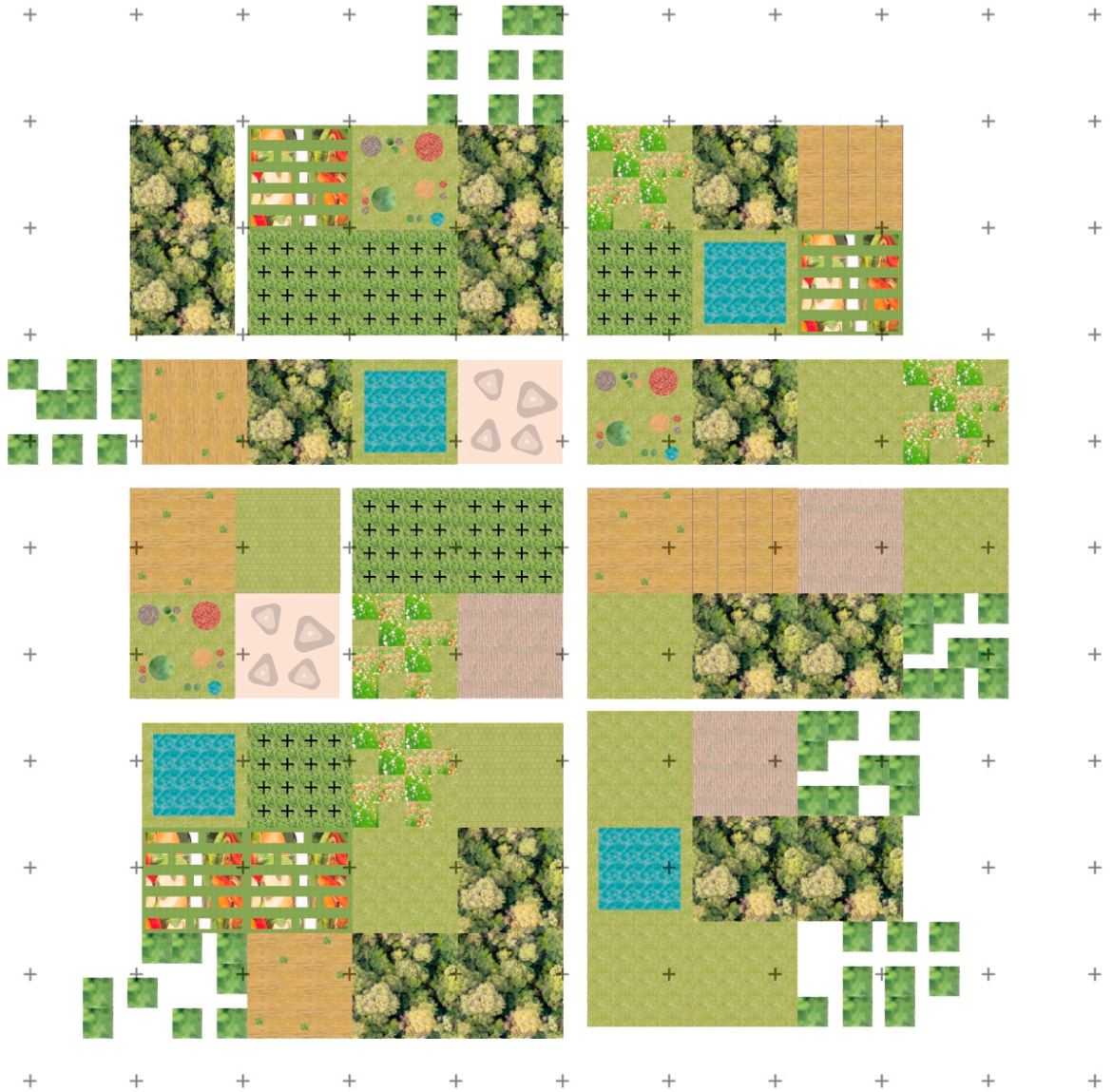


АГГ+ часопис за архитектуру, грађевинарство, геодезију и сродне научне области / AGG+ Journal for Architecture, Civil Engineering, Geodesy and other related scientific fields

08_(2020) - 01

Универзитет у Бањој Луци, Архитектонско-грађевинско-геодетски факултет
University of Banja Luka, Faculty of Architecture, Civil Engineering and Geodesy



АГ

Г+

[8] 2020 8[1]

АГ+ часопис за архитектуру, грађевинарство, геодезију и сродне научне области
ACEG+ Journal for Architecture, Civil Engineering, Geodesy and other related scientific fields

Издавач | Publisher

Архитектонско-грађевинско-геодетски факултет Универзитета у Бањој Луци
Faculty of Architecture, Civil Engineering and Geodesy at the University of Banja Luka

Уређивачки одбор | Editorial Board

проф. др Бранкица Милојевић – председник, Архитектонско-грађевинско-геодетски факултет Универзитета у Бањој Луци, РС-БиХ

доц. др Гордана Броћета – заменик председника, Архитектонско-грађевинско-геодетски факултет Универзитета у Бањој Луци, РС-БиХ

проф. др Биљана Антуновић – члан, проректор за међународну сарадњу Универзитета у Бањој Луци, РС-БиХ

prof. dr Željko Vačić - član, Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Hrvatska

проф. др Александар Борковић – члан, Архитектонско-грађевинско-геодетски факултет Универзитета у Бањој Луци, РС-БиХ

doc. dr Zlatko Bogdanovski - član, Građevinski fakultet, Univerzitet u Skoplju (Градежен факултет, Универзитет „Св. Кирил и Методиј“, Скопје), Makedonija

assistant professor Hilde Breesh, Faculty of Engineering Technology, KU Leuven, Ghent and Aalst Technology Campuses, Gent, Belgija

проф. др Младен Буразор - члан, Архитектонски факултет Универзитета у Сарајеву, ФБиХ-БиХ

Vladimir Vuković, PhD – član, Lecturer in Urban Design, Carinthia University of Applied Sciences, Austria

проф. др Младен Глибић - члан, Грађевински факултет Свеучилишта у Мостару, ФБиХ-БиХ

проф. др Миро Говедарица – члан, Технички факултет Универзитета у Новом Саду, Србија

Professor Aspa Gospodini – član, University of Thessaly, Volos, Greece

проф. др Тина Дашић - члан, Грађевински факултет, Универзитета у Београду, Србија

проф. др Маја Додиг, члан, Архитектонско-грађевинско-геодетски факултет Универзитета у Бањој Луци, РС-БиХ

dr. Alma Zavodnik Lamovšek - član, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Univerza v Ljubljani, Slovenija

проф. др Сабид Зекан - члан, Рударско-грађевинско-геолошки факултет Универзитета у Тузли, ФБиХ-БиХ

проф. др Игор Јокановић - члан, Грађевински факултет Универзитета у Суботици, Србија

Associate Professor Tillmann Klein - član, Delft University of Technology, Delft, Netherlands (Department of Architectural Engineering & Technology)

проф. др Нађа Куртовић-Фолић - члан, Факултет техничких наука Универзитета у Новом Саду, Србија

проф. др Мирјана Лабан, дипл. инж. грађ. - члан, Факултет техничких наука Универзитета у Новом Саду, Србија

prof. dr Nenad Lipovac – član, Arhitektonski fakultet, Sveučilište u Zagrebu, HR

др Владимир Лукић, професор емеритус – члан, Универзитет у Бањој Луци, РС-БиХ

prof. dr Ljubomir Majdandžić – član, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, HR

prof. dr Čedo Maksimović – član, Faculty of Engineering, Department of Civil and Environmental Engineering, Imperial College, GB

проф. др Мирјана Малешев, дипл. инж. грађ. - члан, Факултет техничких наука Универзитета у Новом Саду, Србија

проф. др Мирослав Малиновић – члан, Архитектонско-грађевинско-геодетски факултет Универзитета у Бањој Луци, РС-БиХ

проф. др Драган Милашиновић – члан, Грађевински факултет Универзитета у Суботици, Србија

проф. др Бранко Миловановић - члан, Грађевински факултет Универзитета у Београду, Србија

doc. dr Vladimir Mihajlović Kurkov (Владимир Михайлович Курков) - član, Moskovski državni univerzitet geodezije i kartografije (Московский государственный университет геодезии и картографии) МИИГАиК, Russia

проф. др Владимир Мозер - члан, University of Žilina, Faculty of Security Engineering, Department of fire engineering Словачка

Professor (Associate) Juan Luis Rivas Navarro - član, Departamento de Urbanística y Ordenación del Territorio, University of Granada, Spain

проф. др Мирјам Ндини, дипл. инж. грађ. - члан, Универзитет Епока, Департаман за грађевинарство, Албанија

Michael Faber Nielsen - član, University of Aalborg, Department of civil engineering, Denmark

доц. др Невена Новаковић – члан, Архитектонско-грађевинско-геодетски факултет Универзитета у Бањој Луци, РС-БиХ

Prof. dr Karel Pavelka – član, Fakulta stavební, České vysoké učení technické v Praze, CZ

prof. dr Mirza Ponjavić - član, Univerzitet BURCH, Sarajevo, BiH

проф. др Љубиша Прерадовић – Архитектонско-грађевинско-геодетски факултет Универзитета у Бањој Луци, РС-БиХ

проф. др Глогор Раденковић, Грађевински факултет Универзитета у Београду, Србија

проф. др Властимир Радоњанин, дипл. инж. грађ. - члан, Факултет техничких наука Универзитета у Новом Саду, Србија

проф. др Миодраг Регодић – члан, Архитектонско-грађевинско-геодетски факултет Универзитета у Бањој Луци, РС-БиХ

Enrico Ronchi - član, Lund University, Department of Fire Safety Engineering, Department of Transport and Roads, Sweden

проф. др Миленко Станковић – Архитектонско-грађевинско-геодетски факултет Универзитета у Бањој Луци, РС-БиХ

Professor Markus Schwai, Department of Architecture and Planning, Norwegian University of Science and Technology, Norway

проф. др Звонко Томановић – члан, Грађевински факултет Универзитета у Подгорици, Црна Гора

проф. др Тања Тркуља – члан, Архитектонско-грађевинско-геодетски факултет Универзитета у Бањој Луци, РС-БиХ

проф. др Горан Ћировић, Висока грађевинско-геодетска школа Београд, Србија

проф. др Мато Уљаревић – члан, Архитектонско-грађевинско-геодетски факултет Универзитета у Бањој Луци, РС-БиХ

проф. др Радомир Фолић - члан, Факултет техничких наука Универзитета у Новом Саду, Србија

Prof. dr Meri Cvetkovska - član, Ss. Cyril and Methodius University-Skopje, Civil Engineering Faculty, Republic of Macedonia

проф. др Никола Цекић – члан, Грађевинско-архитектонски факултет Универзитета у Нишу, Србија

dr Vlado Cetl - član, European Joint Resarch Centre, Ispra, Italy

проф. др Малина Чворо – члан, Архитектонско-грађевинско-геодетски факултет Универзитета у Бањој Луци, РС-БиХ

Главни и одговорни уредник | Editor-in-Chief

Проф. др Љубиша Прерадовић

Техничко уредништво | Technical Editorial board

доц. др Маја Илић – члан, Архитектонско-грађевинско-геодетски факултет Универзитета у Бањој Луци, РС-БиХ

доц. др Дубравко Алексић – члан, Архитектонско-грађевинско-геодетски факултет Универзитета у Бањој Луци, РС-БиХ

проф. др Мирослав Малиновић – члан, Архитектонско-грађевинско-геодетски факултет Универзитета у Бањој Луци

Слободан Пеулић – члан, Архитектонско-грађевинско-геодетски факултет Универзитета у Бањој Луци, РС-БиХ

Web desing

др Игор Кувач – члан, Архитектонско-грађевинско-геодетски факултет Универзитета у Бањој Луци, РС-БиХ

Насловна страна | Title page

Др Дубравко Алексић, дипл. инж. арх.

Лектор | Linguistic Adviser

Јованка Борић, проф. (српски | Serbian)

Јелена Пажин, ма (енглески | English)

Тираж | Circulation 300

<http://doisrpska.nub.rs/index.php/aggplus>

САДРЖАЈ

Биљана Антуновић, Мирослав Малиновић, Јелена Рашовић, Стефан Петровић ДНЕВНА СВЈЕТЛОСТ У ЗГРАДИ АУСТРОУГАРСКОГ ГРАДИТЕЉСКОГ НАСЉЕЂА	008-018
Маја Милић Алексић, Милица Малешевић, Диана Ступар КОМУНИКАЦИЈСКА СВОЈСТВА АРХИТЕКТУРЕ НАРОДНОГ ПОЗОРИШТА У ЗЕНИЦИ	020-032
Милијана Окиљ МОСТОВИ ИЗГРАЂЕНИ НА ПРОСТОРУ РЕПУБЛИКЕ СРПСКЕ ТОКОМ ОСМАНСКОГ ПЕРИОДА	034-048
Тања Фржовић, Сања Туцикешкић, Биљана Антуновић ИСПИТИВАЊЕ СТАБИЛНОСТИ МРЕЖЕ ПЕРМАНЕНТНИХ GNSS СТАНИЦА РЕПУБЛИКЕ СРПСКЕ	052-062
Мирослав Вујасиновић, Миодраг Регодић, Стефан Кецман СОФТВЕРСКА РЈЕШЕЊА ЗА ОБРАДУ ОБЛАКА ТАЧАКА	064-075
Драгана Скоруп МОДЕЛИ КАТАСТРА У БИХ	078-088
Мирослав Костадиновић, Александар Стјепановић, Горан Кузмић, Мирко Стојчић, Тања Костадиновић ЖИЧНИ/ВЕЖИЧНИ КОМУНИКАЦИОНИ МРЕЖНИ MODEL U GRAĐEVINSKOM OKRUŽENJU: STUDIJA SLUČAJA RAFINERIJA ŠEĆERA BRČKO	092-105
Упутства за ауторе	108-111

CONTENT

<i>Biljana Antunović, Miroslav Malinović, Jelena Rašović, Stefan Petrović</i> DAYLIGHT PERFORMANCE IN AUSTRO-HUNGARIAN HERITAGE BUILDING	008-018
<i>Maja Milić Aleksić, Milica Malešević, Diana Stupar</i> COMMUNICATION TRAITS OF ARCHITECTURE OF THE NATIONAL THEATRE IN ZENICA	020-032
<i>Milijana Okilj</i> BRIDGES BUILT ON THE TERRITORY OF THE REPUBLIC OF SRPSKA DURING THE OTTOMAN PERIOD	034-048
<i>Tanja Fržović, Sanja Tucikešić, Biljana Antunović</i> STABILITY TESTS FOR THE NETWORK OF PERMANENT GNSS STATIONS OF THE REPUBLIC OF SRPSKA	052-062
<i>Miroslav Vujasinović, Miodrag Regodić, Stefan Kecman</i> POINT CLOUD PROCESSING SOFTWARE SOLUTIONS	064-075
<i>Dragana Skorup</i> MODELS OF UTILITY CADASTRE IN BOSNIA AND HERZEGOVINA	078-088
<i>Miroslav Kostadinović, Aleksandar Stjepanović, Goran Kuzmić, Mirko Stojčić, Tanja Kostadinović</i> WIRED/WIRELESS COMMUNICATION NETWORK MODEL IN BUILDING ENVIRONMENT: CASE-STUDY OF BRČKO SUGAR REFINERY	092-105
Instructions for authors	108-111

ГА
ГА+

архитектура | architecture



[8] 2020 8[1]

АГГ+ часопис за архитектуру, грађевинарство, геодезију и сродне научне области
ACEG+ Journal for Architecture, Civil Engineering, Geodesy and other related scientific fields

008-018

Оригинални научни рад | Original scientific paper

UDK | UDC 72.036(497.15 Бања Лука)"1878/1918"

DOI 10.7251/AGGPLUS2008008A

Рад примљен | Paper received 03/11/2020

Рад прихваћен | Paper accepted 02/12/2020

Biljana Antunović

University of Banja Luka, Faculty of Architecture, Civil Engineering and Geodesy, Bulevar Vojvode Stepe Stepanovića 77/3, biljana.antunovic@aggf.unibl.org

Miroslav Malinović

University of Banja Luka, Faculty of Architecture, Civil Engineering and Geodesy, Bulevar Vojvode Stepe Stepanovića 77/3, miroslav.malinovic@aggf.unibl.org

Jelena Rašović

University of Banja Luka, Faculty of Architecture, Civil Engineering and Geodesy, Bulevar Vojvode Stepe Stepanovića 77/3, jelena.rasovic@aggf.unibl.org

Stefan Petrović

University of Banja Luka, Faculty of Architecture, Civil Engineering and Geodesy, Bulevar Vojvode Stepe Stepanovića 77/3, stefan.petrovic@student.aggf.unibl.org

ДНЕВНА СВЈЕТЛОСТ У
ЗГРАДИ АУСТРОУГАРСКОГ
ГРАДИТЕЉСКОГ НАСЉЕЂА

DAYLIGHT PERFORMANCE
IN AN AUSTRO-
HUNGARIAN HERITAGE
BUILDING

Оригинални научни рад

Original scientific paper

Рад прихваћен | Paper accepted

02/12/2020

UDK I UDC

72.036(497.15 Бања Лука)"1878/1918"

DOI

10.7251/AGGPLUS2008008A

Biljana Antunović

University of Banja Luka, Faculty of Architecture, Civil Engineering and Geodesy, Bulevar Vojvode Stepe Stepanovića 77/3, biljana.antunovic@aggf.unibl.org

Miroslav Malinović

University of Banja Luka, Faculty of Architecture, Civil Engineering and Geodesy, Bulevar Vojvode Stepe Stepanovića 77/3, miroslav.malinovic@aggf.unibl.org

Jelena Rašović

University of Banja Luka, Faculty of Architecture, Civil Engineering and Geodesy, Bulevar Vojvode Stepe Stepanovića 77/3, jelena.rasovic@aggf.unibl.org

Stefan Petrović

University of Banja Luka, Faculty of Architecture, Civil Engineering and Geodesy, Bulevar Vojvode Stepe Stepanovića 77/3, stefan.petrovic@student.aggf.unibl.org

ДНЕВНА СВЈЕТЛОСТ У ЗГРАДИ АУСТРОУГАРСКОГ ГРАДИТЕЉСКОГ НАСЉЕЂА

РЕЗИМЕ

Циљ овог рада јесте истраживање перформанси дневне свјетлости у згради аустроугарског градитељског наслеђа која се налази у Бањој Луци, Босна и Херцеговина. Зграда је првобитно коришћена као војни штаб, а касније је пренамијењена за административне и образовне функције. Мјерење дневне свјетлости извршено је у репрезентативној просторији-канцеларији зграде. Резултати мјерења су анализирани са аспекта међународних стандарда и у односу на специфичну архитектуру зграде. Такође је урађена симулација дневне свјетлости кориштењем софтвера *Design Builder*.

Кључне ријечи: дневна свјетлост, зграде културне баштине, визуелни комфор, симулација

DAYLIGHT PERFORMANCE IN AN AUSTRO-HUNGARIAN HERITAGE BUILDING

ABSTRACT

The aim of this paper is to investigate the daylight performance in an Austro-Hungarian heritage building located in Banja Luka, Bosnia and Herzegovina. The building was originally used as a military headquarters and was later reused for administration and educational functions. The measurement of daylight was performed in a representative room-office in the building. The measurement results are discussed with respect to international standards and in relation to the specific architecture of the building. Furthermore, the simulation of the daylight performance was performed by using the Design Builder software.

Key words: daylight performance, heritage buildings, visual comfort, simulation

1. INTRODUCTION

Light plays an essential role in people's everyday lives and work since humans receive more than 80 % of all information through the sense of sight. The quality of light affects people's health, work efficiency and comfort. Furthermore, daylight is of special importance as humans are, through evolution, adapted to natural light. How much daylight reaches inside a building depends on the building's architecture, the amount and direction of sunlight, cloud coverage, local topography etc. resulting in a certain visual comfort of users. Visual comfort is related to physical quantities such as the illuminance, uniformity, and daylight factor. The recommended values of these photometric quantities for different workplaces are defined in international standards.

The human perception of light is determined by the amount of radiation energy entering the eye and the spectrum of this light. The direct effects of sunlight are related to the chemical reactions it causes in the body, while the indirect effects are related to basic biological functions. A feeling of pleasure and comfort is a complex notion that includes the human psychological experience of space in addition to its physiological needs. It has been shown that productivity at work increases with comfortable and pleasant spaces and that is why the light comfort has been taken into consideration. Moreover, improving the visual performance of employees results in a higher alertness level that can reduce errors and accident rates [1,2] while inadequate light will influence work efficiency as well as our health and personal wellbeing.

Since the intensity of daylight has been variable and daylight will not be always and everywhere sufficient to carry out daily tasks, the artificial light must be used. For many buildings, the best option is using daylighting and electric lighting together, with an appropriate lighting control during the daytime [3]. This method is the most efficient and involves replacing classic incandescent lighting with automatic halogen, fluorescent or LED lighting.

Daylight plays an important role in the building sustainability involving the design of energy-efficient buildings while maximizing the use of daylight. For example, an examination of energy consumption in one year reveals that the artificial light accounts for around 19% of the total generated electricity while energy consumption of buildings covers about 40% of the total energy consumption in Europe [4]. In some types of buildings, such as office blocks, 10% to 30% of the primary energy is used by lighting. Apart from economic reasons and energy-related CO₂ emissions, natural light utilization has to be at the highest level because the human eyes have adapted best in daylight and people feel more comfortable in the space with natural light. Visual comfort is one of the parameters that determine the quality of the indoor environment, in addition to thermal and acoustic comfort as well as the air quality.

Before reconstructing an existing integrated lighting system or designing a new one, it is necessary first to carry out all the appropriate analyses. The availability and quality of natural lighting in a room and daylight performance of buildings can be evaluated by appropriate physical quantities. The light characteristics of an object are the illuminance, brightness, illuminance uniformity, daylight factor, annual light exposure and direct normal radiance. In the case of the daylight analysis, the most important are the illuminance and daylight factor. The illuminance values are usually taken into account at the working plane level.

2. PHYSICAL QUANTITIES

Daylight consists of three components: direct light from the Sun, light diffused from the sky and light reflected from the surrounding. Direct sunlight is characterized by a very high intensity and constant movement, while diffused skylight is characterized by sunlight scattered by the atmosphere and clouds [5]. Light (sunlight and skylight) which comes from the ground, neighboring buildings, vegetation, trees, and reaches the observed points, determines the reflected light component [5].

The final value of daylight is obtained as a sum of three components. Depending on sun paths and the sky condition, daylight varies significantly with the time of the day and season. The most important physical quantities used to describe light comfort are the illuminance and daylight factor (DF).

The flux light ϕ received on the surface S is named the illuminance:

$$E = \frac{\phi}{S} \quad (1)$$

Illuminance is expressed in lux (lx). It can be measured with a lux meter or predicted by a computer simulation. Task characteristics and the visual environment are properties that determine the needed values of illuminance.

For example, the UK recommendation for working plane illuminance is 300 lx for computer-based work and 500 lx for paper-based work. The standard EN BAS 12464 defines 500 lx for the office working plane (Table 1).

The daylight factor is the measure that represents the amount of daylight that reaches inside the room relative to the amount of unobstructed daylight available outside, under a cloudy sky condition:

$$DF = \frac{E}{E_o} \cdot 100 \quad (2)$$

DF is expressed in percents.

The higher value of DF indicates better daylight conditions inside a building. The location, sky condition, time of the year, room and window size, roof, wall thickness and the situation of the room (design and furniture) are the parameters influencing the value of DF. It is used to determine what impact the geometry of the space, location and amount of fenestration have on daylight penetration as well as an important parameter in the energy-efficient building designs. A minimum average daylight factor of 1% is required for support spaces, 1.5% for living spaces and 2% for work spaces, with a minimum of 75% of the observed plane areas [6]. To ensure that rooms in dwellings and in most other buildings have a predominantly daylight appearance, the average daylight factor should be at least 2%. If the average daylight factor in a space is between 2% and 5%, supplementary electric lighting is usually required [3]. Average DF which is greater or equal to 5% is considered as strong and in that case electric lighting will not be used during daytime.

The quantitative analysis of daylight implies the determination of illuminance and the daylight factor. The quality of daylight is associated with its uniform distribution across the indoor area. Lighting uniformity is the ratio of minimum illuminance to average illuminance on a surface:

$$U_0 = \frac{E_{\min}}{E_{av}} \quad (3)$$

The uniformity of illuminance should be set in a range 0.5-0.8. There are two cases when it is considered inadequate: a) the largest part of a working plane (usually more than 20%) is positioned behind the no-sky line; or b) in the room where windows are on one wall the depth of the room is too large with respect to the height and the width of the windows [3]. According to the recommendations, the ratio between the illuminance of a working plane and surrounding space should not exceed 3:1.

Table 1. Requirements for different offices, tasks and activities (EN BAS 12464)[7]

Offices		
Ref. No.	Type of interior, task or activity	E _{av} (lx)
1.	Filing, copying, etc.	300
2.	Writing, typing, reading, data processing	500
3.	Technical drawing	750
4.	CAD workstations	500
5.	Conference and meeting rooms	500
6.	Reception desk	300
7.	Archives	200

3. THE ARCHITECTURE AND DEVELOPMENT OF PRESENT-DAY RECTORATE BUILDING

The present-day Rectorate building of the University of Banja Luka is located within the historical military campus, which dates back to the Ottoman time in Banja Luka (1528-1878). Its current position corresponds to the urban part of Banja Luka, named Borik – during the Turkish time the swampy outskirts of the sparsely populated area. It is rather unknown when exactly the first military facility was erected at the site, but for sure, the fairly large Ottoman campus had already existed in 1863, which could be seen in the map from the period before the Austro-Hungarian regiment (1878-1918) [8]. Because of the military background of the site, that was retained until 2001, the historical archival records, especially about construction activities, are not available for public research.

Within the analysis based on the comparative method, as well as the examination of used materials in the complex, like reinforced concrete, Austrian-size bricks, cement mortar etc., it can be presumed, with a high level of certainty, that the Austro-Hungarian army rebuilt the complex and formed it according to general guidelines for contemporary military facilities [10]. It still remains unclear which of the old Turkish buildings were retained, if any were at all at that time, yet it is known that the campus was for sure the home for infantry and artillery garrisons of the Ottoman troops [11].

Again, the exact time of the complex reconstruction is unknown, but its position had been already noted in a so-called “Austrian map”, a map that indicated the existing and planned buildings as well as buildings to be demolished in the period 1880-1884 (Figure 1).

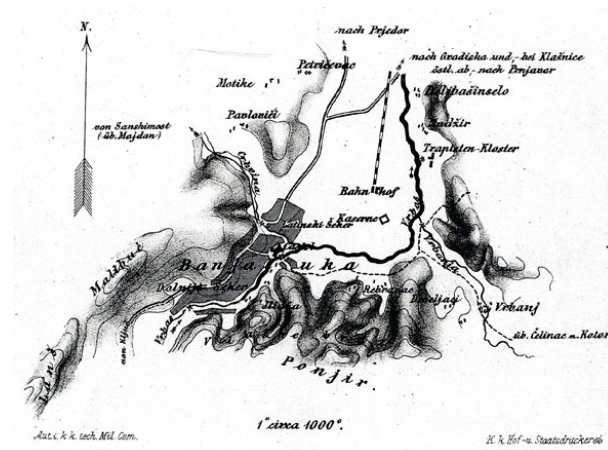


Figure 1. Banja Luka and its surroundings on one of the Austrian maps dated in 1863. This map edition is issued 1863 in “Wiener Zoll” scale, dimensions 24x20cm [9]

In favour of that there are other facts, cross-referenced to construction activities on the surrounding military facilities, like the Military hospital complex, located in the present-day Mladen Stojanović Park situated northern from the Campus, with the Monument to fallen soldiers, and the central Military Headquarters, western from the site, all built in the first years of the Austro-Hungarian rule [8].

It is important to understand two significant local, territorial settings in order to properly perceive the present-day Rectorate building location and orientation. The first is the site of the Military Authorities’ Headquarters (Militärämtesgebäude Ger.) which was built in 1879, on one of the most prominent cross-roads at the time: the main street oriented north-south, Kaiserstraße, and the former Street of Banja Luka Field, oriented east-west, heading to the Vrbas River with the Military campus Vrbas on its left bank (Figure 2). The second setting is the orientation and treatment of the Street of Banja Luka Field, today the Alley of Saint Sava, which at the time received a rich tree alley and prominently linked the military headquarters and the Campus. The alley is perfectly aligned with the Campus orthogonal disposition, with a dominating central building, the subject of this paper, set at the end of it so it prominently marks the end of the alley [8]. As it can be seen in the historical photos dated in 1908 [12], the central building was situated with its longer axis orthogonally to the tree alley, exactly as the present-day Rectorate stands. Since significant military constructions by foreign authorities were not recorded in years prior and obviously during the World War I, it can be assumed that the main building in its full shape and extent was built as an extension, less possibly a completely new construction on the place of the former central building during the Kingdom of Serbs, Croats and Slovenes, later the Kingdom of Yugoslavia.



Figure 2. Military campus Vrba. View of the entrance alley; postcard issued in 1908 [12]

The present-day Rectorate building (Figure 3) corresponds to a typical office or residential building from the early XX century built in countries with the Austro-Hungarian legacy – many similar buildings with the functions of convents, railway stations, schools etc. can be found around the former Empire, dated either during or shortly after the Austro-Hungarian era. It has a strongly emphasized longitudinal axis, oriented north-south, divided into five partitions: central and side Avant-Corps, all interconnected with side wings. In structure, it has a slightly elevated ground floor with two floors above, and a basement only below the central part and side wings. The main corridor is located on the eastern façade, with the office rooms on the west, facing the aforementioned tree alley, almost entirely flanking the façade and significantly obstructing the sunlight.



Figure 3. View of the western façade with the main entrance to the Rectorate building. The examined room is the uppermost right in the view, as indicated on the image.

4. MEASUREMENT METHODOLOGY

The examined room is located in the southern wing, next to the central corps, on the second floor. It is oriented to the west, with an administrative function and usual furnishing displacement. The floor plane of the 2nd floor and the indication of the examined office are shown in Figure 4. Since the position of the measured point is defined by the working plane position, it wasn't necessary to create a grid of measured points over the entire room. The working plane is at 0.85 m height above the floor. The illuminance values, measured during the same hour of different days, are compared with the Standard and to each other. As it can be

seen from the figure, the window of the examined room is dislocated with respect to the center of the external wall and it is in the corner of the wall whose thickness is around 0.5 m limiting the angle of daylight incidence in the room. Also, the ratio of the window surface to the floor surface is approximately 1/7.

