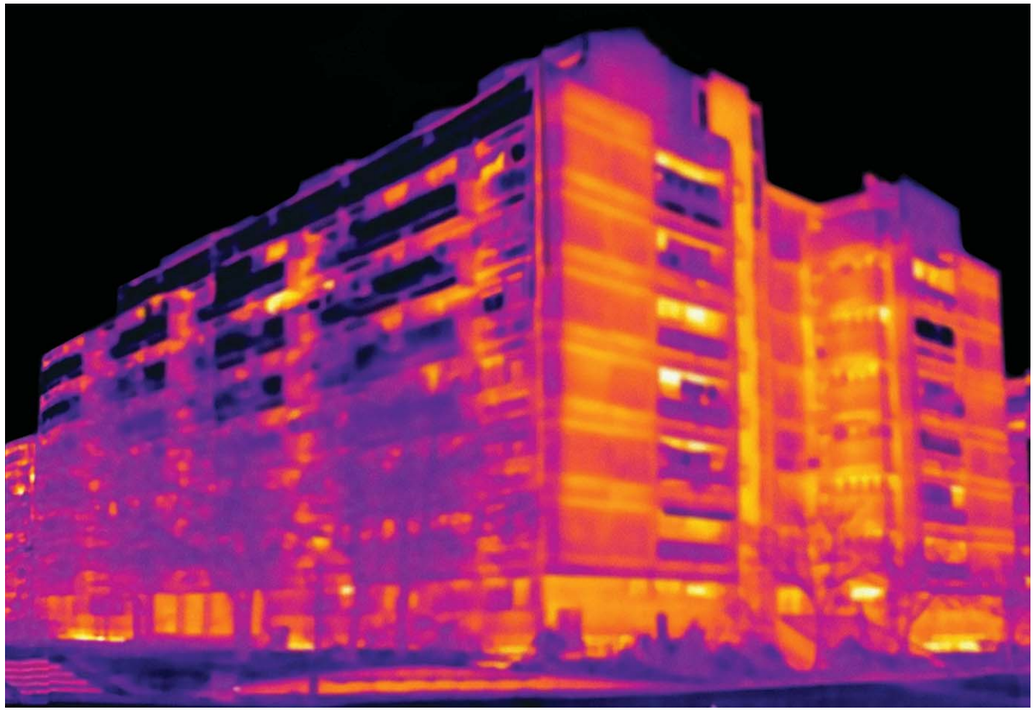
A residential building in Block 29

115 Bulevar AVNOJ-a,
Milosav Mitić, Mihailo Čanak, 1969-1971.

The recognizable two wing buildings of the GF+6+L floor structure were built in the IMS 3.60 x 4.20m span prefabricated skeleton system. Joining the two wings, the staircase is connected to four apartments at each floor, with access via a common vestibule serving two by two apartments. Owing to the design, all apartments feature two-sided orientation, or three-sided at the corners, which provides optimal conditions for ventilation and insolation.
The ground floor is also residential, with central intermissions that enable transverse connectivity within the entire project. The basement area of the whole building holds garages and storage rooms.

Сви фасадни елементи на дужим фасадама обложени су фасадним керамичким и стакленим мозаиком боје слоноваче. Бочне спољне фасаде су изведене од монтажних бетонских елемената са ребрастом вертикалном секундарном пластиком. Приземља, потркорвља и парапети на бочним фасадама су урађени од фуговане опеке.

All elements on the longer façades are clad in ceramic and glass mosaic in ivory color. External side façades are built of prefabricated concrete elements with ribbed vertical outer surface. The ground floors, the lofts and the parapets on the side façades were done in facing brick.

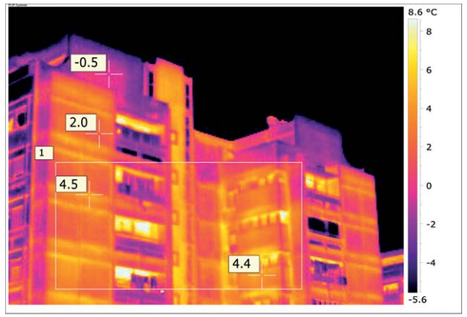


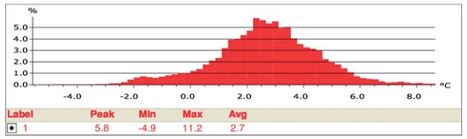
Једна од карактеристика конструктивног система примењеног на овом објекту је у потпуности ношено фасадно платно. То значи да носећи елементи - стубови и греде - остају иза фасадних панела, па се на термовизијском снимку оцртавају спојнице и геометрија фасадне облоге, а основна конструкција је практично без утицаја на термографску слику зграде. Удвојене линије продора топлоте у висини међуспратне конструкције указују на то да се фасадни панели завршавају хоризонталним зубом, па се једна линија поклапа са спољашњом спојницом, док друга показује положај спојнице на унутрашњој равни фасадних панела.

One of the characteristics of the constructive system applied here is that the bearing elements – columns and beams – remain hidden behind the façade panels so that the thermogram reveals the connections and the geometry of the façade cladding, while the main construction practically has no influence on the thermal image of the building. The double lines of heat permeation at the floors indicate that the façade panels end with a horizontal slot so that one line accounts for the external connection and the other indicates where the panels are connected on the inside.

- Иако, у термичком смислу, објекат испољава све недостатке овог типа префабриковане градње, на фасади се ипак очитавају ниже вредности површинске температуре него код, само неколико година старијих, објеката рађених по сличним принципима. Наиме, 1967. и 1970. године почиње се с применом првих прописа који регулишу термичку заштиту објеката, па су зграде из тог периода изоловане у складу са тада важећом регулативом.

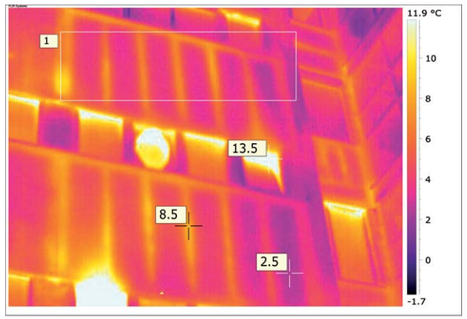
- Although the building shows all thermal problems of its prefabrication type, the surface temperature values registered on the façade are still lower than at the structures of the similar type only several years older. Namely, the implementation of the first regulations covering thermal protection started in 1967 and 1970, thereby affecting thermal insulation in the period buildings.

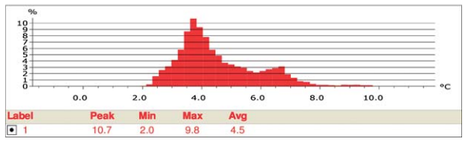


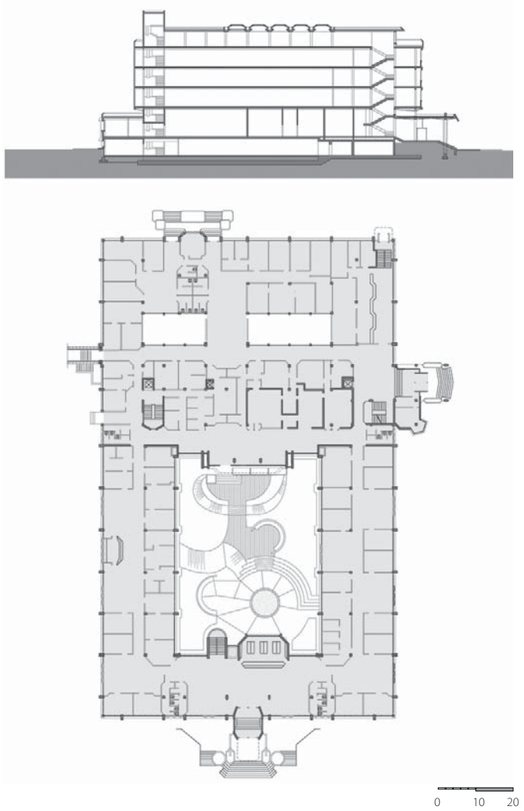


- Детаљнији снимак сегмента фасаде открива унутрашњу структуру фасадног панела, слично као на солитеру у Блоку 28 (стр. 63). Будући да се ради о ношеном панелу ослоњеном на примарну конструкцију, заптивеност хоризонталне спојнице је минимална, што је резултат специфичног технолошког решења геометрије и система монтаже фасадног панела, те се детектују изузетно велики линијски губици.

- A more detailed image of the façade segment shows the internal structure of the façade panel, similarly to the tower block in Block 28 (p. 63). Since the panel is borne by the primary construction, the sealing of the horizontal connection is minimal due to the specific technological solution therefore, excessive linear losses are detected.







Дом здравља „Нови Београд“ у Блоку 44

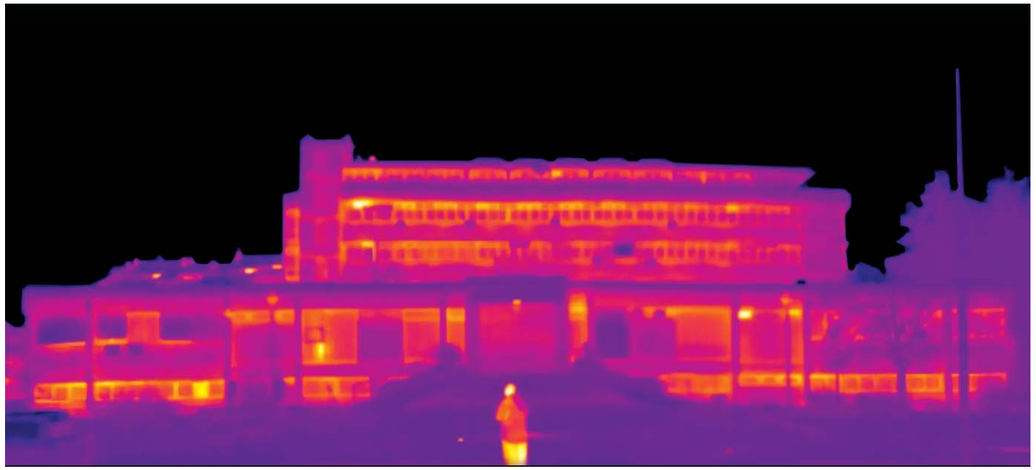
Нехруова 53, Никола Стипац, Михајло Рабреновић

Зграда дома здравља је изведена као комплекс састављен од приземног дела и четворospратног тракта, и у себи обједињује диспанзер опште медицине, дечији и школски диспанзер, диспанзер за здравствену заштиту жена и низ специјалистичких служби. Организација комплекса и приступи објекту, мрежа колског и пешачког саобраћаја су пажљиво пројектовани тако да се избегавају укрштања различитих група корисника. Површина објекта износи 7100m^2 и у тренутку изградње, предвиђено је да пружи здравствену заштиту за око 80-90 хиљада становника.

The Novi Beograd Primary Health Care Center in Block 44

53 Nehruova Street, Nikola Stipac, Mihajlo Rabrenović

The building of the health care center was designed as a complex consisting of the ground floor base and a four-storey wing; it accommodates units for general medical care, infant and schoolchildren care, women medical care, and a series of specialist medical services. The organization of the complex and the access to the building as well as the motor and pedestrian traffic network were all carefully designed so as to avoid various user groups intersecting. With the surface area of 7,100m^2, the center was planned to provide primary health care to approximately 80-90 thousand citizens at the time of construction.



Конструкција објекта изведена је као префабриковани скелетни армиранобетонски систем. Фасадни зидови састоје се од префабрикованих фасадних панела са хоризонтално клизним прозорима застакљеним термоизолационим стаклом, а као заштита од сунца коришћене су металне „венецијанер“ ролетне са спољашње стране.

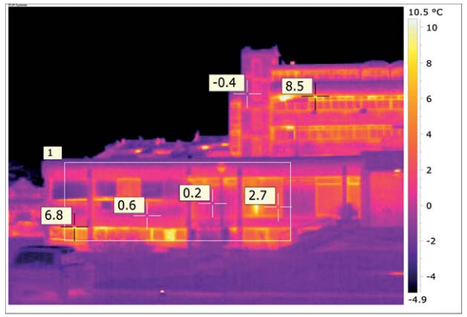
The construction of this building was carried out as a prefabricated skeleton reinforced concrete system. The façade walls consist of prefabricated façade panels with the horizontal sliding windows with thermally insulated panes and external Venetian blinds as shading devices.

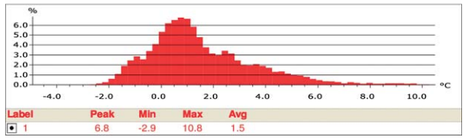
Посматрајући објекат у целини, јасно се уочавају различита термичка понашања застакљених елемената и пуних фасадних панела. Примена, за своје време, изузетно савремених решења, резултовала је и термичким перформансама које превазилазе стандарде и уобичајену праксу седамдесетих година прошлог века.

Seen as a whole, the building displays clearly different thermal behavior at the glazed surfaces and the solid façade panels. The application of the advanced technological solutions has resulted in thermal performances that surpass the standards and the common practice of the 1970s.

- Фасадни панели показују релативно добра термоизолациона својства, са ниским површинским температурама приближним температури ваздуха. Већа одавања топлоте јављају се на делу сутерена, а посебно у контакту са тлом.

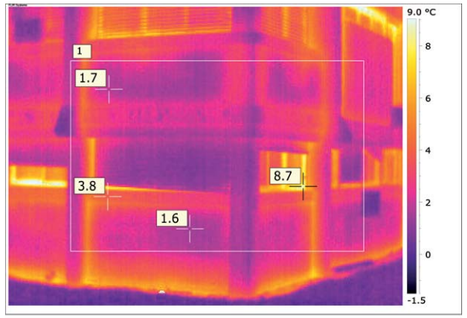
- The façade panels show relatively good thermo-insulating properties, with low surface temperatures similar to that of the air. Higher heat radiation can be noticed at a basement segment, especially in contact with the ground.

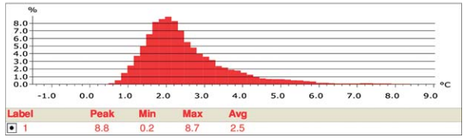




- Постављањем термоизолације са унутрашње стране фасадног зида, избегнут је један део топлотних губитака карактеристичних за облагање префабрикованим фасадним панелима. Редуковане дебљине у зони везе са хоризонталним и вертикалним елементима конструкције ипак се јасно уочавају на овом снимку. У сутерену нема панела, већ су рађене испуне између стубова и линијски губици су приметно већи него у зони приземља.

- Placing thermal insulation on the interior of the façade wall reduced an amount of heat loss characteristic of prefabricated façade panel cladding. However, reduced thickness in the zones of connection between horizontal and vertical construction elements are evident in this image. In the basement, there are no panels; instead, there are fillings between the columns and the linear losses are noticeably higher than at the ground floor zone.





Стамбена зграда у Блоку 30

Булевар Михајла Пупина 157, Урош Мартиновић, 1975.

Стамбена зграда у Блоку 30 представља део комплекса мањих објеката овог блока лоцираних у „смакнутом“ распореду на заједничком платоу испод кога се налази гаража. Ове четвороспратнице карактерише употреба префабрикованих фасадних панела у профилисаном натур бетону, са приземљем у фугованој опеци. Поткровље је повручено, чиме се формирају велике кровне терасе, са оградом у виду венца од префабрикованих панела.

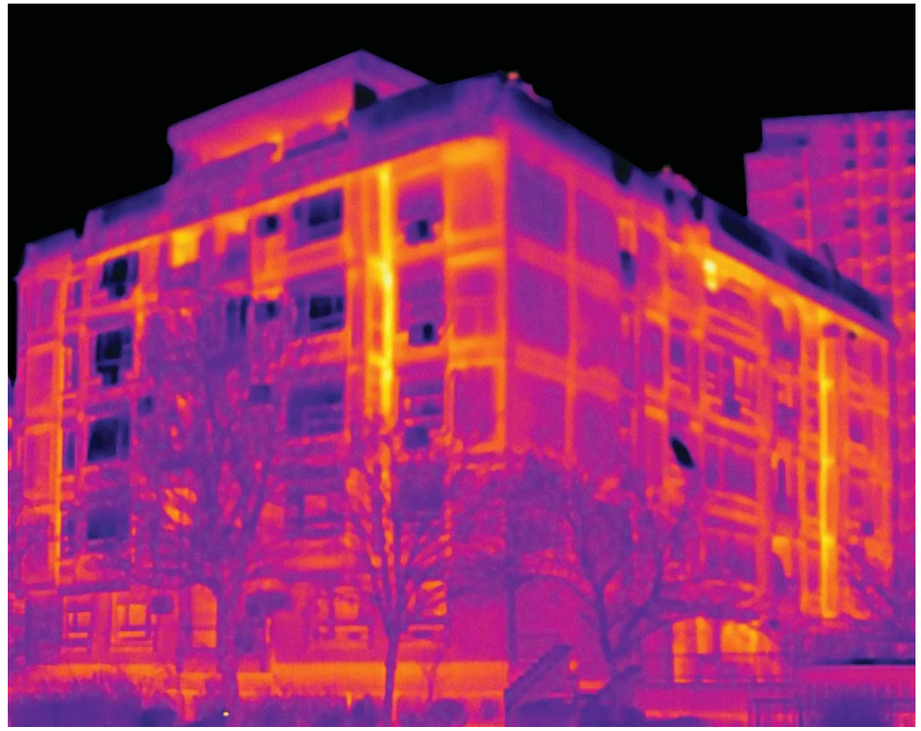
A residential building in Block 30

157 Mihajla Pupina Boulevard, Uroš Martinović, 1975.

The four storey residential buildings in Block 30 are placed in a staggered formation on a common plateau above the garage. The building features prefabricated façade panels in exposed concrete molding, with ground floor clad in facing brick. The loft is recessed, forming vast roof terraces, with a prefabricated panel fence-cornice.

Конструктивни склоп је армиранобетонски, скелетни, распона 5.80x6.00m са језгром око вертикалног комуникационог чвора. Фасадни зидови су од бетонских монтажних елемената, завршни слој је од профилисаног натур бетона док су парапети равних белих површина. Столарија је дрвена са „еслингер“ ролетнама.

The construction is a 5.80x6.00m span reinforced concrete skeleton system with the core around the vertical communication node. The facade walls are made of prefabricated concrete elements in exposed concrete molding while the parapets have smooth white surfaces. The window assemblies are wooden with Esslinger roller shutters.

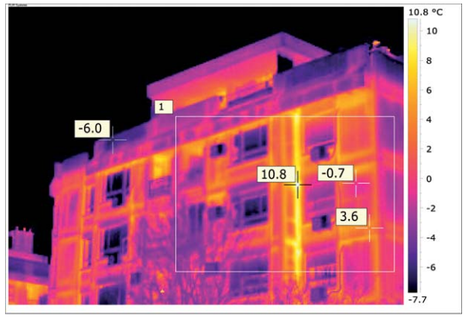


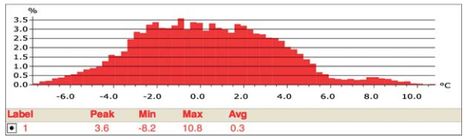
Термовизијски снимак објекта у потпуности приказује структуру и геометрију фасадних панела, откривајући термичке мостове на хоризонталним и вертикалним, спољашњим и унутрашњим спојницама. Код примењеног система фасадних панела, као посебно слаба позиција уочава се детаљ унутрашњег угла, где детектоване температуре указују на веома слабу заптивеност.

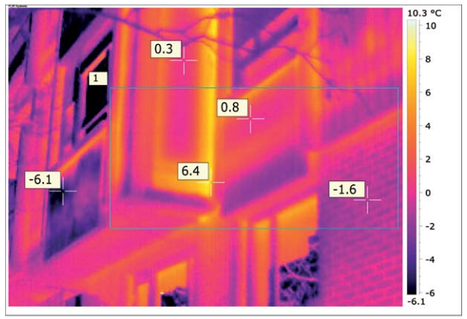
The thermal image of the building shows the entire façade panel structure and geometry, revealing thermal bridges at the horizontal and vertical, external and internal connections. The applied façade panel system reveals a particularly weak point at the internal corner, where the registered temperatures indicate excessively poor joints deatiling.