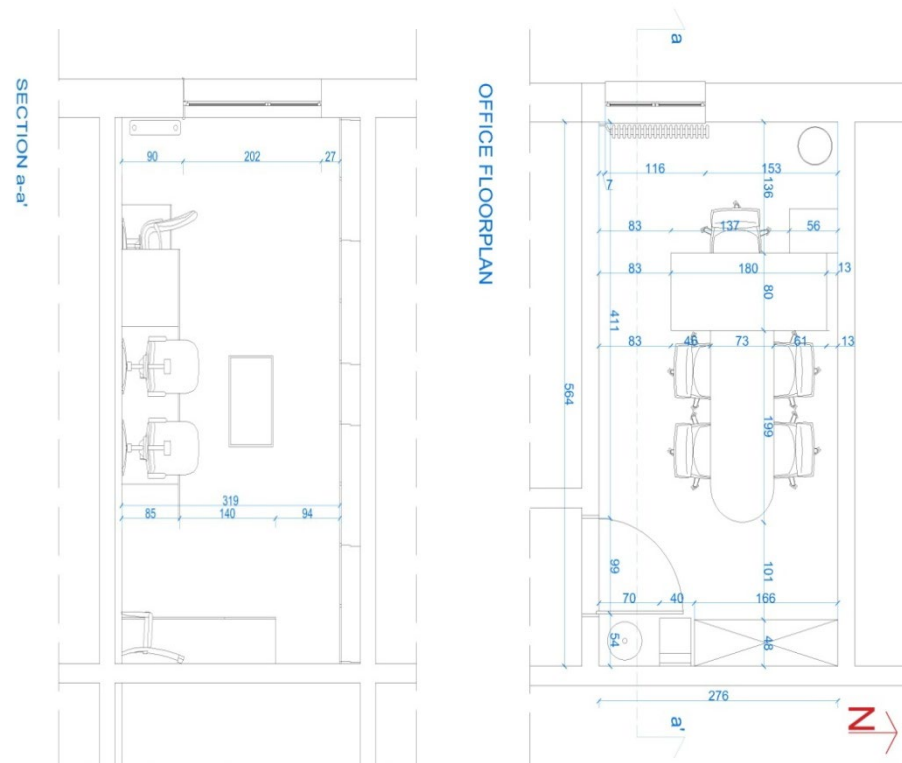


Figure 4. Floor plan and the longitudinal section view of the 2nd floor with the indication of the examined office, present conditions

For the purpose of the illuminance measurement, which is performed according to the standard EN BAS 12464, the data logger Almemo Ahlborn 2690-8 and corresponding sensor-luxmeter were used (Figure 5). Technical specifications of the instrument are: the illuminance measurement range (0 lx to 260.000 lx), accuracy $\pm 5\%$ (optional $< 3\%$) and spectral correction.



Figure 5. Almemo Ahlborn 2690-8 (left), luxmeter (right)

5. RESULTS

The results of the daylight measurement are shown in the Table 2. The shown values are averaged around the given hours at 9 a.m., noon and 3 p.m., respectively, for two overcast days in July and August. The average measured illuminance value varied from 31 lx to 263 lx on the first day of measurement (17th July) and from 83 lx to 323 lx on the second day of measurement. The minimum illuminance of 13 lx was measured at 9 a.m. on the first and the maximum value of 438 lx was reached at noon on the second day. Comparing the results of measurement to the prescribed standard values for this type of office, the conclusion is that the average illuminance has to be from 300 lx to 500 lx which is fulfilled only for the value of 323 lx recorded on the second day at noon (Table 2).

The daylight factor was calculated using the Equation 2 shown in Table 2. As it can be seen, DF varies from 0.62% to 5.26% on the first and from 1.66% to 6.46 % on the second day of measurement. The minimum DF of 0.62% was measured at 9 a.m. on the first and the maximum of 6.46% at noon on the second day of data taking. Four out of six measurements fulfill the requirement of minimum DF 2%, while 3 out of those are greater than 5% in which case the room is considered as daylit and no electric lighting during most of the daytime is needed. This is the case for the first day at 3 p.m. 5.26% and two on the second day 5.32 % at 9 a.m. and the maximum value 6.46% taken at noon (Table 2).

Table 2. The measurements of the illuminance and daylight factor

Date	Time(hour)	$E_{min}(lx)$	E_{max} $E_{max}(lx)$	$E_{av}(lx)$	DF(%)
17.7.2020.	09:00	13	47	31	0.62
	12:00	80	245	165	3.3
	15:00	180	338	263	5.26
18.8.2020.	09:00	47	331	266	5.32
	12:00	95	438	323	6.46
	15:00	45	347	83	1.66

For the examined room, the illuminance and daylight factor have been simulated using the software Design Builder V 5.5.0.012 [13,14]. As the input for the simulation certain criteria have

been used: the analyzed area is georeferenced on the geographical coordinates of Banja Luka, the altitude of Banja Luka is defined, the Rectorate building was modeled considering the surrounding buildings which could influence its daylight. Furthermore, the office is dimensioned based on the recorded light dimensions and placed at its absolute elevation, the wall thicknesses are dimensioned, the window is with defined dimensions of the glazing and the frame, defined glazing type. Finally, all internal surfaces are assigned their characteristics: material class, roughness, emissivity, solar absorption, etc. The resulting distribution of the simulated daylight is shown in Figure 6 where colors are ranging from the black which corresponds to the darkest, and red to the brightest parts of the working plane.

The simulation has been performed for three eligibility criteria: LEED EQ 8.1 credit, BREEAM Health and Wellbeing Credit HEA 01 and Green Star IEQ4 credit.

LEED Credit EQ 8.1 defines the condition that at least 75% of area in occupied spaces needs to be adequately daylight with the illuminance above the minimum threshold value set at 269.098 lx. This condition failed because only 33.3% of the area meets the requirement.

BREEAM Health and Wellbeing Credit HEA 01 define condition that at least 80% of area is adequately daylight. There are two conditions which must be met at the same time: the minimum threshold value of daylight factor is 2.0% and the uniformity ratio is at least 0.3 or a minimum point daylight factor of 0.8% (spaces with glazed roofs, such as atria, must achieve a uniformity ratio of at least 0.7 or a minimum point daylight factor of at least 1.4%) [13,15]. For the building considered here the obtained average DF is 2.2%, however the minimum DF is 0.61% and uniformity ratio 0.28. That means that the first condition is met and the second one fails.

Green Star Credit IEQ4 performs the calculation based on the percentage of the area **with** the minimum daylight factor: DF at least 2.0%, and daylight Illuminance of at least 250 lx [13]. These criteria are also not met since the minimum DF is 0.61% and the working plane area within the limits is 28%.

Comparing the measurements and simulation of daylight performance, the conclusion is that there is inadequate daylighting during most of the time.

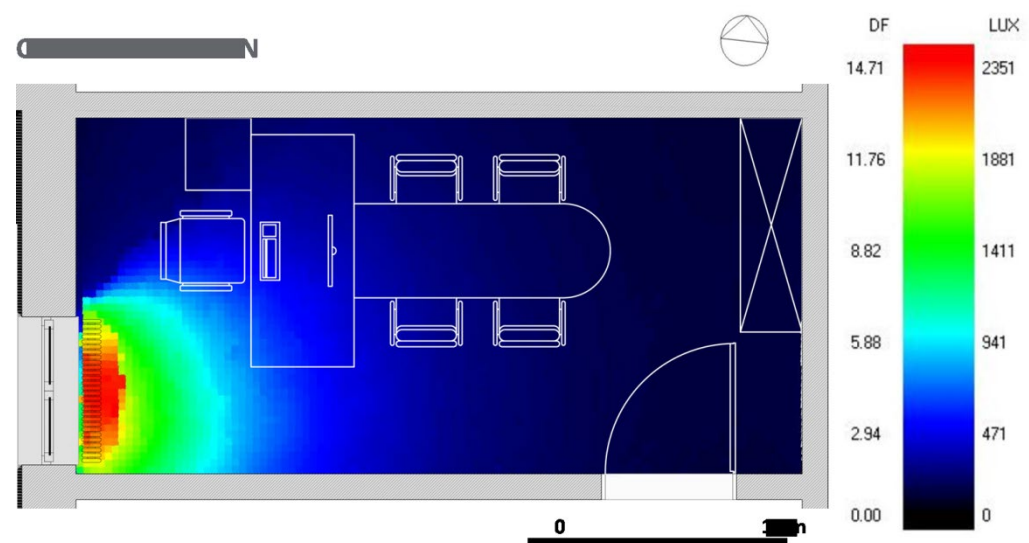


Figure 6. Distribution of the simulated daylight in the examined room

6. CONCLUSION

The measurement and simulation of daylight performance in a representative office of an Austro-Hungarian heritage building located in Banja Luka, Bosnia and Herzegovina has been presented in this paper. Two physical quantities have been used to analyze the daylight performance: the illuminance and the daylight factor. The obtained results of measurement have shown the illuminance and DF vary with time and during the most of the time the criteria prescribed by the standard are not met. The simulation of these two quantities has been done using the Design Builder software for different criteria and none of them is completely satisfied. The conclusion is that daylighting is inadequate. Therefore, the electrical lighting must be used during the day, having a negative impact on the energy efficiency and sustainability of the building.

It is obvious that apart from the room dimensions, the position and the surface of windows have a great impact on the visual comfort in the building as well as the building construction. Since the examined building is a cultural heritage, the next step of investigations is going to be a more detailed analysis of the building, measurements and simulation. Moreover, some specific building parts, like window casings and enclosures, fixtures and glazing need to be properly addressed in order to propose the improvements of the daylight performance while not changing the building elevation view and endangering its historical and ambiental values.

7. BIBLIOGRAPHY

- [1] W.J.M van Bommel, G. J. van den Beld, M.H. F van Ooyen. Industrial lighting and productivity, Philips Lighting, 2002.
- [2] W.J.M van Bommel, G. J. Van den Beld, Lighting for Work: visual and biological effects, Philips Lighting, 2004, tom. 255-269.
- [3] Institution, British Standards. Lighting for buildings, Part 2: Code of practice for daylighting. London: BSi, 2008.
- [4] International Energy Agency. Light's Labour's Lost-Policies for energy-efficient lighting. Paris: IEA Publications, 2006. 2006484568.
- [5] <https://www.velux.com/deic/daylight/daylighting>. [30 January 2020.]
- [6] A. Michaela, S. Gregoriou, S.A. Kalogirou, Environmental Assessment of an Integrated Adaptive System for the Improvement of Indoor Visual Comfort of Existing Buildings. S.I. : Renewable Energy, 2017, T. 115.
- [7] BAS EN 12464-1:2012, Light and lighting. Lighting of work places. Indoor work places
- [8] Malinović, Miroslav. A Monograph: The Architecture in Banja Luka during the Austro-Hungarian rule in Bosnia and Herzegovina (1878-1918). Banja Luka : Faculty of Architecture and Civil Engineering, University of Banja Luka, 2014.
- [9] Austrian National Library. K I 112916,1 Kar. Vienna : Map Department, 1863.
- [10] Bluntfehli, F. Gebäude für Verwaltung, Rechtspflege und Gesetzgebung; Militärbauten. T. 4, Entwerfen, Anlage und Einrichtung der Gebäude, Halbbd. 7. Darmstadt : Diehl, 1887.
- [11] Edmund, Stix. Bosna, Wilāyet, Landesregierung: Das Bauwesen in Bosnien und der Hercegovina. Vienna : Hof- u. Staatsdruckerei, 1887.
- [12] Vicić, Snežana, Vicić, Dragan i Đukić, Milanka. Pozdrav iz Banjaluke, Banjaluka na starim razglednicama. Belgrade : Atelje Vicić, 2006.
- [13] <https://designbuilder.co.uk/> [Dec 10, 2020].

- [14] Zomorodian, Z.S.; Korsavi, S.S.; Tahsildoost, M. The effect of window configuration on daylight performance in classrooms: A field and simulation study. *Int. J. Archit. Eng. Urban Plan* 2016, 26, 15–24
- [15] BNV. *New Construction – Technical Manual*, Norwegian Green Building Council and BRE Global, (SD 5066A: ISSUE 1.1), 2012, pp. 1-397.



[8] 2020 8[1]

AGG+ часопис за архитектуру, грађевинарство, геодезију и сродне научне области
ACEG+ Journal for Architecture, Civil Engineering, Geodesy and other related scientific fields

020-032 Прегледни научни рад | Review scientific paper
UDK I UDC 725.822(497.63еница)
DOI 10.7251/AGGPLUS2008020M
Рад примљен | Paper received 13/07/2020
Рад прихваћен | Paper accepted 27/11/2020

Маја Милић Алексић

University of Banja Luka, Faculty of Architecture, Civil Engineering and Geodesy, Bulevar Stepe Stepanovića 77/3, Banja Luka, maja.milic-aleksic@aggf.unibl.org

Milica Malešević

University of Banja Luka, Faculty of Architecture, Civil Engineering and Geodesy, Bulevar Stepe Stepanovića 77/3, Banja Luka, milica.malesevic@aggf.unibl.org

Diana Stupar

University of Banja Luka, Faculty of Architecture, Civil Engineering and Geodesy, Bulevar Stepe Stepanovića 77/3, Banja Luka, diana.stupar@aggf.unibl.org

КОМУНИКАЦИЈСКА
СВОЈСТВА АРХИТЕКТУРЕ
НАРОДНОГ ПОЗОРИШТА У
ЗЕНИЦИ

COMMUNICATION TRAITS
OF ARCHITECTURE OF THE
NATIONAL THEATRE IN
ZENICA

Прегледни научни рад
Review scientific paper
Рад прихваћен | Paper accepted
27/11/2020
UDK I UDC
725.822(497.63Зеница)
DOI
10.7251/AGGPLUS2008020M

Maja Milić Aleksić

University of Banja Luka, Faculty of Architecture, Civil Engineering and Geodesy, Bulevar Stepe Stepanovića 77/3, Banja Luka, maja.milic-aleksic@aggf.unibl.org

Milica Malešević

University of Banja Luka, Faculty of Architecture, Civil Engineering and Geodesy, Bulevar Stepe Stepanovića 77/3, Banja Luka, milica.malesevic@aggf.unibl.org

Diana Stupar

University of Banja Luka, Faculty of Architecture, Civil Engineering and Geodesy, Bulevar Stepe Stepanovića 77/3, Banja Luka, diana.stupar@aggf.unibl.org

COMMUNICATION TRAITS OF ARCHITECTURE OF THE NATIONAL THEATRE IN ZENICA

ABSTRACT

This paper deals with the communication traits of architecture. This paper mainly aims to analyze and interpret an architectural work upon the theoretical model that is in the function of a methodological procedure, and to point out its communication traits as architectural values. The first part sets the theoretical framework related to the forms and characteristics of architectural communication, while the second part of the paper is conceived as a qualitative study of the communication traits of architecture of the National Theatre in Zenica by Jehiel Finci and Zlatko Ugljen, according to the theoretical setting. The result of the research shall be seen as potential for the application of theoretical, practical and methodological scientific contribution hence theory - based communication in architecture shall be expanded. The same shall be applicable for the critical analyses and understanding of the values of an architectural work, as well as methodological approach in the architectural design.

Key words: architecture and communication, architectural theory, National Theatre, Zenica

КОМУНИКАЦИЈСКА СВОЈСТВА АРХИТЕКТУРЕ НАРОДНОГ ПОЗОРИШТА У ЗЕНИЦИ

АПСТРАКТ

Овај рад се бави архитектонском комуникацијом. Основни циљ рада јесте да се на основу теоријског модела који је у функцији методолошког поступка анализира и тумачи архитектонско дјело, те да се укаже на његова комуникацијска својстава као вриједности архитектуре. У првом дијелу се поставља теоријски оквир везан за облике и карактеристике архитектонске комуникације, док је други дио рада конципиран као квалитативно истраживање комуникацијских својстава архитектуре Народног позоришта у Зеници аутора Јехиела Финција и Златка Угљена, према теоријској поставци. Резултат рада огледа се кроз теоријски, практични и методолошки научни допринос, тј. као могућност примјене теоријске основе засноване на комуникацијским својствима архитектуре за критичку анализу и тумачење вриједности архитектонског дјела, као и основа за методолошки поступак у процесу пројектовања.

Кључне ријечи: архитектура и комуникација, архитектонска теорија, Народно позориште, Зеница

1. INTRODUCTION

In the contemporary architectural discourse, the issue of architecture as an active actor in the communication of space, culture and people, is essential for its understanding. In this sense, the focus of the perception of architecture as a completed physical form has shifted to the processes of interaction of concepts, space and participants (users).

Art, and thus architecture, although not created out of a desire to communicate or convey something (thought, state of mind, emotion), is based on communication processes. [1:5] Every cultural and civilizational product can be considered communication, and works of art and its aesthetic communication are seen as a special challenge. The creation of art, and thus architecture, in its nature, is based on aesthetic intention, of which the process of communication is an integral part. In this sense, the focus of this paper is to study the interactions, forms, specificities and communication processes of architectural creation.

The French communication theorist Abraham Moles was among the first to analyze the relationship between information theory and aesthetic perception. He stresses the informational character of the work of art, because the artist wants to evoke an echo in the spirit and sensibility of individuals, as participants in the process of perceiving the work. According to Moles, the work of art is not only a conveyor of a message (content, semantic values), conveying aesthetic information through its medium, it shows the forms and ways of creation, while always remaining open to further action of the viewer, listener or reader. [2:147–173].

The relationship between communication and architecture is problematized in the work *Culture, Information, Communication* by the Italian semiotician Umberto Eco, in which he considers architecture as a form of semantic information through which artistic meanings are conveyed, while discussing the overall cultural framework through the aspects of communication. [3: 207–270] Eco considers art and architecture as a cultural phenomenon at the level of language, which presupposes an analogy with linguistics, as one of the methodological approaches in *reading* an architectural work. This also means the introduction of the text-context relationship, where the specificity of the context in the architectural discipline is read in its dual form: as a material (spatial) and immaterial (social) contexts.

Considering the perspectives of the contemporary approach to architecture, there is a possibility that architectural communication is not ultimately determined and defined by the author, but that in its creative work it itself, through aesthetic information, opens the possibility for multiple readings through action. The meaning and experiences of space in this sense are not a fixed structure, but rather a form of development, which through contextual interpretation and interpretation in the process of communication in a given time, is concretized through authorial creativity and personalization of users. In other words, shifting the perspective of studying architecture from the completed physical form to the very act of communication, to what it means, symbolizes, represents and how it is directly experienced, we talk about the forms and character of architectural communication - which is further laid out in the following chapter.

1.1. FORMS AND CHARACTERISTICS OF ARCHITECTURAL COMMUNICATION

The American philosopher Susanne Langer highlights two forms of experiencing a work of art, discursive and intuitive; **discursive** can be understood in the semantic system of meaning, and it is related to the experience of the external objective world, while the **intuitive** form is related

to the subjective experience. [4:23] To define this difference, Langer introduces the notion of *designation* as a notion that differs from meaning, referring to what is expressed and experienced in a sensual form. We can interpret two forms of experience as objectivism and subjectivism, alike.

Architect Bernard Tschumi has a similar line of opinion. According to his studies, architecture is a medium for the communication of concepts, but also for producing experiences of space. Architecture always produces something else, in addition to representing itself. Immediate personal experience of space is seen as a powerful means of achieving spiritual content. Tschumi adopts this dual nature of architecture that balances between two focuses through the notions of the labyrinth and the pyramid, where labyrinth concentrates on the sensual experience of space, while the pyramid is focused on the reason, establishing a dynamic and dialectical relationship with one another. [5:76]

In the context of previous studies, and analogously to the mentioned divisions and their multiple meanings, two directions of examining the communication traits for the interpretation of the meaning and experience of an architectural work are defined:

1) **discursive form of architectural communication** – communication traits of architecture as representations, the meaning of which in architecture is connected in a broader contextual sense and cultural-social system

2) **phenomenological form of architectural communication** - communication traits of architecture as direct communication of expressiveness, non-representational character: which refers both to the mechanisms of architectural language and to the characterization of the psychophysical and emotional relationship between subject and space.

The next two subchapters consider "in depth" two forms of architectural communication stratified into their characteristics, which can be used as tools to interpret a specific architectural work, in this case, the National Theatre in Zenica of the architects Finci and Ugljen. [6: 56-99]

1.2. DISCURSIVE FORM OF ARCHITECTURAL COMMUNICATION

The discursive form of architectural communication is understood as the semantic system of meanings as part of a broader view of society and cultural references related to the creation and understanding of the architectural work.

More specifically, the way we understand architecture in a symbolic sense through the use of metaphors that we use in the mimetic mechanism, focusing on the cognitive values of the narrative, is being studied. It is a fact that architecture derives its meaning from the circumstances under which it is created. Therefore, everything that is outside of architecture is important, and that can be included in the sum of its functions. [7:254]

We can view the theory of metaphor as an instrument for the production of meaning and expressiveness that arises from the contemporary interpretation of the mimetic mechanism as a natural human aspiration to absorb one's environment and its symbolic articulation, and thus identification. Originally, metaphor is a comparison, but in an implicit way, which points to the cognitive processes of analogy in the origin of metaphor. [8:367]

Metaphor initially appears in the process of creation as a conceptual system, while in the phase of reception, i.e., conceptual interpretation of meaning and significance, it occurs through its expressive characteristics. The phenomenon of metaphor, in the field of architectural communication, is naturally present in the creative and contemplative process of the creator,

as well as in the structure of perception, and, finally, the observer's/participant's reception and understanding of an architectural work. In addition to the dominant function of metaphor - as an instrument for conveying the message, it is also a significant figure in building the expressiveness of architecture. In this sense, metaphor can be a key design strategy throughout the design process - from the setting of spatial disposition, formal and functional characteristics of architecture, to the use of materials.

We observe the metaphor in a broader system of the mimetic process. The impulse of mimesis, as explained by the German philosopher Theodor Adorno, refers to the natural tendency of the creator to absorb the environment through layered perception, and thereafter, he processes its content through the creative process, which he finally, in a symbolic way, articulates and incorporates into his own (artistic) work. According to him, mimetic processes are present in the creative process at an early intuitive stage and before the creator engages in conscious imitation and rational action. This thesis supports the understanding of the project process, which is not exclusively based on rational thinking, but is imbued with intuition and imagination in understanding and creating things (the world) that surround us. On the other hand, the mimetic process is also present in the reading of the work, where the recipient, in a semiotic apparatus, decodes the meaning by revealing the similarity that is re-articulated in the creative expression. [9:15]

According to this approach, the architect absorbs material and immaterial characteristics/values of the context in the design thinking through a mimetic mechanism, and then incorporates them through symbolic articulation and metaphorically transposes them into a new value. As for the observer/participant, in this mechanism, it is through metaphorical expression that they recognize and adopt the recognized values with which they identify himself. Hence, metaphorical expression in a mimetic system can be viewed as a way of expressing the - emotional, ideological, conceptual, symbolic - character of the context shaped through authentic creative expression and re-recognized and accepted by the observer.

1.3. PHENOMENOLOGICAL FORM OF ARCHITECTURAL COMMUNICATION

The phenomenological form of communication in architecture refers to the analysis of an architectural work as a phenomenological structure in which the interweaving and integration of a multisensory physical phenomenon and its subjective experience take place. This communication trait of architecture refers to the immediacy of interaction in the encounter, and implies a state of direct connection, where the issue of meaning is realized through the psychophysical contact of the body and the intensity of space. This form of communication derives from phenomenological research methods that focus on examining sensory phenomena and subjectivity of experience, introducing layers of intuitive and unconscious, through the ephemerality of phenomena that architecture produces within the spatio-temporal perceptions of space.

In a broader sense, phenomenology is part of philosophy that deals with phenomena as a form of expanding and deepening reality. The French philosopher Maurice Merleau-Ponty takes this direction of philosophical thought by examining the correlation of the body and sensory-motor functions, and its settings are often the starting point in phenomenological research in architecture. [10:77] Merleau-Ponty's philosophy nullifies the Cartesian division of mind and body by examining the way in which bodily stimuli and situations link us to the world and affect our mind. In the postmodern period, thanks to theorists and architects who use this approach, the emphasis is placed on the subjective bodily and unconscious connection with architecture. Both phenomenological thinking and phenomenological analysis in architecture focus on the

way things are created and how the elements of space, light, colour, sensuality of materials and specific details interact. [11:345–387] Phenomenological analysis in architecture refers primarily to sensory properties, and is read through different scales of direct interaction, all the way to the overall impression of space, i.e. the atmosphere of space and its expressive value.

The two architects that are mostly dealing with the atmospheric phenomenon in architecture are the Swiss architect Peter Zumthor and the theorist and lecturer Juhani Pallasmaa, who approach this issue from different research positions, but both use the term "atmosphere" to emphasize a general emotional impression about an entire building or its fragment.

Zumthor connects the issue of the atmosphere with the quality of architecture and in that sense, it is an aesthetic category for him. As he explains in his book *Atmospheres*, it is the initial and immediate experience of space, a phenomenon that acts emotionally on a person, where he interprets emotional sensibility as a form of perception that acts quickly and directly. His further study of the atmosphere refers to the relation of corporeality and the total materialization of space, where bodily experience is considered through the synaesthetic experience of space. In addition to the relationship between man and space, author's notion of the atmosphere is seen in the relationship of a building with its environment in which it is placed, i.e., the way it is located and becomes a constructive part of the environment. Therefore, the phenomenon of the atmosphere for him is essential for building a concept, and consequently an emotional form of perception, as defined by Zumthor. [12:13]

In his essay *Space, Place and Atmosphere: Peripheral Perception in Existential Experience* Pallasmaa defines the phenomenon of the atmosphere similarly to Zumthor in the sense that the atmosphere is a spatial quality that ensures and highlights sensory experience. Pallasmaa stresses that man is able to instantly feel the atmosphere of space, before analyzing details and intellectually mastering elements, such as being able to form a clear image, feeling, as well as to retain a clear memory of a particular atmosphere: „Assessing the character of the environment is a complex interweaving of countless factors that are currently and synthetically perceived as the overall atmosphere, ambience, feeling or atmosphere“. [13:18–42] Therefore, the issue of atmosphere according to him is an issue of existential experience of space as a qualitative value of architecture that fully engages human sensuality. [14:64]

The discursive and phenomenological form of architectural communication through the characteristics set forth in the second part of the paper are used as tools for the interpretation of a specific architectural work. The issues of meaning and experience of space realized through ways of communication in the discursive and phenomenological form will be problematized and analyzed on the example of the National Theatre in Zenica of the authors Jahiel Finci and Zlatko Ugljen.

Each of these approaches has its advantages and limitations, but placed in relation, they complement one another and allow a more comprehensive analysis of the specificities of the communication traits of architecture.

2. ANALYSIS OF COMMUNICATION TRAITS OF THE NATIONAL THEATRE IN ZENICA

In 1978, the National Theatre in Zenica was declared the best architectural achievement in the former state of Yugoslavia. The authors of this building, architects Jahiel Finci and Zlatko Ugljen, received then the highest recognition in the field of architecture within the former Yugoslavia,

the "Borbina" award. The city of Zenica was a centre for steel production in Bosnia and Herzegovina, as well as in the former Yugoslavia, which is certainly the first association with this city. However, Zenica is also a city with a vibrant tradition of theatre. The National Theatre is located in the centre of the city, on the central square, with city streets on all four sides of it. According to the project, the new building of the National Theatre, with its diverse content, aimed to become the centre of cultural life of this industrial city. [15:56]

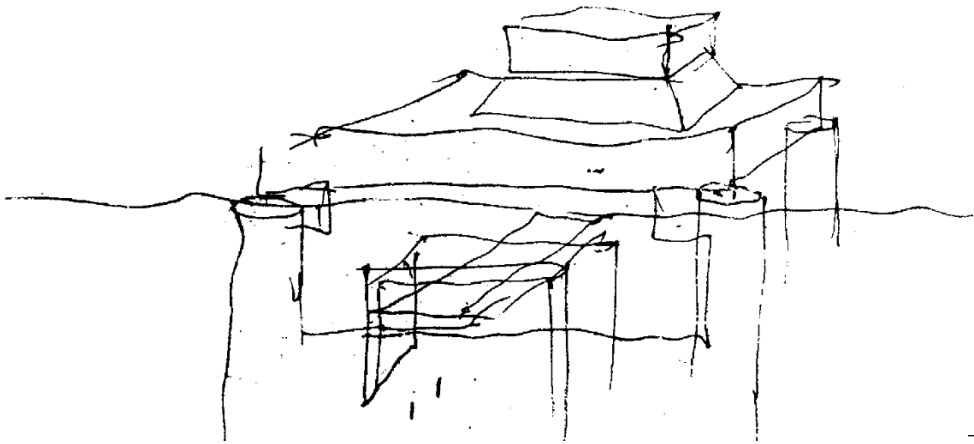


Figure 1. Freehand sketch, author arch. Zlatko Ugljen. National Theatre, Zenica, BH, designed in 1974. [15]

To present the communication aspect of the architecture of the National Theatre, the methods of architectural, graphic and diagram analysis were used, as well as the method of analyzing the direct experience of buildings of special importance for considering the interior form of communication, as well as the method of observation and photography in the field.

The architectural analysis begins with the presentation of the author's original freehand sketch. The sketch shows the clarity of the main idea (concept) – the essence of which is materially embodied in reality. The sketches of the author Ugljen point to a summary of thought and sensitivity which, through further engineering precision, turns into exactly what the architects set at a primordial creative level at the very beginning of the project.



Figure 2. National Theatre in Zenica, entrance façade by the author arch. Jahiel Finci and arch. Zlatko Ugljen, [15]

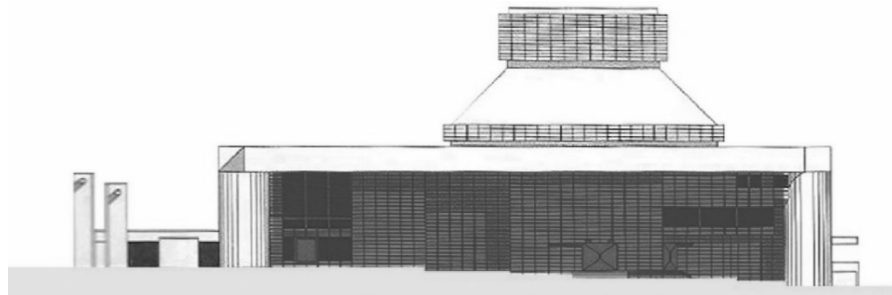
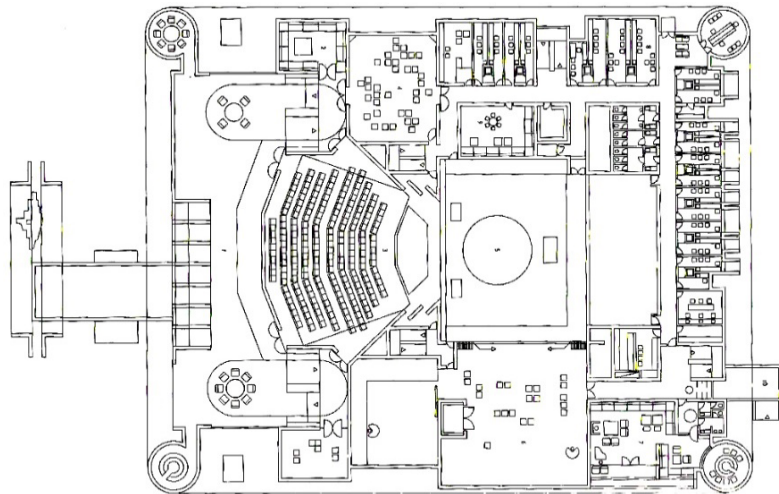


Figure 3. National Theatre in Zenica, by the author arch. Jahiel Finci and arch. Zlatko Ugljen, a-base floor, b-side view [15]

2.1. CONSTRUCTS OF DISCOURSE COMMUNICATION

The concept of complex ambiguity and elements of metaphor as an instrument of meaning and communication can be noticed on the example of the theatre building. The spatial geometry with which the structure of this house is built is a minimal set of shapes and materials, but of special signifying functions and great expressiveness. The structure of the building is primarily built by two corpora - the basic dominant corpus containing all the contents of the theatre and the entrance part sequentially placed on the facade.

The external shell – the membrane of the theatre building is a complex place of connection between the interior of the house, its function and the metaphorically interpreted exterior of the context in which it is located. A dialogue of internal content and relationship to the context of the city is established through its form and materialization. This mechanism can be seen on the membrane of the main building, where the connection between architecture and theatre is established. Compact parallelepiped is framed by a portal built by four roundels and a strong wreath connecting them. At the level of the façade, this complex establishes an associative connection with the form of the theatre scene as four portals - four stages. The level drawn inside the white frame is coated in corten steel and its dark colour contributes to the effect of depth - like the depth of a theatre stage. Passers-by, projected into these architectural illusions, are actors of an articulated theatre scene. In this way, an intersemiotic connection is established between architecture and the theatre. At the same time, at the level of material use, the corten steel, which dominates on the surface, is symbolically linked with the "city of steel".

The morphological syntax of the basic corpus is the dominant parallelepiped, cylinder and pyramid, which are used to build an intersemiotic metaphor. The spatial geometry of the basic corpus with its entire appearance - four pillars at the corners with the theme of grooves that emphasize their monumentality and verticality, a rim that unites the pillars horizontally, and a withdrawn inner corpus - on an abstract level is a reference to the temple archetype as the Talia¹ temple – as a spiritual stronghold.

The basic corpus is dominated by the over-stage space, thus expressing the typological affiliation of the building. However, its final form on an associative level evokes a square hip or "pyramid roof".

The metaphorical mechanism that connects other cultural systems can also be analyzed in the entrance corpus, motivically and sequentially placed in relation to the main corpus, in order to bring the building closer to human proportions by applying different proportions. The elongated entrance cube is framed by a geometrically expressive monumental double white frame. The amorphous steel sculpture of the famous Yugoslav sculptor Dušan Džamonja completes the meaningful articulation. The whole composition builds a theatricalization of the entrance scene. The re-observation of heterogeneous elements establishes an intersemiotic metaphor between the theatre and architecture. The entire composition is read as a theatre stage through reference codes, and passers-by on the open plateau are now the audience.

¹ Talia - mythologically, one of the three graces, one of the nine muses, the muse patroness of poetry, comedy, hence Talia's temple as a theatre.

The mechanism of metaphor, as seen in the given example, is an effective instrument for conveying meaning. Among other things, it is the bearer of the poetic qualities of the architectural form, similar to its use in language. A strong metaphor as a means of expression communicates the essence of an object and its appearance, while its associative capacity acts in a way that the object becomes recognizable and noticeable. It is about the appearance of a virtual experience of symbolic and conceptual connection in the observer, which occurs in the process of connotation to the "object" and the transfer of meaning to which the architectural expression refers.

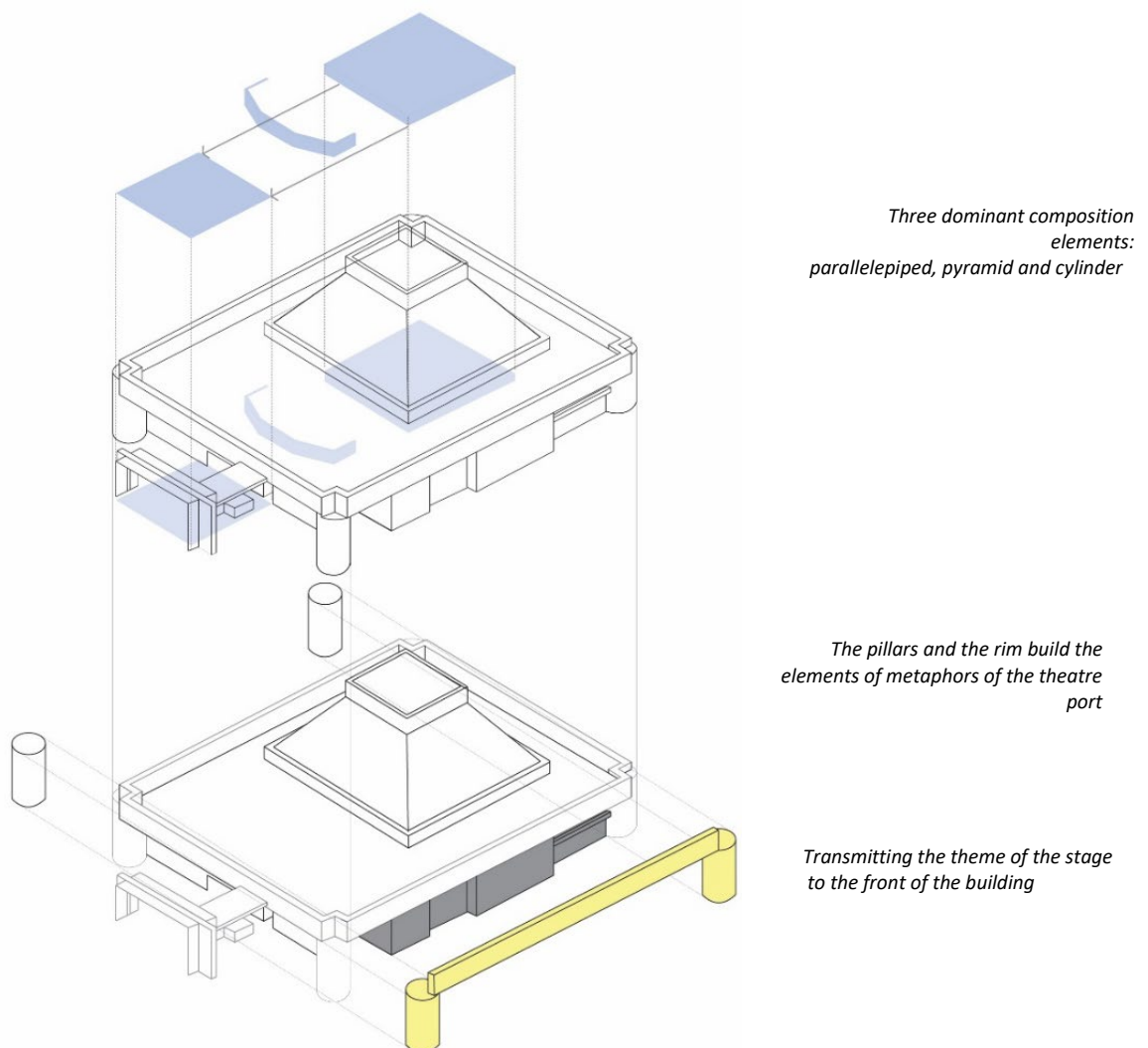


Figure 4. National Theatre in Zenica, Diagram analysis: metaphorical transferring the theme of theater to the form of an object. Authors of the diagram M. M. Aleksić and S. Peulić

In this sense, mimesis, as an instrument of meaning and expressiveness, which is in the category of representation and refers to cognitive processes, serves as a linguistic mechanism that works on the principle of semiotic apparatus, where the use of metaphorical narrative allows symbolic action. We can conclude that the concept of mimesis in the creative process is present in this architectural work.

The analysis of this architectural work points to its complex multi-layered nature, which points to different semantic interpretations that overlap and intersect. The presented metaphors of theatre and stage, actor and spectator, city and history, shaped through the authentic architectural vocabulary of the National Theatre in Zenica, are a true example of the appropriate use of discursive forms of communication.

2.2. CONSTRUCTS OF PHENOMENOLOGICAL COMMUNICATION

The experiential properties of the space are directed through careful framing from the very approach to the object. Depending on our movement and position, there is a constant dynamic change of the whole situation, so that this composition multiplies into constantly different complex figures, increasing the duration as time spent. A theatrically dynamic atmosphere and emotional sensation are achieved.

The focus is on the event or the experienced and embodied image, as Pallasmaa explains. A particularly important psychological place of spatial illusions is at the very entrance to the object of theatrical illusions, where for a moment we separate ourselves from everyday life and live somewhat different moments in life. Here, architecture should act on our mood and emotions with architectural illusions through sensory sensations.

The architectural promenade begins with an interspace - a transitional place between the exterior and the interior (between the openness of the square and the actual entrance to the building). Spatial stratification problematizes the relationship between open and closed, and it is a matter of gradual discovery of space in the sequences of the entrance portal.

As previously discussed, the entrance portal in the metaphorical mechanism with its plastically shaped form contains the associative function of the stage. In addition, at the subjective level of access, movement and experience, with its expressive form and monumentality, it has an emotional effect on the observer/visitor. The expressiveness of this enlarged and visually dynamically open façade, among other things, is built by playing the full and the empty game, element structure of which composes the rhythm and character of light and shadow. In this case, the light is dramatically structured through the cleft of the two-part frame, which defines its position and sharpness. The light that fills this cleft changes depending on the day, season or hour, which consequently changes the subjective impression of the structure. Thus, in addition to the expressiveness of form, as one of the forces of action, we notice that immaterial components, such as emptiness, cleft, light and shadow, are also equal building blocks of the overall composition and atmosphere.

Within these sharp material and immaterial elements, the sculpture of Dušan Džamonja completes the entire composition. Its shape amorphousness materialized in steel chains contrasts with its white purist vertical pedestal. At the same time, together with these spatial forms, it acts as a steel cobweb of soft shadows that constantly vibrates in the light. The materiality and expressive texture of the sculpture evoke tactile experiences - the smell of steel and even its temperature.

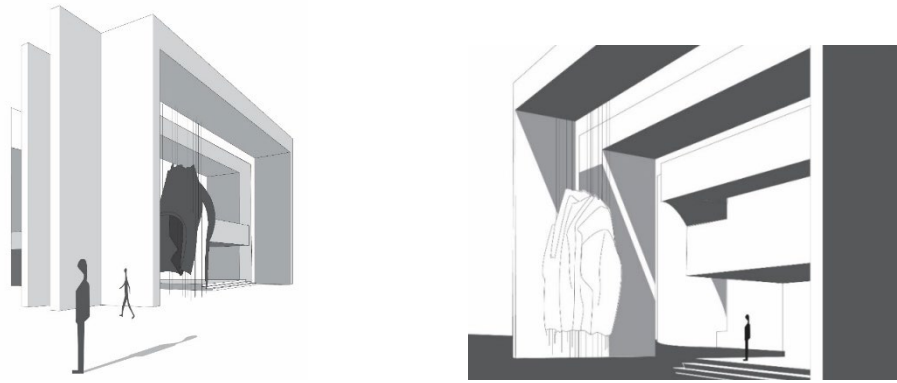


Figure 5. National Theatre in Zenica, Graphic illustration: building the atmosphere with light and shadow - composition of the entrance portal. Authors of the diagram M.M. Aleksić and S. Peulić

Different scales of direct interaction, through multisensory stimulation of sensory experience applied through volume, construction, but also the detail itself produce different phenomenological sensations. The composing itself directs the gaze, and for a moment the inner volumetry of the dominant cubes is felt. Different angles of light, its reflection, refraction of light and shadows dynamically define space and it is constantly changing and represents a psychological and sublime field of architectural phenomena. The discovered elements of the construction are also expressive elements that participate in the construction of the overall composition. The shadow seduces us on an unconscious level, attracts us to explore ephemeral images, to become a part of it. Shadow, as an immaterial architecture, is directly dependent on the position of material elements, and its variability introduces us to abstract communication with the environment. [14:46] Carefully designed details, through the appearance of form and materialization, ultimately articulate the multisensory issues of light and shadow, but also of the tactile elements integrated into a unique sensory experience. Thus things that are invisible become visible. In architecture, it is almost impossible to separate these concepts as it is precisely the combination of form, material and detail in the experiential sense that makes a unique substance.

3. FINAL CONSIDERATIONS

As for the aim of this paper, a theoretical model of communication traits of architecture has been established, which has been applied to the analysis and interpretation of an architectural work as a methodological procedure. In accordance with the theoretical setting, the communication features of the architecture of the National Theatre in Zenica of the authors J. Finci and Z. Ugljen were recognized and explained. They were analyzed through two basic forms of architectural communication: discursive and phenomenological.

The discursive form of architectural communication refers to the meaning and significance of architecture in a more comprehensive form of cultural mediation and context. This form of communication is further decomposed into the mechanisms of mimesis and metaphor as instruments of meaning and expressiveness, characteristics of which are further considered as constructs in the design process in the analysis of the National Theatre in Zenica. In this way, the communication traits of theatre in various forms of appearance, from the very concept through the form and spatial structure, were explored.

Communication-wise, it is through the discursive architectural analysis of the National Theatre that the mimetic absorption of the environment is noticed, as well as material and immaterial characteristics that are collected in the creative mind of architects, and then symbolically articulated in a physical manifestation. The concept of metaphor within this mechanism is recognized as an instrument of symbolic interpretation and objectification in the production of meaning in relation to the social and cultural reality of the context. In the semiotic system of signs we see how the authors Finci and Ugljen turn architecture into a legible sign in which the presence of the signified is reflected and thus establishes a discursive form of semiotic communication. The context of the city of Zenica and the very theme of the theatre are recognized in the signified, while the signifier is formed by a completely modern and autopoietic expression.

The phenomenological form of communication in architecture refers to the aspect of internal communication, i.e., subjective experience in direct encounter with architectural space, where meaning is produced, reproduced and experienced. Phenomenological characteristics refer to both the internal mechanisms of architectural language and its immediate expression and to the nature of psycho-physical contact between the subject and space, which is related to the non-representational character of architecture. This form of communication is decomposed into its characteristics through notions such as: sensory experience, perception - time and atmosphere which are analyzed as constructs in the design process of architects Finci and Ugljen.

What is noticeable in the form of phenomenological communication is the sensitivity of the relationship of these two authors to the overall atmosphere or ambience of space, which arises from the meaning of the relationship between the elements of architecture, light, materials and details. The concept that stands out in the treatment of the building of the National Theatre is shaping with light, which as an element of innovation, makes a difference and contributes to the artistic authenticity of this building. It is about tactile research and sensory properties that space emits in alternating multiscale confrontation and permeation of different volumes, light, shadows, which produce emotional sensations in users. The architectural detail of this building as a special form of narrative is noticed as an exceptional architectural value. The specificity of the sensibilities of the authors Finci and Ugljen is manifested through detail, while a special layer of tactility is introduced into the experiential experience of space, which increases the overall phenomenological experience of architecture. Finally, the artistic and form synthesis from the macroplane to the microplane contribute to the overall atmosphere. Hence, it is read from the way of interpolation of the object into the environment with respect to the context, in terms of harmonious ingrowth and its meaningful articulation, to the internal building elements, construction and shape, all the way to the overall design and the smallest detail.

Through the simultaneous discursive and phenomenological shaping of communication, a complex relationship is observed in the conceptual and semantic constitution of architecture, which cannot be subsumed under an exclusively objective meaning, nor an individual and subjective experience. The interpretation of the architecture of the National Theatre in an ambiguous and complex relation to each individual theme pointed to the communication traits as values of architecture in a symbolic sense and at a phenomenological experiential level, alike.

4. REFERENCE LIST

- [16] Ž. Kon, *Estetika komunikacije*, Beograd: Clio, 2001, p. 5
- [17] A. Mol, „Analiza struktura pesničke poruke na različitim nivoima senzibiliteta“, y *Estetika i teorija informacije*, priredio U. Eko, Beograd: Prosveta, 1977, p. 147–173.
- [18] U. Eko, *Kultura, informacija, komunikacija*, Beograd: Nolit, 1973, p. 207–270.
- [19] S. Langer, *Filozofija u novom ključu*, Beograd: Prosveta, 1967, p. 23.
- [20] B. Tschumi, *Arhitektura i disjunkcija*, Zagreb: AGM, 2004, pp.76.
- [21] M. Milić Aleksić, *Communication Traits of Architecture on the Example of Zlatko Ugljen works*, Doctoral dissertation, Belgrade: University in Belgrade, Faculty of Architecture, 2016, p. 56–99.
- [22] A. Colquhoun, *Modernity and the Classical Tradition: Architectural Essays, 1980–1987*. Cambridge, Mass: MIT Press, 1989, p. 254.
- [23] M. Šuvaković, *Pojmovnik suvremene umjetnosti*, Zagreb, Horetzky, 2005, p. 367.
- [24] N. Leach, *Camouflage*, Cambridge Mass: MIT Press, 2006, p.44.
- [25] M. Merleau-Ponty, *Fenomenologija percepcije*, Sarajevo: Veselin Masleša, 1978.
- [26] K. Nezbit, “Teorija arhitekture postmodernizma”, in *Istorija moderne arhitekture*, Antologija tekstova, Knjiga 3, Tradicija modernizma i drugi modernizam , Beograd: Arhitektonski fakultet, 2005, p. 345–387.
- [27] P. Zumthor, *Atmospheres: Architectural Environments – Surrounding Objects*, Basel, Boston and Berlin: Birkhäuser Verlag, 2006, p.13.
- [28] J. Pallasmaa, “Space, place and atmosphere. Emotion and peripheral perception in architectural experience”, in *Architectural Atmospheres, On the Experience and Politics of Architecture*, Ed. Ch. Borch, Basel: Birkhäuser, 2014, p. 18–42.
- [29] J. Pallasmaa, *The Eyes of the Skin: Architecture and the Senses*, New York: John Wiley, Academy Press, 2005, p. 64.
- [30] S. Bernik, *Arhitekt Zlatko Ugljen*, Tuzla: Međunarodna galerija portreta, 2002, p.56.



[8] 2020 8[1]

АГГ+ часопис за архитектуру, грађевинарство, геодезију и сродне научне области
ACEG+ Journal for Architecture, Civil Engineering, Geodesy and other related scientific fields

034-048 Прегледни научни рад | Review scientific paper
UDK I UDC 624.21:930.85"14/18"
DOI 10.7251/AGGPLUS20080340
Рад примљен | Paper received 10/10/2020
Рад прихваћен | Paper accepted 29/11/2020

Милијана Окиљ

Универзитет у Бањој Луци, Архитектонско-грађевинско-геодетски факултет,
milijana.okilj@aggf.unibl.org

Завод за заштиту културно-историјског и природног наслеђа РС, milijana.okilj@gmail.com

МОСТОВИ ИЗГРАЂЕНИ НА
ПРОСТОРУ РЕПУБЛИКЕ
СРПСКЕ ТОКОМ
ОСМАНСКОГ ПЕРИОДА

BRIDGES BUILT ON THE
TERRITORY OF THE
REPUBLIC OF SRPSKA
DURING THE OTTOMAN
PERIOD

Прегледни научни рад
Review scientific paper
Рад прихваћен | Paper accepted
29/11/2020
УДК | UDC
624.21:930.85"14/18"
DOI
10.7251/AGGPLUS20080340

Миљана Окиљ

Универзитет у Бањој Луци, Архитектонско-грађевинско-геодетски факултет,
milijana.okilj@aggf.unibl.org

Завод за заштиту културно-историјског и природног наслеђа РС, milijana.okilj@gmail.com

МОСТОВИ ИЗГРАЂЕНИ НА ПРОСТОРУ РЕПУБЛИКЕ СРПСКЕ ТОКОМ ОСМАНСКОГ ПЕРИОДА

АПСТРАКТ

Историја мостоградње обиљежена је неvjероватним достигнућима и новим технологијама које су омогућиле да мостови постану један од најважнијих алата за спајање градова и држава. Током своје дуге историје мостови су успјели да утичу на нашу културу и побољшају начин путовања, пословања итд. Био је дуг пут од првих мостова до грандиозних грађевина. Доласком Османлија на Балканско полуострво формира се нова специфична мостоградња, заснована на утицају османских мостова, али и богатој традицији домаћих градитеља. У османском периоду постигнути су изузетни успјеси у грађевинарству, а на простору Републике Српске је током тог периода изграђен значајан број камених мостова, који заузимају важно мјесто у изградњи тог доба.

Кључне ријечи: мост, османски период, камен, свод

BRIDGES BUILT ON THE TERRITORY OF THE REPUBLIC OF SRPSKA DURING THE OTTOMAN PERIOD

ABSTRACT

The history of bridge construction is marked by incredible achievements and new technologies that have enabled bridges to become one of the most important tools for bridging cities and countries. Throughout their long history, bridges have managed to influence our culture and improve the way we travel, do business etc. It was a long way from the first bridges to the grandiose constructions. With the arrival of the Ottomans on the Balkan Peninsula, a new specific bridge construction was formed, based on the influence of the Ottoman bridges, but also on the rich tradition of local builders. Remarkable successes were achieved in the construction in the Ottoman period. A considerable number of stone bridges were built in the territory of the Republic of Srpska during that period, which occupy an important place in the construction of that period.

Key words: bridge, ottoman period, stone, vault

1. УВОД

Иако важна у еволуцији изградње мостова, историја мостоградње заузима маргинално мјесто у многим историјама архитектуре. Међу старим мостовима постоје грађевине које садрже много елемената који истичу и обиљежавају одређени период градње, вјештине и креативности древних градитеља у друштвима из прошлости. Доласком Османлија на Балканско полуострво формирана је нова специфична мостоградња, заснована на утицају османских мостова, али и богатој традицији домаћих градитеља. Османлије су постигле изузетне успјехе у грађевинарству. Израда и креативност старих градитеља посебно се испољавају у конструктивним детаљима. На свим важнијим трговачким путевима грађени су мостови квалитетније израде. У почетку су грађени дрвени, а касније су за изградњу мостова коришћена два основна материјала камен, најчешће кречњак, и кречни малтер. Калцијум-карбонатне стијене-седра најчешће се користе за лучне конструкције. Ломљени камен је коришћен за испуну. Поред ова два материјала коришћени су ковано гвожђе и олово. Конструкција је стереотомска, а број и облик сводова је у зависности од ширине ријеке и изгледа обала. Обале мањих спојене су једним, а већих, ширих ријека низом сводова. Многи мостови саграђени у османском периоду задивљују својом елеганцијом, величином, снагом, љепотом и стилском дотјераношћу, а Стари мост у Мостару и Мост Мехмед паше Соколовића у Вишеграду су уписани на Листу свјетске баштине, што је потврда да су велика архитектонска достигнућа. Временом је нестао или оштећен велики број мостова. Узроци штета су: посљедица повећаног нивоа саобраћаја, утицај урбанизације и модернизације саобраћаја, штете проузроковане атмосферским и климатским утицајима као посљедица физичко-хемијских фактора природе, штете проузроковане ратним дејствима, штете које су настале усљед деформација на темељима, усљед ниског квалитета грађевинског материјала... До данас су сачувани: Мост на Дрини (Мост Мехмед паше Соколовића) у Вишеграду, Мост на Жепи у Жепи, Мост на Требишњици у Требињу, Мост на Сушици код Требиња, Мост на Заломки у Невесињу...

2. МОСТОВИ ИЗГРАЂЕНИ У РЕПУБЛИЦИ СРПСКОЈ ТОКОМ ОСМАНСКОГ ПЕРИОДА

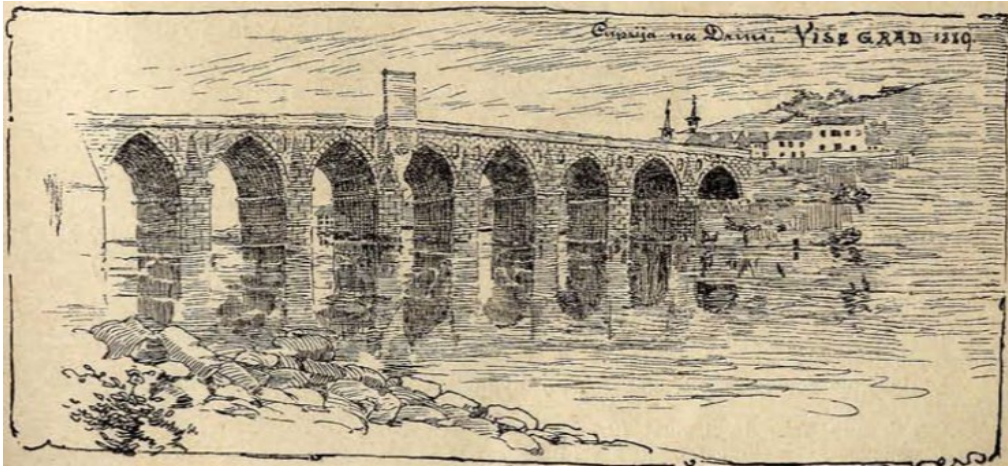
2.1. МОСТ МЕХМЕД ПАШЕ СОКОЛОВИЋА

Изградња моста Мехмед паше Соколовића најзначајнији је догађај у развоју Вишеграда, јер је та грађевина дала најснажнији печат препознатљивости и идентитету града све до данас. Функционално мост је утицао на јачање транзитне улоге града и иницирање развоја насеља са свим пратећим садржајима, посебно на десној обали ријеке. Саграђен је на стратешки важном мјесту на коме је већ у првој половини XVI вијека био дрвени мост приказан на Курипешиневом цртежу. [1:176] Мост преко Дрине саграђен је у периоду од 1571. до 1577. године. У његовој изградњи учествовале су најзначајније личности тог периода; грађен је по жељи и наредби Мехмед паше Соколовића, а градитељ је био мимар Синан. О самој градњи моста постоји документ, настао у вријеме када је био у изградњи, а односи се на експропријацију земљишта потребног за његово грађење. Уписан у сиџил вишеградског кадилука 1575. године (983). [1:181–182] Задужбинар Мехмед паша Соколовић, крштено име Бајо од оца Димитрија, рођен је 1505. у селу Соколовићима близу касаве Рудо у српској породици од које је као дјечак одвојен и одведен прво у Једрене, а потом у Цариград. Образовање је започео у манастиру

Милешеви. [2:14] Захваљујући изузетним способностима нагло се пењао на друштвеној љествици до положаја великог везира, на којем је био у периоду 1565–1579. у вријеме тројице султана; Сулејмана Величанственог (1520–1566), Селима II (1566–1574) и Мурата III (1574–1595).

Истицао се као способан војсковођа, а друштвени статус је ојачао женидбом са кћерком султана Селима II, принцемом Есмахан. Велики државник је дјеловао активно и на културном пољу подижући јавне објекте широм царевине, а до данас је непознат потпун списак његових задужбина разасутих по Цариграду, Едирни, Халепу, Медини, Софији, Београду, Вишеграду... [1:177–178] Убијен је у атентату 11. октобра 1579. године, а сахрањен је у истанбулској четврти Ејуп Енсари, у турбету које је Синаново дјело. [3:149] У вријеме изградње моста Вишеград је био насеље неправилне уличне регулације, организовано у уским махалама са око 700 кућа, џамијом и великим караван-сарајем поред Дрине. За вријеме Мехмед паше Соколовића изграђена је Вишеградска бања на љековитом извору близу града, а у граду се граде дућани и неколико јавних чесми. [4:30] Изградња моста повјерена је Коџа Мимар Синану (1489–1588), чије име је постало синоним за такозвани класични стил османске архитектуре препознат у периоду 1539–1588. године, док је био главни дворски архитекта. [17:13] Сматра се највећим османским архитектом, најизразитијим представником турске умјетничке ренесансе, а познат је и као "велики архитекта Синан". [5:97] Рођен је 1489. године у близини Кајзерија (Kayseri), у крају познатом по вјештим градитељима, у централној Анадолији, у хришћанској, вјероватно грчкој или јерменској породици. Одведен је у јаничарске трупе 1511. Учествовао је у многим војним акцијама од централне Европе до Ирана и Ирака. Брзо је напредовао од коњичког официра до војног инжењера. Велику репутацију стекао је након што је за пар дана саградио мост преко ријеке Прут у Молдавији. У току педесетогодишњег рада на мјесту главног градитеља, за вријеме четири султана Селима I, Сулејмана I, Селима II и Мурата III, саградио је, пројектовао или на други начин био одговоран за 118 џамија, 18 месџида, 7 текија, 34 медресе, 34 турбета, 50 хамама, 34 палате, 3 болнице, 31 каравансараја, 12 мостова... [6:26–36, 11:37] Како је учествовао у многим војним походима сусретао се са различитим културама које су имале утицај на његов градитељски опус. Синанов највећи мост Бујукчекмече (Buğukçekmese) је дугачак 635 m, саграђен преко морског рукавца између Мраморног мора и истоименог залива, на путу Једрене-Истанбул. Једино је на овом мосту сачуван натпис са поменом Синановог имена. [16:784] За Мехмед пашу Соколовића саградио је три моста у Алпулуу (Alpullu), Лулебургазу (Lüleburgaz) и Вишеграду. [11:37] Како у свом стваралачком опусу има велики број објеката, није увијек био у могућности да руководи градњом. Нема сумње да је идејни творац вишеградског моста управо Синан, али су његови сарадници руководили грађењем.

Љепота и елеганција вишеградског моста оставили су снажан утисак и на бројне путописце и књижевнике од Евлије Челебије до Петера Хандкеа. Евлија Челебија пише да свако ко се разумије у грађевинарство остаје запањен и задивљен гледајући вишеградски мост, [7:260] а Александар Гиљфердинг, руски изасланик у Сарајеву од 1857. године, у свом путопису наводи да се за лијепи вишеградски камени мост говори да је најбољи у Босни. [8:104–105] Пар сачуваних цртежа свједочи о изгледу моста у XIX вијеку (слика 1).



Слика 1. Цртеж Моста Мехмед паше Соколовића из 1889. године

Мост у Вишеграду помиње се и у народном предању, а најпознатије приповједа о неимару Радету који је два пута подигао ћуприју уз бројне недаће. Не може се говорити о вишеградском мосту а да се не помене Иво Андрић, који у роману На Дрини ћуприја између осталог каже:

...На том месту где Дрина избија целом тежином своје водене масе, зелене и запењене, из привидно затвореног склопа црних и стрмих планина, стоји велики и складно срезани мост од камена, са једанаест лукова широког распона. Од тог моста, као од основице, шири се лепезасто цела валовита долина, са вишеградском касабом и њеном околином, са засеоцима полеглим у превоје брежуљака, прекривена њивама, испашама и шљивицима, изукрштана међама и плотовима и пошкропљена шумарцима и ретким скуповима црногорице. Тако, посматрано са дна видика, изгледа као да из широких лукова белог моста тече и разлива се не само зелена Дрина него и цео тај жупни и питоми простор, са свим што је на њему и јужним небом над њим...

Андрић даје најсликовитији опис изгледа и доживљаја моста, његовог значаја и утицаја на развој живота Вишеграда, како свакодневни тако и кроз историју.

Вишеградски мост је поуздан, истински свједок историје. Његова материјална, физичка структура, као и порука коју преноси из прошлих времена си изворне. Одражава врхунац градитељских могућности у другој половини XVI вијека, задивљује маестралним радом, пропорцијама и композицијом. Специфичне су емотивне везе друштва са грађевином, које се односе на традицију, континуитет и симболику моста као мјеста повезивања и размјене.