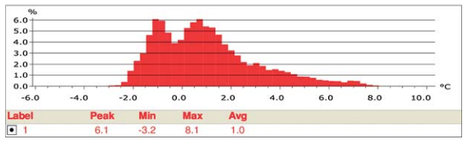
- Линијски топлотни губици, који се јављају услед недостатака примењеног фасадног система, могу се сагледати и кроз измерене температуре на различитим позицијама: пуно платно (средишњи део фасадног панела) -0.7°C, панел у зони споја са стубом и гредом +3.6°C, док је, дуж ивице панела на унутрашњем углу, детектована температура од +10.8°C.
- Бочни панел на еркеру је нешто измењене структуре у односу на крупније панеле који покривају цео конструктивни растер, и стога показује нешто слабије термоизолационе перформансе.

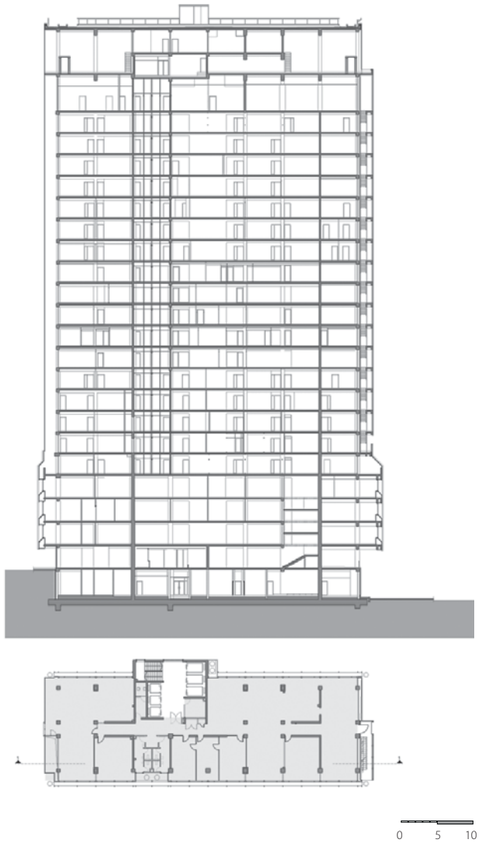
- Linear losses deriving from the flaws in the applied façade system also can be identified through the temperatures measured at different positions: -0.7°C at the solid wall (the central section of the façade panel); +3.6°C at the panel in the connection zone between the column and the beam, and +10.8°C along the panel edge at the internal corner.
- The side panel of the overhang is of somewhat different structure compared to the larger panels that cover the entire construction grid, and thus has relatively poorer thermal performances.











Пословна зграда „Инекс“

Краљице Марије 3, Урош Мартиновић, 1985.

Зграда „Инекс - интерекспорта“, пројектована као пословна кула, представља део комплекса центра општине Палилула који се састоји од већег броја објеката различитих намена организованих у јединствену архитектонско-урбанистичку целину. Специфиичност комплекса је његова диспозиција која се простире на два блока, раздвојена улицом Старине Новака. Високи пословни објекат, анекс са поштанском штедионицом и објекат градске управе, повезани су подземним пролазима. Партерно уређење је пажљиво пројектовано са денивелисаним пјацетама и јединствено је у Београду.

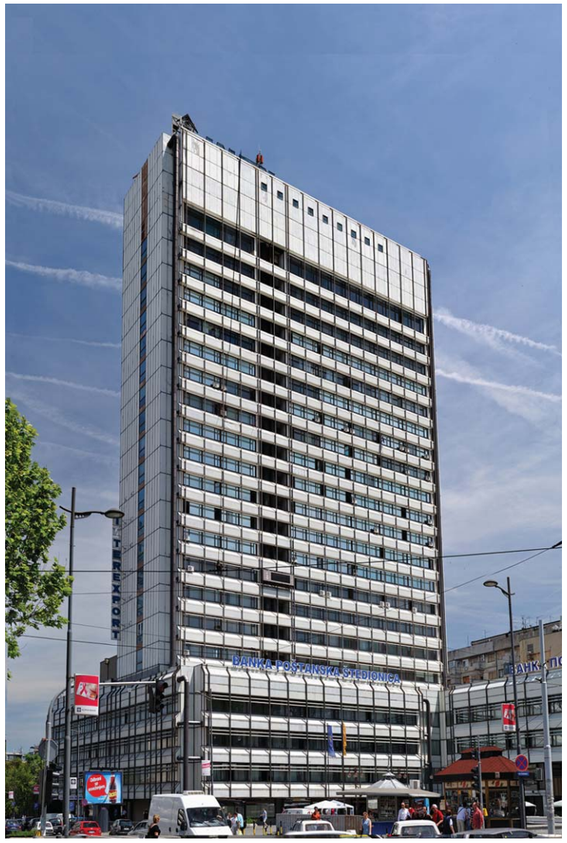
The Inex Office Tower

3 Kraljice Marije Street, Uroš Martinović, 1985.

The Inex-Interexport building, designed as an office tower, is a part of the Municipality of Palilula Center complex, which consists of a number of multi-purpose buildings organized in a single architectonic ensemble. The specific layout of the complex is separated into two blocks by Starine Novaka Street. The office tower, the annex with the Postal Savings Bank and the city administration centre are connected by a system of underground passages. The thoughtful design of the ground area with deleveled piazzettas is unique in Belgrade.

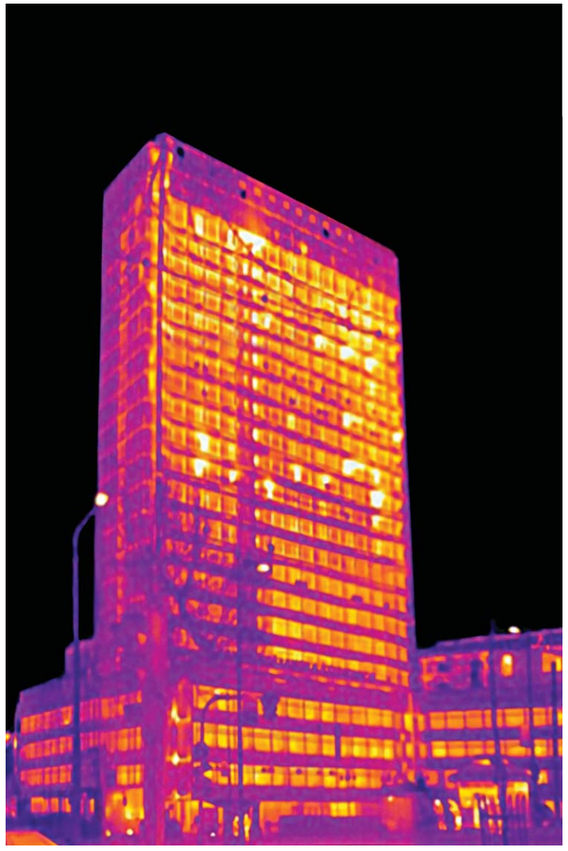
Фасада комплекса је изведена од белих алуминијумских профилисаних парапета и континуалних прозорских трака. На спољашњој равни фасаде постављен је растер од вертикалних алуминијумских профила и хоризонталних брисолеја. Систем термотехничких инсталација је искоришћен као елемент ликовног разрешења фасаде објекта формирајући јаке угаоне мотиве.

The façade of the complex was clad in white profiled aluminium parapets and continuous window assemblies. The external façade features a grid of vertical aluminium profiles and horizontal brise-soleils. The thermo-technical installation system was used as an element of resolving the appearance of the façade by forming strong angular motives.



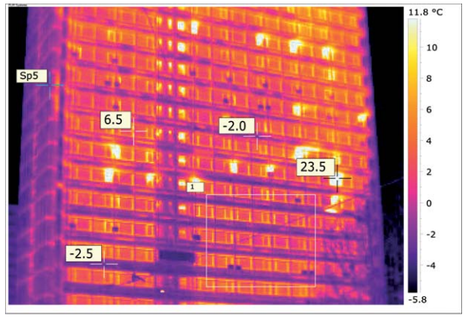
Објекат показује велике топлотне губитке, првенствено на стакленим површинама. Систем парапетних облога оставља доста простора за топлотне мостове, а рефлексија и посредно загревање око прозорских трака визуелно проширују «топле» зоне на термовизијском снимку и чине да парапети делују тање него у реалности.

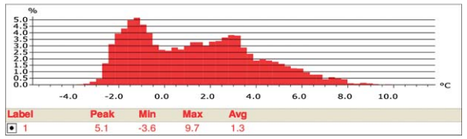
The building displays excessive heat losses, primarily through the glazed surfaces. The system of parapet cladding leaves ample space for thermal bridges, and reflection and indirect heating around the window assemblies visually expand the "warm" zones in the thermogram, and make the parapets seem thinner than they really are.



- Архитектуру пословних зграда седамдесетих и осамдесетих година карактерише, између осталог, и готово потпуно одсуство разматрања питања потрошње/очувања топлотне енергије, и овај снимак, на коме се чини да објекат «исијава», дескриптивно илуструје енергетске консеквенце таквог приступа.

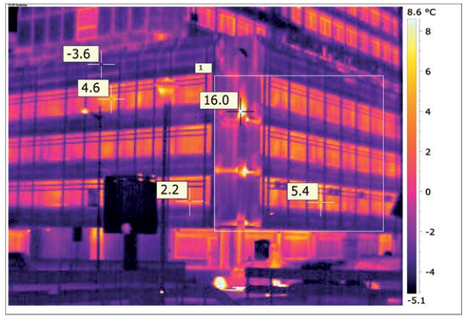
- Among other features, the architecture of the 1970s and 1980s office blocks is characterized by an utter absence of considerations about heat energy consumption/preservation; the thermal image in which the building seems to radiate heat illustrates the energy issues arising from such an approach.

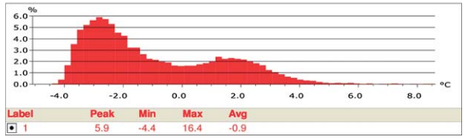




- Детаљнији снимак угаоног дела анекса открива веома лоше стање фасадног склопа. Вода и нечистоће, које пролазе кроз спојнице, временом се задржавају у термоизолацији која трули и пропада. Ово је нарочито приметно на угаоним инсталационим цевима где се очитавају температуре и од 16°C.

- A more detailed image of the angular section of the annex reveals a very poor condition of the façade structure. Over time, water and impurities passing through the connections build up in the thermal insulation, causing decay and deterioration. This is particularly evident at the angle installation pipes with recorded temperatures as high as 16°C.





Стамбена зграда у Блоку 9б - „Ретензија“

Џона Кенедија 10е-10х, Живорад Лисичић

Овај стамбени објекат, грађен почетком осамдесетих година, један је од првих покушаја постмодернистичког приступа у обликовању спољашњег ликовног израза у префабрикованој градњи.
Ламеле објекта су постављене тако да симулирају традиционални затворени градски блок, са пешачким приступом у унутрашње двориште, према коме су орјентисане све техничке просторије и ноћне зоне станова, док се дневне зоне отварају према ободу блока.

A residential building in Block 9b – The Retenzija

10e-10x Džona Kenedija Street, Živorad Lisičić

This residential building, built at the beginning of the 1980s, is one of the first attempts of Postmodern approaches to the exterior visual expression in prefabricated building.
The building segments are positioned so as to emulate a traditional city block, an enclosure with a pedestrian access to the inner yard, towards which all bedroom, service and maintenance rooms are orientated, while the living and dining rooms open toward the outer perimeter.

Објекат је спратности П+6+Пк са косим кровом и становима у поткровној етажи. Фасада је од префабрикованих панела са видљивим спојницама,а завршна обрада је од бојеног бетона. Употребом различитих боја тежи се разбијању утиска униформности карактеристичног за прафабриковане објекте. Прозори су са ниским парапетима и спољашњим шалонима што такође представља искорак од устаљене праксе тог периода.

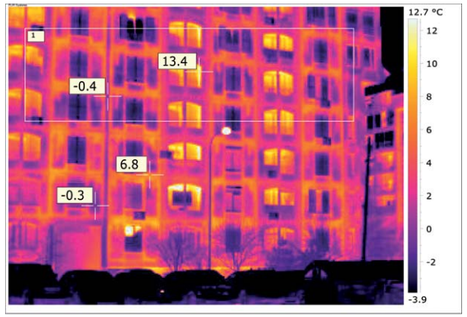
The floor structure of the building is GF+6+L with a slanted roof and apartments in the loft. The façade is in prefabricated panels with visible connections and colored concrete finishing. Multi-coloring is applied in attempt to diminish uniformity that characterizes prefabrication. The windows feature low parapets and external blinds, uncommon to the standard practice of the period.

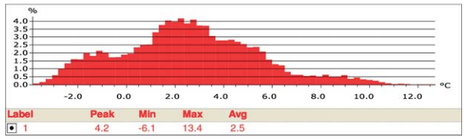
Термовизијски снимак објекта показује линијске губитке карактеристичне за префабриковане бетонске панеле. У зони степеништа се то манифестује у много мањој мери: степенишни простор је хладнији од стамбених јединица (не греје се), а подесне плоче нису у равни спојница на фасадним панелима, па нема ни упадљивих линијских губитака.

The thermal image of the building illustrates linear losses, characteristic of prefabricated concrete panels. In the staircase zone, the losses are less pronounced: the staircase is colder than the residential units (it is not heated), and the landings are not in level with the connections on the façade panels so that there is no distinct linear waste.

- На фасади је приметно лоше стање термоизолације и слаб квалитет столарије. Прозори на лођама дају реалистичне вредности, док је на прозорским стаклима на самој фасади забележена рефлексија топлотних зрачења окружења/атмосфере.

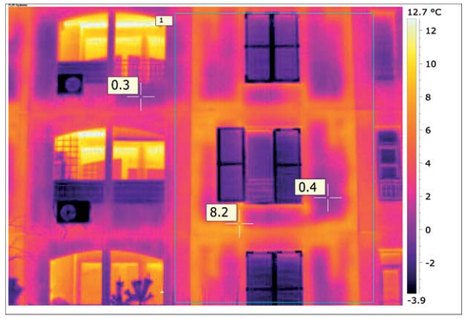
- The façade thermal insulation is in poor condition, just as is the quality of the wood- and metalwork. The loggia windows gave realistic values, while the façade window panes showed reflection of the heat radiation from the environment/atmosphere.

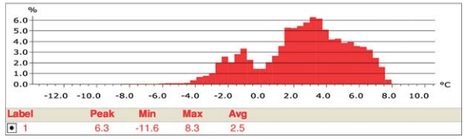


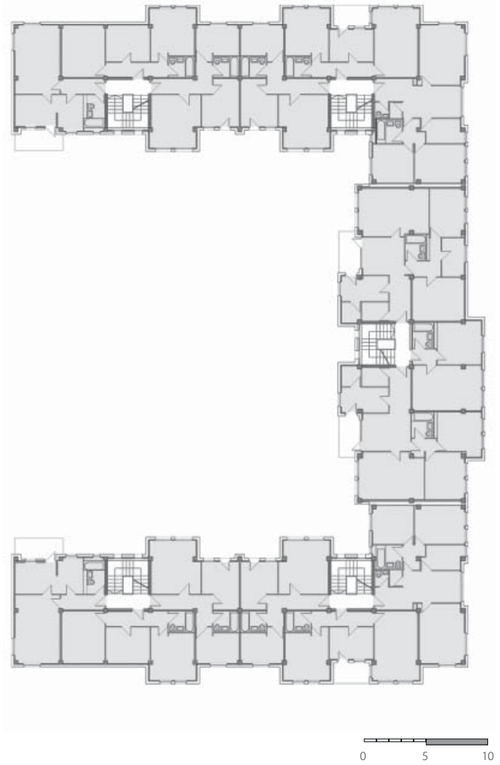


- Снимак карактеристичног сегмента фасаде потврђује да је термоизолација унутар фасадних панела пропала, да на лођама практично нема дихтовања у горњој зони, а да се таваничне плоче, без икаквог термичког прекида, из унутрашњости објекта продужавају на лође и имају исту температуру као зидови грејаних просторија.

- The image of the characteristic façade segment confirms that the thermal insulation inside the façade panels has deteriorated; there is practically no sealing in the upper zone of the loggias; the loft floors that extend from the interior of the building into the loggias without any thermal interruption have the same temperature as the walls of the heated rooms.







Стамбена зграда у Блоку 70

Јурија Гагарина 27а-д, 1992.

Стамбени објекат, изграђен почетком деведесетих година прошлог века, представља карактеристичан пример стамбене архитектуре која се током првих година транзиције развијала по ободним насељима. Грађевинска индустрија посустаје, па се чак и велика предузећа попут „Енергопројекта“ окрећу зидању мањих објеката (објекат на слици је радио „Енјуб“), одустаје се од префабрикације и гломазне механизације. То је уједно и покушај раскида са модернизмом, када се у концепту форме и одабиру архитектонских елемената инспирација тражи у традиционалним моделима „куће“.
Снимљена је зграда у Блоку 70, облика потковице са 6 улаза, спратности П+3+Пк, са локалима у приземљу.

A residential building in Block 70

27a-d Jurija Gagarina Street, 1992.

The residential building, constructed at the beginning of the 1990s, represents a characteristic example of residential architecture that developed at the suburban perimeter in the early years of transition. The construction industry was slumping so that large construction companies, such as “Energoproject”, were turning towards smaller scale developments (the building in the photo was built by “Enjub”) and moving away from industrialized tehnologies. At the same time, this was an attempt to break away from Modernism and search for the forms and architectural elements inspired by the traditional models of a “house”.
The audited building in Block 70 has a horseshoe shape, 6 entrances, GF+3+L floor structure, and commercial premises on the ground floor.

Објекат је рађен у скелетном конструктивном систему, са армиранобетонским таваницама. Кров је кос, са кровним прозорима и таванским простором који се користи. Фасадни зидови су трослојни „сендвич зидови" рађени на лицу места. Завршна обрада фасаде је силикатна опека, са појединим пољима обрађеним у фасадном малтеру. Прозори су формирани као појединачни отвори стандардизованих димензија, застакљење је „термопан" стаклом, а застори су „еслингер" ролетне.

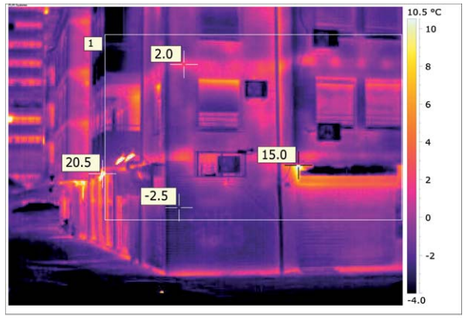
The building was built in a skeleton construction system with reinforced concrete floor slabs. The slanted roof has roof windows and a functional loft. The three-layered sandwich façade walls were built on site. The finishing was done in sand-lime brick with some fields in façade mortar. The windows are assembled as single standard-sized openings, with Thermopane glass and Esslinger roller shutters.

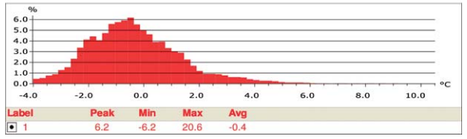
Завршна обрада фасаде једнообразно третира релативно велике површине, али термовизијски снимак „открива" ритам хоризонталних серклажа који нису адекватно изоловани. Значајни линијски губици се детектују и на дилатацијама (зграда се састоји од 3 ламеле са по 2 улаза). Упадљива су и топлотна зрачења у горњој зони прозора, код кутије за ролетну.

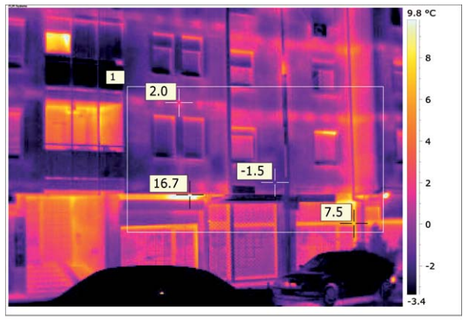
Although the façade finishing treated relatively large surfaces uniformly, the thermal image reveals the rhythm of horizontal ring beams which were not properly insulated. Significant linear losses are detected on the dilatations (the building comprises 3 segments with 2 entrances each). The heat radiation is also noticeable in the upper window zone near the roller shutter box.

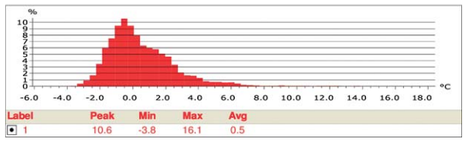
- Код „сендвич зидова“ оптерећење од спољашњег слоја прихватају ивични делови међуспратне конструкције на свакој етажи. Да би се та веза остварила, долази до слабљења или прекида термоизолације, па се ту јављају „термички мостови“ и један део топлоте се преноси на спољашњу раван фасаде.

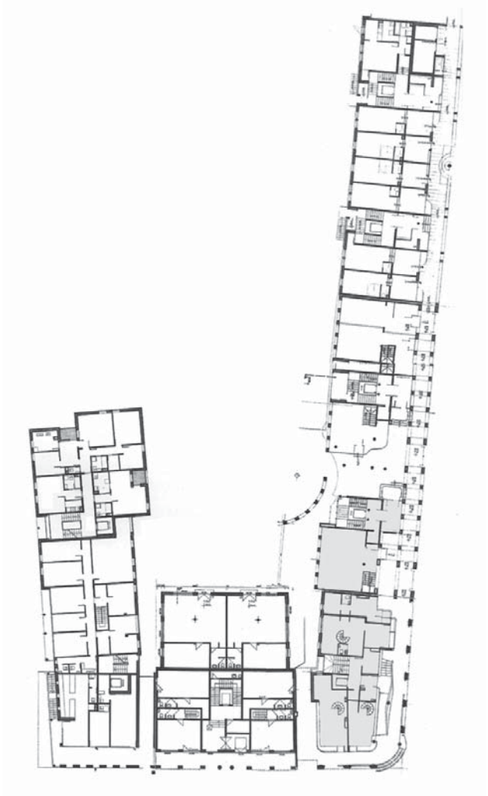
- The external layer of sandwich walls is borne by the edges of the floor construction at each level. In order for this connection to work, thermal insulation is poorer or interrupted, so thermal bridges occur and some amount of heat is transmitted to the façade.











Стамбена зграда

Булевар краља Александра 177,
Милан Лојаница, 1989-1999.

Стамбени блок у Булевару краља Александра представља комплекс нових зграда, пројектованих од стране различитих архитеката у складу са јединственим урбанистичким решењем. Зграда на углу се издваја својим положајем и јединственим концептом обликовања: карактерише је скулпторална цилиндрична форма која се постепено“ослобађа“ из бочних кубуса, креирајући динамични и савремени угаони мотив.

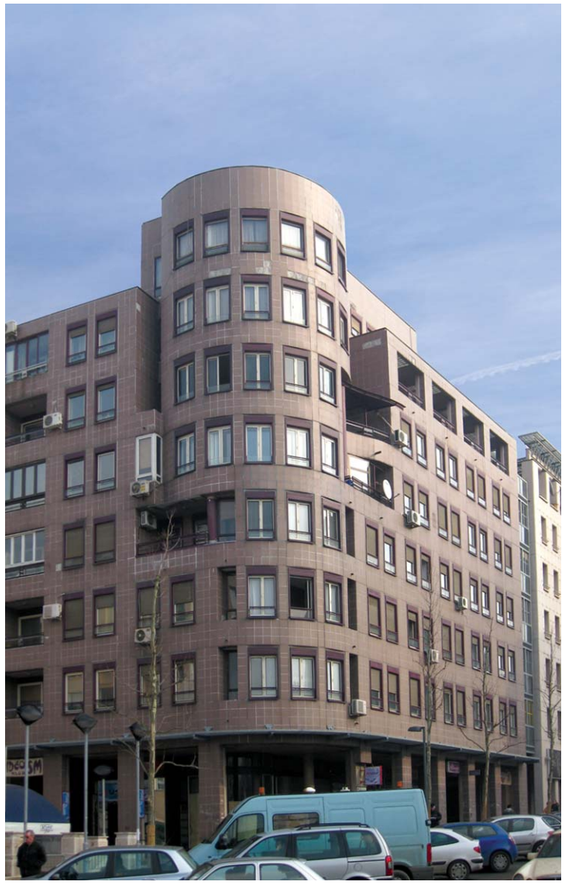
A residential building

177 Bulevar kralja Aleksandra,
Milan Lojanica, 1989-1999.

Traditional city block has been reinterpreted through complex of residential buildings designed by various, prominent Belgrade architects. The corner building stands out by its location and unique identity: it is characterized by sculptural cylindrical form which gradually “disengages” itself from the side volumes, creating a dynamic and modern corner motive.

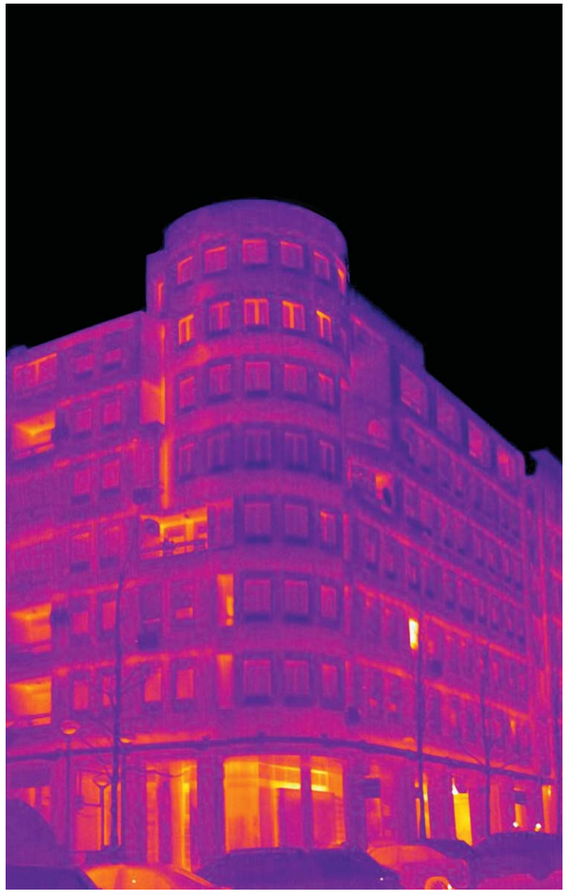
Фасада је изведена у систему „сендвич зида“ за облогом од керамичких плоча. Миран ритам уједначених отвора карактеристичне љубичасте и бордо боје, као и детаљ око прозора са наглашеним оквиром, добро је простудиран елемент који даје аутентичност и сликовитост овој угаоној згради.

The façade constructed in sandwich walls system is clad in ceramic tiles. The steady rhythm of the balanced openings in characteristic purple and burgundy color and the detailing of the windows with an emphasized frame are the well studied elements that lend authenticity and picturesqueness to this building.



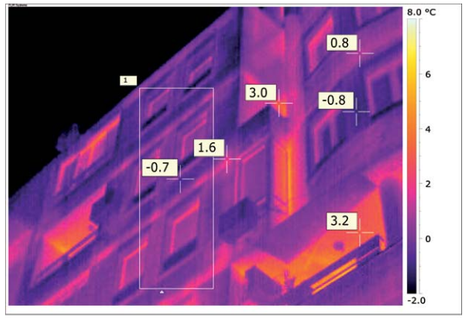
Посматрано у целини, објекат показује релативно добре термичке карактеристике. Прописи из области термичке заштите, који су, уз мање измене, и даље на снази код нас, формулисани су крајем осамдесетих и почетком деведесетих година прошлог века, и иако су данас у многим аспектима застарели, у доба када је пројектован овај блок били су еквивалент немачкој регулативи. Резултат: зграде су знатно побољшаних термичких перформанси у односу на праксу из седамдесетих и осамдесетих година.

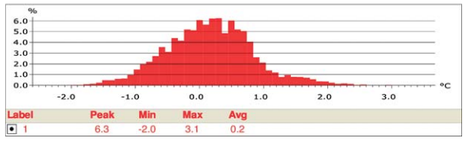
On the whole, this building shows relatively sound thermal properties. The regulations covering thermal protection, which, although obsolete in many respects, have been in force almost unchanged since they were formulated in the late 1980s and early 1990s, were equivalent to the German regulations at the time this block was designed. The results are the buildings with significantly better thermal performances compared to the practices of the 1970s and 1980s.

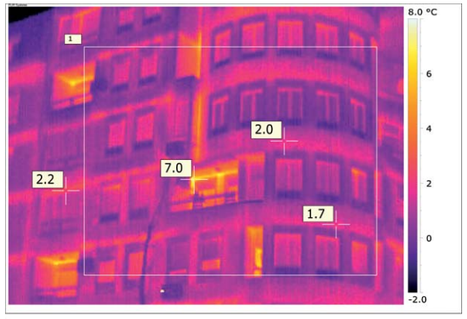


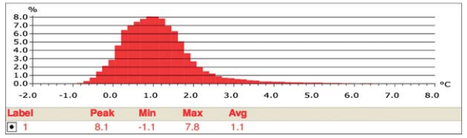
- Детаљни термовизијски снимци показују доста добру изолованост основног фасадног зида, са површинским температурама до 2°C. У зони хоризонталних серклажа и ивичних греда очитавају се нешто више вредности, али нема изражених линијских губитака, као што је то био случај код претходних примера. Уложине око отвора су пажљивије обрађене, остварена је добра заптивеност и континуитет термоизолације кроз различите позиције и материјале, па је и губитак топлоте знатно редукован.

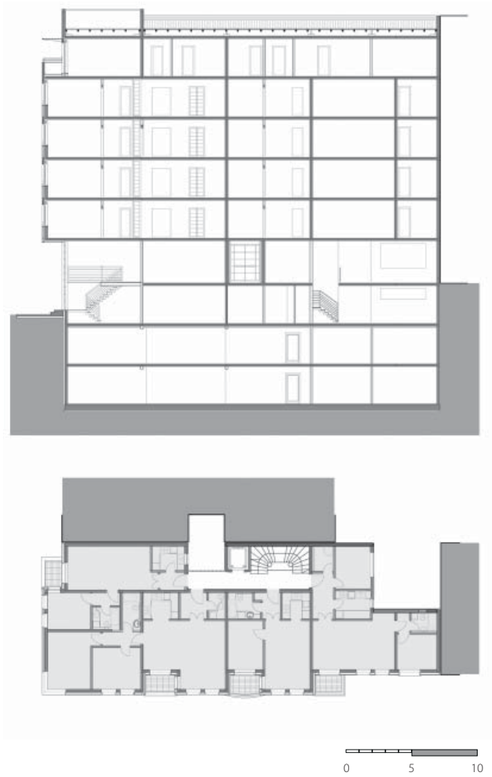
- More detailed thermal images show a fairly adequate insulation of the main façade wall, with surface temperatures of up to 2°C. In the zone of the horizontal ring beams and the edge beams, higher values were detected, but there were no significant linear losses as it was the case in the previous examples. The moldings around the openings were more carefully treated, the sealing is good and there is continuity of thermal insulation throughout the various positions and materials, so that heat loss is significantly reduced.











Стамбена зграда

Бранка Крсмановића 24,
Милица Јовановић Поповић, 2008.

Стамбено-пословни објекат на углу Улица Бранка Крсмановића и Ђаковачке представља допринос обнови архитектуре старог дела Звездаре, око пијаце Ђерам. Јасна је намена аутора да, смиреношћу фасаде и једноставним материјалима, успостави комуникацију са окружењем као реперном тачком у типичној урбаној матрици. Традиционални полукружни мотив угаоних објеката на овом примеру вешто је пресечен троетажном кубичном формом. Заступљени су сви типови станова, од једнособних до четворособних, са локалима у приземљу различитих квадратура.

A residential building

24 Branka Krsmanovića Street,
Milica Jovanović Popović, 2008.

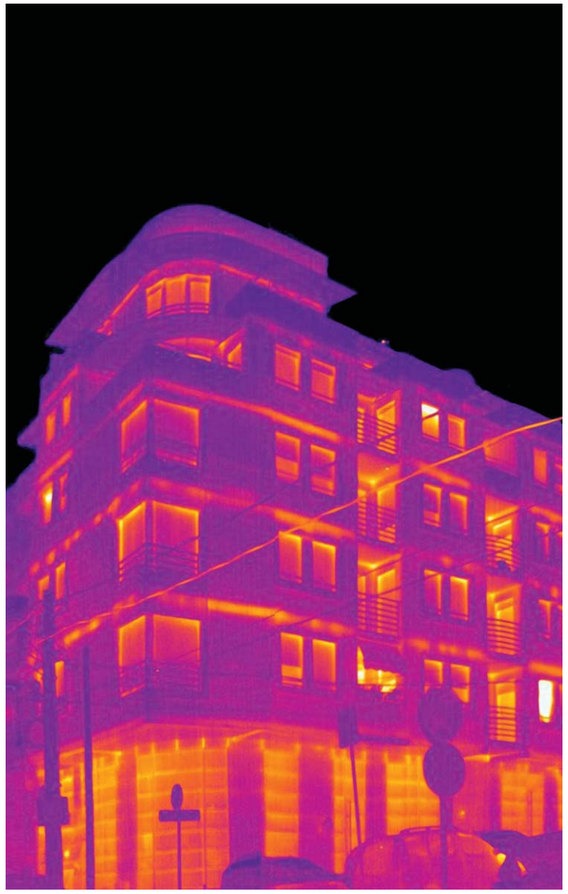
The residential and office building at the corner of Branka Krsmanovića and Đakovačka St is a contribution to the restoration of the old Zvezdara architecture around the Đeram green market. It is obvious that, by a serene façade and simple materials, the author aimed to establish communication with the context as a point of reference in a typically urban matrix. The traditional semi-circular motive of corner buildings is skillfully interrupted by a three-storey cubic shape. The structure of the apartments varies from studios to four-room apartments; there are various commercial premises on the ground floor.

Конструкција објекта је мешовита, у комбинацији скелетног армиранобетонског и масивног система, са зидовима од гитер блока. Фасада је од вештачког камена, бојена једноставном комбинацијом беле и плаве боје. Прозори на стамбеним јединицама су у комбинацији алуминијума и дрвета, застакљени термоизолационим стаклом са ниско емисионом фолијом. Фасада приземља изведена је од алукобонд панела.

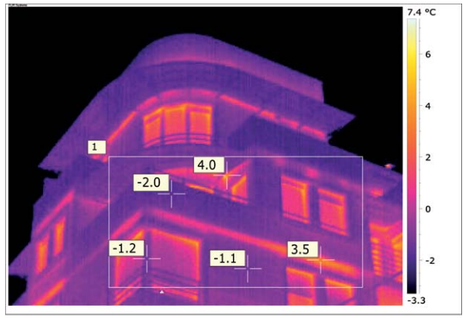
The construction of the building is a combination of skeleton reinforced concrete and a masonary system, with clay block walls. The façade is in cast stone, coloured in a simple combination of white and blue. The aluminium and wood windows of the residential units have panes with thermal insulation and low-emissive foil. The ground level façade is clad in Alucobond panels.

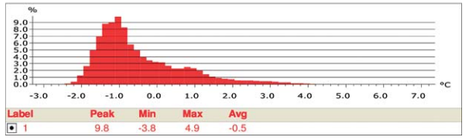
Стамбени објекат из 2008. илуструје бенефите архитектонских решења којима се побољшавају термичке карактеристике - разлика је очигледна у односу на нешто старији пример из Блока 70 (стр. 95). Детектују се знатно мања топлотна зрачења, на фасадном платну су регистроване температуре око 0°C. Међутим, у зони хоризонталних серклажа опет се очитавају линијски губици, првенствено као резултат непажње извођача.

The residential building from 2008 illustrates the benefits of architectural solutions that improve thermal performance – when compared to a somewhat older example from Block 70 (p. 95), the difference is obvious. Lower heat radiation is detected, with the registered façade temperatures of approximately 0°C. However, there are still linear losses in the zone of the horizontal ring beams primarily due to the contractors' negligence.

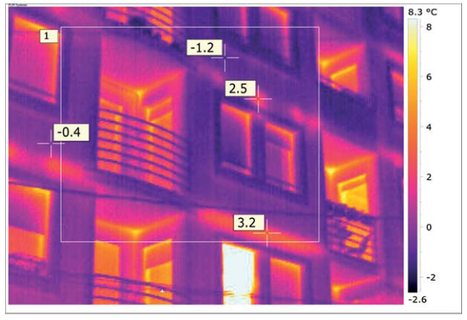


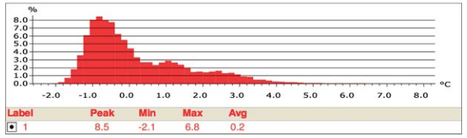
- Термовизијски снимци карактеристичних сегмената фасаде показују добру изолованост основног зида, али откривају и неколико пропуста. На обема сликама можемо видети да у уоквиреним деловима иста позиција - хоризонтални серклажи и натпрозорне греде - даје различите термалне слике на различитим етажама. На доњој слици, изнад најнижег прозора, региструју се губици, као да је термоизолација изостављена или је коришћена мања дебљина од пројектоване, док је слика на спрату изнад, сасвим другачија: ту су губици маркирани само у појединим тачкама, где се из конструктивних разлога прекида термоизолација. На горњој слици је слична ситуација: нижи серклаж је изведен на један начин, а таваница на следећој етажи на други. Овај пример илуструје како се термовизијским снимањем могу откривати грешке у извођењу, па и раздвојити одговорност пројектанта од одговорности извођача када визуелном инспекцијом то више није могуће.





- Although thermal images of characteristic façade segments show adequate insulation of the main wall, they also detect some flaws. In both images, the framed segments show how the same position – the horizontal ring beams and the lintel beams – yields different thermal characteristics on different floors. In the bottom image, heat losses are registered above the lowest window, as if there was no thermal insulation or it was thinner than specified by the design; by contrast, the losses at the floor above were marked only in particular spots where thermal insulation had to be interrupted for construction reasons. In the top image, the situation is similar: the lower ring beam was built differently than in the ceiling above. This example illustrates how thermal imaging can reveal construction flaws, and if necessary, distinguish between the responsibilities of the designer and the contractor when this is no longer possible by visual inspection only.





Нови Сад Novi Sad

1 Скупштина града Новог Сада, Жарка Зрењанина 2
Novi Sad Town Hall, 2 Žarka Zrenjanina St

2 Пословна зграда „Агровојводина“, Булевар ослобођења 127
The Agrovojvodina Office Tower, 127 Bulevar oslobođenja

3 Пословна зграда ЕПС - „Електровојводина“, Булевар ослобођења 100
The EPS – Elektrovojvodina Building, 100 Bulevar oslobođenja

4 Комерцијални центар „Базар“, Булевар Михајла Пупина 1
The Bazar Retail Center, 1 Mihajla Pupina Blvd

5 Пословна зграда „НИС – Нафтагас“, Народног фронта 12
The NIS – Naftagas Head Office Building, 12 Narodnog fronta St

6 Развојна банка Војводине, Стражиловска 2
The Development Bank of Vojvodina, 2 Stražilovska St

Скупштина града Новог Сада

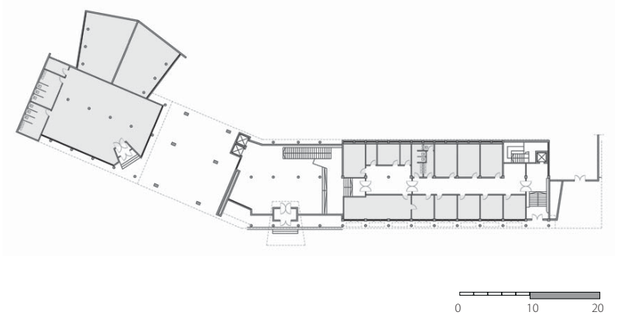
Жарка Зрењанина 2, Сибин Ђорђевић, 1958-1960.

Зграда Скупштине града Новог Сада се налази преко пута „Бановине“, у самом центру града. Пројектована 50-их година двадесетог века, она доследно следи модернистичку логику, карактеристичну за тај период. Употреба сведених, призматичних, волумена разрешава композицију форме материјализоване у белом камену са ритмичним смењивањем хоризонталних прозорских трака и парапета. Зграда има три улаза,више од стотину канцеларија, пет сала за састанке, библиотеку, штампарију и ресторан.