Задатак грађења моста био је изузетно сложен због ширине ријеке Дрине и њене хировитости. Креативност градитеља је дошла до изражаја јер је обликовно мост складно уклопљен у окружење, а истовремено конструктивно постојан. Вишеградски мост је на много начина јединствен; првенствено по свом облику – нагло савијеној конструкцији, која са једанаест лукова премошћује Дрину и рампе помоћу које се мост под правим углом спаја са лијевом обалом, пратећи положај земљишта. Ова необична концепција настала је због конфигурације терена који је на лијевој обали изузетно стрм, тако да је градитељ, настојећи се прилагодити природној препреци, створио маестрално дјело. Мост, дугачак 180 метара, лежи на девет стубова на које се ослања једанаест благо

преломљених сводова различитих распона, од најмањег уз десну обалу од 5,20 m, до 14,80 m. Прилазна рампа, дужине 120 m, састоји се од четири свода, од којих три мања премошћавају поток, притоку Дрине. Над чеоним зидовима, дужином моста протеже се профилисани вијенац од седре над којим се диже ограда. Изнад шестог стуба налазе се са обе стране проширења, са низводне стране је правоугаоно проширење са уграђеним сједалима, а на узводној страни стуб са троугласте основе прелази степенасто у правоугаоно проширење, које носи слијепи портал са натписом. О настанку моста говоре два натписа, горњи старији из 1571/72. године и доњи исписан 1577/78. године. Ширина коловоза на мосту износи 6,00 m, а приступне рампе је око 6,60. Мост је грађен блоковима седре, са оближњег локалитета у Вишеградској бањи, који су међусобно везани жељезним кламфама. На средини моста се налазила дрвена стражарска кућица, која је уклоњена 1886. године. [10:81]

Током вишевијековног постојања мост су пратиле многе недаће, тако да је више пута рушен и поправљан. Познато је да је један свод срушен у средњем вијеку, поправљан је за вријеме османске владавине два пута 1664. и 1873. године, [15:178] током великог поводња 1896. године срушена је ограда моста, а водостај је био на око 1,60 m изнад моста. Током Првог свјетског рата 1914–1915. су срушена два ријечна стуба и одговарајући сводови, а у Другом свјетском рату 1943. година мост је минирани и срушена су четири ријечна стуба са припадајућим сводовима. Вјероватно је било и низ ситнијих захвата који су морали да се обављају ради одржавања моста.

Мост је обновљен у XVII вијеку након велике поплаве када је ријека Дрина срушила једно окно моста. [7:260] Дрвена кула је на мосту постављена за вријеме Првог српског устанка, а обновљена је заједно са стубовима 1873. године. [3:163] Након велике поплаве крајем XIX вијека, ограда нестала у набујалој Дрини замијењена је новом, знатно масивнијом. Шест стубова моста је обновљено за вријеме аустроугарске власти 1911. године. [1:184]

Након Првог свјетског рата преко порушеног дијела постављена је привремена жељезна конструкција која је уклоњена двадесет година касније, када су почели радови на реконструкцији тог дијела моста. Мост је обнављан и након Другог свјетског рата, у периоду 1949–1952. година, када је осим реконструкције уништеног дијела урађена нова ограда и постављен коловоз од гранитних коцки. [11:42]

Како су примијењена оштећења моста 1977. године, одлучено је да се уради пројекат конструктивне санације коме су претходила истраживања. На основу пројектне документације у првој фази је замијењена коловозна конструкција 1979. године, а након тога су уследили радови на санацији темељних стопа који су обустављени 1981. године због недостатка финансијских средстава. [9:130–136] Како обнова темељних стопа није завршена, дошло је до пропагације оштећења, а као превентивна мјера примијењена је забрана моторног саобраћаја преко моста 2003. године. Посљедња обнова моста била је у периоду 2013–2019. године, када су конструктивно саниране темељне стопе на начин да је дно ријеке насуто великом количином камена у циљу заштите темеља моста који су претходно инјектирани (слике 2 и 3).



Слика 2. Мост Мехмед паше Соколовића, цртеж узводног изгледа (извод из пројектне документације А-Proje, 2013)

У току радова откривени су остаци оригиналног поплучања, те је уклоњена гранитна коцка и урађено ново поплучање према узору на откривене остатке. Поред темељних стопа инјектиране су све веће пукотине на површинама моста, уклоњено растиње и калцификати, а ограда фугована. Радовима је обухваћено и уређење контакт зоне. [11: 44–45]



Слика 3. Мост Мехмед паше Соколовића, низводни изглед 2019. године, након последње обнове

Мост Мехмед паше Соколовића уписан је на Листу свјетске баштине на 31. сједници Комитета за свјетску баштину, одржаној на Новом Зеланду од 23. јуна до 2. јула 2007. на основу критеријума (ii) и (iv) (Decision No. 31 COM 8B.34 of the UNESCO World Heritage Committee):

- (ii) Позициониран на важној геостратешкој локацији, кроз историју, свједочи о размјени културних утицаја између Балкана, Отоманског царства и Медитерана, између хришћанства и ислама. Истрајавао под различитим политичким и културним утицајима; након Отоманског царства долази период аустро-угарске управе, потом Краљевина Југославија, СФРЈ и на крају Босна и Херцеговина.
- (iv) Мост преко Дрине у Вишеграду представља једно од највеличанственијих дјела архитектуре османског периода. [11:41–42, 14: 203]

У одлуци за упис на Листу свјетске баштине наведено је да је јединствена универзална вриједност моста у Вишеграду неупитна из историјских разлога и с обзиром на архитектонске вриједности које има. Представља главну етапу у историји градитељства и архитектуре мостова, саграђен од стране најславнијег градитеља Османског царства. Мост посебно свједочи о преношењу и прилагођавању техника током дугог историјског процеса. Такође свједочи о важним културним размјенама између различитих цивилизација. Његова културна вриједност надилази националне и културне границе.

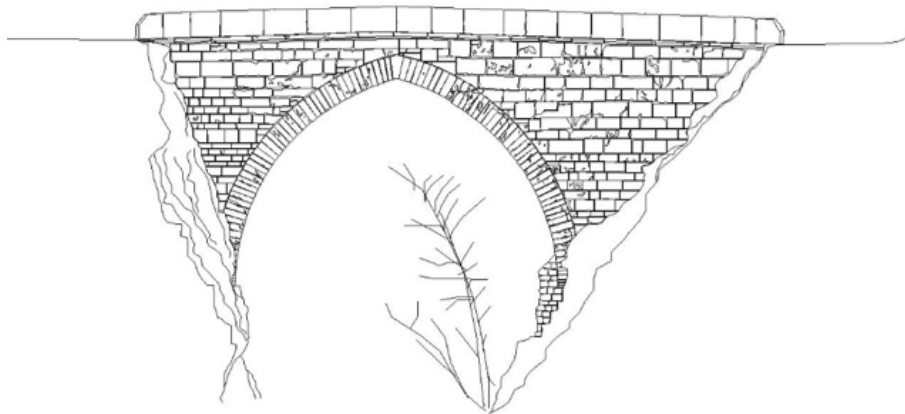
2.2. МОСТ ПРЕКО РИЈЕКЕ ЖЕПЕ

Мост преко ријеке Жепе изграђен је у близини ушћа Жепе у ријеку Дрину, вјероватно након изградње моста Мехмед паше Соколовића у Вишеграду. Архивски документи о изградњи моста не постоје. Претпоставља се да је саграђен у посљедњој четвртини XVI вијека. Мост је вјероватно изградио један од ученика-сарадника истакнутог градитеља Коџе Мимара Синана, можда Мустафа Чауш, који је био надзорник током изградње вишеградског моста. [1:202–203; 9:111]. Према једној легенди изградња моста је у вези са везиром Јусуфом и италијанским градитељем, за шта се не може пронаћи упориште у историјским чињеницама нити се италијански градитељ може довести у везу са архитектуром моста. [1:204] На основу конструкције моста (слика 4) може се претпоставити да га је градио искусан градитељ, а поједини елементи попут начина зидања, облика лука указују на блискост са архитектуром Моста Мехмед паше Соколовића, што потврђује да градитељи оба моста припадају истој школи.



Слика 4. Мост на Жепи, низводни изглед

Изградњом хидроелектране Бајина Башта, односно стварањем акумулације, био је угрожен интегритет моста те је одлучено да се мост премјести на нову локацију, ван домаћаја воде акумулационог језера. Основни проблем био је гдје наћи нову локацију, а притом сачувати све његове вриједности. Нађен је профил у близини примарне локације на мјесту које се зове Спасин хрид. Послије избора нове локације извршена су сва потребна снимања и израђени су пројекти демонтаже и реконструкције моста. Током јуна 1966. године, послје неопходних припремних радова започети су радови на демонтажи и транспорту демонтираног материјала на нову локацију, која је од аутентичне удаљена сса 5 км. Радови на реконструкцији моста почели су августа 1967. године, а завршени крајем септембра исте године. [9:111–112]. Профил ријеке Жепе премошћен је отвором величине 10,20 м и засвођен преломљеним сводом. Чеони лук је дебео 75 цм. Чела свода чине преломљени лукови на узводној и низводној страни, чија је висина 6,50 м, мјерено од базе засведених конструкција. Полупречник је 6,70 м, а ексцентритет центара закривљености износи 1,60 м од вертикалне оси на обје стране. Дужина моста је 21,60 м. Распон од симетрале свода до лијеве обале износи 12,40 м, а до десне 9,20 м. Укупна ширина моста је 3,95 м, стаза 3,41 м, а ограда два пута по 27 цм. Свод и чеони лукови моста изграђени су од блокова седре различитих димензија, а у висини стазе завршени су вијенцима једноставне профилације. Чеони зидови моста зидани су блоковима кречњака различитих величина који су полагани у приближно хоризонталне редове (слика 5). Стаза је калдрмисана, а ограда израђена од камених блокова, повезаних жељезним „пијавицама“ заливеним оловом. Мост преко ријеке Жепе једно је од најљепших и најелегантнијих дјела мостоградње у Босни и Херцеговини.



Слика 5. Мост на Жепи, цртеж низводног изгледа

Данас постоје значајна структурна оштећења на мосту на новој локацији. Изграђена је потпорна конструкција за заштиту моста. Пројектна документација за конструктивну стабилизацију и рестаурацију моста је урађена, али због недостатка средстава пројекат није реализован. Поред овог постоји и камени мост на извору ријеке Жепе.

2.3. МОСТ ПРЕКО РИЈЕКЕ ТРЕБИШЊИЦЕ У ТРЕБИЊУ (АРСЛАНАГИЋА-ПЕРОВИЋА МОСТ)
Најсликовитији, више пута понављани, опис требињског моста дао је Војислав Ђурић 1966. године у београдском листу Политика: „У нашој земљи мало је мостова који се, лепотом линија и маштовитошћу облика, могу с њим упоредити. Вишеградска ћуприја на Дрини је много већа и за економску историју знатно значајнија, чувени мост на Неретви у

Мостару видно је смелији у конструкцији и као дуга витак, али је требињски складнији, богатији по облицима, сликовитији. У историји нашег градитељства он има врло угледно место, а посебан значај у балканској архитектури XVI века“. [1:297]

Прије измјештања мост је премошћавао корито ријеке Требишњице око 5 километара узводно од Требиња, а садашња локација (слика 6) је на локалитету Градина у градском подручју Требиња.



Слика 6. Мост преко Требишњице на новој локацији

Налазио се на старом путу који је повезивао Херцег Нови и Дубровник са Цариградским друмом, стратешки најзначајнијом прометницом и најкраћом копненом везом Цариграда са Бечом и Венецијом (слика 7). Претпоставља се да је у римском периоду, нешто узводније од овог, постојао мост у близини првобитних локација манастира Косијерево и Добрићево. Саграђен је у XVI вијеку, а прецизно вријеме изградње није утврђено. Претпоставља се да је грађен у периоду 1563–1575 [9:92], односно 1568–1572/74. [1:303] На основу биљежака француских путописаца XVI вијека може се претпоставити да је мост завршен око 1573. године. Пјер Лескалопје је 1574. године прошао Требињском области и забиљежио да се на ријеци налази камени мост, а са друге стране караван сарај које је саградио Мехмед паша Соколовић у спомен сину који је умро као намјесник ове провинције. [12:111–112] Мехмед паша Соколовић се као задужбинар помиње и у архивској књизи дубровачког архива Писма и упутства за Левант која је писана на италијанском језику (Lettere e comissioni di Levante XXXIII, folio 19). [1:302] Није познато име градитеља, али се претпоставља да је био неко из школе Мимара Синана. Вјероватно је добио име према Арслан-аги који је наплаћивао мостарину и саградио стражарницу која је срушена приликом поправке моста 1890. године. [13:62]



Слика 7. Мост преко Требишњице на старој локацији, крај XIX вијека

Мост се помиње у више народних предања. Једно говори о средњовјековној краљици чији се син утопио на извору, а она наредила да се врело зачепи, након чега је уследио земљотрес који је изазвао пробијање воде на два друга мјеста. Из једног извора је потекла Требишњица над којом је подигла мост. Друго говори о извјесном Кустурици који је дошао из Цариграда и као задужбину подигао мост, а треће је о Арслан-аги, према коме је мост добио име. Са око 92,25 м премошћено је корито ријеке Требишњице са четири отвора различите величине, засведена полукружним сводовима, ослоњена на три ријечна пилона. Изнад сводова уз обале постављена су два мања свода, олакшања конструкције. Ова потпуна асиметрија маса и облика је јединствена у архитектури мостова тога периода. На овакво рјешење моста утицао је асиметричан профил ријеке, али свакако је присутна и оригиналност градитеља. Велики сводови досежу висину од 15 м изнад нормалног водостаја ријеке. Током дуге историје мост је претрпио многа оштећења, рушења и поправке. Већ су поменути први радови на обнови моста 1890. године. Дио моста, у дужини од 8,0 м срушен је током Другог свјетског рата, 1943. Године; до 1956. године је ојачан дрвеном конструкцијом, а потом је замијењен бетонском. Интегритет овог старог моста, јединствених архитектонских и грађевинских карактеристика, био је угрожен изградњом хидроенергетског система на Требишњици. Након изузетно сложених испитивања, закључено је да мост треба преселити на нову локацију, а посебан проблем је био избор одговарајућег попречног профила ријеке. Радови на реконструкцији рађени су у периоду између 1970–72. године. Приликом реконструкције усвојен је принцип да се сви видљиви елементи ураде по узору на аутентичне, па је тако армиранобетонска конструкција из 1956. године замијењена каменом, а сви остали конструктивни елементи, скривени од ока посматрача, уз употребу савремених материјала. [9:95]

2.4. МОСТ „ОВЧИЈИ БРОД“ ПРЕКО РИЈЕКЕ ЗАЛОМКЕ

Камени мост на реци Заломки (слика 8) налази се изнад села Братач, на око 10 км од Невесиња. Није познато постојање историјских извора о мосту нити народних предања, а неоправдано је остао незапажен па тако и неистражен. Не помињу га ни путописци који су походили ове крајеве. Ријека Заломка је понорница чији водостај варира; у љетњим мјесецима потпуно пресуши, а током зиме много надође. На основу градитељских карактеристика може се претпоставити да је саграђен крајем XVI или почетком XVII вијека. Прије пар година, према казивању локалног становништва, у кориту ријеке пронађена је плоча са натписом на арапском језику. Временом је натпис испран тако да је немогуће дешифровати садржај. Могуће да је била дио ограда моста и да се натпис односи на податке о подизању моста. Раније се сматрало да је ограда моста била дрвена [1:296], али проналазак ове плоче, као и пар плоча правоугаоног облика које се могу видјети током љетњих мјесеци у кориту ријеке, указује на изворно постојање камене ограда. На лијевој обали ријеке, на вертикалној стијени, уклесан је латинични натпис, у правоугаоном пољу, на коме је уписана 1883. година која се вјероватно односи на обнову током аустроугарског периода. Током Другог свјетског рата срушен је дио средишњег свода моста који је реконструисан 1968. године, а у међувремену је на том мјесту била постављена дрвена конструкција. На око 2 километра удаљености налази се мањи лучни камени мост преко ријеке Заводке, вјероватно саграђен у истом периоду.



Слика 8. Мост Овчији Брод, септембар 2020.

На десној обали до моста води пут који се благо савија према мосту, док је на лијевој обали терен стрм, а пут се наставља под готово правим углом у односу на мост, а недалеко од моста нестаје. Вјероватно је саграђен на важној комуникацији чији је значај временом опао, а пут готово нестао. Локални становници су углавном били сточари па отуда вјероватно и потиче име моста. Мост се састоји од три полуобличаста свода, два распона 9,0 м и трећег на лијевој обали распона 7,0 метара. Укупна дужина моста износи 35,50 метара. Корито ријеке најдубље је уз десну обалу гдје је свод највиши, што говори о умјешности градитеља и прилагођавању облика конфигурацији терена. Горња површина је благо извијена, поплочана неправилним каменим плочама, са попречним праговима; сличне срећемо на мостарском мосту, који омогућавају лакше прелажење. Према

узводној страни стубови моста се завршавају у облику троугаоних браника. Тренутно стање захтијева хитне конзерваторске радове.

2.5. МОСТ НА РИЈЕЦИ СУШИЦИ У ВУЧЈОЈ

У живописном амбијенту села Вучја, на извору ријеке Сушице извио се пјешачки мост малих димензија (слика 9), али изузетне љепоте и елеганције.



Слика 9. Мост на ријеци Сушици у Вучјој

Према народном предању подигнут је у вријеме цара Константина и царице Јелене. На основу градитељских карактеристика претпоставља се да је саграђен у XVI/XVII вијеку. Благо преломљени лук са каменим упорцима на обалама се савршено уклапа у околни пејзаж. Дебљина чела свода је наглашена архиволтама. Преко свода су постављена два реда правилних блокова седре од којих се горњи благо повија у стопама које су грађене од чвршћег камена.

2.6. МОСТОВИ КОЈИХ ВИШЕ НЕМА

Многи мостови саграђени у османском периоду, углавном од дрвета, временом су нестали. Бањалучке мостове помињу путописци који су походили ове крајеве у XVII вијеку. Сплићанин Ђорђић (Georgiceo) каже 1626. године да у Бањалуци постоје четири моста. [1:165] Нешто више од три деценије касније Е. Челеби описује Бањалуку: "...Поред тога што поред свих кућа тече жива вода, свака боља кућа има виноград, башчу и ружичњак, диван као земаљски рај. С једне стране шехера на другу прелази се на три мјеста преко дрвених мостова на ријеци Врбасу." [7:211]

Ниједан од бањалучких мостова из тог периода није сачуван до данас. Познато је да су постојали Царев мост (мост Софи Мехмед паше) у данашњим Српским Топлицама гдје се налазила и дрвена Шемсе кадунина ћуприја саграђена прије 1582. године, а нестала прије 1659 [1:165], дрвена ћуприја у Новоселији, која је страдала у великом поводњу 1730. године [15:114]. Такође се помиње Ферхад пашин камени мост преко Црквене у близини

ушћа у Врбас. [1:166] Најзначајнији је био мост преко ријеке Врбас, код тврђаве Кастел, изграђен у XVI вијеку, прије 1587. године, заслугом Ферхад паше Соколовића. [9:105]. Овај мост је 1614. године обновио Хусеин бег, Ферхадпашин син, а касније је страдао још два пута 1730. и 1737. године. Био је у употреби до аустроугарске окупације ових крајева, а до данас су сачувани остаци носача моста на обалама Врбаса. Постоје два цртежа-гравире моста на којима је јасно да су стубови били камени (слика 10).



Слика 10. Стари цртеж моста на ријеци Врбас у Бањалуци

Према једном цртежу преко стубова је била постављена дрвена конструкција прилично необичних грађевинских карактеристика, а на другом је нејасна материјализација горњег построја моста, могуће да је камена и да је дошло до промјена током једне од обнова. Завод за заштиту споменика културе је 1981. године покренуо поступак за реконструкцију моста, када су у кориту Врбаса пронађени остаци два стуба. Урађено је више рјешења изгледа моста, од којих је једно прихваћено 1982. године. [1:106–110] Даља истраживања и радови на обнови су обустављени због земљотреса, а никада касније нису настављени.

Француски путописац Пјер Ласкалопје помиње 1574. године дрвени мост преко ријеке Дрине у Фочи. [12:113] Вјероватно је био саграђен прије смрти Сулејмана Величанственог јер Е. Челеби у свом путопису наводи да је подигнут у његово име. [7:406] Он овај мост назива огледалом чуда, те даље каже: "...на великој ријеци Дрини налази се дрвени мост на једно окно, које се диже до небеског врха....Овај велики мост, који треба погледати, направио је мајстор старе школе тако да је на јаке темеље који се налазе са обе стране ријеке, вјешто нанизао једну на другу велике и дуге греде тако да једна над другом измичу као пера у крилима ластавице..." [7:405] Диви се конструкцији моста коме нема равна ни у једном вилајету, али указује и на његово лоше стање. У Фочи су се налазила још два дрвена моста преко ријеке Ћехотине. Исти путописац помиње и висећи мост пред градском капијом тврђаве крај Уне у Новом Граду. [7:219] На једној аустријској гравире из XVIII вијека уцртана су три моста око тврђаве у Новом. [1:153] Мост код Костајнице се

помиње 1839. године али није познато како је изгледао и када је саграђен. Такође су и у Приједору постојала два дрвена моста, на сјеверној и источној страни града[1:155]

3. ЗАКЉУЧНА РАЗМАТРАЊА

Дуга и богата историја градње мостова настала је у вишевијековној борби човјека да средствима која су му била на располагању савлада природне препреке и тако живот учини садржајнијим. Та је борба обогатила градитељску баштину и подстицала креативност градитеља. Управо у градњи мостова природа је била најбољи учитељ јер су први настали тако што је човјек поставио дебло преко природне препреке. Процес развоја конструкције моста био је дуготрајан и спор. За Балкан су од посебног значаја мостови из времена Османске империје. Као и скоро укупна европска мостоградња у послјеримском периоду, и османска је знатно ослоњена на утицаје и преношење знања античких градитеља. Античка традиција се настајањем Византије преноси на Исток, мијешају се утицаји и принципи у грађењу мостова римске мостоградње и традиционалног начина грађења Истока. Римска мостоградња, у којој је конструкција свода већ разрађена и обликована, и нешто касније и Византијска, дале су солидан основ за стварање османске мостоградње. Несумњив је утицај првог римског каменог моста Ponte Rotto преко ријеке Тибар из 179. године п. н. е. на мостове саграђене у османском периоду, јер су основна инжињерска рјешења која је тај мост садржавао примјењивана на мостовима грађеним у Османском царству. Ранији истраживачи указују на сличност требињског моста са римским Alcantara мостом преко ријеке Тагус у Шпанији.

Од друге половине XIV вијека, у првим годинама владавине на Балканском полуострву Османлије почињу да граде мостове, прво за ратне потребе, а касније и сталне конструкције, углавном од камена. Овај процес настављен је и у наредним вијековима, а врхунац је достигнут у XVI вијеку, када је изградња мостова у центру османских инвестиција. На основу историјских извора јасно је да је било смјелих рјешења дрвених мостова саграђених у првим деценијама османске владавине. Због трошности материјала и историјских прилика ниједан није сачуван до данас. Градња мостова уско је повезана са Коџа Мимаром Синаном. Један од најрепрезентативнијих примјера градитељског опуса Мимара Синана је вишеградски мост, који задивљује маестралним радом, квалитетом и материјалима, конструктивним детаљима, пропорцијама и композицијом. Задужбинари најзначајнијих мостова били су из породице Соколовић, најистакнутији Мехмед паша Соколовић.

4. БИБЛИОГРАФИЈА

- [1] Dž. Čelić, M. Mujezinović, *Stari mostovi u Bosni i Hercegovini*, Sarajevo-Publishing, Sarajevo 1998.
- [2] Р. Самарџић, *Мехмед Соколовић*, БИГЗ, СКЗ, Београд, 1971.
- [3] А. Вејтић, „Sokolovićev most na Drini u Višegradu“, *Kalendar Narodna uzdanica godina XIII*, Sarajevo, 1945, стр. 148–169.
- [4] А. Ресулбеговић-Дефтердаревић, *Град Вишеград и околица*, Сарајево, 1934.
- [5] А. Андрејевић, *Исламска монументална уметност XVI века у Југославији*, Институт за историју уметности, Балканолошки институт, Београд, 1984.
- [6] P. Rabb, “We are all servants here! Mimar Sinan – architect of the Ottoman Empire”, *Periodica Polytechnica Architecture*, 44 (1), Budapest, 2013. стр 26–36.

- [7] E. Čelebi, *Putopis, odlomci o jugoslavenskim zemljama*, Svjetlost, Sarajevo, 1967.
- [8] А. Ф. Гиљфердинг, Путовање по Херцеговини, Босни и Старој Србији, Веселин Маслеша, Сарајево, 1972.
- [9] М. Гојковић, *Stari kameni mostovi*, Naučna knjiga, Beograd, 1989.
- [10] К. Херман, „Епиграфске цртице из Босне и Херцеговине, I“, *Гласник Земаљског музеја, књига I*, Сарајево, 1889, стр 65–83.
- [11] М. Окиљ, „Мост Мехмед паше Соколовића у Вишеграду – историјат, обнова, стање конзервације“, *Културно наслеђе 1*, Републички завод за заштиту културно-историјског и природног наслеђа РС, Бања Лука, 2018. стр. 36–45.
- [12] М. Динић, „Три француска путописца XVI века о нашим земљама“, *Годишњица Николе Чупића, књ. XLIX*, Београд, 1940. стр. 85–118.
- [13] А. Defterdarević, „Pravni aspekti spasavanja starih mostova na Trebišnjici, Žepi i Drini“, *Naše starine XII*, Sarajevo 1969. стр 61–91.
- [14] М. Окиљ, „Свјетско наслеђе и савремена архитектура – анализа конкурса за изградњу пословне зграде ХЕ Вишеград“, *Зборник Пете конференције о интегративној заштити*, Републички завод за заштиту културно-историјског и природног наслеђа РС, Бања Лука, 2010. стр 200–211.
- [15] Dž. Čelić, „Obnova Sokolovićeve mosta u Višegradu“ *Naše starine I*, Zavod za zaštitu spomenika kulture SR BiH, Sarajevo 1953. стр. 177–181
- [16] S. Ćurčić, *Architecture in the Balkans from Diocletian to Süleyman the Magnificent*, Yale University Press, New Haven and London, 2010.
- [17] G. Necipoglu, *The Age of Sinan: Architectural Culture in the Ottoman Empire (1539–1588)*, Princeton University Press, Princeton, 2005.
- [18] Иво Андрић, *На Дрини Ћуприја*, више издања
- [19] Decision No. 31 COM 8B.34 of the UNESCO World Heritage Committee
- [20] М. Мулалић-Хандан, В. Бабић-Ходовић, К. Татић, А. Хаџиабдић, Б. Милојевић, М. Окиљ, Ј. Липа, *План управљања-Номинација за упис на Листу свјетске баштине Моста Мехмед паше Соколовића у Вишеграду*, 2006.
- [21] *Одлука о проглашењу историјске грађевине – Мост “Овчији брод” у селу Братач, општина Невесиње, националним спомеником Босне и Херцеговине*, Комисија за очување националних споменика БиХ, 2018.

Г + АГ

геодезија | geodesy



[8] 2020 8[1]

АГГ+ часопис за архитектуру, грађевинарство, геодезију и сродне научне области
ACEG+ Journal for Architecture, Civil Engineering, Geodesy and other related scientific fields

052-062 **Оригинални научни рад** | Original scientific paper
UDK I UDC 528.28:629.783(497.6Република Српска)
DOI 10.7251/AGGPLUS2008052F
Рад примљен | Paper received 10/06/2020
Рад прихваћен | Paper accepted 30/09/2020

Тања Фржовић

*Архитектонско-грађевинско-геодетски факултет, Војводе Степе Степановића 77/3,
tanja.frzovic@aggf.unibl.org*

Сања Туцикешић

*Архитектонско-грађевинско-геодетски факултет, Војводе Степе Степановића 77/3,
sanja.tucikesic@aggf.unibl.org*

Биљана Антуновић

*Архитектонско-грађевинско-геодетски факултет, Војводе Степе Степановића 77/3,
biljana.antunovic@aggf.unibl.org*

ИСПИТИВАЊЕ СТАБИЛНОСТИ
МРЕЖЕ ПЕРМАНЕНТНИХ
GNSS СТАНИЦА РЕПУБЛИКЕ
СРПСКЕ

STABILITY TESTS FOR THE
NETWORK OF PERMANENT
GNSS STATIONS OF THE
REPUBLIC OF SRPSKA

Оригинални научни рад **Тања Фржовић**

Original scientific paper

Рад прихваћен | Paper accepted

30/09/2020

УДК | UDC

528.28:629.783(497.6)Република Српска)

DOI

10.7251/AGGPLUS2008052F

*Архитектонско-грађевинско-геодетски факултет, Војводе Степе Степановића 77/3,
tanja.frzovic@aggf.unibl.org*

Сања Туцикешић

*Архитектонско-грађевинско-геодетски факултет, Војводе Степе Степановића 77/3,
sanja.tucikesic@aggf.unibl.org*

Биљана Антуновић

*Архитектонско-грађевинско-геодетски факултет, Војводе Степе Степановића 77/3,
biljana.antunovic@aggf.unibl.org*

ИСПИТИВАЊЕ СТАБИЛНОСТИ МРЕЖЕ ПЕРМАНЕНТНИХ GNSS СТАНИЦА РЕПУБЛИКЕ СРПСКЕ

АПСТРАКТ

Мрежа перманентних GNSS станица Републике Српске налази се на релативно турсном подручју и припада различитим странама регионалних расједа. Овај рад даје преглед испитивања стабилности петнаест перманентних станица SRPOS мреже користећи публиковане прецизне ефемериде Интернационалне GNSS службе (IGS) и преузете RINEX податке перманентних GNSS станица SRPOS мреже. Истраживање је извршено кориштењем података прикупљених у периоду од априла 2015. године до марта 2016. године. У раду су представљени вектори положаја за перманентне станице чије се вриједности налазе у интервалу од 0.71 mm (перманентна станица Србац) до 22 mm (перманентна станица Невесиње).

Кључне ријечи: GNSS, permanent stations, SRPOS network, reference systems, precision ephemeris, the displacement vector

STABILITY TESTS FOR THE NETWORK OF PERMANENT GNSS STATIONS OF THE REPUBLIC OF SRPSKA

ABSTRACT

The network of permanent GNSS stations of the Republic of Srpska is located in a fairly seismic area and belongs to different sides of regional faults. This paper provides an overview of the stability tests for fifteen permanent stations of the SRPOS network using the published precise ephemeris of the International GNSS Service (IGS) and the downloaded RINEX data from the permanent GNSS stations of the SRPOS network. The research was conducted for the data taken during the period from April 2015 to March 2016. The paper presents position vectors for permanent stations ranging from 0.71 mm (permanent station Srbac) to 22 mm (permanent station Nevesinje).

Key words: GNSS, permanent station, SRPOS network, reference system, IGS Reference Frame station, precise ephemerides

1. УВОД

Теорија тектонских плоча указује на чињеницу да површ Земљине коре није стабилна нити вјечна, већ се налази у сталном покрету. Она се састоји од дијелова плоча, које обухватају континенте и дијелове Земљине коре испод мора и океана. Познато је да Земљина кора (литосфера) плута на астеносфери и да је разломљена на тектонске плоче, које се крећу лагано у одређеном правцу и одређеном брзином.

Босна и Херцеговина представља једну од активнијих сеизмичких зона у Европи. Територија Босне и Херцеговине налази се на великом расједу Земљине коре, који се протеже од територије сјеверне Индије (подручје Хималаја), преко територија Ирана, Турске и Грчке (источни Медитеран), те прелази јужним дијелом територије, гдје скреће ка сјеверозападу. Земљотреси, који су забиљежени у Босни и Херцеговини резултат су субдукције Афричке геотектонске плоче под Евроазијску. На територији Босне и Херцеговине постоји и неколико мањих расједа, а најкарактеристичнији су: бањалучки, бугојански, вишеградски и неретвански. Кретања ових расједа могу да буду узроци појаве земљотреса, који могу бити разорне моћи. Активност земљотреса је повезана са динамиком тектонских плоча, а данас сеизмолошки и геодетски подаци пружају основне информације за објашњење кинематике Земљине коре [1], [2], [3], [4].

Поред званичних метода и поступака праћења сеизмичке активности у виду мреже сеизмичких станица, данас се за праћење помјерања Земљине коре користе и Глобални навигациони сателитски системи GNSS (енг. *Global Navigation Satellite System*). Перманентне станице, које су предмет овог истраживања, налазе се на релативно турсном подручју и припадају различитим странама регионалних расједа. Циљ истраживања је утврдити могућност коришћења резултата добијених одређивањем апсолутних координата перманентних станица у сврху анализе праваца кретања тектонских плоча на којима се перманентне станице налазе и предвиђања њиховог сучељавања или удаљавања.

У оквиру овог рада извршено је испитивање стабилности петнаест перманентних станица SRPOS мреже кориштењем публикованих прецизних ефемерида Интернационалне GNSS службе IGS (енг. *International GNSS Service*) и преузетих RINEX података са перманентних станица за период од априла 2015. године до марта 2016. године. За дефинисање математичког модела кориштено је 16 перманентних станица (Бања Лука, Нови Град, Србац, Шипово, Теслић, Козарска Дубица, Брод, Бијељина, Шековићи, Братунац, Соколац, Рудо, Фоча, Гацко, Требиње и Невесиње). Перманентна станица у Бањој Луци је кориштена као референта, за њу је везан цијели модел, те за њу није дефинисана стабилност.

2. РЕФЕРЕНТНИ СИСТЕМИ И ПЕРМАНЕНТНЕ СТАНИЦЕ

2.1. РЕФЕРЕНТНИ СИСТЕМИ И РЕФЕРЕНТНИ ОКВИРИ

Појам референтног система се уводи како би се описали физички параметри Земље и временске варијације њеног облика. Да би се извршила њихова оцјена дефинисани су референтни оквири, који су повезани са Земљом у њеном дневном кретању и са аспекта деформација Земљине коре. Референтни оквир представља нумеричку реализацију

референтног система, јер он није математички доступан. Основна разлика између референтног система и референтног оквира се огледа у чињеници да је референтни систем недоступан и непромјенљив, за разлику од референтног оквира, који је доступан и промјенљив. Успостављање и одржавање референтних система и оквира врши Међународна служба ротације Земље и референтних система IERS (енг. *International Earth Rotation and Reference Systems Service*).

Референтне системе је могуће подијелити у двије основне групе: просторно-фиксирани или небески референтни систем (користи се за описивање кретања сателита и сл.) и терестрички референтни систем или систем који је фиксиран за тијело Земље (користи се за одређивање положаја станица на Земљи, као и за описивање резултата опажања у сателитској геодезији) [5].

За сваки референтни систем, реализација референтног оквира је могућа на велики број начина и она се заснива на скупу усвојених или оцијењених координата. Небески референтни оквири су формиран на основу скупа координата звијезда или квазара, а други тип референтних оквира (терестрички референтни оквири) се заснива на скупу координата и брзина опажаних станица на површини Земље.

2.1.1. Терестрички референтни системи

Разлог усвајања терестричког референтног система је чињеница да координате тачака, које се налазе на физичкој површи Земље, имају мале промјене током времена и оне се углавном јављају као последица геофизичких ефеката (плимске и тектонске деформације). По дефиницији, терестрички референтни систем је просторни референтни систем који ротира са Земљом у њеном дневном кретању у простору. За разлику од инерцијалних система, гдје се координате тачака на физичкој површи Земље стално мијењају услед ротације Земље, терестрички референтни систем обезбјеђује константне вриједности координата тачака и чврсто је везан за Земљу.

Конвенционални терестрички референтни систем, односно Међународни терестрички референтни систем ITRS (енг. *International Terrestrial Reference System*) је дефинисан низом процедура, конвенција и константи, које омогућавају опажања на Земљиној површи или у њеној близини. Материјализује се примјеном Конвенционалног референтног оквира, који је одређен скупом физичких тачака са својим координатама и у употреби је од 1988. године.

Да би се обезбиједила стабилност оријентације координатних оса у односу на Земљину кору услед геодинамичких процеса, врши се периодична реализација Међународног терестричког референтног оквира, од стране Међународне службе Земљине ротације и као резултат тога јављају се глобалне и регионалне материјализације Међународног терестричког референтног система као што су WGS84 (енг. *World Geodetic System*), EUREF (енг. *European Terrestrial Reference System*), SIRGAS (енг. *Geocentric Reference System for the Americas*) итд.

2.1.2. Терестрички референтни оквири

Терестрички референтни оквири представљају скуп тачака са прецизно одређеним координатама (правоуглим, географским) у оквиру изабраног координатног система, који је придружен терестричком референтном систему. Терестрички референтни оквири TRF (енг. *Terrestrial Reference Frames*) представљају реализацију терестричких референтних

система и могуће је дефинисати велики број терестричких референтних оквира, али се у пракси највише користе два приступа: мјерења у односу на позиције сателита, који круже око Земље, и мјерења у односу на позиције тачака, које су стабилизационе, односно уграђене у тијело Земље.

Како се терестрички референтни оквири дефинишу мрежом станица и њиховим координатама у функцији времена, неопходно је пратити њихове промјене, које настају услед геотектонских промјена на глобалном и локалном нивоу. Постоји више различитих метода којима је могуће извршити одређивање координата тачака, које чине терестрички референтни оквир и дефинишу одређени терестрички референтни систем.

2.2. ПЕРМАНЕНТНЕ СТАНИЦЕ

Деценија оснивања националних и међународних перманентних служби се односи на период од 1990. до 2000. године. У међувремену су еволуирале међународна служба Земљине ротације и интернационалне GNSS службе. Године 1987. утемељена је Међународна служба Земљине ротације са задатком да на основу космичких и сателитских техника опажања константно унапређује и одржава инерцијални и терестрички референтни оквир и одређује параметре Земљине ротације са високом временском резолуцијом. Међународна GNSS служба је основана 1994. године и задужена је за одржавање глобалне мреже од преко 300 перманентно оперативних референтних GNSS станица, а она и данас представља главни извор података сателитских орбита [6].

Примјена диференцијалног GNSS је веома широка. Она претпоставља јединствен систем који се састоји од мреже фиксних станица, начина емитовања информација са фиксних станица и могућност GNSS пријемника да ове информације приме и обраде. Уколико је референтна станица таква да се њена локација неће мијењати током дужег временског периода, она се назива Перманентна референтна станица. Три или више перманентних станица повезаних у систем намијењен слању диференцијалних корекција називамо мрежом перманентних станица (у пракси се користи и термин активна геодетска GNSS референтна основа).

2.2.1. Потреба за успостављањем перманентних станица

Прикупљање података о позицијама се у данашње вријеме врши за велики број људских потреба у разним областима свакодневног живота. Позиције тачака се користе приликом израде топографских карата и дигиталних модела терена, за различита геодетска и геофизичка изучавања и мјерења, припрему и израду база података као основа за многе сервисе (нпр. *Google Earth*), навигацију и др. Приликом избора методе којом ће се прикупљати ови подаци, неопходно је водити рачуна о многим факторима, попут: потреба за које се врши прикупљање података и неопходне детаљности, времена за које је потребно извршити прикупљање података и са којом тачношћу, што је у неким случајевима и најважнији фактор. Како би се испратили захтјеви тржишта у погледу економичности, тачности и времена, било је неопходно креирати систем који ће успјешно одговорити на све захтјеве. Развој савремених технологија и софтвера, првенствено на пољима интеграције података, развоја база података и преноса података на даљину умногоме је олакшао остваривање овог циља и омогућио је прикупљање великог броја података за веома кратко вријеме. Дигитализацијом је омогућена ефикасна и једноставна обрада, анализа и интерпретација података [7].

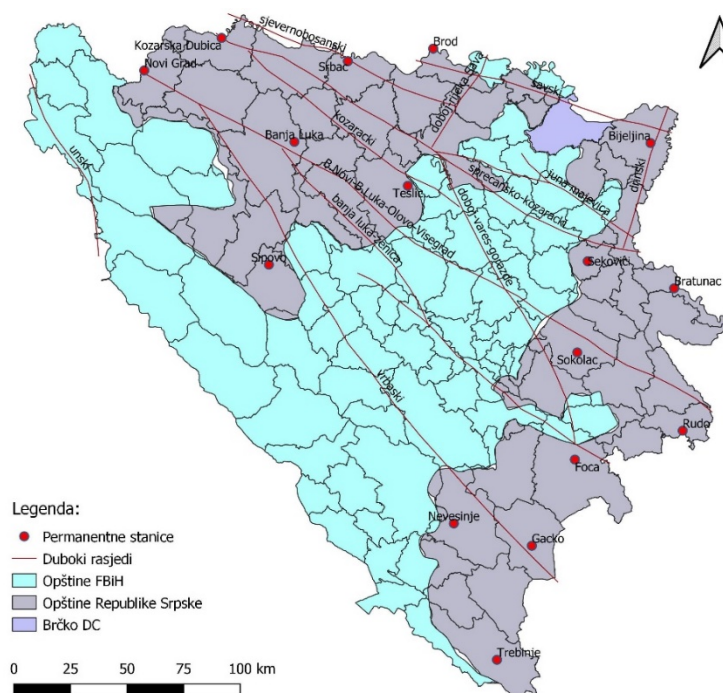
2.2.2. SRPOS мрежа перманентних станица

Мрежу перманентних GNSS станица у БиХ чине двије мреже (SRPOS мрежа за територију Републике Српске и FBiHPOS мрежа за територију Федерације БиХ), које су под надлежношћу двије различите управе, али се у свом раду допуњују и чине компактан систем.

Тренутно су у мрежу перманентних GNSS станица на нивоу Федерације БиХ укључене 34 станице, од чега се 18 налази на територији Федерације БиХ, 13 на територији Републике Српске и 2 на територији Хрватске [11]. Мрежа перманентних станица Републике Српске (SRPOS) тренутно укључује 44 перманентне станице, и то 23 на територији Републике Српске, 12 на територији Федерације БиХ, 4 на територији Србије, 2 на територији Хрватске и 3 на територији Црне Горе.

Европски референтни систем, у којем су одређене координате перманентних станица SRPOS мреже, фиксиран је за стабилни дио Евроазијске плоче и коинцидира са Међународним терестричким референтним оквиром у епохи 1989.0, а у складу са усвојеном епохом назива се ETRS89 (енг. European Terrestrial Reference System 1989). Могуће је низ реализација ETRS89 система у односу на изабрани ITRF оквир, а као коначни референтни оквир у којем су израчунате координате перманентних станица SRPOS и FBiHPOS мреже, изабран је ETRF2000, за епоху 2011.307, и ове координате представљају положај перманентних станица у ETRS89 референтном систему.

За потребе овог рада кориштено је 16 перманентних станица SRPOS мреже које су биле доступне за период од априла 2015. године до марта 2016. године. На слици је приказан просторни распоред кориштених перманентних станица SRPOS мреже у односу на дефинисане дубоке расједе на територији Босне и Херцеговине Слика 1.



Слика 1. Просторни распоред кориштених перманентних станица SRPOS мреже и дефинисаних дубоких расједа

3. РЕЗУЛТАТИ НУМЕРИЧКИХ ИСТРАЖИВАЊА

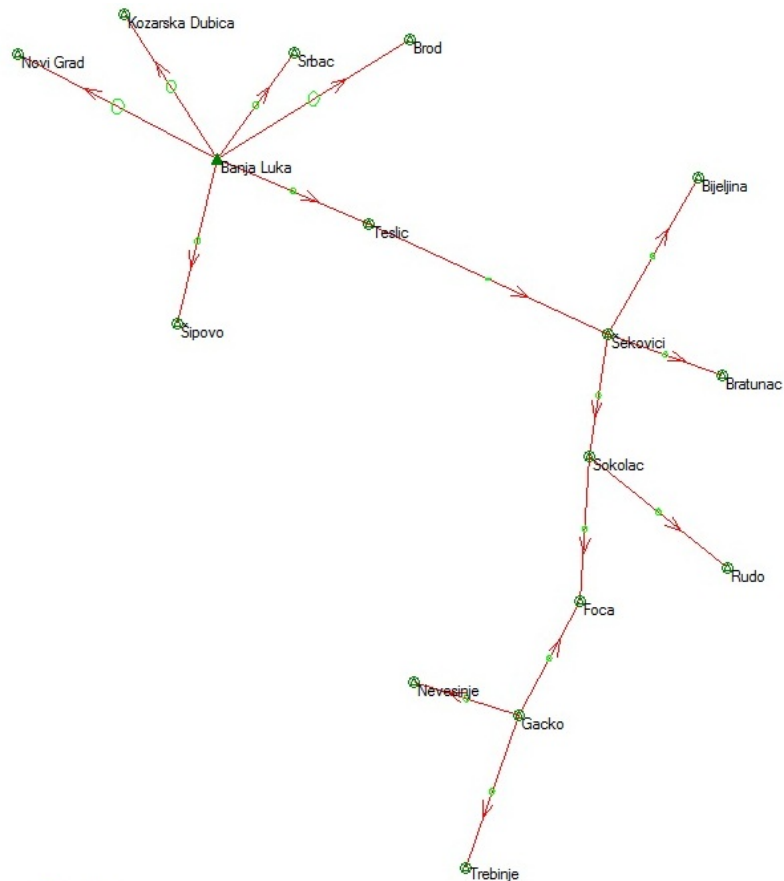
Математичка обрада резултата мјерења спроведена је у интегрисаном софтверу *Leica Geo Office* [9]. Овај софтвер је једноставан за преглед, процесирање, оцјену квалитета и чување података. У првом кораку овог рада увезени су преузети RINEX подаци и извршена је провјера свих података. Затим су увезене публиковане прецизне ефемериде. Након тога обрађене су базне линије (вектори), на основу унапријед дефинисаног плана опажања. У току обраде провјерено је да ли су за све векторе ријешене фазне неодређености, то јест да ли су за све векторе добијена фиксна рјешења. Укључивање публикованих прецизних ефемерида спроведено је у циљу добијања што квалитетнијих и тачнијих резултата изравнања. Комерцијалне и прецизне ефемериде се разликују. Комерцијалне ефемериде су доступне у реалном времену и рачунање сателитских координата из комерцијалних ефемерида се аутоматски врши у сваком GPS пријемнику. Оне су саставни дио навигационе поруке и садрже податке о Кеплеровим елементима и њиховим временским промјенама. Прецизне ефемериде нису доступне у реалном времену и неопходно је њихово накнадно преузимање. Разлог за то лежи у чињеници да се одређују као дио рјешења глобалне IGS мреже сталних GPS станица. Подаци који су садржани у прецизним ефемеридама су координате сателита и стање часовника у интервалима од 15 min. Узимајући у обзир међусобне удаљености између перманентних станица предметне мреже које су ~ 50 km, у поступак изравнања мреже укључене су публиковане прецизне ефемериде за период од годину дана и шест мјесеци (три мјесеца прије и три мјесеца послје за период истраживања).

Примјеном методе најмањих квадрата LSM (енг. *Least Squares Method*) добијени су резултати изравнатих базних вектора, односно, њихове изравнате компоненте као и варијансе и коваријансе Слика 2.

Резултати изравнања представљају највјероватније вриједности координата тачака. Што је већи број мјерених величина, то је већа вјероватноћа да се добију координате блиске тачним вриједностима.

У другом кораку приступљено је фиксирању положаја и висине перманентне станице Бања Лука, чије су координате преузете са портала Републичке управе за геодетске и имовинскоправне послове Републике Српске [10]. Мрежа је изравната са датумом дефинисаним у тој тачки. Укупно је изведено 50 изравнања на седмичном нивоу (за период од априла 2015. године до марта 2016. године), кориштењем једнообразног математичког модела.

Анализа резултата је изведена на основу добијених извјештаја изравнања. У извјештају изравнања представљена су три теста W-тест, T-тест и F-тест. F-тест представља глобални тест модела и служи за тестирање нулте хипотезе H_0 примјеном а-постериори фактора варијансе и а-приори фактора варијансе. Постоје три основна разлога усљед којих F-тест може бити одбачен: велике грешке у опажањима, неадекватан математички модел изравнања и неадекватан стохастички модел изравнања. Уколико F-тест није задовољен, потребно је пронаћи узрок. Узрок се открива примјеном W-теста, односно *datasnooping* теста. F-тест је мање осјетљив на грешке у појединим мјерењима, па се из тих потреба примјењује W-тест, како би се откриле евентуалне грубе грешке мјерења. Битно је истаћи да W-тест тестира појединачна мјерења, тестирају се компоненте dx, dy, dz, а за тестирање базне линије као цјелине, користи се вишедимензионални T-тест.



Слика 2. Изглед формиране мреже након извршеног процеса изравњања

Уколико нека од мјерења не задовољавају статистичке тестове, није препоручљиво одбацити њихове резултате. Један од сценарија је да се искључи опажање или поново измјери критично опажање. При томе, такође треба провјерити унесене висине антена и њихове мјерене вриједности.

3.1. ДЕФИНИСАЊЕ РЕГРЕСИОНЕ ПРАВЕ

Након утврђивања чињенице да се све перманентне станице, које чине предметну мрежу, налазе у 33. и 34. зони UTM (Universal Transverse Mercator) пројекције извршена је трансформација координата из геоцентричног координатног система WGS84 у координатни систем UTM пројекције (Easting, Northing) за свих 50 недјеља.

Линијски размјер дуж средњег меридијана зоне UTM износи $m_0 = 0.9996$. Централни меридијан за 33. зону је $L_0 = 18^\circ$ и за 34. зону је $L_0 = 21^\circ$. Помоћне величине за конвертовање геодетских координата B и L у координате E и N у равни UTM пројекције одређују се на основу сљедећих израза [8]:

$$e = \sqrt{1 - \frac{b^2}{a^2}}; e' = \sqrt{\frac{a^2}{b^2} - 1} \quad (1)$$

$$A = (L - L_0) \cos B; T = \tan^2 B; C = e'^2 \cos^2 B \quad (2)$$

$$V = \frac{a}{(1 - e^2 \sin^2 B)^{\frac{1}{2}}} \tag{3}$$

$$M = a \left[\left(1 - \frac{1}{4}e^2 - \frac{3}{64}e^4 - \frac{5}{256}e^6 \right) B - \left(\frac{3}{8}e^2 + \frac{3}{32}e^4 + \frac{45}{1024}e^6 \sin 2B \right) + \left(\frac{15}{256}e^4 + \frac{45}{1024}e^6 \sin 4B \right) - \frac{35}{3072}e^6 \sin 6B \right] \tag{4}$$

$$y' = V \left[A + (1 - T + C) \frac{A^3}{6} + (5 - 18T + T^2 + 72C - 58e'^2) \frac{A^5}{120} \right] \tag{5}$$

$$x' = M + V \tan B \left[\frac{A^2}{2} + (5 - T + 9C) \frac{A^4}{24} + (61 - 58T + T^2 + 600C - 330e'^2) \frac{A^6}{720} \right] \tag{6}$$

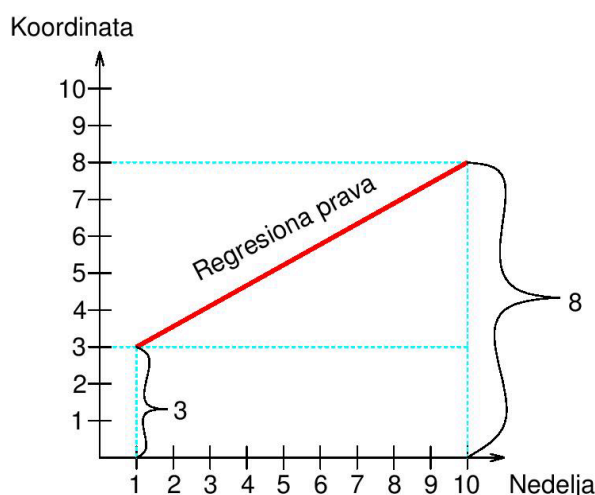
$$E = y' m_0 + 500000 \tag{7}$$

$$N = x' m_0 \tag{8}$$

Како би се боље уочило помјерање по координатним осама за сваку перманентну станицу у току 50 недјеља, извршено је одузимање константне вриједности за сваку координатну осу, појединачно за сваку перманентну станицу.

Разлог због којег је приступљено примјени линеарне регресије, односно дефинисању регресионе праве, јесте чињеница да је ово један од начина за дефинисање правца на начин да је сума квадрата удаљености између појединачних положаја перманентних станица и тачака на правој минимална. Дефинисањем једне овакве праве уочавају се појединачна одступања у положају по координатним осама за сваку перманентну станицу у току 50 недјеља.

Са циљем одређивања вектора помјераја за сваку перманентну станицу, извршено је читавање вриједности почетне и крајње тачке регресионе праве Слика 3.

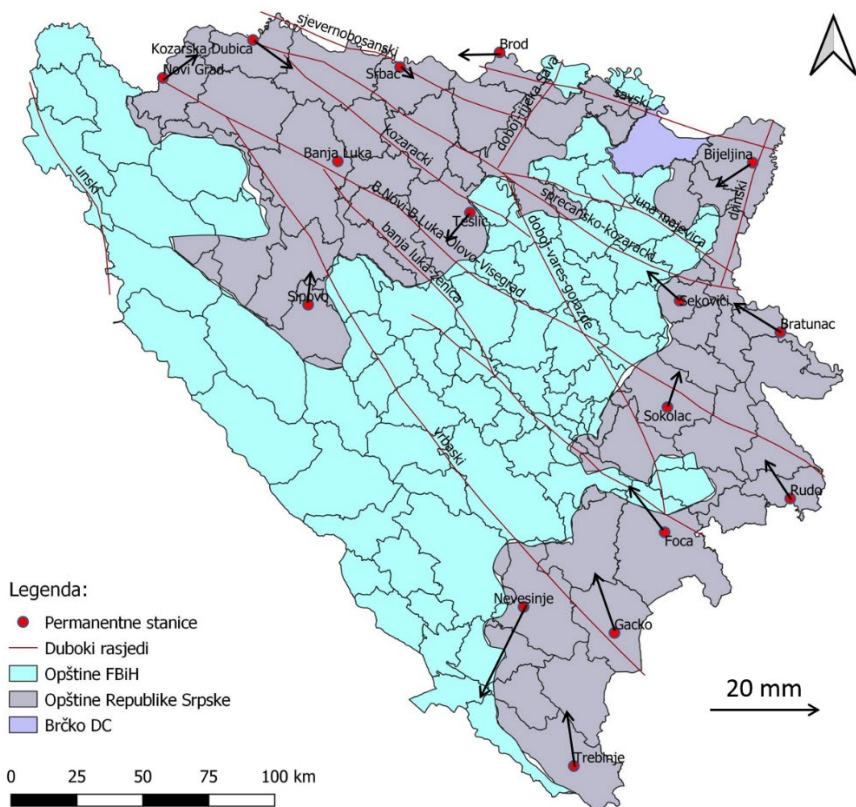


Слика 3. Одређивање вектора помјераја за перманентну станицу

Одређени интензитет, правац и смјер вектора помјераја за све перманентне станице приказани су у Табели 1, а графички приказ представљен је на Слици 4.

Табела 1. Прегледна табела са интензитетом, правцем и смјером вектора помјераја за перманентне станице

Перманентна станица	Интензитет вектора помјераја [mm]	Смјер вектора помјераја
Нови Град	5,28	сјеверо-исток
Србац	0,71	југоисток
Шипово	1,81	сјевероисток
Теслић	2,13	југозапад
Козарска Дубица	4,75	југоисток
Брод	3,81	југозапад
Бијељина	5,37	југозапад
Шековићи	5,38	сјеверозапад
Братунац	9,10	сјеверозапад
Соколац	5,25	сјевероисток
Рудо	8,73	сјеверозапад
Фоча	9,98	сјеверозапад
Гацко	14,09	сјеверозапад
Требиње	8,77	сјеверозапад
Невесиње	22,82	југозапад



Слика 4. Графички приказ вектора положаја за сваку перманентну станицу у односу на дубоке расједи БиХ

4. ЗАКЉУЧАК

Републичка управа за геодетске и имовинскоправне послове Републике Српске је у склопу пројекта ViNPOS успоставила националну мрежу GNSS перманентних станица за реализацију позиционог система SRPOS. Систем је конципиран да уз помоћ сателитских позиционих система осигура врло високу тачност одређивања положаја тачака и то уз што мањи утрошак времена и уз што мања финансијска средства.

Основни циљ овог рада је био испитати стабилност SRPOS система, утврдити могућност његове примјене за потребе истраживања геодинамичких помјерања као и дјеловање регионалних расједа на стабилност мреже перманентних GNSS станица. Испитивање је извршено за период од 20.4.2015. године до 31.3.2016. године на седмичном нивоу за укупно 50 недјеља. Анализирајући резултате добијене у склопу овог истраживања, закључује се да долази до одређених помјерања перманентних станица и промјене њиховог положаја. Одређени интензитет, правац и смјер вектора помјераја за све перманентне станице указују на чињеницу да се оне крећу различитим интензитетима и у различитим смјеровима у распону од 0.71 mm (перманентна станица Србац) до 22 mm (перманентна станица Невесиње).

Перманентна станица у Бањој Луци је кориштена као референта, за њу се везао цијели модел и за њу није дефинисана стабилност. Она се налази на тремеђи три дубока расједа, те се препоручују додатна испитивања њене стабилности. Појас перманентних станица: Требиње, Гацко, Фоча, Рудо, Братунац и Шековићи, се креће у смјеру сјеверозапада и оне су приближног интензитета. Ова помјерања су у корелацији са кретањем великог расједа Земљине коре на територији Босне и Херцеговине, који се протеже од територије сјеверне Индије (подручје Хималаја), преко територија Ирана, Турске и Грчке (источни Медитеран), те прелази јужним дијелом територије, гдје скреће ка сјеверозападу.

Перманентна станица Невесиње са највећим интензитетом вектора помјераја у смјеру југозапада указује на могућ процес сучељавања Врбаског расједа са Јадранском микроплочом, која може да доведе до појачаних сеизмичких догађаја на том подручју.

Перманентне станице Брод, Теслић и Бијељина се крећу у смјеру југозапада и приближно су интензитета вектора помјераја и образују подручје истог тектонског обрасца.

Између перманентних станица Теслић и Соколац се налази расјед Босански Нови-Бања Лука-Олово-Вишеград који пролази кроз општину Нови Град гдје се налази перманентна станица. Перманентне станице Нови Град и Соколац се помјерају у смјеру сјевероистока, док се перманентна станица Теслић креће у супротном смјеру у односу на њих у смјеру југозапада. Ово указује на сучељавање расједа и могућност појаве сеизмичких догађаја, што је евидентирано скорашњим земљотресима на територији Босне и Херцеговине 15. августа (Горња Бреза М2.9 и Бања Лука М2.8) и 16. августа (Какањ М3.4) 2020. године.

Коначно, може се закључити да су велике могућности и предности овакве врсте анализе геодинамике, али свакако да би у сврху прецизнијих и поузданијих мјерења, било неопходно извршити постављање додатних перманентних GNSS станица на чврсте подлоге (чврсте стијене). За овакав вид свакодневног праћења и анализирања, неопходно је остварити сарадњу са Републичким хидрометеоролошким заводом Републике Српске, под чијим окриљем је сектор за сеизмологију, и формирати адекватан тим стручњака.

5. ЛИТЕРАТУРА

- [1] S. Ward, "On the consistency of earthquake moment rates, geological fault data, and space geodetic strain: the United States", *Geophys Journal International*, vol. 134, стр. 172–186, 2002
- [2] C. Kreemer, W. E. Holt, S. Goes, R. Govers, "Active deformation in eastern Indonesia and the Philippines from GPS and seismicity data", *Journal of Geophysical Research*, vol. 105, стр. 663–680, 2000
- [3] F. Masson, J. Chery, D. Hatzfeld, J. Martinod, P. Vernant, F. Tavakoli, M. Ghafory-Ashtiani, "Seismic versus aseismic deformation in Iran inferred from earthquakes and geodetic data", *Geophys Journal International*, vol. 160, стр. 217–226, 2005
- [4] S. Rontogianni, "Comparison of geodetic and seismic strain rates in Greece by using a uniform processing approach to campaign GPS measurements over the interval 1994–2000." *Journal of Geodynamics*, vol. 50, стр. 381–399, 2010
- [5] G. Seeber, *Satellite Geodesy*. Berlin: Walter de Gruyter GmbH & Co. KG., 2003.
- [6] Д. Благојевић, Увод у сателитску геодезију. Београд: Грађевински факултет Универзитета у Београду, 2014, стр. 8–9.
- [7] Т. Кузмић, В. Булатовић. "CORS перманентне станице", Универзитет у Новом Саду, Факултет техничких наука, Нови Сад, 2015.
- [8] S. Radojčić, " Transformacija koordinata između Gaus-Krugerove i svetske poprečne Merkatorove projekcije", *Vojnotehnički glasnik*, vol. 4, стр. 89–95, 2008.
- [9] "Leica-geosystems" Интернет: <https://leica-geosystems.com/products/total-stations/software/leica-geo-office> [08.08. 2020].
- [10] "Spider Business Center" Интернет: <http://www.srpos.rgurs.org/SBC/spider-business-center> [08.08. 2020].
- [11] "Федерална управа за геодетске и имовинско правне послове" Интернет: <http://fgu.com.ba/sr/novosti-pregled/nadograda-i-modernizacija-mreze-permanentnix-gnss-stanica-federacie-bix-fbixpos.html> [10.08. 2020].