Novi Sad Town Hall

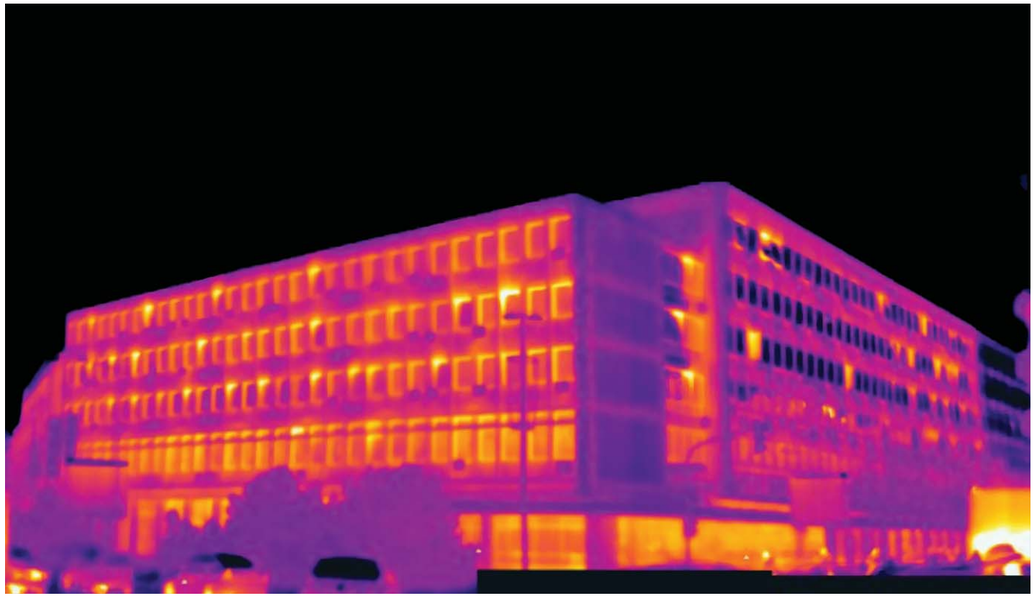
2 Žarka Zrenjanina Street, Sibin Đorđević, 1958-1960.

The building of the Town Hall is located opposite the Banovina Building in downtown Novi Sad. Constructed in the 1950s, its design is consistent to the logic of Modernism of that period. The minimalist prismatic volumes resolve the composition of the form materialized in white stone with rhythmic alternations of horizontal window ribbons and parapets. The building has three entrances, more than a hundred offices, five conference halls, a library, a printing office and a restaurant.



Конструкција објекта је армиранобетонска, скелетна, са платнима за укрућење. Фасада је од вештачког и природног камена, са тамном облогом у зони прозорских трака. Први спрат се визуелно одваја величином прозорских отвора и наглашеним хоразонталним брисолејем. На левом делу објекта истицање различитости фунцкија је спроведено на фасади, увођењем додатног мотива у виду уоквиреног поља испуњеног низом вертикалних брисолеја.

The construction of the building is reinforced concrete skeleton with bracing plates. The façade is in cast and natural stone, with dark cladding at the window ribbons. Visually, the first floor stands out by the size of its window openings and the emphasized horizontal brise-soleil. On the left side of the building, the different functions were consistently stressed on the façade by the introduction of an additional motive of a framed rectangle filled with a row of vertical brise-soleils.

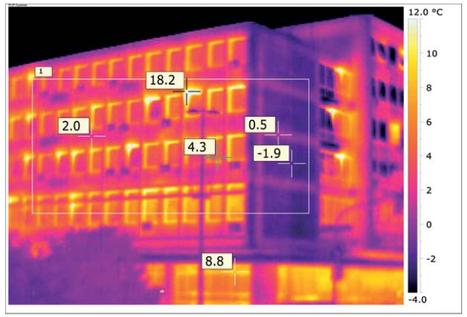


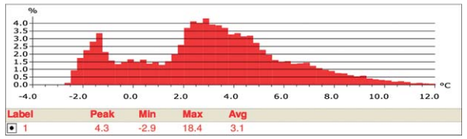
Термовизијски снимак одсликава објекат материјализован коришћењем техничких решења карактеристичних за половину двадесетог века, без коришћења термоизолације и са системима фасадне браварије који не задовољавају данашње стандарде. Губици кроз отворе су приметни, а већи број отворених прозора указује да интензивно грејање објекта компензује недостатке квалитета примењене материјализације.

The thermal image reflects the building constructed upon the technical solutions typical of the mid-20th century, with no thermal insulation and with façade metal assemblies which do not meet current standards. The losses through the façade openings are evident, while a number of open windows indicate that intensive heating of the building compensates for the inadequate materialization.

- Детаљ фасаде указује на лош квалитет прозорских рамова и значајне губитке који се код њих јављају. Зона парапета је такође неизолована - готово је могуће идентификовати положаје радијатора иза њих.

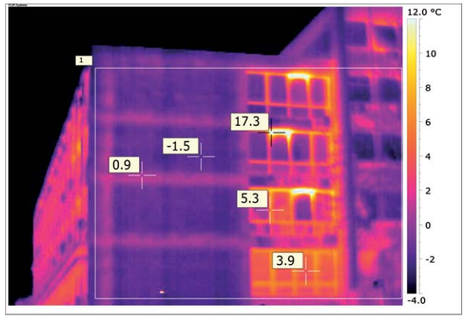
- A façade detail shows the poor quality of window frames and ensuing significant losses around them. The parapet zone also has no insulation – it is almost possible to identify the position of the radiators behind them.

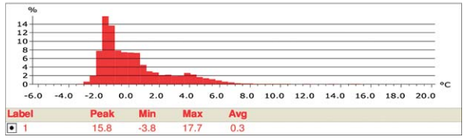


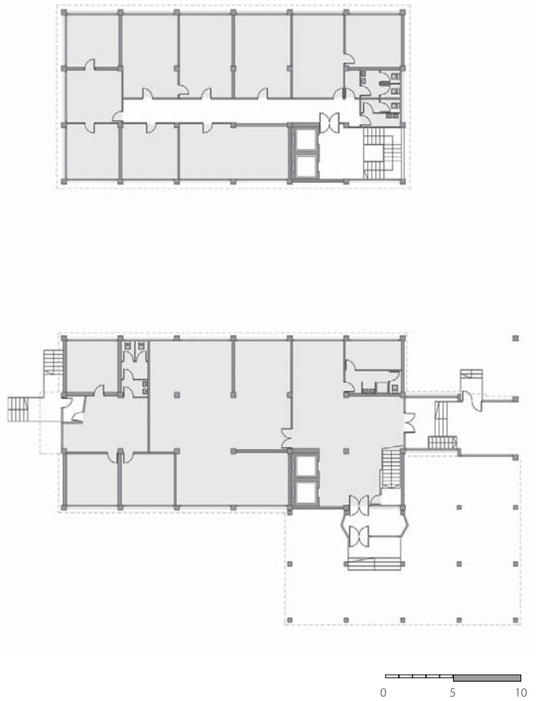


- Детаљ бочног зида код кога је лако могуће идентификовати положаје армиранобетонских елемената услед непостојања изолације и израженијих губитака. Поједини отвори на фасадном платну су у лошем стању, са изразитим губицима топлоте.

- A side wall detail which easily identifies the positions of reinforced concrete elements due to the absence of insulation and imminent heat radiation. Particular openings on the façade are in poor condition with excessive heat losses.







Пословна зграда „Агровојводина“

Булевар ослобођења 127,
Бреда Шелкен, Жива Бугарски, 1964-1968.

Зграда пословне зграде „Агровојводина“ се налази у ширем центру Новог Сада и изграђена је 60-их година двадесетог века. Ова петнаестоспратница једноставне призматичне форме, била је један од највиших објеката у граду, а и данас, она доминира својим окружењем.

The Agrovojvodina Office Tower

127 Bulevar oslobođenja,
Breda Šelken, Živa Bugarski, 1964-1968.

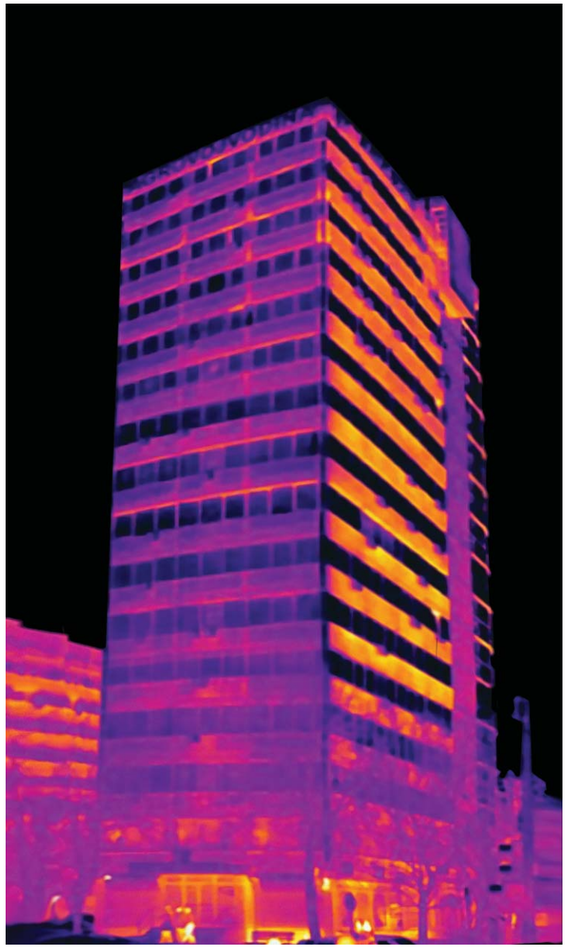
The Agrovojvodina Tower, located in the wider center of Novi Sad, was built in the 1960s. This simple prismatic fifteen-storey building used to be one of the tallest buildings in the town, and it still dominates its surroundings.

Зграда је материјализована у препознатљивом духу, сменом хоризонталних прозорских трака и пуних, префабрикованих, парапета. Вертикални акценти композиције изведени су наглашавањем пуног платна у зони лифтовске вертикале, односно „слободним“ (застакљеним) углом, где је лоцирано степениште. Прозорске траке су, у великој мери, замењене различитим системима застакљења, углавном коришћењем ПВЦ столарије.

The building was rendered in the recognizable style of alternating the horizontal window ribbons and solid prefabricated parapets. The composition is accented by emphasizing of the elevator vertical and the “free” (glazed) corner which holds the staircase. Most window assemblies have been replaced by different glazing systems, mainly PVC.

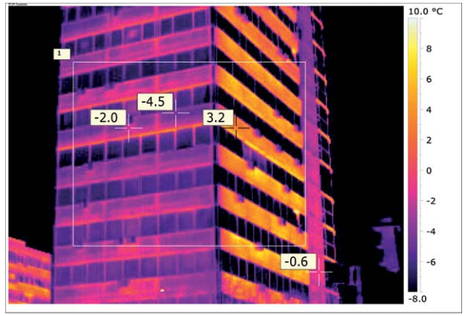
Термовизијски снимак указује на акумулациони потенцијал неизолованих армиранобетонских елемената парапета. Северна страна зграде приказује реално очитавање температурних вредности, на коме је уочљива чињеница да су прозори замењени, да су парапети неизоловани, док западна стана приказује знатно више температуре парапета, које су овде последица загревања од стране сунца током дана.

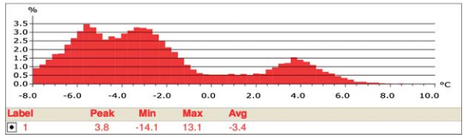
The thermographic image shows the accumulating potential of non-insulated reinforced concrete parapet elements. The north side of the building showed realistic temperature readings, which confirm that the windows have been replaced and that the parapets are without insulation, while the west side displayed considerably higher temperatures that were caused by the heat from the sun during the day.



- На северној фасади се очитавају проблеми везани за коришћење префабрикованих елемената у виду приметних губитака на међусобним спојевима панела као и местима спајања са конструкцијом објекта.

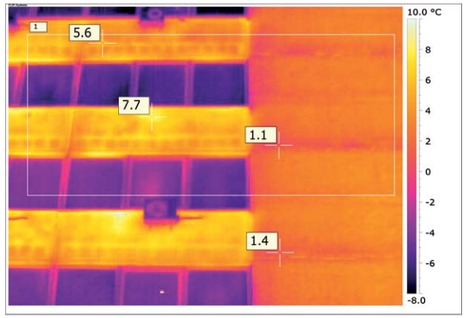
- On the north façade, there are problems due to the use of prefabricated elements, which cause significant losses at the connections between the panels and the structure.

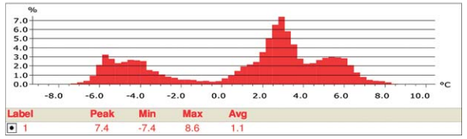




- Замењени прозори су доброг квалитета, а на парапетима је приметно значајно загревање као последица сунчевог зрачења. Иако је термовизијски снимак начињен шест сати по заласку сунца, утицај његовог зрачења је и даље знатан и јасно се очитава кроз измерене температуре.

- The replaced windows are of good thermal quality; the parapets display noticeable higher temperature readings as a consequence of sun radiation. Although the thermographic image was taken six hours after the sunset, the impact of the external heat gains is still evident.





Пословна зграда ЕПС - „Електровојводина“

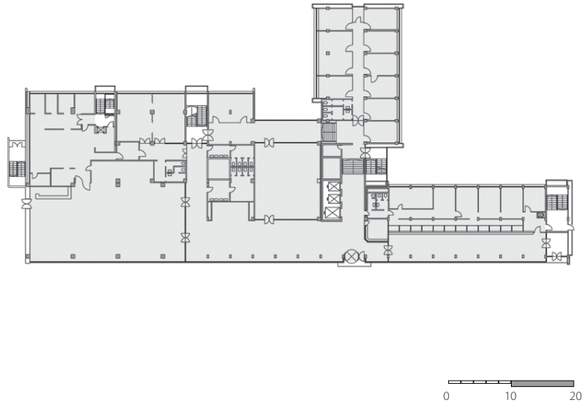
Булевар ослобођења 100, Милан Матовић, 1971-1989.

Зграда „ЕПС- Електровојводине“ представља једно од најзначајнијих архитектонских остварења у ширем центру Новог Сада. Масивна грађевина је настала под утицајем британског покрета брутализма и истражује конструктивне и естетске вредности армираног бетона. Функционална сегрегација је спроведена кроз форму објекта комбиновањем различитих, углавном призматичних облика, али и материјализацију, варирајући колористичке и текстурне потенцијале бетона и стакла. Године 1989. извршена је доградња диспечерског центра који је својим атрактивним архитектонским решењем унео нови квалитет у постојећу композицију.

The EPS – Elektrovojvodina Building

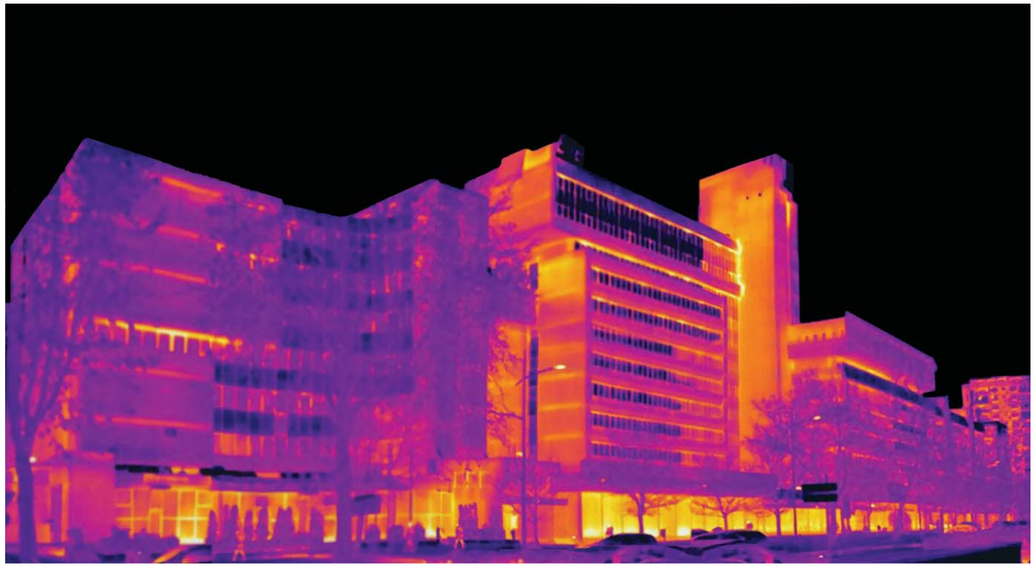
100 Bulevar Oslobođenja, Milan Matović, 1971-1989.

The EPS – Elektrovojvodina Building is one of the most significant architectural achievements in the wider center of Novi Sad. The massive building was designed under the influence of the British Brutalist movement and pursues the constructive and aesthetic values of reinforced concrete. Functional segregation was implemented not only through the form by combining different, mainly prismatic volumes, but also through the material by varying the color range and textural potentials of concrete and glass. In 1989, the extension to a dispatch centre was added, whose attractive architectural solution introduced a new quality to the existing composition.



Објекат је изведен у скелетном конструктивном систему са платнима за укрућење и језгром у коме се налазе вертикалне комуникације. Карактеристична за ову пословну зграду је материјализација. Она се огледа у комбинацијама различитих типова третмана фасаде: коришћена су платна од пуног армираног бетона, «зид-завеса» и хоризонталне смене прозорских и парапетних трака. Оваква, ефектна комбинација стакла и натур бетона, кулминира и на каснијој доградњи из 1989. где је нови објекат потпуно застакљен.

The building was built in the skeleton construction system with bracing plates and the core with vertical communication facilities. What is characteristic of this office block is its materialization reflected in the combination of different façade types: from solid reinforced concrete to the curtain wall to horizontal alternations of window ribbons and parapets. Such an effective combination of glass and exposed concrete culminates again in the subsequent extension in 1989, when the added part was completely clad in glass.

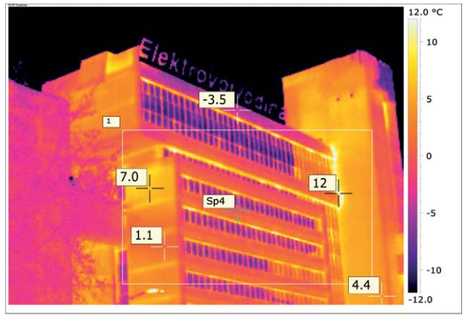


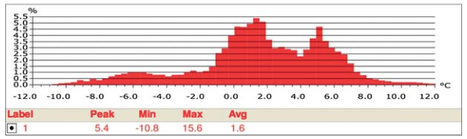
Термовизијски снимак одсликава типичне термичке карактеристике коришћења сендвич зидова од армираног бетона са термоизолацијом у свом саставу, а које се огледају у немогућности избегавања хладних мостова на местима спојева са конструкцијом објекта. Спојеви појединих форми објекта такође приказују значајне линијске губитке. Системи застакљења су разноврсни, а термички губици су најизразитији у приземљу објекта и на старијим системима „зид-завеса".

The thermal image illustrates typical thermal performance achieved by using reinforced concrete sandwich walls with incorporated thermal insulation, which are reflected in the impossibility to avoid thermal bridges at the connections with the construction. Moreover, the connections between particular volumes show significant linear losses. The glazing systems are diverse, but the thermal loss is most evident at the ground floor and at the older curtain wall systems.

- На детаљу фасаде видни су проблеми који прате армиранобетонске фасадне зидове, где се највећи губици јављају код спојева бетонских делова надограђеног дела са комуникационим вертикалама. Код бочних зидова је, такође, могуће уочити хоризонталне конструктивне елементе, што илуструје недовољну термоизолацију на овом месту.

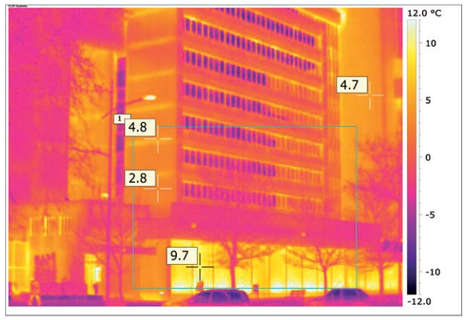
- The facade detail displays the problems that accompany reinforced concrete face walls, where the greatest losses occur at the connections between the concrete segments of the extension and the vertical communication facilities. Besides, the lateral walls reveal the positions of horizontal construction elements, which is an indication of inadequate thermal insulation.

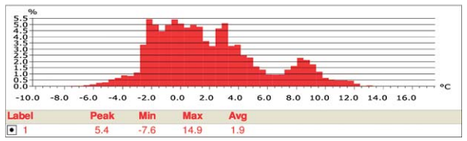


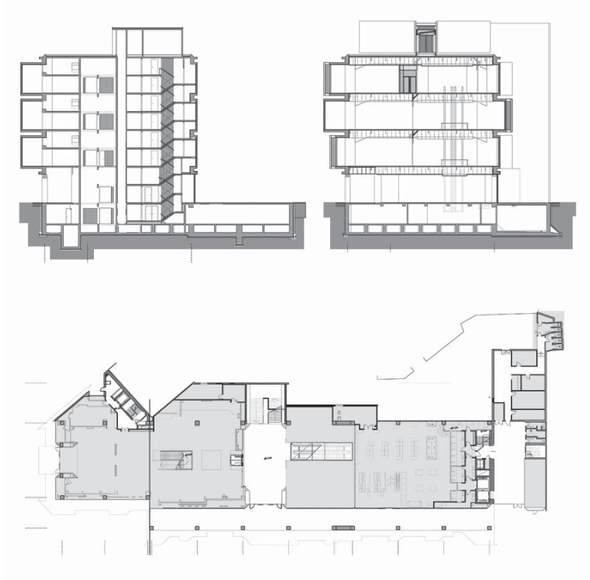


- Застакљење приземља је неодговарајућег квалитета и термичких перформанси.

- The ground floor glazing is of inadequate quality and thermal performance.







Комерцијални центар „Базар“

Булевар Михајла Пупина 1, Милан Михелић, 1972.

Зграда робне куће „Базар“ налази се на крају пешачке зоне и представља једну од најекспресивнијих грађевина Новог Сада. Слободних, непрегрђених основа, са потребним вертикалним комуникацијама и техничким просторима, у потпуности је намењена трговини. Обликовање је изведено „разигравањем“ фасадног платна, креирањем непрекидне игре покренутих волумена и наглашених пауза у вертикалном и хоризонталном правцу.

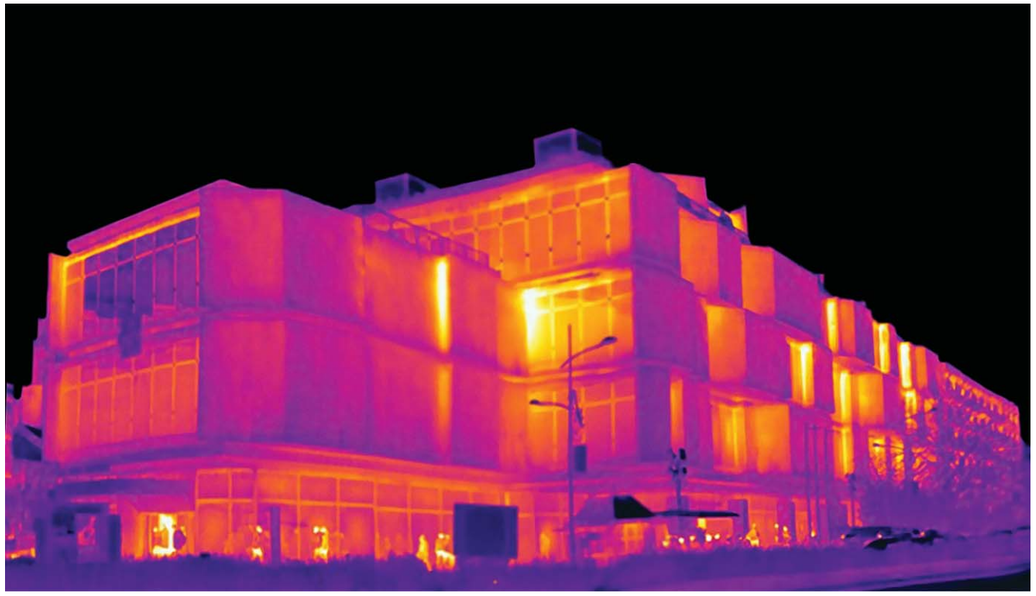
The Bazar Retail Center

1 Mihajla Pupina Boulevard, Milan Mihelić, 1972.

The Bazar Building is located at the end of the pedestrian zone and represents one of the most expressive buildings in Novi Sad. Featuring free, open-plan with the necessary vertical communications and technical facilities, it is perfectly convenient for commerce. Its shape was formed by “animating” the building envelope, by creating continuous play between the volumes in motion and the accentuated caesuras both vertically and horizontally.

Објекат је скелетне конструкције. Фасадни зидови су изведени као сендвич конструкција са термоизолацијом постављеном са унутрашње стране и финалном обрадом у виду бојеног натур бетона. Завршна обрада је на појединим деловима изведена од природног камена. Стаклене површине су материјализоване коришћењем фасадних елемената са видним спојевима и тачкастим прихватним елементима без покривних профила.

The building has a skeleton construction. The façade walls were built as a sandwich construction with interior thermal insulation and colored exposed concrete or, in some segments, stone finishing. The transparent surfaces were materialized by the use of glass panes with visible connections and "patched" support fittings.

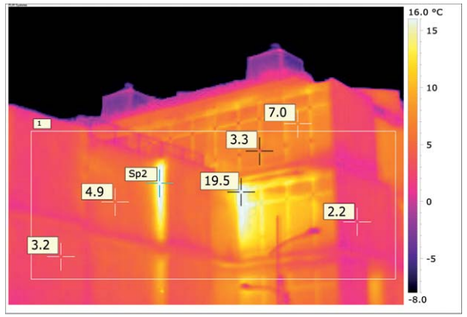


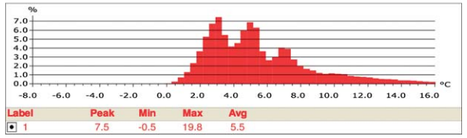
Термовизијски снимак приказује зграду са адекватно изведеном топлотном заштитом, што резултује одсуством линијских губитака који би, на овако разуђеном и комплексном фасадном склопу, били изразити. Иако се положајем термоизолационог слоја искључује термички капацитет масивних бетонских зидова, природа намене објекта, која за резултат има значајне топлотне добитке, анулира недостатке и оправдава примењени концепт.

The thermogram shows the building with adequate thermal insulation, resulting in the absence of linear losses, which would be quite distinct in such a complex façade structure. Even though the thermal insulation positioning excludes the thermal capacity of massive concrete walls, the program of the building results in significant thermal gains and consequently obliterates the weaknesses and justifies the concept applied.

- На детаљу фасаде приметни су изразити губици у зони застакљења и на местима спојева са бетонском фасадом. Застакљена поља, са појединим елементима прихваћеним тачкасто, без покривних лајсни, остварују губитке топлоте на међусобним спојевима.

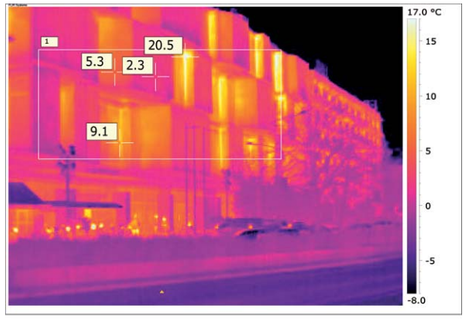
- A façade detail indicates significant loss at the glazing and at the connections with the concrete face walls. The glazed areas, with panes punctually fixed lose heat at the joints.

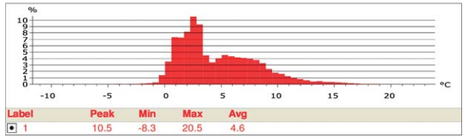




- На приказаном делу, можемо уочити израженије губитке топлоте на застакљеним у односу на пуне делове фасаде. Већа температурна очитавања закошених делова фасаде резултат су геометријских карактеристика као и рефлексија од стране застакљених делова.

- More heat is lost at the glazing than at the solid façade. Higher temperature readings at the slanted segments result from geometric characteristics and the reflection from the glazing.

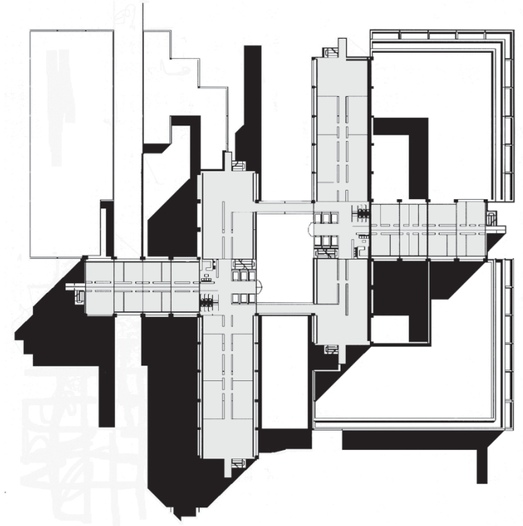




Пословна зграда „НИС – Нафтагас“

Народног фронта 12,
Александар Кековић, Зоран Жупањац,
Иван Пантић, 1989.

Пословни зграда НИС-а конципирана је као доминантна грађевина, нови градски репер, који ангажује и одређује велики простор који га окружује. Административна намена смештена је у архитектонску композицију четири паралелопипеда висине 8 до 12 спратова. Примарне форме су позиционирање тако да формирају два међусобно смакнута слова „Т“, спојена пространим холом завршеним полукружно застакљеним сводом. Репрезентативно уређени и опремљени радни и заједнички комуникацијски простори, одликују се високим квалитетом употребљених материјала, инвентивношћу детаља и препознатљивом ликовношћу.



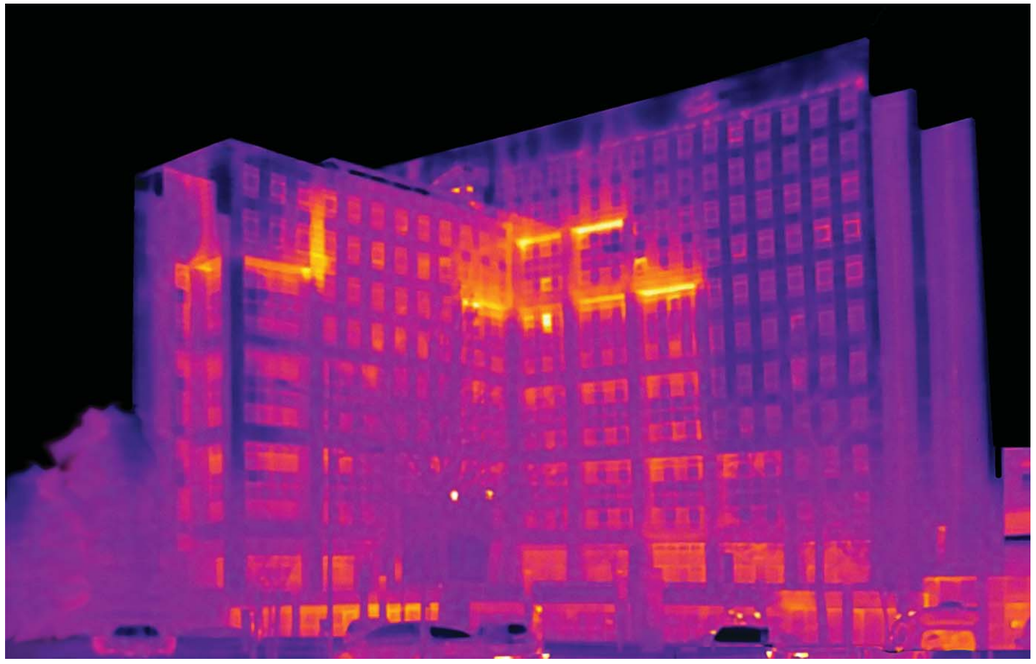
The NIS – Naftagas Head Office Building

12 Narodnog fronta Street,
Aleksandar Keković, Zoran Županjac, Ivan Pantić, 1989.

The NIS Head Office Building was conceived as a dominant structure, the town's new landmark, which engages and coordinates the vast space that surrounds it. The administrative program is situated in an architectural composition of four 8- to 12-storey parallelepipeds. The primary forms are positioned so that they form two reciprocally staggered letters T, connected by a vast hallway ending in a semi-circular glazed vault. The opulently arranged and equipped offices and common areas are distinguished by the high quality of the materials used, the inventiveness of detailing and the recognizable appearance.

Фасада објекта је формирана на контрасту пуног (зида) и празног (стакла), тако да се, у укупном утиску, остварује ефекат перфорираног зида и непрекидне игре планова. Хол, као централни мотив грађевине, у виду огромног атријума, простире се транспарентно кроз све етаже и, на тај начин, обједињује унутрашњи простор објекта.

The façade is formed upon the contrast between the solid (wall) and the void (glass), so that the general impression takes in the perforated wall and the continuous play of planes. The hall, the central motive of the building, stretches transparently in the form of a vast atrium throughout all levels, thus uniting the interior of the building.



Термовизијски снимак управне зграде НИС-а на први поглед делује као да је снимљен „локални пожар“ који је избио на шестом и осмом спрату. Наравно, пожара није било, али су топлотни губици на неизолованим прелазима између избачене и увучене фасадне равни толики, да је настао изузетно дескриптиван термографски запис.

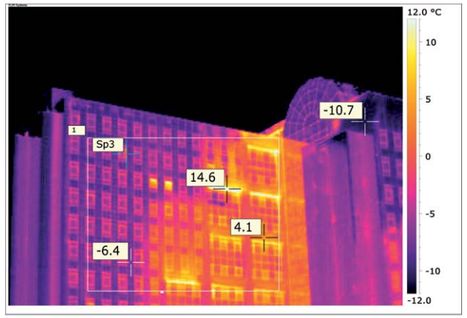
Осим овог очигледног пропуста, објекат је, опште узевши, добро изолован и материјализован према стандардима који обезбеђују задовољавајуће термичке перформансе.

At first sight, the thermogram of the building seems as if it had captured a "local fire" that started on the sixth and the eighth floors. Naturally, there was no fire, but the thermal loss at the non-insulated passages between the protruding and the recessing façade planes is so excessive that it created a very descriptive thermographic image.

Apart from this obvious negligence, the building is generally well-insulated and constructed according to the standards that provide satisfactory thermal performances.

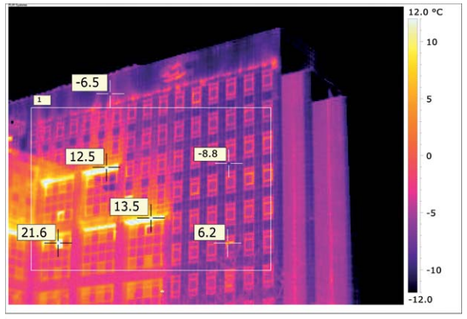
- На снимку детаља фасаде можемо видети изразите губитке на местима где долази до промене фасадне равни услед постојања неизолованих делова таваница. Количина енергије која се израчава са ових зона је знатна (измерена температура од 12°C) и може се пратити кроз неколико етажа, преко загревања фасадне облоге од керамичких плоча.

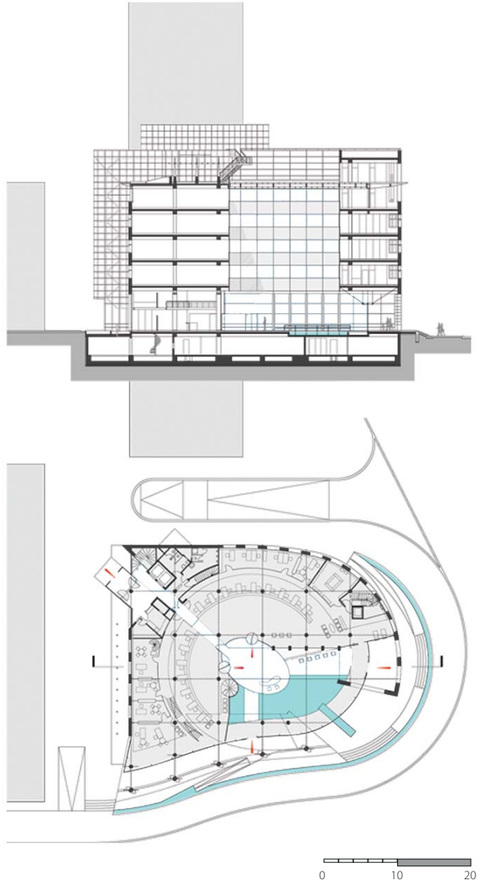
- In the image of a façade detail there are distinct losses, due to the discontinuity in the insulation, in places where the façade planes change. The amount of energy that is radiated off these zones is significant (registered temperature of 12°C) and can be followed through several levels due to the heating of the ceramic tile cladding.



- Као и на првом детаљу, и овде је приметна разлика карактеристичних, лоше изолованих, делова у односу на остатак фасаде који је коректно материјализован. На застакљеном холу види се рефлекс топлоте са лошије изолованог дела фасаде што за резултат има нереално висока очитавања температурних вредности.

- As in the first detail, there is also a very noticeable difference between the characteristic, poorly insulated segments and the rest of the façade which is adequate. In the glazed hall, there is heat reflection from the poorly insulated segment of the façade resulting in unrealistically high temperature readings.





Развојна банка Војводине

Стражиловска 2,
Дарко и Миленија Марушић, 2005-2007.

Основна форма банке, њена примарна волуметрија, обликована је залученим уличним регулацијама „Y“ раскрснице. Главно функционално језгро објекта је развијено по средини оштрог угла улица. Архитектонски склоп конституишу два „крила“ објекта, спратности четири и пет етажа. Својим обликом, „крила“ обухватају централни мотив објекта, петоетажни вестибил са воденим површинама у приземљу и застакљеном кровном површином. Композицију завршава „лебдећи“ кров који повезује делове различитих висина. Највећи део приземља и мезанина заузима шалтер сала, остали део објекта је пословног карактера са пратећим просторијама. На крову објекта се налази ресторан намењен запосленима.

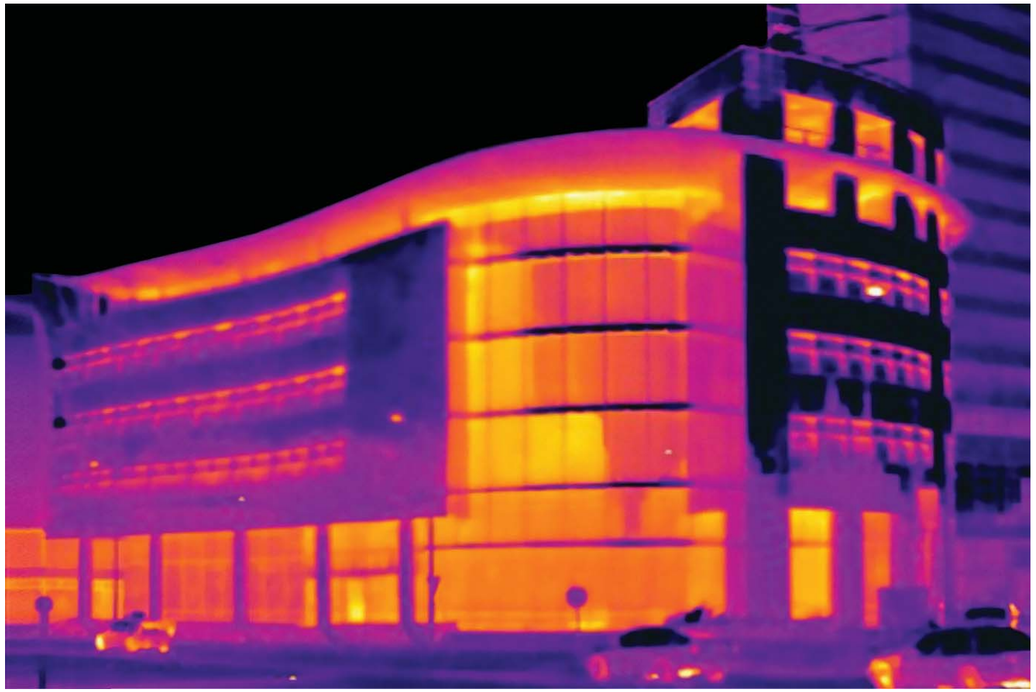
The Development Bank of Vojvodina

2 Stražilovska Street,
Darko i Milenija Marušić, 2005-2007.

The primary volume of the bank was shaped by the curved street regulations of a Y-crossroads. The functional nucleus of the building was developed in the middle of the sharp angle formed by the streets. The architectural structure consists of two “wings” of four and five floors, respectively. By their shape, the “wings” encompass the central motive of the building, a five-storey vestibule with water surfaces on the ground level and a glazed roof surface. The composition ends in a “floating“ roof that connects the segments of different heights. The lounge with the counters takes up the largest area of the ground floor and the mezzanine, while the rest of the building contains offices and the accompanying facilities. The roof of the building features a restaurant for the employees.