[8] 2020 8[1]

АГГ+ часопис за архитектуру, грађевинарство, геодезију и сродне научне области
ACEG+ Journal for Architecture, Civil Engineering, Geodesy and other related scientific fields

064-075 Прегледни научни рад | Review scientific paper

UDK I UDC 621.396.96:004.42

DOI 10.7251/AGGPLUS2008064V

Рад примљен | Paper received 06/11/2020

Рад прихваћен | Paper accepted 04/12/2020

Мирослав Вујасиновић

Архитектонско-грађевинско-геодетски факултет, miroslav.vujasinovic@aggf.unibl.org

Миодраг Регодић

Архитектонско-грађевинско-геодетски факултет, miodrag.regodic@aggf.unibl.org

Стефан Кецман

Архитектонско-грађевинско-геодетски факултет, kecman.s@hotmail.com

Прегледни научни рад
Review scientific paper
Рад прихваћен | Paper accepted
04/12/2020
UDK | UDC
621.396.96:004.42
DOI
10.7251/AGGPLUS2008064V

Мирослав Вујасиновић

Архитектонско-грађевинско-геодетски факултет, miroslav.vujasinovic@aggf.unibl.org

Миодраг Регодић

Архитектонско-грађевинско-геодетски факултет, miodrag.regodic@aggf.unibl.org

Стефан Кеџман

Архитектонско-грађевинско-геодетски факултет, kecman.s@hotmail.com

СОФТВЕРСКА РЈЕШЕЊА ЗА ОБРАДУ ОБЛАКА ТАЧАКА

АПСТРАКТ

Прикупљање просторних података значајно је унапређено појавом LiDAR технологија и технологија ласерског скенирања. Резултат који произилази из снимања овим методама јесте облак тачака. Количина података која се добија захтијева специјализована софтверска рјешења за рјешавање задатака који се постављају пред инжењерску струку у овој области. У раду су описане технологије прикупљања података чији је резултат облак тачака, комерцијална софтверска рјешења за обраду облака тачака, те је представљено бесплатно софтверско рјешење Cloud Compare и његове предности.

Кључне ријечи: Облак тачака, ласерско скенирање, LiDAR, Cloud Compare

POINT CLOUD PROCESSING SOFTWARE SOLUTIONS

ABSTRACT

Spatial data collection has been considerably improved with the invention of LiDAR and other laser scanning technologies. The result of surveying with these methods is a 3D point cloud. The amount of data obtained requires specialized software solutions to solve the tasks set before the engineering profession in this field. The paper describes data collection technologies resulting in point clouds, commercial software solutions for point cloud processing, and presents an open source Cloud Compare software solution and its advantages.

Key words: Point cloud, laser scanning, LiDAR, Cloud Compare

1. УВОД

Развоју технологије прикупљања података допринијела је појава LiDAR (Light Detection and Ranging) или LaDAR (Laser Detection and Ranging) система у седамдесетим годинама прошлог вијека. Развоју су допринијели и напредак у ГНСС (Глобални навигациони сателитски систем) системима и IMU (Inertial Measurement Unit) системи који су омогућили прецизно одређивање положаја самог сензора. Комбинацијом свих система омогућено је одређивање хоризонталног и вертикалног положаја тачака с довољном прецизношћу за моделовање и картирање простора.

Подаци који су прикупљени технологијом ласерског скенирања организовани су у геореференциран облак тачака који служи као улазни податак при добијању дигиталних модела површина и терена, за добијање 3Д модела објеката и градова као и за добијање уздужних и попречних профила и за многе друге примјене.

Облак тачака представља скуп тачака који најчешће садржи десетине па и ститоне милиона тачака, у зависности од величине простора које је било предмет снимања. За добијање коначног продукта из облака тачака важан је избор софтвера у ком ће се вршити обрада. На тржишту постоји велики број комерцијалних софтвера и софтвера отвореног кода за добијање жељеног продукта.

2. ТЕХНОЛОГИЈЕ ПРИКУПЉАЊА ГЕОПОДАТАКА

Свједоци смо великог напретка на пољу технологија, усавршавању постојећих и развијању потпуно нових технологија. Остварен је напредак на пољу примјене рачунара у фотограметрији и развој дигиталне фотограметрије као и појаве потпуно нових техника, као што су радарско снимање и ласерско скенирање из ваздуха [10].

Посебан напредак остварен је у прикупљању геопросторних података:

- фотограметријским методама,
- терестричким ласерским скенирањем,
- LiDAR технологијама.

2.1. ФОТОГРАМЕТРИЈСКА МЕТОДА

Фотограметријска метода представља прикупљање поузданих тродимензионалних информација о физичким објектима и окружењу кроз процес снимања, мјерења и интерпретације фотографских снимака [10].

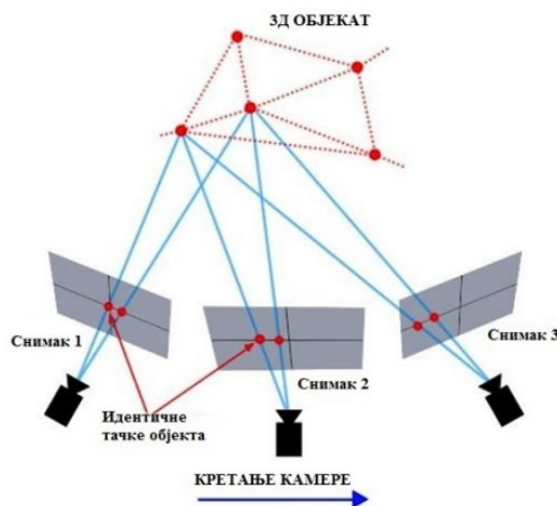
Данас, фотограметријска метода добијања облака тачака, подржана рачунарском обрадом, заснована је на методи SFM (Structure from Motion). SFM метода (Слика 1) је нискобуџетна метода мјерења и не захтијева скупе инструменте, а мјерења се могу обавити било којом врстом дигиталних камера, од SLR фотоапарата, мањих дигиталних фотоапарата, па чак и са камером на паметним телефонима.

Прва фаза SFM алгоритма обухвата проналазак идентичних детаља (кључних тачака) на више снимака. Основни проблеми у овој фази представљају велике варијације у размјери снимака и позицији камере те промјена освијетљености. Овај проблем се рјешава примјеном SIFT (Scale Invariant Feature Transform) алгоритма. SIFT алгоритам се темељи на детекцији и издвајању кључних тачака које се могу искористити за повезивање више различитих фотографија истог објекта. Издвојене кључне тачке на више снимака повезују се коришћењем RANSAC (RANDOM SAmple Consensus) алгоритма [15].

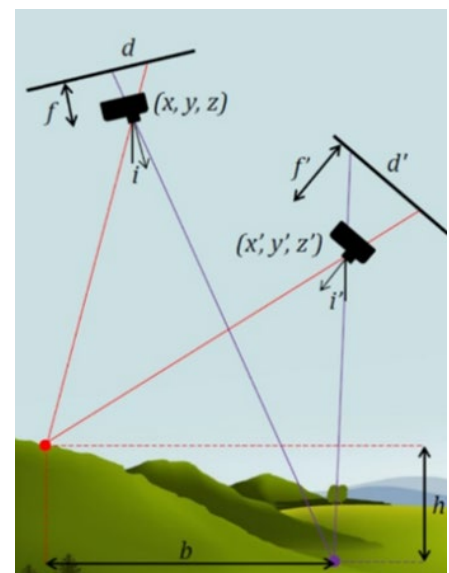
У другој фази се врши уклапање снимака и одређују се параметри камере примјеном ВА (Bundle Adjustment) алгоритма. ВА, приказан на Слици 2, врши оптимизацију позиција кључних тачака и положаја камере уз минимизирање квадрата грешке одступања измјерене и процијењене локације, и омогућава да се одреде [15]:

- позиције камера (x, y, z) , (x', y', z') ,
- оријентације i , i' ,
- жижине даљине f , f' , и
- релативне позиције одговарајућих детаља b , h .

Сљедећа фаза је генерисање ријетког облака тачака (sparse point cloud) на основу одређених параметара камере из претходне фазе и SFM тачака које се усвајају као контролне. Након тога се врши прогушћавање облака тачака и извоз тачака у жељени формат.



Слика 1. Детекција из покрета



Слика 2. Алгоритам Bundle Adjustment [15]

2.2. ТЕРЕСТРИЧКО ЛАСЕРСКО СКЕНИРАЊЕ

Терестричке ласерске скенере могуће је подијелити према начину снимања [13]:

- скенери камере,
- панорамски скенери, и
- хибридни скенери.

2.2.1. Скенери-камере

Начин снимања може се упоредити са фотограметријским камерама које имају ограничено видно поље (Field Of View – FOV). Овај тип скенера врши прикупљање података помоћу два синхронизована огледала која усмјеравају ласерски зрак. Прикупљање података овим скенером је непрактично јер је уско поље снимања. Предност овог метода огледа се у великом домету скенирања, неки и више од 1 000 m, што надокнађује овај недостатак [13].

2.2.2. Панорамски скенери

Поље снимања је ограничено базом инструмента; ово подразумјева да се врши скенирање око инструмента, осим подручја које се налази испод постоља инструмента. Прикупљање података врши се ротирањем једног огледала које усмјерава зрак у вертикалној равни у опсегу од 310°, те ротирањем инструмента у хоризонталној равни за 360° око вертикалне осе. Предност се огледа у величини подручја скенирања, док се као недостатак истиче кратак домет снимања. Највећу примјену налази у скенирању унутрашњих простора објеката [13].

2.2.3. Хибридни скенер

Подручје снимања у хоризонталној равни је 360°, док је у вертикалној равни ограничено на 60°. Хибридни скенери садрже призму или огледало које се ротира око хоризонталне осе. Прикупља податке по вертикалном углу од 60° у тренутном смјеру гледања. Овај тип инструмента најчешће се користи у пракси [13].

2.2.4. Lidar технологија

Појавом LiDAR технологије ласерског скенирања прикупљање података ушло је у нови период. Овим мјерним поступком повећана је брзина прикупљања података и количина информација која је се добије, при чему је смањена цијена рада на терену [13].

Ласерско скенирање из ваздуха врши се с платформи које могу да буду авиони, хеликоптери или дрoнови. Принцип одређивања положаја тачке врши се тако што ласерски скенер мјери растојање до тачке освијетљене ласером на површини Земље, те у комбинацији са ГНСС и ИМУ системима одређује позицију и оријентацију система. Позиционирање помоћу ГНСС система употпуњује се примјеном ГНСС базних станица, чиме се постиже већа тачност и поузданост одређивања положаја. Данас, у већини држава постоје развијене мреже перманентних ГНСС станица и нема потребе да се постављају засебне станице [13].

LiDAR системи опремљени су дигиталним камерама које у синхронизацији с ласерским скенирањем омогућавају, касније у обради, лакше препознавање објеката [13].

LiDAR системи користе различите врсте ласера, а сама рефлексија зависи од површине и таласне дужине. Ласери који раде на таласним дужинама блиским видљивом спектру имају јак степен апсорпције на воденим површинама, а водене површине неће бити видљиве на снимцима таквог скенера [13].

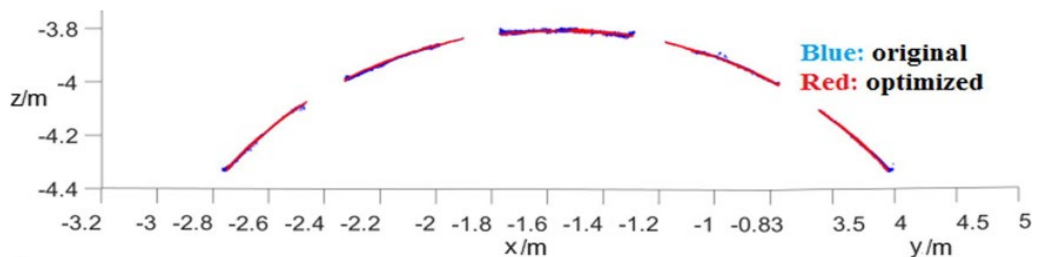
3. ПРИМЈЕНА ЛАСЕРСКИХ СКЕНЕРА

Примјена ласерских скенера у грађевинарству укључена је у све фазе, од пројектовања све до реализације пројеката. Код изградње саобраћајница ласерски скенери се примјењују за проверу стања коловоза и тако непосредно учествују у смањењу учесталости саобраћајних несрећа усљед лошег одржавања путева. Ласерски скенери се увелико користе и при изградњи мостова, тунела, брана и зграда, за моделовање тих објеката [10] и [13].

Ласерско скенирање се сматра напреднијом техником у односу на класичне геодетске методе премјера (тотална станица, ГПС) које прате помјерање само одређеног броја тачака, ласерски скенер може опажати односно пратити деформацију читаве површине. Ласерски скенери су више него погодни за праћење деформација на капиталним грађевинским објектима попут мостова и брана [1].

Поступак праћења деформација објеката ласерским скенером састоји се од [9]:

- снимања (скенирања) објекта или површине ласерским скенером и дигиталном камером (у неколико епоха),
- обрада облака тачака и израда 3Д модела одабране површине,
- поређење модела из разних епоха и рачунање одступања (Слика 3.).



Слика 3. Поређење мјереног и оптималног одступања лука [7]

Ласерски скенери су нашли примјену у свакој грани људске дјелатности која захтијева прикупљање велике количине тачних 3Д података. За индустријске примјене утрошено вријеме је јако важан чинилац, јер треба избјегавати дуге периоде заустављања погона. Приликом снимања рафинерија или сличних полигона са мноштвом хоризонтално и вертикално разведених геометријских облика (цијеви, котлови), ласерско скенирање је посебно исплативо. Особине ласерских скенера који се употребљавају у индустрији су мали домет али велика резолуција скенирања [7].

4. СОФТВЕРСКА РЈЕШЕЊА ЗА ОБРАДУ ОБЛАКА ТАЧАКА

Примјеном ласерских скенера из ваздуха или терестричким ласерским скенирањем добија се велика количина података која, у зависности од карактеристика скенера, врсте објекта или параметара реализованог лета скенирања, може достићи и преко стотину тачака по метру квадратном. Успјешно коришћење података ласерског скенирања подразумијева класификацију тачака из облака према томе на које се објекте и/или појаве односе. За ове потребе развијен је велики број алгоритама који су имплементирани у оквиру комерцијалних и других софтверских алата за обраду података ласерског снимања [2]. У складу са потребама развијена су различита софтверска рјешења.

4.1. СОФТВЕРСКО РЈЕШЕЊЕ QT MODELER

Софтвер QT Modeler (Табела 1) развијен је у Johns Hopkins универзитету (САД), у лабораторији примијењене физике као алат за приказ 3Д модела, способан да обрађује било који тип 3Д података, без обзира на то да ли су снимљени кориштењем LiDAR технологије, терестричких ласерских скенера или било којих других геопросторних сензора [4].

Табела 1. Софтвер QT Modeler – основне информације

Произвођач	Applied Imagery (САД)
Web страница:	http://appliedimagery.com/
Актуелна верзија:	v 8.1.0
Цијена:	Непознато
Намјена:	3Д визуелизација геопросторних података

Ток рада у QT Modeler започиње увозом прикупљених података у бинарном LAS формату, XYZ формату или једном од стандардних формата самог софтвера. Од увезених података, QT Modeler израђује облаке тачака или TIN (Triangular Irregular Network) моделе који ће се даље обрађивати. Опције радног прозора кориснику омогућују увећавање, ротирање и навигацију кроз облак тачака, као и неколико додатних операција унутар самог облака тачака или TIN модела попут уређивања, појачавања, анализе и извоза података. Уређивање подразумијева могућност исјецања, премјештања и измјене дијелова облака тачака, док опције појачавања омогућују подешавање освјетљења и преклапања снимака. Алатке за анализу пружају могућности симулације поплава, анализе видокруга са одређене тачке терена, анализу хистограма висина, прорачун нагиба, посматрање и откривање измјена на терену. Опција извоза података омогућује извоз облака тачака и модела површина у разне формате који укључују сликовне формате попут .bmp, .jpg или .tiff и видео формате попут .avi формата [4].

4.2. СОФТВЕРСКО РЈЕШЕЊЕ TERRASOLID SUITE

Софтвер Terrasolid Suite (Табела 2) је најкомплетније и најнапредније софтверско рјешење за управљање, обраду и анализу података прикупљених LiDAR системом. Читав пакет се састоји од четири главна пакета: TerraModeler, TerraScan, TerraPhoto и TerraMatch. Terrasolid Suite је дизајниран да се покреће кроз виртуелну машину Microstation унутар CAD софтвера, што је предност само по себи, јер омогућује рад у CAD окружењу док се

обрађују LiDAR подаци и лако су доступне алатке за визуелизацију, додавање или помјерање вектора, дефинисање ознака, плотање [2].

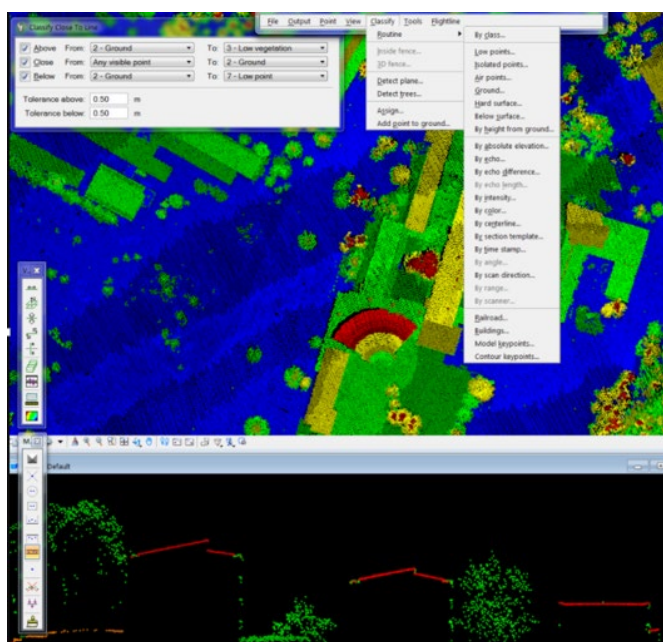
Табела 2. Софтверско рјешење Terrasolid Suite – основне информације

Произвођач	Terrasolid Ltd. (Финска)
Web страница:	http://www.terrasolid.com/products/terrascanpage.php
Актуелна верзија:	020.029
Цијена:	TerraScan: \$ 7 700; Terrasolid Suite: \$ 14 700
Намјена:	Напредно управљање LiDAR подацима

Софтверско рјешење TerraScan за обраду облака тачака, аутоматски је интегрисано унутар Microstation софтвера. Неке од функција за обраду облака тачака доступних у TerraScan софтверу су [2]:

- интерактивна класификација 3Д објеката као што су торњеви и зграде,
- брисање непотребних тачака или грубих грешака у дефинисаном простору,
- уклањање непотребних тачака филтрирањем облака тачака,
- аутоматска детекција електричних водова или кровова,
- извоз модела висина у облику растерске слике,
- пројектовање тачака у профиле,
- извоз класификованих тачака у текстуалне документе, и
- могућност трансформације координата.

Највећа предност TerraScan софтвера је способност управљања великим количинама података, тако што за поједине скупове података креира пројекте и на тај начин раздваја податке у мање цјелине које се могу обрађивати независно једни од других (Слика 4) [2].



Слика 4. Радно окружење TerraScan софтвера [2]

4.3. СОФТВЕРСКО РЈЕШЕЊЕ MERRICK ADVANCED REMOTE SENSING SOFTWARE – MARS

Доступно је пет верзија софтвера: MARS FreeView, MARS Explorer Evaluation, MARS Explorer, MARS ExplorerQC и MARS Production (Табела 3). За обраду података прикупљених LiDAR системом користи се LAS формат [3].

Табела 3. Софтверско рјешење MARS – основне информације

Произвођач	Merrick & Company (САД)
Web страница:	https://www.merrick.com/services/geospatial-services/software/
Актуелна верзија:	2020.1
Цијена:	MARS FreeView: \$0 ; MARS ExplorerQC: \$10 000
Намјена:	Визуелизација облака тачака и основна обрада

Софтвер директно учитава .las документе или ASCII документе који се лако претворе у .las уз помоћ алатке за увоз података. Функције доступне у плаћеном софтверском пакету укључују [3]:

- неограничен капацитет складиштења података прикупљених LiDAR технологијом,
- подржава LAS формат, растерске и векторске формате података,
- аутоматска израда 2Д и 3Д модела и обрада облака тачака и TIN података,
- подржава WMS формате,
- могућност обраде више скупова података истовремено, што обезбјеђује максималну искористивост перформанси рачунара,
- алатке за класификацију и филтрирање облака тачака,
- алатке за преклапање и профилисање облака тачака, и
- могућност трансформације 3Д координата из LAS формата.

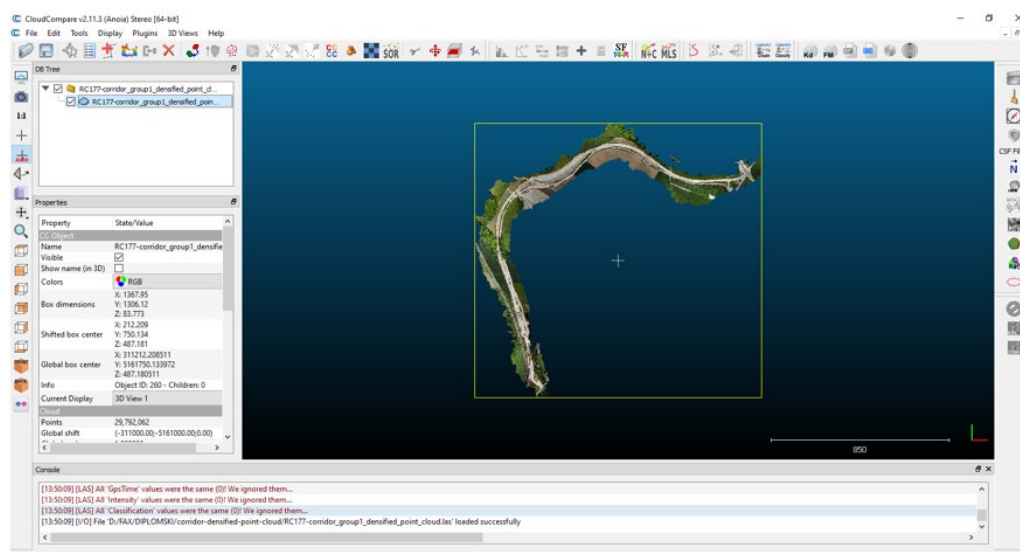
4.4. СОФТВЕРСКО РЈЕШЕЊЕ CLOUD COMPARE

CloudCompare је софтвер отвореног кода за обраду 3Д облака тачака. Прва верзија софтвера је развијена током сарадње телекомуникацијске компаније ParisTech и истраживачке лабораторије Француске електродистрибуције, 2003. године. Основна намјена CloudCompare је била брзо и успјешно откривање насталих деформација и промјена у 3Д облацима тачака високе густине, који су снимљени ласерским скенерима у индустријским постројењима (термоелектране и сл.) или грађевинским радилиштима. Касније је развијен у софтвер за општу и напредну обраду 3Д података. Данас је независан пројекат отвореног кода и бесплатан софтвер [14].

Софтвер CloudCompare садржи низ основних алатки за уређивање и обраду 3Д облака тачака. Поред тога, укључује напредне алгоритме за обраду података који омогућују извршавање операција попут [14]:

- приказ снимка у више пројекција (правоугле, цилиндричне, конусне),
- регистрација облака тачака (ICP метода),
- рачунање растојања (између два облака тачака, између облака и мреже троуглова, између двије појединачне тачке),
- тест статистика, и
- процјена геометријских особина.

Софтвер CloudCompare корисницима омогућава да директно издвоје појединачне 3Д објекте (исцртавањем 2Д полилиније око објекта од интереса), ротацију или транслацију једног или више сегмената у односу на остатак облака тачака, одабир појединачних тачака или пара истих (с циљем одређивања растојања између одабраних тачака), као и одабир три тачке с циљем одређивања угла између њих и површине равни коју заклапају (Слика 5) [14].



Слика 5. Радни прозор CloudCompare софтвера

Софтвер CloudCompare корисницима омогућава да директно издвоје појединачне 3Д објекте (исцртавањем 2Д полилиније око објекта који издвајамо), ротацију или транслацију једног или више сегмената у односу на остатак облака тачака, одабир појединачних тачака или пар истих (с циљем одређивања растојања између одабраних тачака), као и одабир три тачке с циљем одређивања угла између њих и површине равни коју заклапају [14].

Формати подржани у CloudCompare софтверу су BIN, ASCII, PLY, OBJ, VTK, STL, LAS, PCD, FBX, SHP, PTX (Leica), FLS (Faro), RDB/RDBX (Reigl), OFF mesh (Geomview) [14].

4.4.1. Мјерење и цртање у CloudCompare

Софтвер CloudCompare пружа могућности једноставног мјерења растојања између одабраних тачака унутар облака тачака, површине подручја између три одабране тачке као и растојања између истих, те растојања између два облака тачака или облака тачака и троугласте мреже[14].

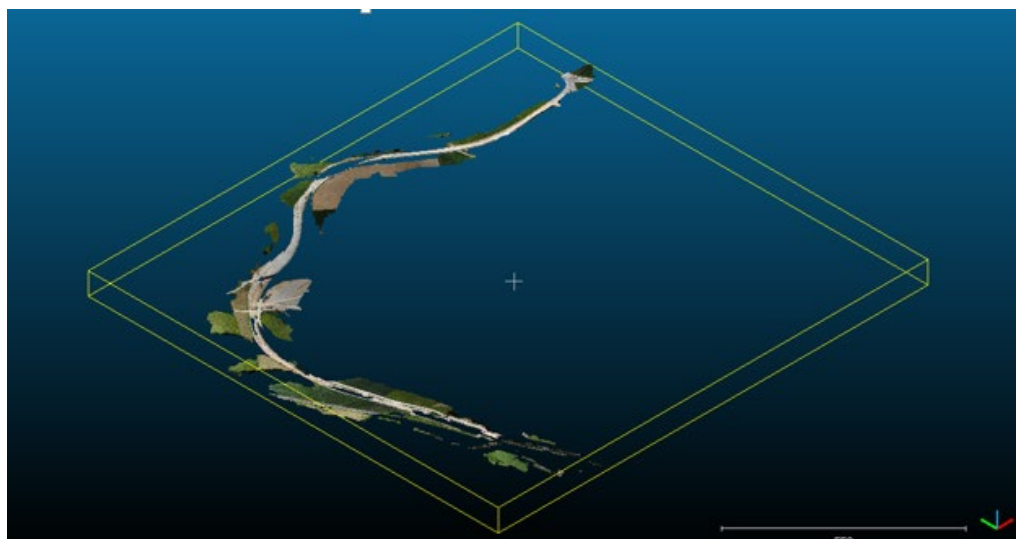
За одабир појединачних тачака дефинисана је опција Point Picking унутар главног менија с командама која омогућава одабир једне тачке и приказ координата и података о боји одабране тачке, одабир двије тачке и приказ растојања између њих уз координатне разлике између тачака, одабир три тачке и приказ површине омеђеног подручја, растојања између тачака и информација о координатним разликама тачака (Слика 6).



Слика 6. CloudCompare мјерење (тачка, дужина, површина)

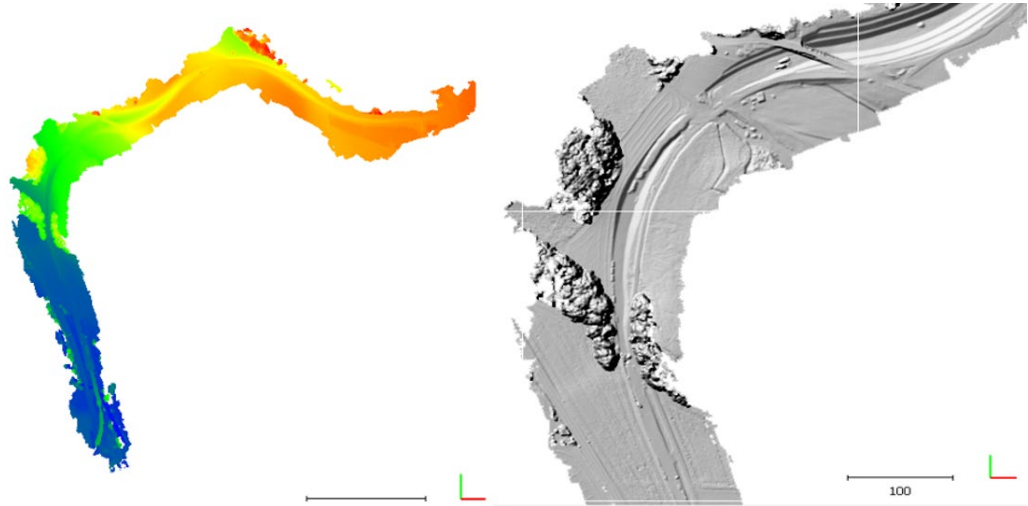
4.4.2. Класификација

За класификацију облака тачака у оквиру CloudCompare софтвера користи се додаток CSF Filter (Cloth Simulation Filter) који омогућава брзу класификацију тачака тла и тачака које не припадају тлу. Наведена опција налази се унутар линије менија са командама под Plugins → CSF Filter. За класификовање помоћу CSF Filter потребно је дефинисати тип терена (врло стрм, средње брежуљкаст и претежно раван) на којем је облак тачака снимљен, што даље утиче на алгоритам одабира тачака тла и тачака које не припадају тлу током саме класификације и подесити оштрину ДМТ и праг класификације (граничну вриједност висинске разлике између тачке тла и тачке која не припада тлу) (Слика 7).



Слика 7. Класификован облак тачака

У оквиру CloudCompare софтвера креирање вертикалне представе терена на основу облака тачака врши се уз помоћ Rasterize опције и функције Contour Plot. Облак тачака трансформише се у растерски формат те се затим дефинишу изохипсе са заданим особинама. Покретањем наведене опције отвара се мањи радни прозор гдје се могу дефинисати карактеристике растера који ће бити генерисан и вертикалне представе терена, укључујући почетну висину изохипси, висинску разлику између сусједних изохипси и слично. Опција Rasterize пружа додатне друге могућности попут креирања осяенчене представе терена (Слика 8).



Слика 8. Креирани модел терена из облака тачака

5. ЗАКЉУЧАК

Обрада велике количине података, као што су облак тачака, захтијева специјализована софтверска рјешења која треба да одговоре на захтјеве корисника. Вријеме за прикупљање података о терену или објектима од интереса значајно је смањено, док је вријеме за обраду података повећано. Сам избор софтвера у ком се изводи обрада и презентација података зависи од количине посла; најважнији фактор је цијена.

Cloud Compare је бесплатно софтверско рјешење које може да одговори на задатке који се постављају пред кориснике. Поред функција које долазе у основној верзији (мјерење, исцртавање садржаја, међусобно поређење облака тачака, извоз у CAD формате), Cloud Compare има велики број додатака које, сами корисници, могу да креирају и касније примјењују за рјешавање инжењерских задатака. Главна предност овог рјешења јесте цијена и једноставност, те се истиче као први програм за учење и савладавање техника обраде облака тачака као бесплатно рјешење.

6. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Радовановић, У.: Векторизација 3Д модела на основу облака тачака, 2016, Нови Сад.
- [2] Terra Solid, адреса: <http://www.terrasolid.com/products/terrascanpage.php>, приступљено: новембар 2020.
- [3] MARS, адреса: <https://www.merrick.com/services/geospatial-services/software/>, приступљено: новембар 2020.
- [4] AppliedImagery, адреса: <http://appliedimagery.com/>, приступљено: новембар 2020.
- [5] Недељковић, О. Ј., Говедарица, М. и Нинков, Т.: „Анализа методе измјере грађевинских објеката 3Д ласерским скенерима“, Геодетски лист, Заграб, 2011.
- [6] Kraus, K.: Fotogrametrija 1, Knjiga 1, Naučna knjiga, Beograd.
- [7] Melzer, T.: „Extraction and Modeling of Power Lines from ALS Point Clouds“, 2004.
- [8] Wilfried, L.: Digital Photogrammetry, Springer, 2009.
- [9] Foster, S., Halbstein, D.: Integrating 3D Modeling, Photogrammetry and Design, Springer, 2014.