У циљу креирања веће флексибилности и отворености простора, као и употребе неких неуобичајених елемената исказаних у виду провидних таваница, за конструктивни систем изабран је армиранобетонски скелет, са потребним додатним ојачањима у виду армиранобетонских зидова. Завршној обради површина фасада, све до појединачних детаља, посвећена је велика пажња, од осмишљавања до израде. Највећим делом коришћена је облога од камених плоча монтираних у систему„ветрене фасаде“, а у зони приземља и вестибила примењена је транспарентна „зид- завеса“.

The requirement for greater flexibility and openness of space, and the application of certain uncommon elements, such as transparent ceilings, prompted the choice of the reinforced concrete skeleton structure, with the necessary support of reinforced concrete walls. Careful and detailed consideration, from design to fabrication, was given to the façade finishing. The stone slab cladding was mainly used, mounted on the principle of the “ventilated façade”, while a transparent curtain wall was used in the ground level zone and the vestibule.

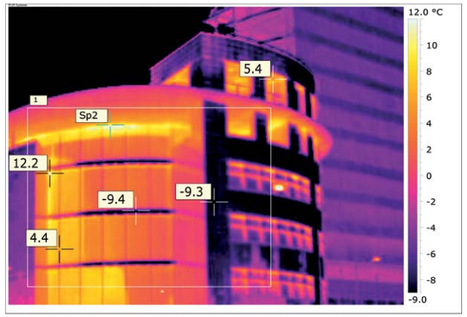


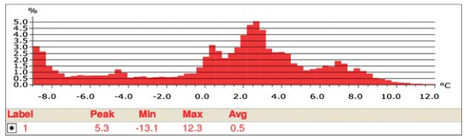
Темровизијски снимак објекта илуструје квалитетно изведену „ветрену фасаду“ са облогом од камених плоча, где се готово уопште не виде никакви губици, као и транспарентну фасаду типа „зид-завеса“, која и поред коришћења савремених технолошких решења, показује одређене губитке углавном на местима спајања са другим елементима облоге.

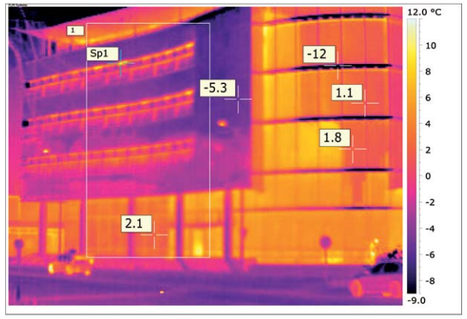
The thermal image illustrates an adequately built “ventilated façade” with the stone slab cladding, where almost no losses are found, as well as the transparent curtain wall façade, which shows certain losses despite the modern technological solutions, mainly in places of the connections with other cladding elements.

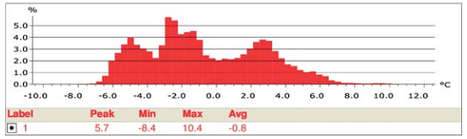
- Детаљнији снимци фасаде показују да, иако постоје очигледне разлике у термичким перформансама различито материјализованих поља фасадног омотача, тепературне вредности које је камера забележила, показују добру топлотну изолацију, са веома ниским вредностима на„зид-завеси“. Једини видан губитак се јавља у зони споја фасаде вестибила са кровом.
- Вентилисана фасада, обложена каменом, није погодна за термографске анализе, будући да у склопу фасаде постоји ваздушни слој, па нема континуалног преноса топлоте кондукцијом до финалног слоја. Екстремно ниске вредности су резултат ефекта рефлексије и не представљају релевантан податак за термичку слику објекта. Код овог дела фасаде једини видни губици се јављају на местима споја прозорских оквира и фасадне облоге.

- More detailed images of the façade show that even though there are obvious differences in the thermal performances of the various materials used for the façade envelope, the temperature readings show good thermal insulation, with remarkably low values on the curtain wall. The only evident loss occurs at the connections between the vestibule façade and the roof.
- The ventilated stone-clad façade is not suitable for thermographic analysis because there is a ventilated cavity in the structure of the façade so that there is no continuous heat conduction to the final layer. Extremely low values result from the effect of reflection and do not represent relevant data for a thermal image of the building. In this segment of the façade, the only visible losses occur in places of the joints between the window frames and the façade cladding.









1 Народно позориште, Синђелићев трг бб
The National Theater, bb Sinđelićev Sq

2 Апелациони суд, Војводе Путника бб
The Appellate Court, bb Vojvode Putnika St

3 Хотел „Амбасадор“, Трг краља Милана 4
The Ambassador Hotel, 4 Kralja Milana Sq

4 Зграда ОТП банке, Николе Пашића 28
The OTP Bank, 28 Nikole Pašića St

5 Хотел „Радон“, Нишка Бања, Српских јунака 2
The Radon Hotel, Niška Banja, 2 Srpskih junaka St

6 Дом здравља, Војводе Танкосића 15
The Primary Health Care Center, 15 Vojvode Tankosića St

7 Стамбене зграде, Војводе Мишића 58-62
Residential buildings, 58-62 Vojvode Mišića St

Народно позориште

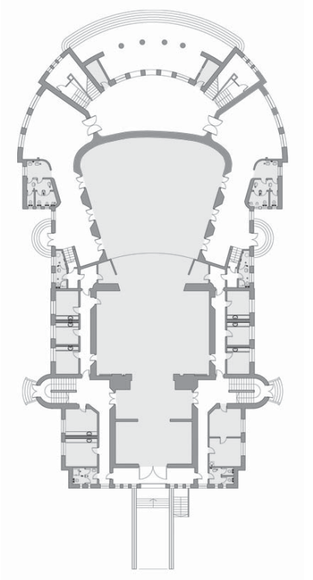
Синђелићев трг бб, Всеволод Татаринов, 1938.

Народно позориште се налази на Синђелићевом тргу, у најужем градском језгру Ниша. Објекат препознатљивог, монументалног, архитектонског израза, одликује се речником модерне карактеристичним за тридесете године двадесетог века, када је и изграђен. Јасно дефинисани кубични облици третирани су без декоративних елемената, а исецањем сегмената из цилиндричне форме прилазног дела креиран је јак и упечатљив ликовни израз.

The National Theater

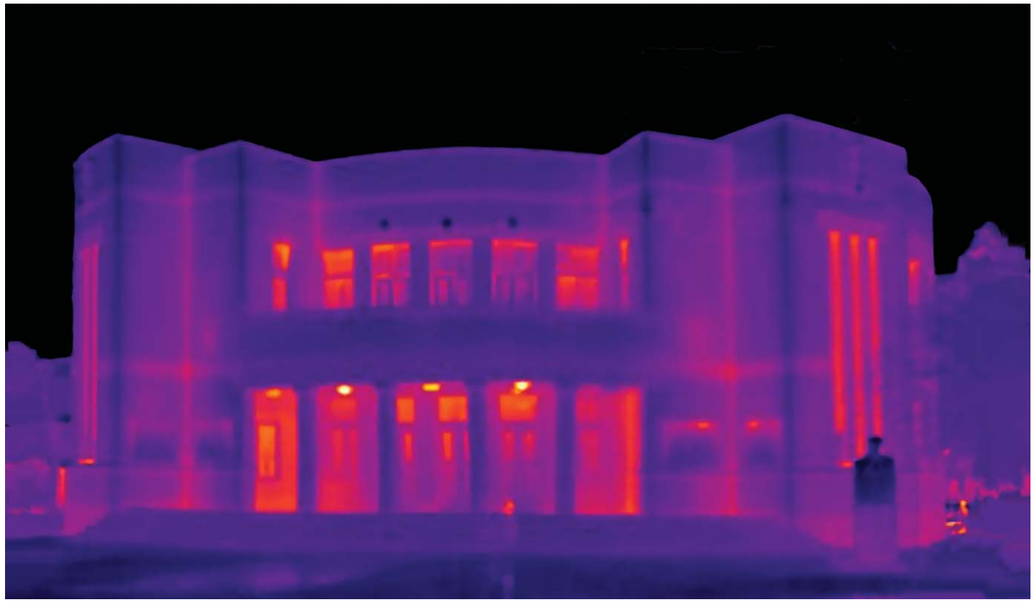
bb Sinđelićev Square, Vsevolod Tatarinov, 1938.

The National Theatre is located in Sindjelićev Square, in downtown Niš. Its recognizable monumental architectural expression is characterized by the Modernist features of the 1930s, when it was built. The clearly defined cubic forms are treated without any decorative elements and the cutting out of the segments of the cylindrical form of the access to the building creates a strong visual impression.



Конструктивни систем објекта је масивни, зидан од опеке. У погледу завршне обраде, постамент зграде је третиран вештачким каменом, док је највећи део фасадног омотача обрађен малтером. Објекат је од изградње два пута обнављан, 1967. и 2002. године, при чему су сачувани оригинални изглед и материјализација.

Massive brick walls are forming the basic structure of the building. As for the final finishing, the base of the building is rendered in cast stone, whilst the greatest part of the façade envelope has a plaster finishing. The building was reconstructed twice, in 1967 and 2002, and the original appearance and materialization were preserved.

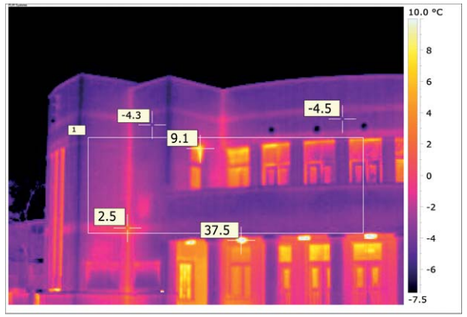


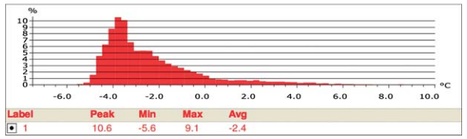
Термовизијски снимак објекта одсликава термичке карактеристике класично зиданих, неизолованих објеката у виду приметних губитака енергије на спојевима са армиранобетонским елементима хоризонталних и вертикалних серклажа, односно спојева фасадне столарије и зидова.

The thermographic image illustrates the thermal characteristics of the structures built with no thermal insulation, showing noticeable energy losses through the connections between the reinforced concrete elements of horizontal and vertical ring beams, and between the façade woodwork assemblies and the walls.

- Детаљнији снимак показује различите спољашње температуре зида, које су више на деловима где се налазе серклажи и други армиранобетонски елементи. У зони прилазног трема видљиве су и више температуре фасадног зида као директна последица његове мање дебљине.
- Спојеви столарије и фасаде одсликавају недостатке старијих типова столарије и начина њиховог уграђивања.

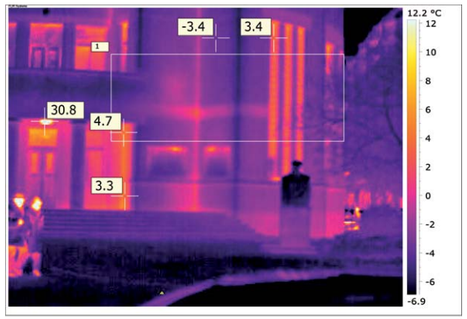
- A more detailed image indicates the different external wall temperatures, which are higher at the ring beams and other reinforced concrete elements. In the zone of the access portico, the façade wall is thinner therefore higher temperatures occur.
- The connections between the assemblies and the façade reflect the flaws of the obsolete types of woodwork and the mounting techniques.

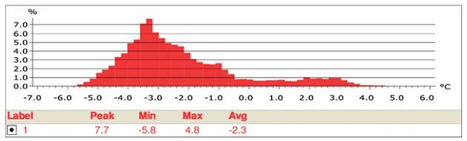


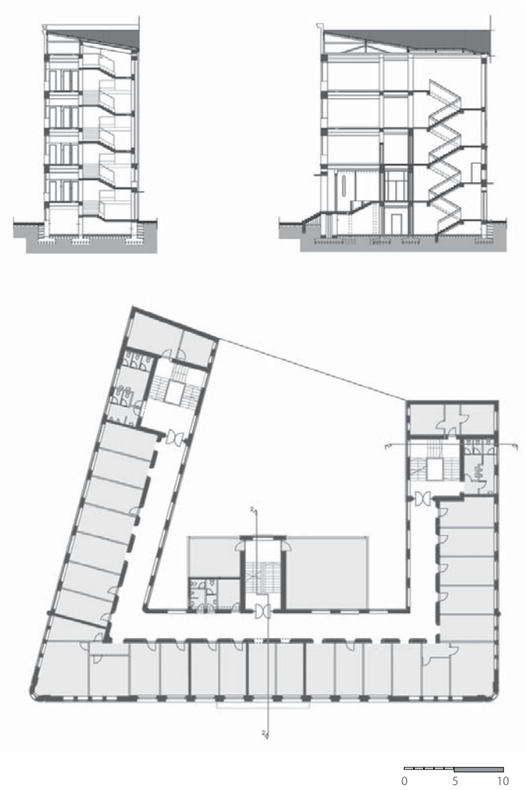


- На прозорским вертикалама на степенишним кубусима виде се лоше термичке карактеристике столарије. Губици топлоте су приметни на стаклима као и на спојевима прозорских оквира са зидовима.

- The vertical window assemblies on the staircase cubes demonstrate inadequate thermal performances. Heat losses are visible at the window panes and molding.







Апелациони суд

Војводе Путника бб,
Света Марковић, Мирјана Јовановић, 1985.

Зграда жандармеријске касарне се налази у ширем центру Ниша и пројектована је као јасна, чиста, кубична форма. Својом једноставношћу израза, сведеном орнаментиком, као и употребом материјала, доминира непосредним окружењем. Класична грађевина, трипартитне поделе фасаде са наглашеним приземљем, главним корпусом и високом атиком без украсног венца, одсликава строгост и озбиљност у складу са својом примарном функцијом. Након спроведене реконструкције 2009/2010. године, извршена је пренамена војног објекта у зграду Апелационог суда.

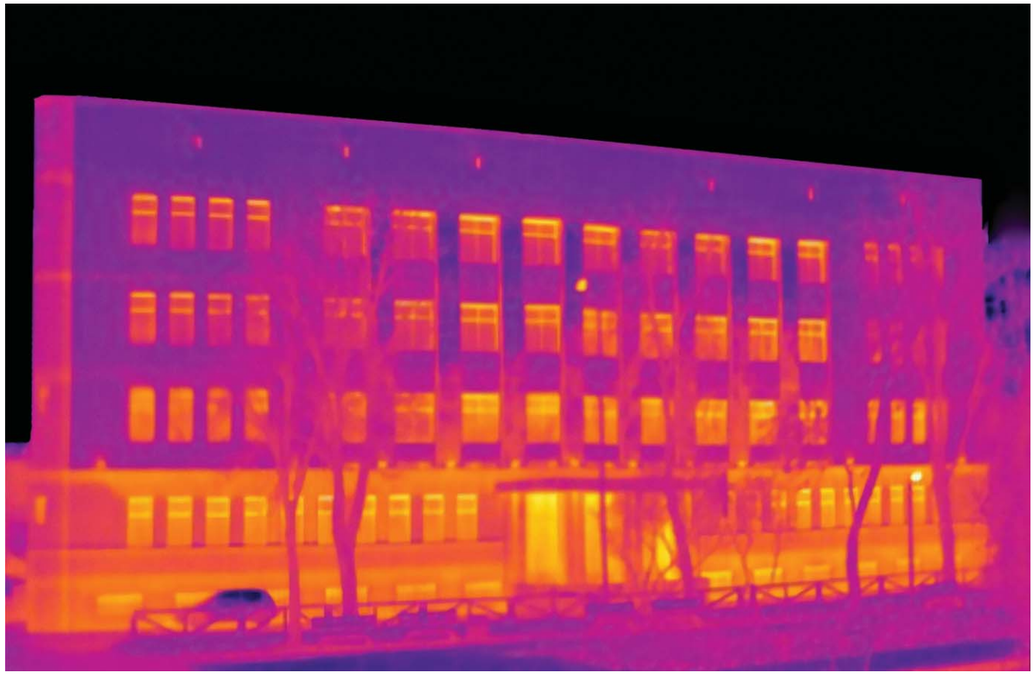
The Appellate Court

bb Vojvode Putnika Street,
Sveta Marković, Mirjana Jovanović, 1985.

Originally the building of the gendarmerie quarters, it is located in the wider center of Niš, and was designed as a distinct, pure cubic form. With its simplicity of expression, the subdued ornamentation and the materials used, it dominates its immediate surroundings. A classic structure features a three-partite division of the façade, an accentuated ground level, the main corpus, and a high attic without a decorative cornice; it all reflects the austerity of its original purpose. After the reconstruction of 2009/2010, the purpose of the building changed into the Appellate Court.

Конструкција објекта је класична, масивна, зидана опеком. Постамент објекта је обрађен вештачким каменом, пиластри у централном делу главне фасадне равни гранитним плочама, а доминантни део фасадног омотача је, приликом реконструкције, обложен термоизолацијом и фасадним малтером.

The building structure is traditional with load-bearing brick walls. The cladding is cast stone for the base and granite slabs for the pilasters in the central part of the main façade; during the reconstruction, the dominant part of the façade envelope was clad in thermal insulation and façade mortar.

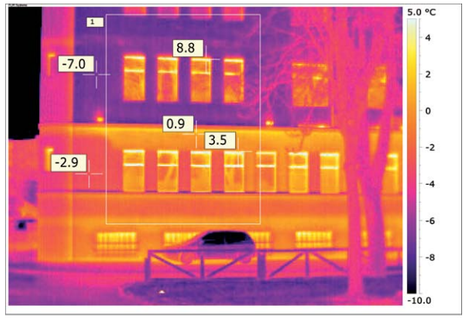


Термовизијски снимак објекта одсликава различитост термичких карактеристика изолованих и неизолованих делова објеката, где се јасно уочавају разлике између неизолованог (или лоше изолованог) приземља, у односу на главни корпус зграде. Уочљиви су и приметни губици енергије на прозорским профилима.

The infrared image of the building reflects the thermal performance discrepancies between the insulated main corpus and the poorly or non-insulated ground floor. The heat losses at the window assemblies are also noticeable.

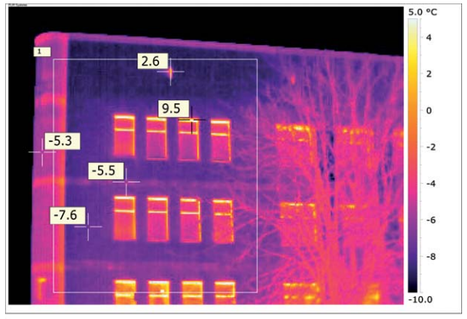
- Снимак детаља фасаде приказује различите спољашње температуре зида, што је последица различитости њихове геометрије и квалитета постављене изолације. Приметни армиранобетонски хоризонтални серклажи указују на чињеницу да је изолација могла бити бољег квалитета. Истовремено се уочавају прозорски рамови лошег квалитета са изразитим топлотним губицима.

- A more detailed image displays the different outdoor wall temperatures resulting from different geometry and insulation quality. The visible horizontal reinforced concrete ring beams suggest that insulation could have been better. Besides, the window frames are of poor quality with noticeable heat losses.



- Разлика од 8°C, која се може уочити на детаљу фасаде, јавља се као последица постојања изолације у горњем, односно њеног одсуства у доњем делу објекта, на коме се јасно одсликава и положај армиранобетонских елемената (серклажи и натпрозорне греде) у односу на зидане делове.

- The discrepancy of 8°C noticeable at the façade detail occurred due to the presence of insulation in the upper segment and its absence in the lower segment; also the position of the reinforced concrete elements (the ring beams and the lintels) is clearly distinct from the brickwork.



Хотел „Амбасадор“

Трг краља Милана 4, 1960-1968.

Хотел „Амбасадор“ се налази у централном градском језгру Ниша, окружен је парком уз реку Нишаву и непосредно је ослоњен на Трг ослобођења, кога тангира главна оса најужег градског језгра. Објекат је висине 15 спратова и својим волуменом као и сведеним архитектонским изразом, карактеристичним за доба послератне модерне, чини значајну реперну тачку града. Непосредно поред њега се налази и пословни центар са две сале и комерцијалним простором мање спратности.