- [10] Konecny, G.: Geoinformation, Remote sensing, photogrammetry and geoinformation systems, CRC Press, 2014.
- [11] Rodriguez, J.: Laser Scanner Technology, InTechOpen, 2014.
- [12] Wietkamp, C.: Lidar, Range-Resolved Optical Remote Sensing of the Atmosphere, Springer, 2005.
- [13] Vosselman, G., Hans-Gerd Mass: Airborne and Terrestrial Laser Scanning, CRC Press, 2010.
- [14] CloudCompare user manual, адреса:
<http://www.cloudcompare.org/doc/qCC/CloudCompare%20v2.6.1%20-%20User%20manual.pdf>, приступљено: новембар 2020.
- [15] Вујасиновић, М., Недић, Ј., Антуновић, Б., Регодић, М., Примјена аматерских беспилотних летјелица у фотограметрији, АГГ+, 2020.



[8] 2020 8[1]

АГГ+ часопис за архитектуру, грађевинарство, геодезију и сродне научне области
ACEG+ Journal for Architecture, Civil Engineering, Geodesy and other related scientific fields

078-088

Стручни рад | Professional paper

UDK I UDC 711.8(497.6):[528.4:628.1]/.6

DOI 10.7251/AGGPLUS2008078S

Рад примљен | Paper received 16/05/2020

Рад прихваћен | Paper accepted 17/07/2020

Dragana Skorup

Angermeier d.o.o., Nikole Tesle 51D, 71123 Istočno Novo Sarajevo, draganaskorup@gmail.com

MODELI KATASTRA U BIH

MODELS OF UTILITY
CADASTRE IN BOSNIA AND
HERZEGOVINA

Стручни рад

Professional paper

Рад прихваћен | Paper accepted

17/07/2020

UDK | UDC

711.8(497.6):[528.4:628.1/.6

DOI

10.7251/AGGPLUS2008078S

Dragana Skorup*Angermeier d.o.o., Nikole Tesle 51D, 71123 Istočno Novo Sarajevo, draganaskorup@gmail.com*

MODEL KATASTRA VODOVA U BOSNI I HERCEGOVINI

APSTRAKT

Katastar vodova predstavlja skup podataka o vodovima, stvarnim pravima na vodovima i imaocima tih prava. Početak vođenja ove evidencije u današnjoj Bosni i Hercegovini (BiH) vezuje se za evidencije katastra komunalnih uređaja iz perioda nekadašnje Socijalističke Federativne Republike Jugoslavije (SFRJ) i Socijalističke Republike Bosne i Hercegovine (SR BiH). Od tada do danas izdvajaju se dva osnovna tipa evidencije o vodovima: katastar komunalnih uređaja i katastar vodova. Osnovna razlika između ovih modela je što se kod katastra vodova vodi i evidencija o stvarnim pravima na njima i imaocima tih prava, što nije slučaj kod katastra komunalnih uređaja. U radu je prikazan razvoj katastarskih evidencija o vodovima u BiH i ukazano na važne karakteristike pojedinih modela u Republici Srpskoj (RS), Federaciji Bosne i Hercegovine (FBiH) i Brčko distriktu Bosne i Hercegovine.

Кључне ријечи: *katastar vodova, katastar komunalnih uređaja, katastar, baza podataka, GIS.*

MODELS OF UTILITY CADASTRE IN BOSNIA AND HERZEGOVINA

ABSTRACT

The utility cadastre database is a basic set of data about utilities, property rights pertaining to them and property rights holders. The beginning of utility cadastre in Bosnia and Herzegovina is referred to cadastre of communal facilities in the Socialist Federal Republic of Yugoslavia (SFRY) and the Socialist Republic of Bosnia and Herzegovina (SR BiH). In Bosnia and Herzegovina there are two types of records: utility cadastre and cadastre of communal facilities. The main difference between these two models is that the utility cadastre also contains the information about property rights pertaining to them and property rights holders which is not the case with the cadastre of communal facilities. The paper will give an overview of utility records in BiH and point out some important characteristics of particular models of utility records in the Republic of Srpska, Federation of Bosnia and Herzegovina and Brčko district of Bosnia and Herzegovina.

Key words: *utility cadastre, cadastre of communal facilities, cadastre, database, GIS.*

1. UVOD

Katastarski plan vodova jeste dvodimenzionalni prikaz vodova u ravni državne projekcije i ima ogromnu materijalnu vrijednost. Njegovo postojanje bitno je za sve vrste planiranja, realizacije urbanističkih rješenja naselja, saobraćajnica i drugih objekata. Prema Zakonu o premjeru i Katastru Republike Srpske, (član 49), i Pravilniku o izradi i održavanju katastra komunalnih usluga, (član 3), premjer vodova, nadzemnih i podzemnih, jeste geodetsko mjerenje i prikupljanje podataka o vodovima i stvarnim pravima na njima [13]. Potrebno je vršiti evidenciju svih nadzemnih i podzemnih vodova, kao i postrojenja i uređaja koji im pripadaju, a za koje je obavezno prikupljanje dozvola (građevinske i upotrebne dozvole) za sve vrste mreža: elektroenergetsku, telekomunikacionu, naftovodnu, gasovodnu, drenažnu, toplovodnu, parovodnu, vodovodnu i kanalizacionu [5]. Podaci u katastru vodova prikazuju se grafički, numerički i opisno.

Republika Srpska ima za cilj izradu Modela podataka katastra vodova koji bi omogućio izradu jedinstvene baze podataka, i adekvatne aplikacije za manipulaciju nad tim podacima. Za realizaciju projekta važna je interakcija područnih jedinica Republičke uprave za geodetske i imovinskopravne poslove, kako bi se osiguralo jedinstveno i sistematsko prikupljanje i ažuriranje podataka o komunalnim vodovima.

U radu je prikazana istorija razvoja katastra vodova u Bosni i Hercegovini, kako bi se mogle sagledati mogućnosti nadogradnje i dopune postojećeg sistema. Analizirano je stanje katastra vodova i katastra komunalnih uređaja u FBiH I Brčko Distriktu, kako bi se došlo do uvida u stanje modela i korake koje je potrebno poduzeti kako bi se, u budućnosti, imao jedinstven i funkcionalan sistem.

2. KATASTAR VODOVA U BIH

Prvi zakon o katastru komunalnih uređaja u SFRJ donijela je SR Slovenija 1967. godine. Da bi se obezbijedila tačna i pregledna evidencija, u tadašnjoj SR BiH donesen je Zakon o katastru komunalnih uređaja 1973. godine. Ovim zakonom regulisala se vrsta i obim komunalnih uređaja koje je potrebno evidentirati, obaveze korisnika i opštinskih organa za geodetske poslove na izradi katastra komunalnih uređaja, kao i obaveze Republičke geodetske uprave [7].

U dokumentima iz 1977. godine navodi se da na prostoru BiH nije postojala jedinstvena evidencija o vodovima u pogledu njihovog međusobnog položaja u prostoru. Organizacije udruženog rada vodile su evidenciju za svoje potrebe, ne vodeći računa o postojećim vodovima ostalih korisnika koji su se nalazili u prostoru. Tada, ne samo u velikim gradovima, nego i manjim sredinama, uviđa se značaj katastra vodova i rješavanja ovog problema. S obzirom na činjenicu da je od velikog interesa svake društveno-političke zajednice osiguranje nesmetanog funkcionisanja svih elemenata infrastrukture i planskog uređenja prostora, čiji su sastavni dio i podaci o prostoru i katastru vodova, uređaja i objekata, u tadašnjoj SR BiH donesen je Zakon o katastru komunalnih uređaja. Ovaj Zakon nije pretrpio bitne izmjene u odnosu na onaj donesen 1973. godine. Izmjene su se odnosile na usaglašavanje sa terminologijom novog Ustava i ispravljanje tehničkih grešaka.

Ovim zakonom regulisana su prava i obaveze između korisnika komunalnih uređaja i opština pri uspostavljanju jedinstvenog katastra komunalnih uređaja i određen je rok od pet godina za uspostavu tog katastra.

Izrada katastra komunalnih uređaja vršena je u sljedećim fazama:

- preuzimanje podatka o komunalnim uređajima od korisnika;
- donošenje Programa izrade katastra komunalnih uređaja;
- priprema geodetskih podloga za katastar komunalnih uređaja;
- geodetsko snimanje komunalnih uređaja;
- kartiranje komunalnih uređaja, i
- izrada katastarskog operata komunalnih uređaja [8].

Direktor Republičke geodetske uprave SR Bosne i Hercegovine donio je Pravilnik o izradi i održavanju katastra komunalnih uređaja, na osnovu člana 38. Zakona o katastru komunalnih uređaja [4]. U skladu sa ovim Pravilnikom, komunalnim uređajima smatraju se:

- vodovodna mreža;
- kanalizaciona mreža;
- elektroenergetska mreža i mreža električnih vodova za potrebe saobraćaja;
- toplovodna i parovodna mreža;
- telekomunikaciona mreža;
- gasovodna mreža;
- naftovodna mreža;
- sonovodna mreža i drenažna mreža sa pripadajućim objektima;
- tuneli, skloništa, podzemni prolazi, garaže i slično [4].

Katastar komunalnih uređaja je potrebno izrađivati na nivou opštine. Skupština opštine ili grada usvaja program za izradu katastra. Programom se definišu:

- pripremni radovi (otkrivanje i geodetsko snimanje komunalnih uređaja i izrada planova i elaborata komunalnih uređaja)
- obim poslova i dinamika izrade;
- održavanje katastra (prikupljanje i obrada podataka o promjenama; provođenje promjena na planovima i elaboratima; obim poslova)
- način vođenja evidencije katastra;
- obaveze korisnika za izradu i održavanje katastra;
- nadležnost, zadaci i organizacija službe za katastar komunalnih uređaja;
- troškovi izrade i održavanja.

Prije početka snimanja potrebno je prikupiti postojeću dokumentaciju o izgrađenim uređajima koji se nalaze kod korisnika kako bi se ocjenila njihova upotrebljivost. Ako se utvrdi upotrebljivost navedene dokumentacije, ona se kartira na skicama snimanja i planovima komunalnih uređaja odgovarajućim oznakama. Prilikom izrade katastra komunalnih uređaja koriste se:

- za izgrađena područja planovi 1:500 i 1:1 000; i
- za neizgrađena područja 1:2 500, 1:5 000, karte 1:5 000 ili 1:10 000.

Na postojećim planovima i topografskim kartama razmjere 1:2 500 ili 1:5 000 predstavljaju se komunalni uređaji i vodovi za gradska područja, dok se komunalni uređaji i vodovi za vangradska područja predstavljaju na postojećim planovima i topografskim kartama razmjere 1:10 000 ili 1:25 000.

Otkrivanje postojećih podzemnih uređaja vrši se tragačem ili otkopavanjem. Kao i svaki drugi instrument, i njega je potrebno ispitati prije upotrebe i rezultate ispitivanja upisati u odgovarajući zapisnik. Cjevasti vodovi se pronalaze na osnovu pripadajućih objekata koji se nalaze na površini, dok se kablovski vod pronalazi preko kablovskih okana i drugih pripadajućih objekata. Tačke podzemnog voda se obilježavaju na površini na mjestima preloma u horizontalnom i vertikalnom pogledu, i to korištenjem privremenih ili trajnih biljega.

Snimanje se vrši sa postojeće trigonometrijske, poligonometrijske, poligone, linijske i nivelmanske mreže i prema važećim propisima o premjeru zemljišta. Na geodetskom planu i skicama snimanja, trase vodova se predstavljaju linijom debljine 0,2 mm, u odgovarajućoj boji voda.

Podzemni vodovi se iscrtavaju punom, a nadzemni isprekidanom linijom. Vodovi i podzemni objekti iscrtavaju se u odgovarajućoj boji debljine 0,5 mm. Vodovi se numerišu na skicama snimanja i grafičkim pregledima od **1** do **n** arapskim brojevima. Kote određene nivelmanom ispisuju se do na centimetar, a kote određene tahimetrijom i tragačem na decimetar.

Elaborat komunalnih uređaja sastoji se od:

- geodetskog plana komunalnih uređaja;
- grafičkog pregleda komunalnih uređaja; i
- popisa komunalnih uređaja sa pripadajućim objektima po vrstama uređaja.

Održavanje katastra komunalnih uređaja podrazumijeva utvrđivanje i provođenje nastalih promjena. Napušteni vodovi se precrtavaju sa planova s dvije okomite crvene linije na pružanje voda, dok se uklonjeni poništavaju kružićem crvene boje.

U nastavku će biti opisani sistemi komunalnih uređaja u Republici Srpskoj i Bosni i Hercegovini. JP „Komunalno Brčko“ je geografski informacioni sistem komunalnih uređaja (GIS) u Brčko Distriktu BiH u kojem se sinhronizuju, pamte i mijenjaju podaci o postojećim komunalnim mrežama i pratećoj infrastrukturi. Digitalni katastar nastao je digitalizacijom crteža preuzetih od Odjeljenja za javni registar Brčko Distrikta BiH, preuzetih geodetskih podataka u papirnoj formi i naknadnim snimanjem komunalnih uređaja [2].

3. KATASTAR VODOVA U REPUBLICI SRPSKOJ

U Republici Srpskoj katastar vodova regulisan je Zakonom o premjeru i katastru Republike Srpske [13]. Na osnovu tog zakona katastar vodova definiše se kao osnovni registar o vodovima, stvarnim pravima na njima i imaocima tih prava [13].

Elaborat premjera vodova, zbirka isprava i baza podataka katastra vodova su osnovni dijelovi katastra vodova.

Dokumenta kojima raspolažu nadležne republičke službe, pravna i fizička lica, a koja su nastala prilikom projektovanja i osnivanja premjera vodova, čine elaborat premjera vodova.

Zbirka isprava je skup isprava na osnovu kojih se izvršavaju upisi i brisanje prava na vodovima.

Bazu podataka katastra komunalnih uređaja čine svi podaci koji se odnose na vodove, stvarna prava na tim vodovima, kao i imaocima prava [13].

Sadržaj, način izrade, održavanje, čuvanje i razmjenu podataka katastra vodova propisuje Uprava, dok poslove upisa u katastar vodova obavlja područna jedinica ili kancelarija Uprave.

U Republici Srpskoj na snazi je i Pravilnik o načinu osnivanja i održavanja katastra vodova. Pravilnikom se definišu načini i metode premjera, osnivanja i održavanja katastra vodova [5].

Bazu podatka predstavlja podsistem geoinformacionog sistema Republike Srpske, i čine je: geoprostorni i drugi podaci o vodovima, stvarna prava na njima, nosioci stvarnih prava i zabilježbe na vodovima.

Na osnovu glavnog projekta, koji se izrađuje u skladu sa projektnim zadatkom, vrši se definisanje premjera i osnivanje katastra vodova. On se može izraditi za jednu ili više vrsta vodova. Formiranju glavnog projekta prethode pripremni radovi koji obuhvataju analizu postojeće dokumentacije o vodovima i ocjenu njihove upotrebljivosti. Glavni projekat bi se trebao sastojati od sljedećih stavki:

- koncepcije radova;
- propisane tačnosti za određena područja;
- kontrole kvaliteta radova i ostvarenja projektovane tačnosti;
- metode mjerenja;
- geodetskih referentnih tačaka i
- načina prikupljanja podataka o vodovima [5].

Način otkrivanja podzemnih vodova identičan je onom propisanom 1978. godine, s dodatnim uslovom koji se odnosi na ispravnost tragača. Tragač se svake druge godine ispituje u ovlaštenoj laboratoriji i treba zadovoljiti odgovarajuće uslove kako bi se za njega mogla izdati potvrda da je u ispravnom stanju [5]. Elementi koji se mjere prilikom premjera vodova po pojedinačnim mrežama poklapaju se sa onim koji su propisani i prvim pravilnikom. Pravilnikom se definišu i standardne devijacije položaja detaljnih tačaka kod premjera vodova koji za horizontalni položaj u zavisnosti od područja snimanja trebaju biti manja od 10 cm u građevinskim područjima, i manja od 20 cm u vangrađevinskim područjima. Za vertikalni položaj maksimalna standardna devijacija zavisi od vrste mreže i maksimalna je 5 cm za kanalizacionu mrežu, dok je za ostale mreže maksimalno 10 cm.

Kontrola se vrši na osnovu kontrolnih tačaka koje se biraju na svakih dvadeset ravnomjerno raspoređenih detaljnih tačaka. Kontrolne tačke se određuju na osnovu permanentnih stanica RS ili referentne mreže RS i razlika između njih i tačaka dobijenih u premjeru vodova ne smije prelaziti dvostruku vrijednost standardne devijacije. U Pravilniku je naveden način na koji se vrši kontrola mjerenja linijskih vodova.

Prilikom premjera vodova potrebno je da se prikupljaju i podaci o stvarnim pravima i nosiocima tih prava. Podaci se prikupljaju na osnovu isprava koje posjeduju investitori voda, odnosno lica na čiji zahtjev se i vrši premjer odgovarajućeg voda.

3.1. OSNIVANJE KATASTRA VODOVA

Katastar vodova osniva se na osnovu podataka:

- o vodovima iz službene evidencije Uprave;
- premjera vodova.

Nakon što se izvrši upisivanje bar jednog voda u opštini ili gradu, smatra se da je izvršeno osnivanje katastra vodova. Upis se vrši na osnovu elaborata mjerenja voda, plana voda i registra voda. Plan voda može biti u analognom ili digitalnom obliku. Baza podataka katastra voda sastoji se, samim tim, od *katastarskog plana voda* i *lista voda*.

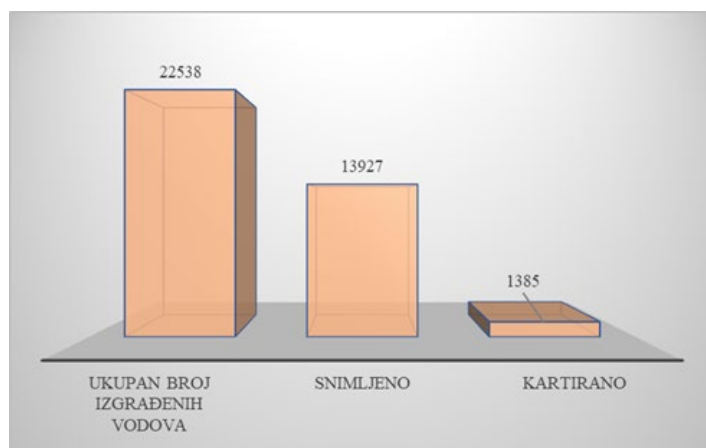
Katastarski plan sadrži podatke o linijskim vodovima zajedno sa pripadajućim objektima, katastarskom broju voda, karakterističnim podacima, granicama katastarskih opština, parcela, nazivima ulica, odnosno potesa i kućnim brojevima. Broj voda kreće se od 1 do n , u zavisnosti od redoslijeda upisa.

List voda sastoji se od:

- katastarskog broja voda;
- imena grada ili opštine;
- vrsta voda;
- naziva voda (iz projektne dokumentacije, odnosno upotrebne dozvole);
- osnovnih karakterističnih podataka o vodu;
- dužine voda;
- naziva, odnosno imena i prezimena i adrese nosioca prava svojine na vodu;
- obima prava i
- drugih stvarnih prava i zabilježbi o vodu.

3.2. STANJE KATASTRA VODOVA U REPUBLICI SRPSKOJ

Na osnovu srednjoročnog Programa premjera i uspostavljanja katastra nepokretnosti za period od 2016. do 2020. godine evidentno je da je, uprkos postojećem zakonu i pravilniku o katastru komunalnih vodova, Republika Srpska daleko od njegove realizacije u praksi. Na osnovu podataka programa Republike Srpske izgrađeno je ukupno oko 22.538 km svih podzemnih vodova, od toga je geodetski snimljeno oko 13.927 km, a kartirano svega 1.385 km komunalnih uređaja (Slika 1).



Slika 1: Grafički prikaz stanja katastarskih vodova u Republici Srpskoj [9]

Analiziranjem opština u Republici Srpskoj ustanovljeno je da je u 13 opština (Banjaluci, Bijeljini, Gradišci, Doboju, Istočnoj Ilidži, Zvorniku, Kozarskoj Dubici, Kotor Varošu, Palama, Trebinju, Ugljeviku, Foči i Čelincu) vršeno kartiranje jednog broja snimljenih objekata; u ostalih pedeset opština nije završeno kartiranje nijednog snimljenog elaborata komunalnog voda.

U Banjaluci je vršeno kartiranje komunalnih uređaja i to do 2015. Godinei stanje je prikazano u tabeli 1.

Табела 1: Prikaz stanja komunalnih vodova u Banjaluci prema podacima iz srednjoročnog Programa premjera i uspostavljanja katastra nepokretnosti za period od 2016. do 2020. godine [9]

Stanje komunalnih vodova	Ukupno
Izgrađeno	2 127
Snimljeno	2 127
Kartirano	415

U maju 2019. godine Republička uprava za geodetske i imovinskopravne poslove objavila je radnu verziju Pravilnika o premjeru Republike Srpske. Na osnovu pravilnika definiše se način premjera vodova. Članom 26. opisuje se način na koji je potrebno postupiti sa elaboratima vodova. Izvođač je dužan da preda zahtjev za pregled elaborata geodetskih radova u nadležnu područnu jedinicu, koja vrši njegov pregled. U slučaju da nadležna područna jedinica nema zaposlenog inženjera geodezije, zahtjev je potrebno proslijediti Upravi, koja je dužna da u područnu jedinicu pošalje ovlašteno lice. Elaborat vodova sadrži:

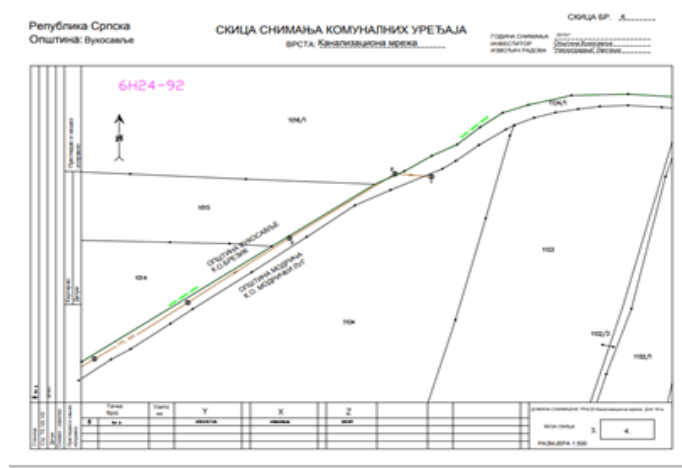
- prijavu o početku izvođenja geodetskih radova;
- zapisnik o praćenju izvođenja geodetskih radova;
- zahtjev za pregled elaborata geodetskih radova;
- elaborat geodetskih radova (elaborat se sastoji od: skice mjerenja vodova i dopunske skice mjerenja vodova u propisanom formatu, zapisnika mjerenja, ako podaci mjerenja nisu automatski registrovani i podataka mjerenja u propisanom formatu);
- podatke o stvarnim pravima na vodovima ili izjavu (konstataciju) izvođača radova da podaci o nosiocu prava nisu pribavljeni;
- dokaze o svim izmirenim finansijskim obavezama;
- zapisnik o pregledu elaborata geodetskih radova; i
- potvrdu o prijemu elaborata.

Nakon što je elaborat primljen od strane nadležne područne jedinice ili Uprave, potrebno je da se sastavi Zapisnik o pregledu elaborata geodetskih radova i izda potvrda o prijemu elaborata [6].

Elaborat snimanja katastra vodova u praksi, sastojao se od sljedeće dokumentacije:

- Tehničkog izvještaja;
- Opšte dokumentacije (Licenca za rad; Licenca za korištene softverske pakete; Certifikati o verifikaciji korištenih uređaja)
- Geodetske osnove;
- Spiska koordinata detaljnih tačaka;
- Rekapitulacije dužina vodova;
- Skice snimanja;
- Skice okna – komore.

Izgled skice snimanja prikazan je na slici 2:



Slika 2: Skica snimanja kanalizacione mreže u opštini Vukosavlje

4. KATASTAR KOMUNALNIH UREĐAJA U FEDERACIJI BOSNE I HERCEGOVINE

U Federaciji Bosne i Hercegovine primjenjuje se Zakon o katastru komunalnih uređaja i Pravilnik o izradi i održavanju katastra komunalnih uređaja iz 1978. godine. Prema zakonu, katastar komunalnih uređaja predstavlja skup tehničke dokumentacije o nadzemnim i podzemnim komunalnim uređajima [12].

Zakonom se definiše da su opštine nadležne za izradu i održavanje katastra komunalnih uređaja. U opštinama trebaju biti zaposleni geodetski inženjeri sa položenim stručnim ispitom koji će vršiti poslove vezane za katastar komunalnih uređaja [12]. Troškove njegove izrade i održavanja snosi opština, a troškove snimanja snose korisnici komunalnih uređaja. Nadzor nad geodetskim snimanjem komunalnih uređaja vrši nadležni opštinski organ Uprave [10]. Zakonom je definisan rok od trideset dana za predaju elaborata snimanja komunalnih uređaja nadležnim opštinskim organima Uprave [12].

Korisnici komunalnih uređaja obavezni su da prijave nadležnom opštinskom organu uprave svaku promjenu koja nastaje prilikom izgradnje novog uređaja, rekonstrukcije ili napuštanja i to u roku od trideset dana od dana nastale promjene.

Zakonom se definiše vremenski rok od pet godina za izradu katastra komunalnih uređaja od dana njegovog stupanja na snagu. Program na osnovu kog se izrađuje katastar komunalnih uređaja donosi skupština opštine [12].

U Federaciji Bosne i Hercegovine digitalni katastar komunalnih uređaja uspostavljen je u gradovima Cazin, Goražde i u Kantonu Sarajevo.

Katastar komunalnih uređaja na području Sarajeva formiran je u periodu od 1975. do 1990. godine. Izrada katastra komunalnih uređaja izvršena je na osnovu Programa izrade katastra za šest opština (Stari Grad, Centar, Novo Sarajevo, Novi Grad, Ilidža i Vogošća) i tri prigradske (Hadžići, Ilijaš i Trnovo). Analogni katastar je postojao na jedinstvenoj cjelini područja Kantona.

Digitalni katastarski plan je projekat koji je nastao 2002. godine sa ciljem modernizacije i poboljšanja postojećeg Katastra komunalnih uređaja (KKU). Projekat je realizovan od strane Zavoda za izgradnju Kantona Sarajevo. Za prevođenje analognog plana katastra komunalnih uređaja u digitalni oblik korišćen je programirani AutoCAD modul „Zikdig“, koji može da

zadovolji zahtjeve digitalnog katastra komunalnih uređaja. Modul „Zikdig“ počeo se koristiti 2007. godine za digitalizaciju katastra komunalnih uređaja. Takođe, razvijen je i web-baziran softver „WebZikdig“ koji se oslanja na Autodesk MapGuide 6.5 i Oracle bazu podataka, kao i na modul „Zikdig“ [1]. Na osnovu njega korisnici su u mogućnosti da dobijaju podatke putem Interneta.

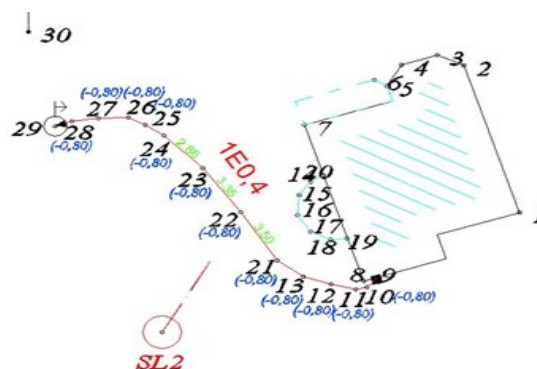
Konačan rezultat ovog projekta jeste rješenje u svjetskim propisima – OpenGis standardima.

Na osnovu njih definisana su:

- softverska rješenja (Autodesk);
- baza podataka (Oracle 9.2);
- skeniranje i georeferenciranje planova;
- digitalni topografski ključ za simbol elemente u katastru;
- digitalizacija (iscrtavanje) katastra;
- sadržaj i izgled baze podataka;
- obim i raslojavanje podataka; i
- druga specifična rješenja [1].

Zahvaljujući gore navedenom razvijena je jedna moderna programska aplikacija koja je bazirana na klijent/server principu i koja omogućava krajnjem korisniku svakodnevna ažuriranja podataka o elaboratima katastra komunalnih uređaja. Aplikacija nudi mogućnosti dobijanja raznih izvještaja i informacija o vodovima. Izvještaj se dobija u relanom periodu [1].

Održavanje katastra komunalnih uređaja u Kantonu Sarajevo vrši Zavod za izgradnju Kantona Sarajevo, Sektor za katastar komunalnih uređaja. Isječak iz skice snimanja na osnovu koje se u Zavodu vrši kartiranje, nakon pregleda i provjere dostavljenih podataka prikazan je na slici 3:



Slika 3: Skica snimanja elektromreže u opštini Ilijaš

Na osnovu Trogodišnjeg plana rada od 2019. do 2021. godine Federalna geodetska uprava ima u planu osiguranje jednoobraznog i sistematskog prikupljanja i upravljanja ažurnim i pouzdanim podacima katastra komunalnih uređaja i topografskim podacima. Neophodno je izraditi odgovarajuće pravne propise, modele podataka i ostalu tehničku dokumentaciju kako bi se sistematski i standardizovano vršilo prikupljanje, obrada, održavanje, razmjena i distribucija, arhiviranje i čuvanje podataka.

Godine 2013. izrađen je Model podataka katastra komunalnih uređaja FBiH. Katalog objekata izrađen je u skladu sa internacionalnim standardom ISO 19110:2005 (Geographic Information – Methodology for feature cataloguing). Na osnovu ISO 19110:2005, nazivi tipova objekata

klasa (engl. feature types) i atributi specifikovani su prirodnim jezikom [3]. Svaki podatak se definiše prirodnim jezikom i uključuje tip podatka – domenu vrijednosti atributa. Katalog objekata sadrži obavezne geoprostorne objektne klase – dakle, one klase koje imaju geoprostorni (geometrijski) kontekst/atribut i koje su obavezne [3]. Identifikator objekata sastoji se od prostora imena i lokalnog identifikatora. Na slici 4 prikazana je jedna od klasa za kanalizacijsku mrežu.