The Ambasador Hotel

4 Kralja Milana Square, 1960-1968.

The hotel in Niš downtown, surrounded by a park that stretches by the river of Nišava, leans against Oslobođenja Square, which is tangential to the main axis of the town core. The 15-storey building with its volume and minimalist architectural expression characteristic of the post-war Modern Movement is the town's recognizable landmark. In its immediate vicinity, there is a low-rise office block with two conference halls and commercial premises.

Конструктивни систем објекта је армиранобетонски, скелетни, у комбинацији са платнима за укрућење. Подужна и визуелно најдоминантнија фасадна раван, према Тргу ослобођења, материјализована је употребом „зид-завесе“ (полуструктурална фасада). Бочни фасадни зидови хотелске куле обложени су керамичким мозаик плочама, а фасада комерцијалног дела је, у потпуности, обложена каменим плочама.

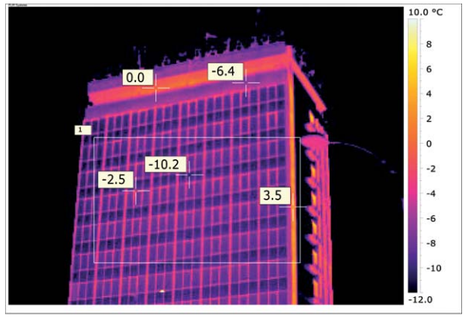
The construction system of the building is reinforced concrete skeleton with concrete bracing plates. Visually most dominant longitudinal façade plane, overlooking the Square, was done in a curtain wall (semi-structural façade). The lateral face walls are clad in mosaic ceramic tiles. The façade of the low-rise is fully clad in stone slabs.

Термовизијски снимак комплекса указује на постојање изразите разлике између комерцијалног и хотелског дела. Хотел, иако значајних капацитета и потенцијала, у тренутку фотографисања није био у функцији (без грејања), што је приметно и на термограму комплекса. Комерцијални део одсликава типичне карактеристике објеката изграђених 60-их година двадесетог века, изграђених без употребе термоизолације.

The thermogram of the complex showed a clear distinction between the low-rise office block and the hotel. At the time of the survey, the hotel, despite its considerable occupant capacity and business potential, was not operational (it was not heated) and this is visible in the thermal image. On the other hand, the low-rise structure displayed the typical performances of the 1960s buildings with no thermal insulation.

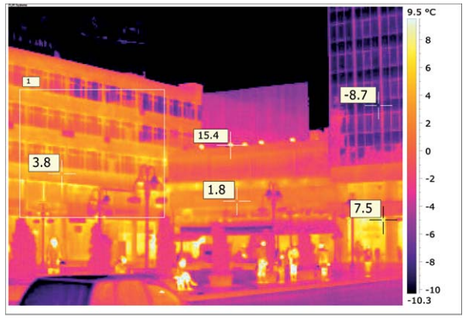
- Кула негрејаног хотела (минимално техничко одржавање температуре), је са јасно израженим недостацима фасада типа„зид-завесе“ прве генерације, без адекватних термичких карактеристика. На фасади се јасно разликују према својим температурним приказима: носећи профили, парапетни и прозорски делови. Десна страна зграде је обложена мозаик плочицама великог степена рефлексије и приказује се као још хладнија.

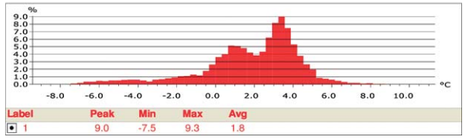
- The unheated hotel tower (there was minimal technical temperature maintenance) showed the obvious flaws of the first-generation curtain wall façades without adequate thermal characteristics. Temperature fluctuations depend on the positions they show on the façade: the load-bearing walls, the parapets and the window assemblies. The right side of the building is clad in highly reflective mosaic tiles, rendering it even colder.

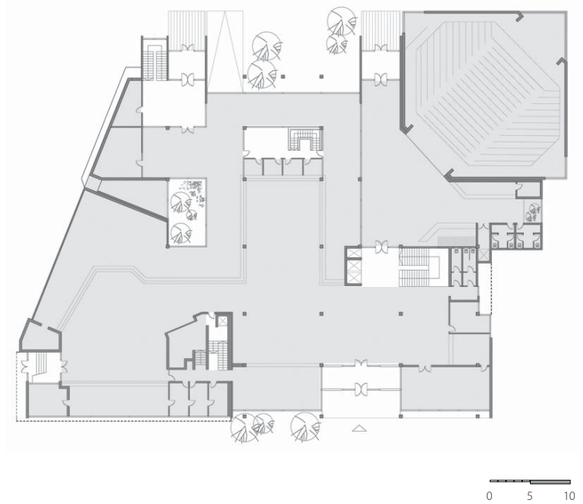


- Грејани део комплекса је са израженим губицима топлоте на свим елементима омотача објекта: каменој фасади, прозорским профилима и застакљењу. Најизразитији губици су у зони излога и улаза.

- The heated part of the complex had significant heat losses in all elements of the building envelope: the stone façade, the window frames and panes. The most distinct were losses in the display window zone and at the entrances.







ОТП банка

Николе Пашића 28, Борислав Спасић, 1969.
доградња, Љубинка Ковачевић, 1988.

Зграда ОТП банке, накадашње Нишке банке, налази се у централној градској зони Ниша. Комплекс банке је састављен од два дела, од којих први потиче из 1969. док је додатни део сграђен 1988. године. Сваки од делова доследно, како урбанистички, тако и архитектонски, одсликава време у коме је настао.

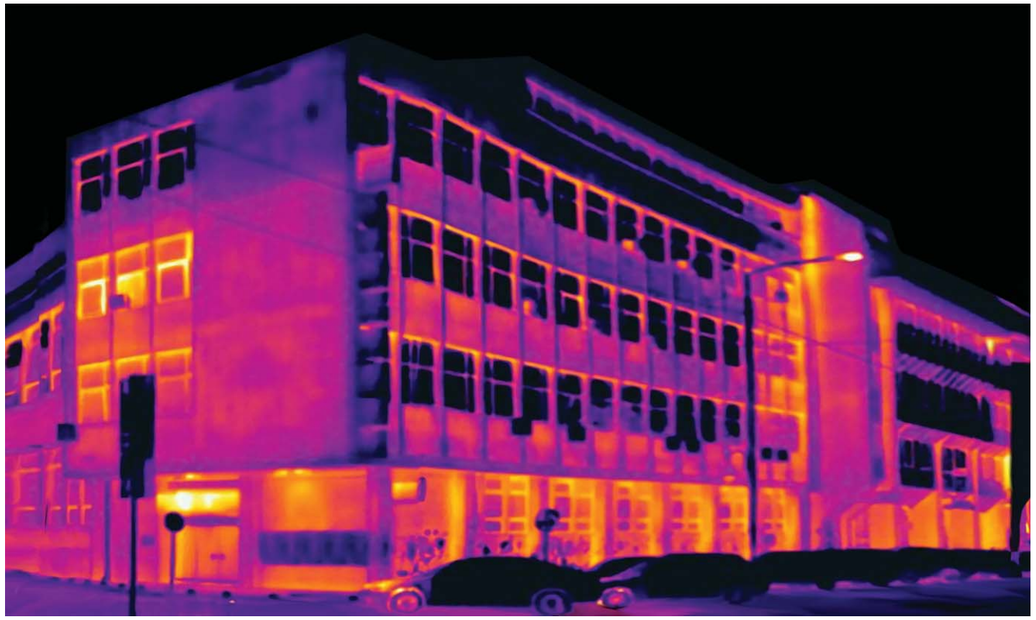
The OTP Bank

28 Nikole Pašića Street, Borislav Spasić, 1969.
extension, Ljubinka Kovačević, 1988.

The OTP Bank building, formerly Niška Banka, is located in downtown Niš. The complex consists of two buildings, one of which dates back to 1969 and the other to 1988. Each of them reflects their respective time of construction in both layout and design.

Први део зграде је, иако на угаоној позицији, пројектован без посебног третмана угла, као једноставан спој два призматична волумена, са увученим приземљем. Конструктивни систем је армиранобетонски, скелетни. Фасада објекта обложена је мермерним плочама беле и сиве боје. Додатни део преузима улогу „главног" објекта, а своју доминантност, упркос мање изложеној позицији, постиже обликовањем форме у виду каскадног препуштања фасаде материјализоване у систему „зид-завесе", и завршетком у виду наглашеног кровног венца.

Despite its corner position, the original building was designed without particular corner treatment; it is rather a synthesis of two prismatic volumes with a recessed ground floor. The construction system is reinforced concrete skeleton. The façade is clad in a combination of white and grey marble slabs. The extension has taken over the role of the "main" building and, in spite of its less pronounced location, it owes its dominant presence to the cascading curtain wall façade topped with an emphasized cornice.

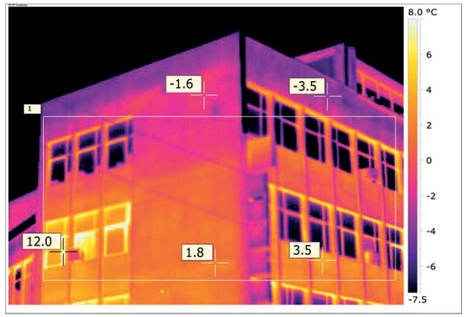


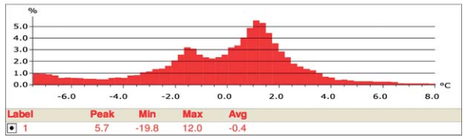
На термовизијском снимку објекта приметна је разлика између фасада старијег, неизолованог дела са алуминијумском браваријом и новог дела са фасадом типа „зид-завесе". Армиранобетонска платна новог дела, која у зони приземља излазе ван објекта, нису адекватно изолована. Облога од природног камена је такође изведена без икакве изолације.

The thermal image of the building shows a noticeable difference between the original non-insulated segment with aluminum metalwork, and the extension with the curtain wall façade. The latter's concrete walls, which stretch beyond the building volume, on the ground floor, are not adequately insulated. The stone cladding was also done with no insulation.

- Стари део објекта са неизолованом фасадом и неадекватним квалитетом фасадне браварије, на термограму детаља приказује значајне топлотне губитке. Спојеви браварије и фасадног платна су лоше изведени и, такође, доводе до значајних топлотних губитака.

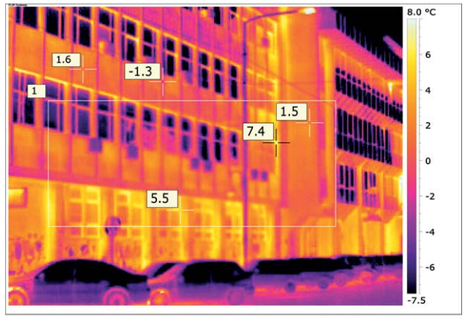
- The older building of the complex with the non-insulated façade and the inadequate metalwork shows significant heat losses.

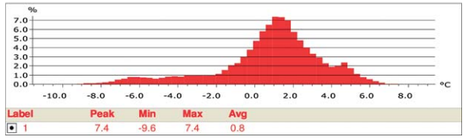


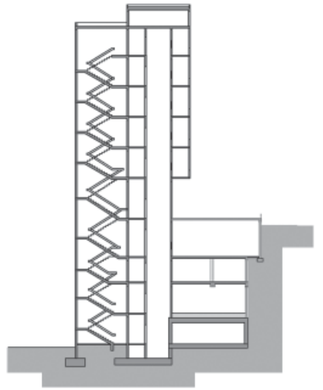


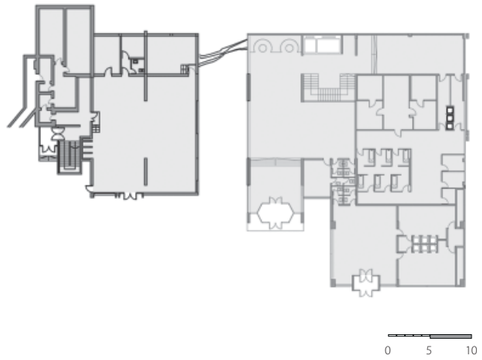
- Приметни су топлотни губици у зони парапета старог дела услед његове мање дебљине у поређењу са остатком фасадног зида. Квалитетнија фасада новог дела комплекса карактерише се мањим топлотним губицима.

- In the older building, significant losses were, also, recorded in the parapet zone due to the thinner wall in comparison with the rest of the façade. In the extension, whose façade is of better quality, losses are comparatively lower.









Хотел „Радон“

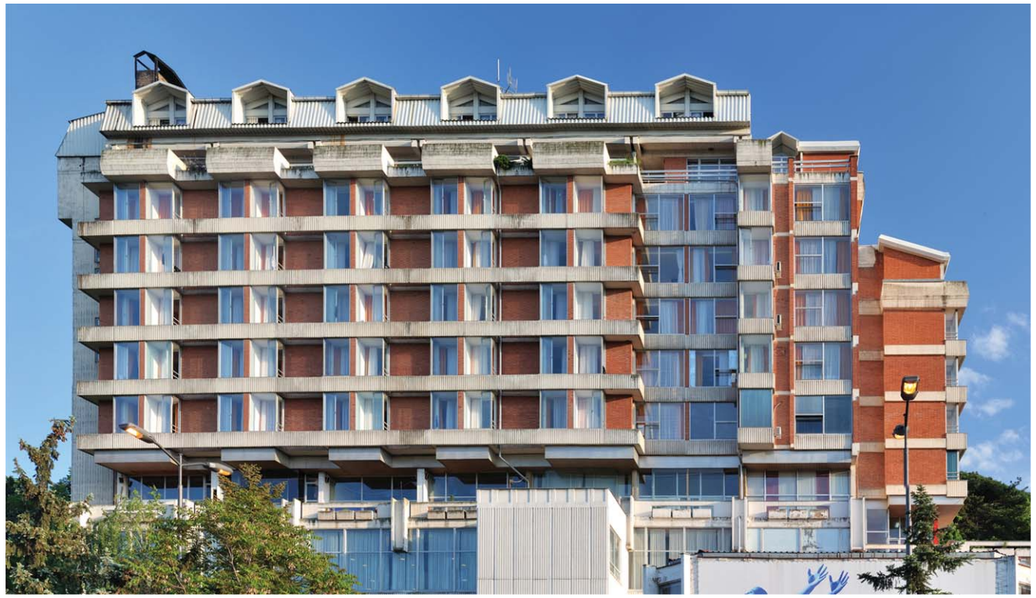
Нишка Бања, Српских јунака 2,
Александар Буђевац, Борислав Спасић, 1975.

Хотел «Радон» припада Институту „Нишка Бања“ и налази се на самом крају пешачке зоне и парка. Зграда је својом јужном страном орјентисана ка парку, док се северном „отвара“ ка долини Нишаве. Постављена је на природној денивелацији терена, и поседује два улаза: у приземљу, са прилазног платоа-паркинга, и на петом спрату, директно из парка. Поток топле бањске воде је спроведен у виду водопада са каскадама кроз само средиште зграде, чиме се креира посебан ликовни и амбијентални ефекат.

The Radon Hotel

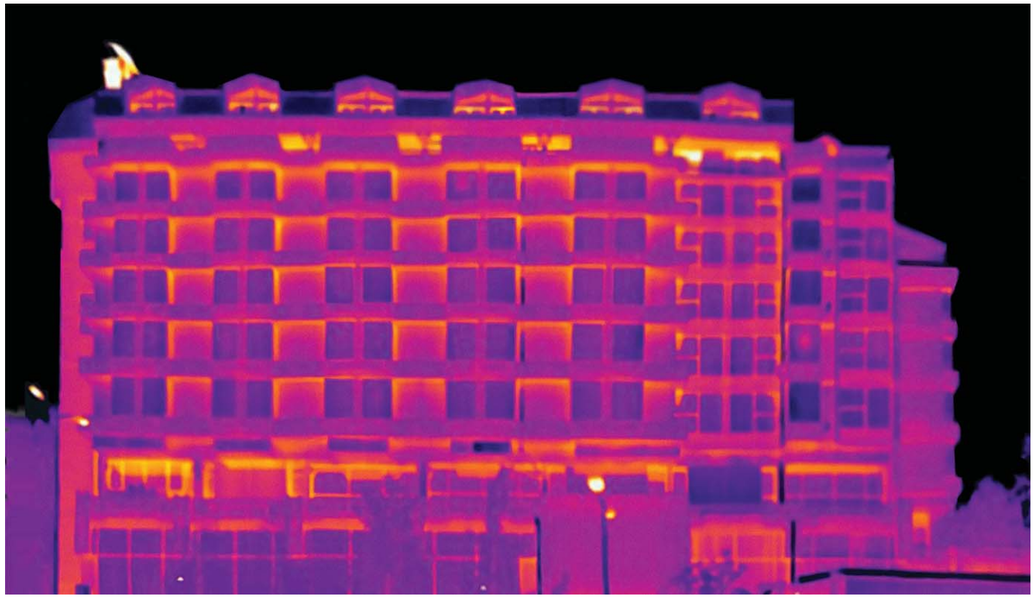
Niška Banja, 2 Srpskih junaka Street,
Aleksandar Bućevac, Borislav Spasić, 1975.

The Radon Hotel belongs to the Institute of Niška Banja, and it is located at the very end of the pedestrian zone and the park. Its south side faces the park, while on the north it opens to the Nišava valley. Set on a natural cascade, it has two entrances: on the ground level, accessed from the parking lot, and on the fifth floor, directly from the park. A natural stream of warm spa water was deregulated to the centre of the building as a cascading waterfall, creating an extraordinary ambient effect.



Зграда је пројектована у скелетном конструктивном систему, фундирана на армиранобетонској контра плочи, са монтажним међуспратним таваницама. Фасадни зидови су изведени у комбинацији монтажних армиранобетонских панела и црвене фасадне опеке. „Терасе“ су визуелно повезане и изведене као застакљени кубуси завршени кровним терасама - венцем. Хоризонталност фасаде је наглашена префабрикованим армиранобетонским тракама које на нивоу међуспратне таванице уоквирују цео објекат.

The building was designed in the skeleton system, founded on a reinforced concrete mat with precast floor slabs. The façade walls are a combination of prefabricated reinforced concrete panels and red face brick. The “terraces” are visually connected, built as glazed cubes ending in a cornice of roof terraces. The horizontal aspect is emphasized by prefabricated concrete ribbons which frame the entire building at the floor level.

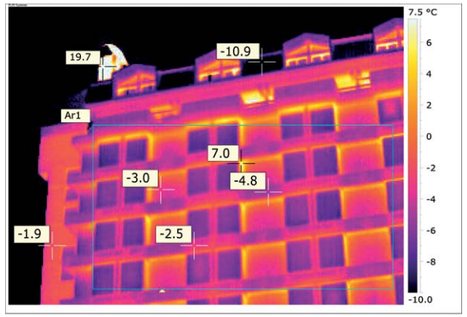


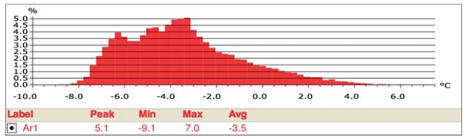
Термовизијски приказ објекта одсликава висок квалитет пројектовања и извођења зграде, који превазилази уобичајену праксу свог времена. Уочљиви су термички губици на спојевима армиранобетонских елемената у зони кровних тераса, хоризонталних повезујућих трака, као и на спојевима браварије и фасадног зида. На снимку је јасно изражен димњак котларнице који «пробија» надограђено поткровље.

The thermographic presentation of the building shows high levels of quality design and construction, which surpass the standard practice of the time. Thermal losses are quite evident at the connections between the reinforced concrete elements of the roof terraces, the horizontal ribbon frames, and between the metal assemblies and the façade wall. The boiler room chimney, which penetrates the roof extension, is clearly outlined in the thermogram.

- Сегмент омотача објекта, на термовизијском снимку, поседује изражене губитке топлоте на спојевима застакљених „тераса“ и фасаде, односно на местима повученог спрата. Надограђено поткровље, обложено металним профилисаним лимом, услед великог степена рефлексије, приказује очитавања нереално ниских температурних вредности.

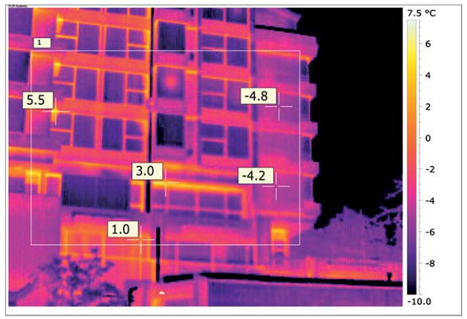
- The segment of the envelope displays significant heat losses at the connection between the glazed “terraces” and the façade, and at the recessed floor. The roof extension in profiled metal cladding with a high degree of reflection shows unrealistically low heat values.

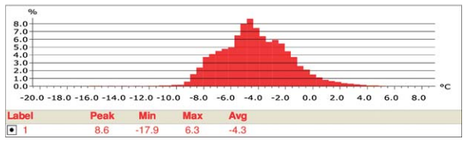


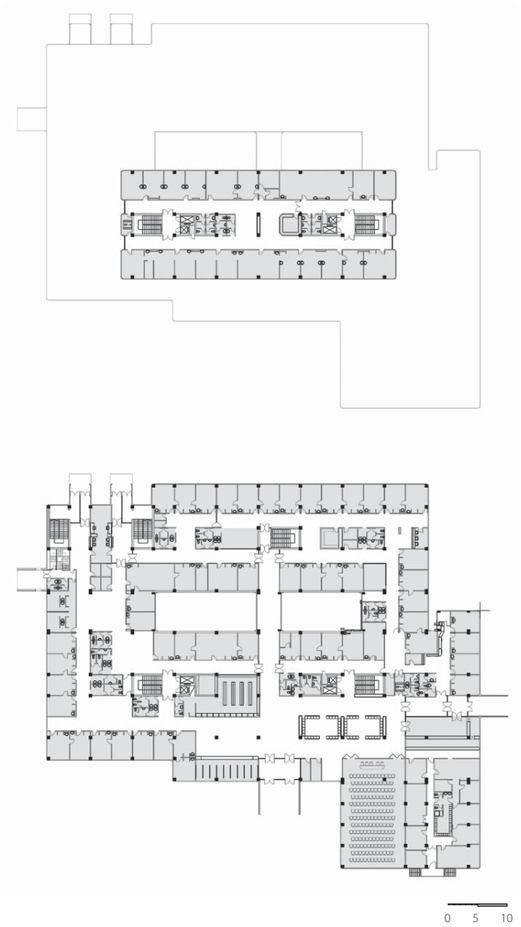


- Армирано бетонске декоративне хоризонтале узрокују губитке топлоте на месту њиховог споја са међуспратном конструкцијом. На профилима фасадне браварије, такође су приметни губици топлоте док рефлексија стакла резултира очитавањем нереално ниских температурних вредности.

- The decorative reinforced concrete horizontals cause heat losses at the connection with the floor slabs. Besides, losses are visible at the façade metal assemblies, while glass reflection caused unrealistically low readings.







Дом здравља

Војводе Танкосића 15,
Света Марковић, Мирјана Јовановић, 1985.

Објекат Дома здравља, највећи објекат примарне здравствене заштите у Србији, налази се у ширем центру Ниша. Слободностојећа зграда, масивног габарита, са препознатљивом материјализацијом од префабрикованих фасадних панела, доминира својим окружењем и представља један од најкарактеристичнијих модерних објеката Ниша.

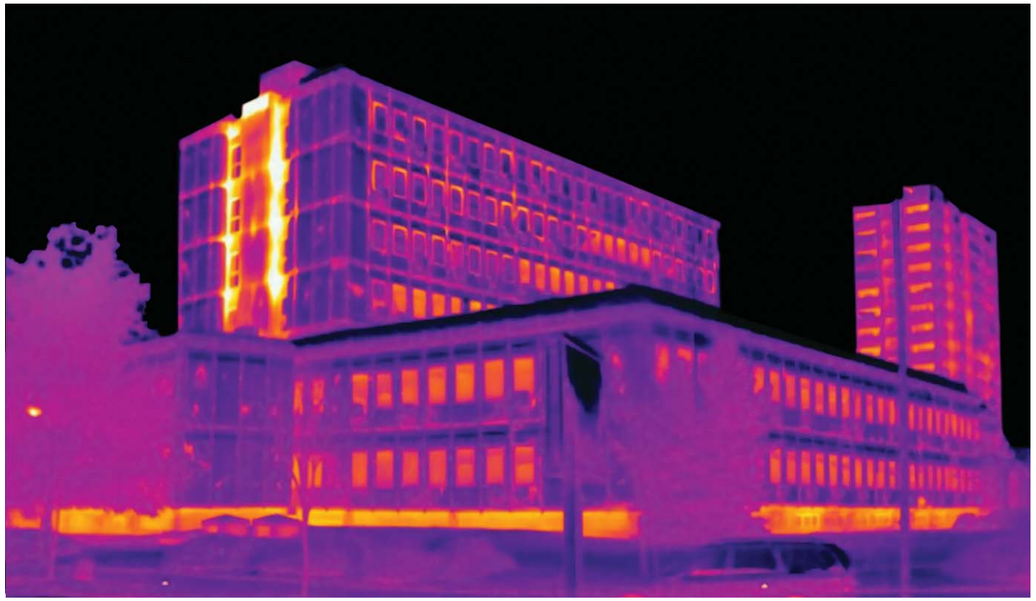
The Primary Health Care Center

15 Vojvode Tankosića Street,
Sveta Marković, Mirjana Jovanović, 1985.

The Centre, the largest primary health care center in Serbia, is located in the wider center of Niš. The massive free-standing building recognizably materialized in prefabricated façade panels dominates its surroundings and represents a modern architectonic landmark of Niš.

Зграда је материјализована искључиво коришћењем префабрикованих фасадних елемената променљиве дебљине са свега два појавна облика: као пуни панел и панел са прозором. Улази у објекат су изведени у виду независних кубуса и представљају, осим техничких вертикала, једине акценте композиције. Конструкција је префабрикована, армиранобетонска скелетна.

The building was built of prefabricated façade elements with variable thickness in two forms only: as solid panels and window panels. The entrances to the building are in the form of independent cubes, which, besides the vertical technical facility segments, are the singular accents to the composition. The construction was done in a prefabricated reinforced concrete skeleton system.

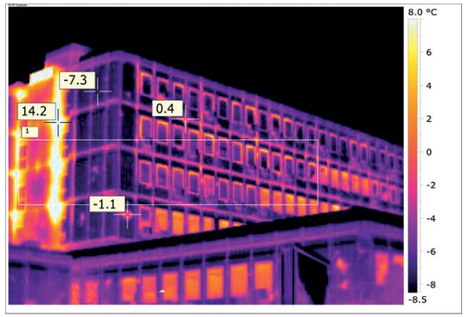


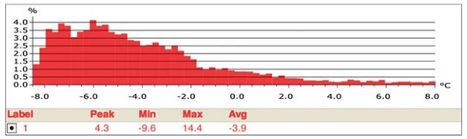
Термовизијски снимак зграде приказује особености изведеног типа префабриковане фасаде, као и проблеме који настају услед недоследног изоловања објекта. Целокупна техничка вертикала: ходници, оставе и степениште је у потпуности неизолована и на њој су приметни значајни топлотни губици. Такође, подрумски део објекта који се појављује у виду сокле, нема никакву изолацију.

The thermal image of the building indicates the particularities of the chosen type of prefabricated façade and the problems arising from inconsistent insulation. The entire vertical facilities: hallways, storages and staircases, are with no thermal insulation and thus show significant losses. In addition, the basement of the building, visible as a skirting, in the thermogram, also has no insulation.

- На детаљу је приказан део објекта, са најизраженијом температурном разликом уоченом на фасади, односно највећим губицима; приметни су и проблеми монтаже префабрикованих панела, илустровани кроз губитке у зонама спојева и притисних вертикалних профила. На појединим панелима видна су оштећења (недостатак) изолације у структури самог панела.

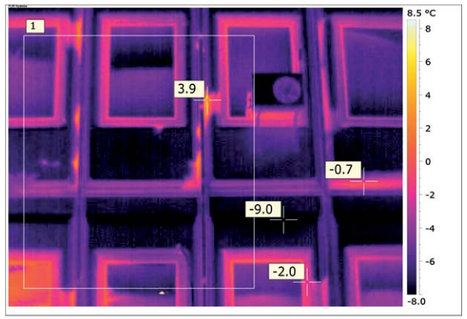
- The detail shows a segment on the façade with the most distinct temperature variation, i.e. the greatest heat loss. There are also problems due to the prefabricated façade panel mounting, seen through losses at connections and vertical covering profiles. Some panels reveal visible damage (absence) of the insulation in the panel structure.

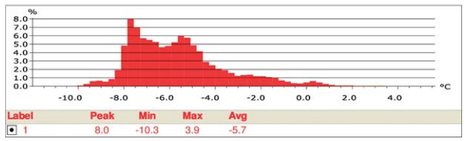




- Детаљ споја фасадних панела на коме је могуће уочити варијације од готово 8°C, као последица различитог квалитета уградње. Јасно се уочавају и зоне панела у којима је дошло до оштећења изолације или њеног квашења, што за резултат има лошије термичке перформансе.

- A detail of the connection between the façade panels with variations as high as 8°C, depending on the mounting quality. Furthermore, the panel zones where damage or soaking occurred display poorer thermal performance.





Стамбене зграде

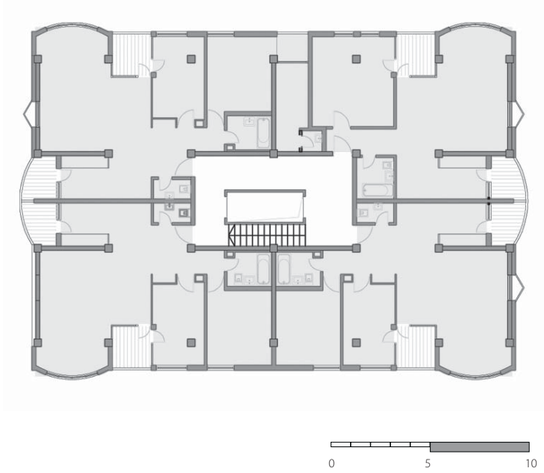
Војводе Мишића 58-62,
Иван Китановић, 1976. Љубинка Ковачевић, 1994.

Анализирани комплекс се састоји од две стамбене зграде високе спратности и лоциран је у ширем центру Ниша. Зграде, сличне по габариту основе, али у материјализацији потпуно различите, илуструју промене у грађевинској пракси током периода од двадесет година. Старији објекат је изграђен 1976. док је новији из 1994. године.

Residential buildings

58-62 Vojvode Mišića,
Ivan Kitanović, 1976. Ljubinka Kovačević, 1994.

The surveyed complex of residential high-rise buildings is located in uptown Niš. Similar according to the plan geometry but completely different according to materialization, the buildings illustrate the changes in building construction during the period of twenty years. The older building was built in 1976, and the more recent one is from 1994.

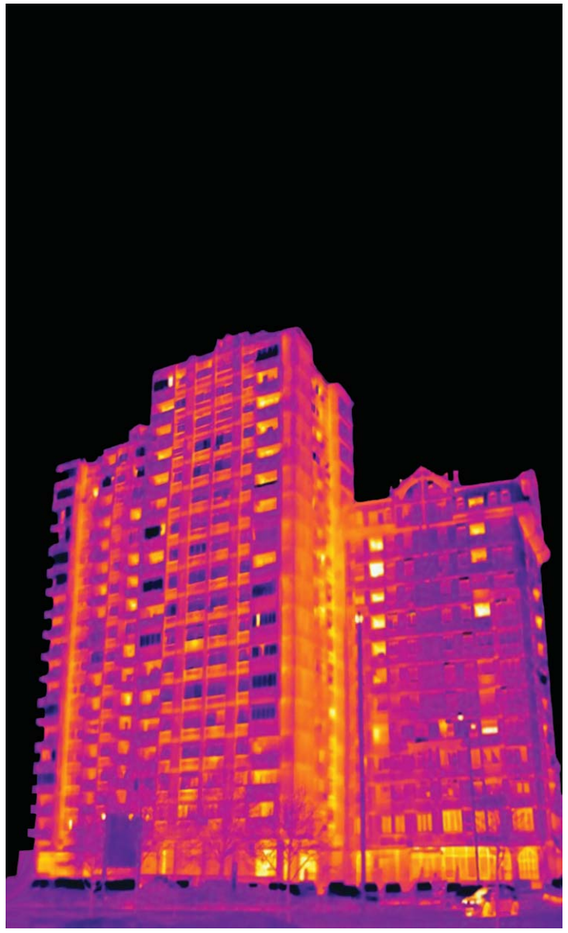


Конструктивни систем оба објекта је изведен као скелетна армиранобетонска конструкција са платнима за укрућење. Фасада старијег објекта је префабрикована армиранобетонска, са термоизолацијом у склопу панела и видљивим, наглашеним спојницама. Код новијег објекта фасадни зид је изведен као зидана испуна обложена термоизолацијом и фасадним малтером, са сведеним декоративним елементима.

Both buildings were built as reinforced concrete skeleton constructions with bracing plates. The older building has the prefabricated concrete façade with thermal insulation in the paneling and with accentuated connections. The façade wall of the more modern building is in brick panels clad in thermal insulation and mortar with discrete decorative elements.

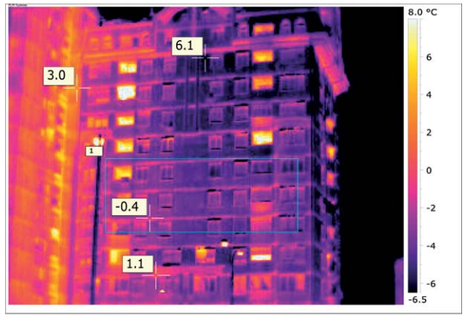
Термовизијски снимак комплекса приказује све недостатке који се са термичког аспекта јављају код зграда са префабрикованим армиранобетонским фасадним панелима. Изразити губици топлоте се јављају на месту међусобних спојева панела и интерних веза у оквиру њихове структуре. Код новијег објекта постоје значајнији топлотни губици у зони лођа, венаца и делимично хоризонталних серклажа као последица пропадања или лошијег квалитета уграђене изолације.

The thermographic image of the complex illustrates all problems related to prefabricated reinforced concrete façade panels with respect to thermal performance; excessive heat loss occurs at interconnections between and within panels. The more recent building displayed significant heat loss at the loggias and cornices, and partly at the horizontal ring beams, due to decay or poor quality of the insulation.



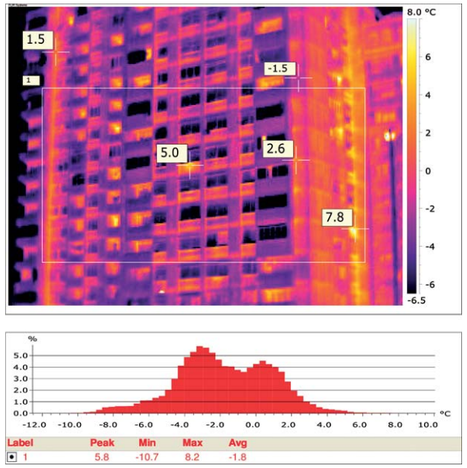
- Код детаља фасаде новије зграде, на термовизијском снимку је могуће јасно уочити неадекватно изоловане хоризонталне серклаже и лође. Такође, профилације венаца и декорације на фасади нису адекватно изоловане и узрокују топлотне губитке.

- The thermogram showing façade details of the more recent building reveals inadequate insulation in the horizontal ring beams and the loggias. Moreover, the molding of cornices and façade decorations were not adequately insulated, thereby causing heat waste.



- Детаљ фасаде старијег објекта од префабрикованих армиранобетонских панела указује да је термоизолација у саставу панела неадекватних карактеристика. Такође, приметни су и лоши спојеви који за последицу имају значајне топлотне губитке. Застакљене терасе, услед рефлексије стакла, на термограму имају несразмерно ниске температурне вредности.

- A façade detail of the older building shows inadequate insulation performance of the prefabricated concrete panels. Again, the connections are poor and result in heat losses. The glazed loggias cause reflections so that the temperature values in the thermogram are disproportionately low.



Библиографија Bibliography

Александар Кековић, Зоран Чемерикић, *Модерна Ниша 1920-1941.,* Круг, Ниш, 2006.

Алексеј Бркић, *Знакови у камену-Српска модерна архитектура 1930-1980.,* Издавачко штампарско предузеће „Биографика", Суботица, 1992.

Andrew Novicki, *Infrared thermography volume two – Applications,* Bindt – British institute of Non-Destructive Testing, Northampton, England, 2004.

Бранко Вујовић, *Београд у прошлости и садашњости,* Издавачка агенција „Драганић", Београд, 1994.

Братислав Стојановић, Урош Мартиновић, *Београд 1945-1975.- урбанизам архитектура,* БИГЗ, Београд, 1978.

Дијана Милашиновић Марић, *Водич кроз модерну архитектуру Београда,* Друштво архитеката Београда, 2002.

ITC, Termografy, Level1, Publication No 1560093E, Infrared Training Center, Flir Systems, Stockholm, Sweden, 2005.

Kenneth N. Burn and G. D. Schuyler, Applications of Infrared Thermography in Locating and Identifying Building Faults in *Journal of the International Institute for Conservation - Canadian Group Vol. 4, No. 2,* Ottawa, Ontario, Canada, pp 3-14, 1979.

Милица Јовановић-Поповић, Наташа Ћуковић, Душан Игњатовић „Утврђивање потенцијала за побољшање енергетских карактеристика зграда применом термографије", *Архитектура и урбанизам* бр. 18/19, стр. 18-27, 2006.

Милица Јовановић-Поповић, ур. *Енергетска оптимизација зграда у контексту одрживе архитектуре – део 1: Анализа структуре грађевинског фонда,* Архитектонски факултет Универзитета у Београду, 2003.

Милица Јовановић-Поповић, ур. *Енергетска оптимизација зграда у контексту одрживе архитектуре – део 2: Могућности унапређења енергетских карактеристика грађевинског фонда,* Архитектонски факултет Универзитета у Београду, 2005.

Михајло Митровић, *Модерна архитектура Београда,* Издавачко друштво Југославија, Београд, 1975.

Nataša Ćuković-Ignjatović, Dušan Ignjatovic, "Possibilities for Upgrading the Existing Building Stock in Belgrade", Management of Environmental Quality: An International Journal, Emerald, Vol. 17 No. 5, pp 527-537, 2006.

Наташа Ћуковић Игњатовић, *Фасада – адаптације и трансформације,* Задужбина Андрејевић, Београд, 2010.

Палата Београд, Издавачко друштво Југославија, Београд, 1975.

Урош Мартиновић, *Модерна Београда-архитектура Србије између два рата,* Привредни преглед, Београд

Flir Systems ThermaCAMB20, Manual, Publication No 1557948, Flir Systems, Stockholm, Sweden, 2004.

Архитектура и Урбанизам бр. 2, Београдски графички завод, Београд, 1960.

Архитектура и Урбанизам бр. 33/34, Београдски графички завод, Београд, 1965.

Архитектура и Урбанизам бр.74/77, Геокарта, Завод за картографију, Београд 1975.

Архитектура и Урбанизам бр. 82, ШИРО „СРБИЈА", Београд, 1982.

Архитектура и Урбанизам бр. 7, „ЗЕЛНИД", Београд, 2000.

CIP - Каталогизација у публикацији
Народна библиотека Србије, Београд

699.86:772.96(497.11)(083.824)

ЈОВАНОВИЋ Поповић, Милица
Видети енергију / Милица Јовановић Поповић, Душан Игњатовић ; [превод на енглески Татјана Живић, Тамара Николић ; фотографије Срђан Боснић] = Seeing Energy / Milica Jovanovic Popovic, Dusan Ignjatovic ; [translation into english Tatjana Živić, Tamara Nikolić ; photography Srđan Bosnić]. - Београд : Архитектонски факултет Универзитета = Belgrade : Faculty of Architecture, 2011 (Београд : Академија). - 169 стр. : илустр. ; 29 cm

Упоредо срп. текст и енгл. превод. - Тираж 1.000. - Библиографија: стр. 169.

ISBN 978-86-7924-049-1
1. Игњатовић, Душан [аутор]
a) Видети енергију b) Зграде - Топлотна изолација - Србија c) Зграде - Термографија - Србија
COBISS.SR-ID 181628940