Klasa:	KanalizacijaLink	
Podtip od:	<i>MrezaKKULink</i>	
Stereotip:	<<featureType>>	
	inspireID : Identifier	1
	pocetakZivotnogVijekaVerzije : DateTime	1
	krajZivotnogVijekaVerzije : DateTime	0..1
Uloga u vezi	uMrezi : MrezaKomunalnihUredjaja	1
Uloga u vezi	pocetniCvor : KanalizacionaCvor	1
Uloga u vezi	krajnjiCvor : KanalizacionaCvor	1
	oznaka : CharacterString	0..1
	imaginaran : Boolean	1
	tip : TipKanalizacionogLinka	1
	validFrom : DateTime	1
	validTo : DateTime	0..1
	izvorGeometrije : TipIzvorGeometrije	1
	skica : Integer	1
	datumSnimanja : Date	1
	nacinOtkrivanja : TipNacinOtkrivanja	0..1
	materijal : tipMaterijalKanalizaciona	0..1
	centarLinijeGeometrije : GM_Curve	1
Veza na	MrezaKomunalnihUredjaja	
	KanalizacionaCvor	

Slika 4: Prikaz klase KanalizacionaLink [3]

Za grad Cazin izrađena je baza podataka katastra komunalnih uređaja na osnovu Modela podataka katastra komunalnih uređaja. Takođe, za potrebe katastra komunalnih uređaja izrađena je odgovarajuća aplikacija. Aplikacija omogućava pregled svih komunalnih uređaja u gradu Cazinu. Zasnovana je na Oracle bazi. Omogućava izrade kopija planova, unos novih elaborata i vršenje promjena. Aplikacija prikazuje atributne podatke klasa katastra komunalnih uređaja. Unutar aplikacije prikazan je i sadržaj BPKN-a, pa je tako moguć uvid u sve katastarske opštine, parcele i objekte na parcelama. Unos novih vodova se vrši na osnovu csv fajla koji sadrži x, y koordinate, kotu terena i kotu voda.

Sljedeći korak Federalne geodetske uprave jeste izrada softvera za katastar komunalnih uređaja koji će biti implementiran u sve opštinske službe nadležne za geodetske poslove i katastar komunalnih uređaja u Federaciji Bosne i Hercegovine [11].

5. ZAKLJUČAK

Katastar komunalnih uređaja u BiH predstavlja nasljeđe iz vremena bivše SR BiH. Zakon i pravilnici imaju određene nedostatke u pogledu savremenih tehnologija i potreba korisnika podataka o vodovima. U pravnom smislu, Republika Srpska izvršila je izmjene propisa, ali potrebno je uložiti dodatne napore u praksi u cilju ostvarivanja napretka u evidentiranju vodova.

U Federaciji Bosne i Hercegovine je, u cilju unapređivanja katastra komunalnih uređaja, učinjen napredak u praktičnom smislu usvajanjem Modela podataka katastra komunalnih uređaja, kako

bi se napravila jedinstvena baza i samim tim izvršilo objedinjavanje evidencije katastra komunalnih uređaja. Takođe, razvijene su aplikacije koje omogućavaju rad sa bazom katastra komunalnih uređajima i koje imaju mogućnost unosa novih elaborata i provođenje promjena.

Iako oba entiteta i Brčko Distrikt BiH ulažu velike napore kako bi unaprijedili katastar komunalnih uređaja, odnosno katastar vodova, i dalje postoje veliki nedostaci i predstoje velika ekonomska i ljudska ulaganja kako bi se ovaj sektor postavio na viši nivo.

6. BIBLIOGRAFIJA

- [1] Aplikacija Digitalni katastar komunalnih uređaja (2011)
- [2] Dostupno na:
http://zik.ks.gov.ba/sites/zik.ks.gov.ba/files/prezentacija_digitalnog_katastra_komunalnih_uredaja.pdf [06.08.2019.].
- [3] Geografski Informacioni Sistem JP Komunalno Brčko
- [4] Dostupno na:
- [5] <http://gis.komunalno.ba/index.html> [02.07.2020.].
- [6] Model podataka katastra komunalnih uređaja FBiH (2013).
- [7] Pravilnik o izradi i održavanju katastra komunalnih uređaja (1978).
- [8] Pravilnik o načinu osnivanja i održavanja katastra vodova („Službeni glasnik Republike Srpske“, br. 11/14).
- [9] Pravilnik o premjeru Republike Srpske, radna verzija Pravilnika (2019).
- [10] Savjetovanje o radu opštinskih organa nadležnih za geodetske poslove (1981).
- [11] Savjetovanje o stanju i problemima geodetske službe u opštinama (1978).
- [12] Srednjoročni program poslova premjera i uspostavljanja katastra nepokretnosti za period od 2016. do 2020. godine.
- [13] Štimac, I. (2011). Analiza upisnika vodova u regiji, str. 34–41.
- [14] Trogodišnji plan rada 2019–2021. godine Federalne geodetske uprave,
- [15] Dostupno na:
- [16] <http://www.fgu.com.ba/bs/trogodisnji-plan-rada-2019-2021-godina.html> [06.08.2019.].
- [17] Zakon o katastru komunalnih uređaja („Službeni list SR BiH“, br. 32/73 i 21/77).
- [18] Zakon o premjeru i katastru Republike Srpske („Službeni glasnik Republike Srpske“, br. 6/12, 110/16 i 22/18 – odluka US, 62/18 i 95/19 – odluka US).

АГ
Г+

сродне научне области | other related scientific fields



[8] 2020 8[1]

АГГ+ часопис за архитектуру, грађевинарство, геодезију и сродне научне области
ACEG+ Journal for Architecture, Civil Engineering, Geodesy and other related scientific fields

092-105

Оригинални научни рад | Original scientific paper

UDK | UDC 66.017:664.11(497.6Брчко)

DOI 10.7251/AGGPLUS2008092K

Рад примљен | Paper received 26/02/2020

Рад прихваћен | Paper accepted 14/05/2020

Miroslav Kostadinović

*University of East Sarajevo, Faculty of Transport and Traffic Engineering
Doboj, Vojvode Mišića 52, 74000 Doboj, Bosnia and Herzegovina,
miroslav.kostadinovic@sf.ues.rs.ba*

Aleksandar Stjepanović

*University of East Sarajevo, Faculty of Transport and Traffic Engineering
Doboj, Vojvode Mišića 52, 74000 Doboj, Bosnia and Herzegovina,
aleksandar.stjepanovic@sf.ues.rs.ba*

Goran Kuzmić

*University of East Sarajevo, Faculty of Transport and Traffic Engineering
Doboj, Vojvode Mišića 52, 74000 Doboj, Bosnia and Herzegovina,
goran.kuzmic@sf.ues.rs.ba*

Mirko Stojčić

*University of East Sarajevo, Faculty of Transport and Traffic Engineering
Doboj, Vojvode Mišića 52, 74000 Doboj, Bosnia and Herzegovina,
mirko.stojcic@sf.ues.rs.ba*

Tanja KOSTADINOVIĆ

*University of East Sarajevo, Faculty of Transport and Traffic Engineering
Doboj, Vojvode Mišića 52, 74000 Doboj, Bosnia and Herzegovina*

**ŽIČ(A)NI/BEŽIČNI
KOMUNIKACIONI MREŽNI
MODEL U GRAĐEVINSKOM
OKRUŽENJU: STUDIJA
SLUČAJA RAFINERIJA ŠEĆERA
BRČKO**

**WIRED/WIRELESS
COMMUNICATION
NETWORK MODEL IN
BUILDING ENVIRONMENT:
CASE-STUDY OF BRČKO
SUGAR REFINERY**

Оригинални научни рад
Original scientific paper
Рад прихваћен | Paper accepted
14/05/2020
UDK I UDC
66.017:664.11(497.6Брчко)
DOI
10.7251/AGGPLUS2008092K

Miroslav Kostadinović

University of East Sarajevo, Faculty of Transport and Traffic Engineering Doboј, Vojvode Mišića 52, 74000 Doboј, Bosnia and Herzegovina, miroslav.kostadinovic@sf.ues.rs.ba

Aleksandar Stjepanović

University of East Sarajevo, Faculty of Transport and Traffic Engineering Doboј, Vojvode Mišića 52, 74000 Doboј, Bosnia and Herzegovina, aleksandar.stjepanovic@sf.ues.rs.ba

Goran Kuzmić

University of East Sarajevo, Faculty of Transport and Traffic Engineering Doboј, Vojvode Mišića 52, 74000 Doboј, Bosnia and Herzegovina, goran.kuzmic@sf.ues.rs.ba

Mirko Stojčić

University of East Sarajevo, Faculty of Transport and Traffic Engineering Doboј, Vojvode Mišića 52, 74000 Doboј, Bosnia and Herzegovina, mirko.stojcic@sf.ues.rs.ba

Tanja KOSTADINOVIĆ

University of East Sarajevo, Faculty of Transport and Traffic Engineering Doboј, Vojvode Mišića 52, 74000 Doboј, Bosnia and Herzegovina

ŽIČNI/BEŽIČNI KOMUNIKACIONI MREŽNI MODEL U GRAĐEVINSKOM OKRUŽENJU: STUDIJA SLUČAJA RAFINERIJA ŠEĆERA BRČKO

APSTRAKT

Predmet istraživanja u okviru ovog rada su integrisane žične i bežične komunikacione tehnologije u procesnoj industriji, sa ciljem da se bude ukorak sa svjetskim trendovima u ovoj oblasti, a odnose se na sljedeće aktivnosti. Prvo će biti dat kratak pregled istorijskog razvoja i biće opisane tehničke karakteristike industrijskih protokola koji imaju najveću primjenu u industrijskim komunikacionim mrežama. Zatim će biti opisane neophodne faze za integrisanje bežične tehnologije unutar postojećeg postrojenja sa već instaliranim žičanim uređajima. Na kraju ovog rada biće predložena integracija bežičnih tehnologija u realizaciji industrijskih komunikacionih mreža, a koja će biti verifikovana analizom dobijenih rezultata u studiji opravdanosti za uvođenje modela integrisane mreže u realnom postrojenju u rafineriji šećera u Brčkom

Ključne riječi: procesna industrija, automatizovani industrijski sistemi, fieldbus protokoli, WirelessHART protocol

WIRED/WIRELESS COMMUNICATION NETWORK MODEL IN BUILDING ENVIRONMENT: CASE-STUDY OF BRČKO SUGAR REFINERY

ABSTRACT

The subject of the research within the scope of this paper is integrated wired and wireless communication technologies in the process industry, with the aim of keeping up with the world trends in this field, and refers to the following activities. First, a brief overview of the historical development will be provided and

the technical characteristics of the industrial protocols that have the greatest application in industrial communication networks will be described. Then, necessary steps to integrate wireless technology within an existing facility with wired devices already installed will be presented. At the end of this paper, the integration of wireless technologies in implementing industrial communication networks will be proposed, which will be verified by analysing the results obtained in a feasibility study for introducing an integrated network model in a real facility in a sugar refinery in Brčko.

Keywords: *process industry, automated industrial systems, fieldbus protocols, WirelessHART protocol*

1. INTRODUCTION

Modern control systems in the process industry are increasingly using wireless data transmission to send out information from a sensor located directly at the site of process to the central control unit. There are numerous reasons for such an approach. The most common reason for choosing a wireless industrial communication network is the cost of installation since eliminating or significantly reducing cable usage means great savings in cable and installation work. In other words, the cost of new installation, maintenance and repair is lower than the corresponding cost for cable solutions, and thus wireless technology opens up a completely new field of application in terms of how measured process data is transmitted. Costs in wired networks can be even higher if there is a need to expand existing infrastructure in order to include additional measurements, while adding new measurement locations in wireless networks represents low costs and greatly reduces the economic barrier that exists in wired networks.

For the last few years, several of the world's leading manufacturers of process measuring equipment have focused on addressing these and other problems in industrial wireless networks [1, 2]. The result is the integration of wired and wireless communication technology based on the HART protocol, which can lead to significant cost reductions in manufacturing processes [3]. That is, when these technologies are integrated, they need to provide almost unlimited opportunities that range from monitoring and diagnostics of devices to controlling production processes.

2. DEVELOPMENT OF THE FIELDBUS PROTOCOL

Complex automated industrial systems usually require hierarchical control organisation as in Figure 1.

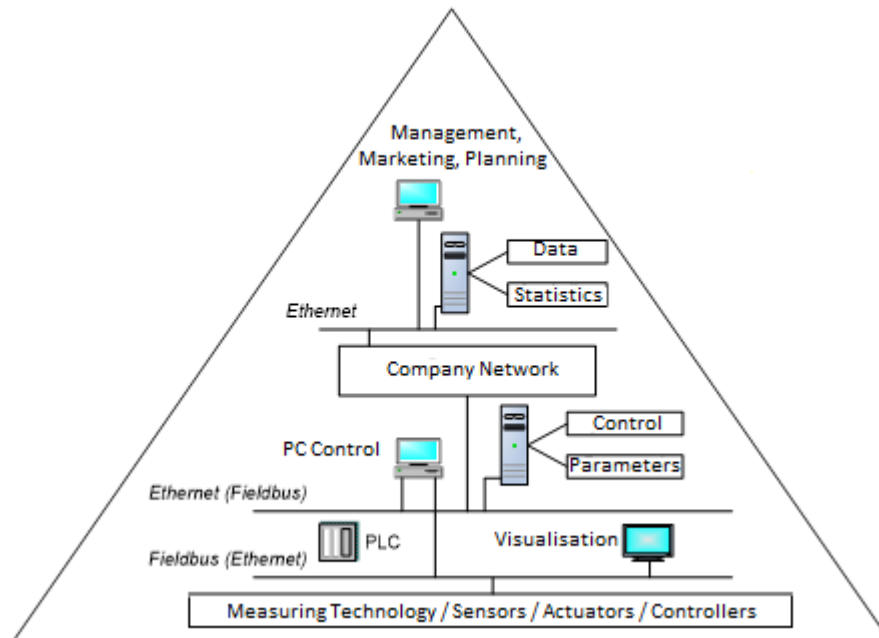


Figure 1. Pyramid of control organisation

Typically, the user interface is at the top of this hierarchy, where an operator can monitor or control the system. It is linked to the intermediate layer, consisting of the PLCs (Programmable Logic Controllers), via a non-time critical communication system, i.e. by Ethernet. At the bottom of the control chain is the Fieldbus that links the PLCs to executable components, such as, actuators, motors, etc. [4].

2.1. TECHNICAL FEATURES OF THE FIELDBUS PROTOCOL

Fieldbus technology provides improved quality, reduced costs and increased system efficiency [5]. These capabilities of fieldbus technology come partly from the fact that information received or transmitted by the device can be sent out digitally. Each device has a built-in processor unit, making it a "smart device" and capable of performing independently simple functions, such as maintenance and diagnostics [6]. As a result, it is possible to receive information if the device is defective or requires manual calibration. It increases the efficiency of the system and reduces requirements for system maintenance. The main advantage of implementing a fieldbus compared to the 4-20 mA standard is associated with reduced wiring since multiple devices share a wire pair in network communication. The disadvantages of using a fieldbus compared to the 4-20 mA standard are:

- Fieldbus systems are more complex, so the user has to be more qualified.
- The price of fieldbus components is higher.

One of the significant features of the fieldbus protocol is that it only includes three or four layers of OSI (Open Systems Interconnection) models, as shown in Figure 2:

- Physical Layer: Defines the communication medium and can be considered a replacement for the 4-20 mA standard.
- Data Link Layer: Defines communication between devices and fault detection.

- Application Layer: Designs messages so that each device on the network can understand them, serves them to process control, and forwards them to the user layer.
- User Layer: Connects individual parts and ensures an environment for applications.

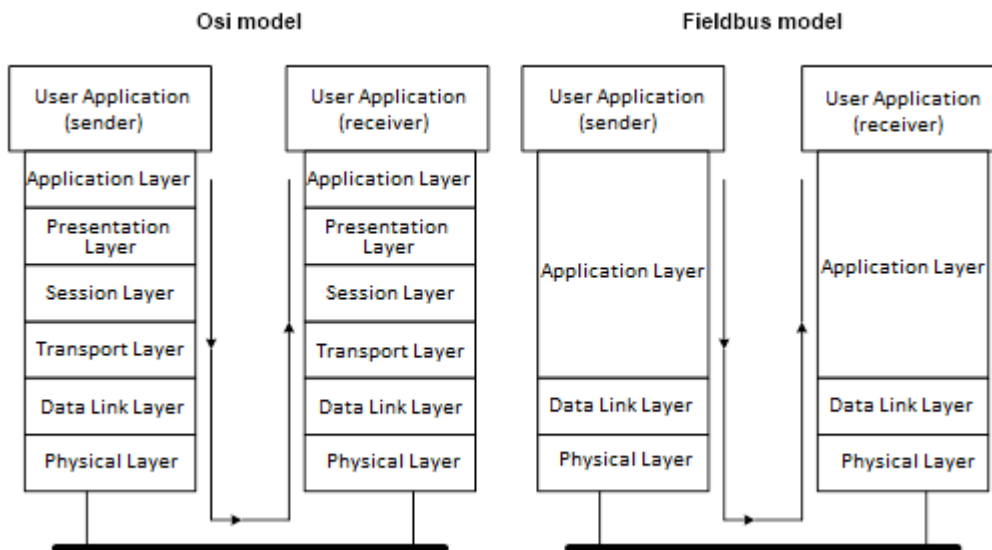


Figure 2. OSI Reference Model and Fieldbus Model

The advantage of fieldbus is that a user does not have to worry about the data link layer and the application layer, i.e. they only have to worry about the physical and user layer [1]

In the following, the focus is on fieldbus protocols that are most widely used in industrial communication networks, and they are:

- FF H1 (Foundation Fieldbus High1)
- FF HSE (High Speed Ethernet)
- Profibus PA (Process Automation)
- ProfiNet
- Profibus DP (Decentralised Peripherals)
- Modbus
- HART (Highway Addressable Remote Transducer)

For the listed protocols in Table 1, technical characteristics are shown by layers.

Table 1. Technical characteristics of protocols by layers [7]

Fieldbus Protocols	PHYSICAL LAYER		DATA LINK LAYER	APPLICATION LAYER	
	Comm. speed	Maximum distance	Error detection	Standards	Data transfer
FF H1	31.25 kbs	1.9 km, 9.5 km	16-bit CRC	IEC 61158, ISA SP50, IEC 61804	AI, AO, DI, DO, PID, PD, CS, MIO
Profibus PA	31.25 kbs	1.9 km, 9.5 km	16-bit CRC	IEC 61158	AI, AO, DI, DO
FF HSE	100 Mbs, 1 Gbs	100 m	16-bit CRC	IEC 61158	Same as H1
ProfiNet	100 Mbs, 1 Gbs	100 m	16-bit CRC	IEC 61158	Same as DP
Modbus	9.6 kbs, 12 Mbs	1512 m	1-bit	IEC 61158	Registers
Profibus PA	9.6 kbs, 12 Mbs	1512 m	1-bit	IEC 61158	AI, AO, DI, DO
HART	100 Mbs, 1 Gbs	3 km	CRC	IEC 61158	Commands

3. WIRELESS COMMUNICATION PROTOCOLS IN THE PROCESS INDUSTRY

WMN (Wireless Mesh Network) and communication protocols are being actively explored to find new applications and possibilities of their use. Standardisation is very important for the commercial use of these networks and for interoperability among different network equipment manufacturers. New specifications for wireless networks are under development by various standardisation groups such as the IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers), where the IEEE 802.11 group is working on standardisation of WLAN (Wireless Local Area Network) and the IEEE 802.15.4. group is working on standardisation of wireless networks that use the capabilities of Mesh networks [8, 9, 10, 11, 12].

The IEEE 802.15.4 standard defines the physical and MAC (Media Access Control) layer for the needs to implement low-speed wireless networks. One of the goals of developing the standard was to network a large number of sensors in industrial applications, using devices with significantly lower prices and less power consumption [13, 14].

Those devices are mainly battery-powered, where the low data transfer bit rate, low price and long battery life are the basic design requirements that need to be fulfilled. Based on the IEEE 802.15.4., several industrial protocols have been developed, and the WirelessHART protocol is commercially the most applicable [15].

3.1. WIRELESSHART

The WirelessHART protocol is compatible with existing HART devices and applications. It is cost-effective and has a rational approach to wireless communication, supporting the industrial demands for simple, reliable and secure wireless communication technology [16, 17].

The WirelessHART protocol is organised as an ISO/OSI 7 communication model that supports four OSI layers [18]:

- Physical Layer,
- Data Link Layer,
- Network Layer and
- Application Layer.

It meets the necessary communication requirements for compatible equipment to support, i.e. ensure interoperability, so that all types of wireless devices of other manufacturers can be replaced without disrupting network performance or system performance [19,20].

The WirelessHART protocol is controlled at a relatively low data transfer rate compared to the IEEE 802.11b standard for computer wireless networks and operates at a frequency of 2.4 GHz in the ISM (Industrial Scientific and Medical) radio band [21, 22]. The basic attributes of the WirelessHART protocol are shown in Table 2.

Table 2. WirelessHART protocol attributes

Attributes	Description
Wireless standard	IEEE 802.15.4-2006 250 kbps
Frequency	2.4 GHz
Distance	Up to 200 m on a directly visible pathway
Charging	Battery or solar power
Number of devices	No limit is defined
Based on industrial standard	HART – IEC 61158 EDDL – IEC 61804-3 Radio & MAC IEEE 802.15.4. (TM)-2006

4. OBJECTIVES

The main objective of introducing an integrated wired/wireless network model is the new architecture of communication networks in the process industry, which are accompanied by appropriate features, such as:

- Each network device, i.e. node, acts as a router.
- Almost all network devices are static.
- New radio technology, such as multi-channels, is used.
- Gateway is used to link devices in a network and enable communication among them.
- Network generally represents a combination of wireless and wired devices.
- WMN is a self-configuring and self-organising network.

These networks are considered to be one type of Ad-Hoc Networks where nodes are static, but they are also wireless sensor networks where nodes contain one or more sensors and act as routers [23, 24, 25].

Wireless technologies for most applications in the process industry offer a wide range of solutions that provide a higher return on investment, such as [26, 27]:

- **Remote applications.** When the devices used are kilometres away from the place of data usage, cabling is impractical. Wireless technology offers a more practical solution, for example, using wireless technology, existing communication networks can be utilized to transfer data from such remote devices.
- **Applications near facilities.** The devices for obtaining necessary data are not very far from the place of data usage, but there are obstacles, such as: rivers, highways, railways, etc., which can make cabling impractical. It is especially the case for hard-to-reach locations within facilities, e.g. tanks. Wireless technology can easily link tanks to a control room or any other location within the facility, so the process control function can be realized.
- **Applications within facilities.** Although communication distances within facilities are relatively small, wireless technology, i.e. wireless Mesh networks are often preferred due to the high cost of wiring devices. Since they are easy to install and expand, such wireless networks reduce the cost of adding new measuring devices.

5. SOFTWARE TOOLS

Emerson's I/O on Demand Calculator has been used to calculate labour costs, install devices, set up electrical installations, install cable guideways, etc. It provides flexibility with installed devices in a facility, containing the following options:

- wired device connection,
- Foundation Fieldbus,
- wireless device connection,
- Electronic Marshalling (an innovative solution for connecting devices within a facility to Emerson's DCS (Distributed Control System) DeltaV system).

Using the I/O on Demand Calculator, it is possible to determine the best type of device and the best installation method for each network integration situation. Some of the key calculation factors are:

- the average distance from devices to the control room,
- the percentage of devices that can be installed using the wireless technology and Electronic Marshalling

There are two distances as an analysis factor of integration costs:

- distance, i.e. cable length from the control room to the junction box, and
- distance from the junction box to the installed device in the facility.

A feasibility study for the introduction of an integrated wired/wireless communication network model was carried out on a real facility in a sugar refinery in Brčko in such a way that the results can be applied to other types of facilities by adjusting the installed devices and their average distance between a control room and junction boxes.

6. MODELS AND METHODS OF THE RESEARCH

The data required for the feasibility study for introducing an integrated wired/wireless communication network model in a sugar refinery in Brčko were obtained from the process

maintenance service. As can be seen in Figure 3, a cabinet with the DCS DeltaV control system containing a controller and I/O cards [28] is located in the control room.

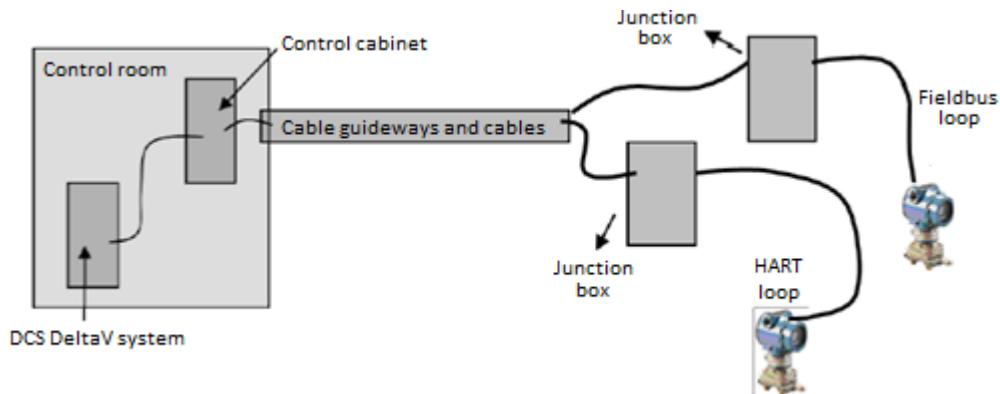


Figure 3. Wired devices in a sugar refinery [29]

In order to introduce an integrated wired/wireless communication network model as in Figure 4, it is necessary, according to the requirements of the process maintenance service at a sugar refinery in Brčko, to pass through the following scenarios [28]:

- Scenario 1: 75% of wired devices and 25% of Foundation Fieldbus
- Scenario 2: 33% of wired devices, 44% of Electronic Marshalling and 23% of Foundation Fieldbus
- Scenario 3: 26% of wired devices, 39% of Electronic Marshalling, 23% of Foundation Fieldbus and 12% of wireless devices.

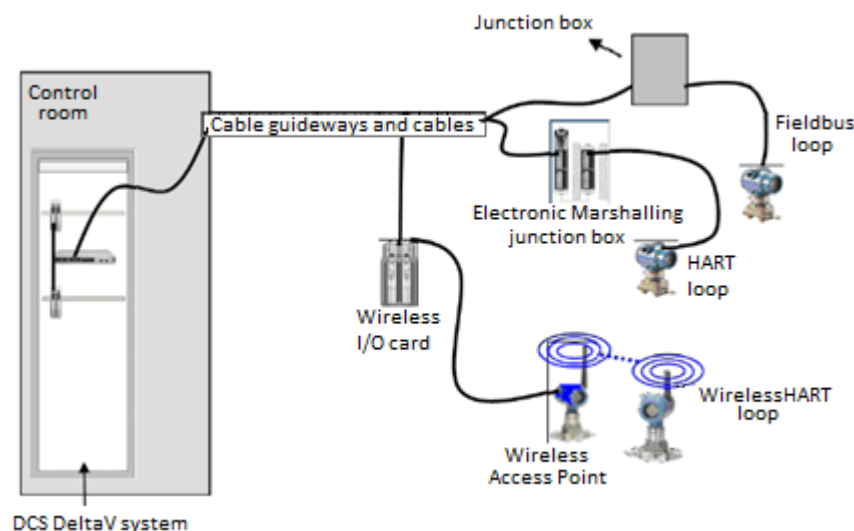


Figure 4. Model of an integrated wired/wireless communication network in a sugar refinery [29]

7. RESULTS OF THE RESEARCH

Each of these scenarios is calculated at distances of 30 metres, 60 metres, 90 metres, 120 metres, 150 metres and 180 metres from the control room to the junction box. In each scenario,

the maximum wiring distance from the junction box to the device in the facility is about 10 meters, and for the Fieldbus loop is, on average, about 5 metres between the junction box and the sensor. The average cost of installation is \$ 10 per metre [28].

A feasibility study for introducing an integrated wired/wireless communication network model starts from Scenario 1, where potentially 1500 out of a total of 2000 process measuring devices in a sugar refinery can be wired, which is 75%, and 500 devices can use Foundation Fieldbus, which is 25% (Table 3).

Table 3. Number of I/O devices for Scenario 1

Instrument Description	I/O							
	Wired Number of I/O	CHARMS Control Room Number of I/O	CHARMS Field Junction Box Number of I/O	IS CHARMS Control Room Number of I/O	IS CHARMS Field Junction Box Number of I/O	Fieldbus V11 Number of I/O	Fieldbus by Others Number of I/O	Wireless Number of I/O
Number of Field Instruments	400	400	400	400	400	400	400	400
AI	300	0	0	0	0	100	100	0
AO	300	0	0	0	0	100	100	0
DI	300	0	0	0	0	100	100	0
DO	300	0	0	0	0	100	100	0
RTD	300	0	0	0	0	100	100	0
Total No of I/O	1500	0	0	0	0	500	500	0

After entering the data into the I/O on Demand Calculator, the total cost for this scenario is \$ 7634 and is shown in Table 4.

Table4. Costs for Scenario 1

Summary	Cost \$,000							
	Traditional Wired	CHARMS Electronic Marshalling	CHARMS Field Junction Box	IS CHARMS Electronic Marshalling	IS CHARMS Field Junction Box	Fieldbus V11	Fieldbus by Others	Wireless
Installation Materials	\$ 809	\$ 50	\$ 50	\$ -	\$ -	\$ 364	\$ 367	\$ 150
Installation Costs (Labour Only)	\$ 1,017	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 161	\$ 169	\$ -
Terminations Quality, Configure and commission	\$ 289	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 36	\$ 37	\$ -
Total	\$ 2,423	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 801	\$ 911	\$ -
Total	\$ 4,539	\$ 50	\$ 50	\$ -	\$ -	\$ 1,362	\$ 1,484	\$ 150
Combined System Total	\$ 7,634							
Savings In Cost \$,000	Base	\$0	\$0	\$0	\$0	\$3,177	\$3,055	\$0
% Savings in Cost	Base	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	70,00%	67,31%	0,00%
Cost per point (\$)	Wired	CHARMS Electronic Marshalling	CHARMS Field Junction Box	IS CHARMS Electronic Marshalling	IS CHARMS Electronic Marshalling	Fieldbus V11	Fieldbus by Others	Wireless
	\$ 2,751	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 2,476	\$ 2,637	\$ -

In Scenario 2, where out of a total of 2000 process measuring devices, 660 can be wired, which is 33%, 880 can use Electronic Marshalling, which is 44%, and 460 can use Foundation Fieldbus, which is 23% (Table 5).

Table 5. Number of I/O devices for Scenario 2

Instrument Description	I/O							
	Wired Number of I/O	CHARMS Control Room Number of I/O	CHARMS Field Junction Box Number of I/O	IS CHARMS Control Room Number of I/O	IS CHARMS Field Junction Box Number of I/O	Fieldbus V11 Number of I/O	Fieldbus by Others Number of I/O	Wireless Number of I/O
Number of Field Instruments	400	400	400	400	400	400	400	400
AI	132	0	176	0	0	92	92	0
AO	132	0	176	0	0	92	92	0
DI	132	0	176	0	0	92	92	0
DO	132	0	176	0	0	92	92	0
RTD	132	0	176	0	0	92	92	0
Total No of I/O	660	0	880	0	0	460	460	0

After entering the data into the I/O on Demand Calculator, the total cost for this scenario is \$ 6742 and is shown in Table 6.

Table 6. Costs for Scenario 2

Summary	Cost \$,000								
	Traditional Wired	CHARMS Electronic Marshalling	CHARMS Field Junction Box	IS CHARMS Electronic Marshalling	IS CHARMS Field Junction Box	Fieldbus V11	Fieldbus by Others	Wireless	
Installation Materials	\$ 394	\$ 50	\$ 592	\$ -	\$ -	\$ 335	\$ 338	\$ 150	
Installation Costs (Labour Only)	\$ 462	\$ -	\$ 471	\$ -	\$ -	\$ 149	\$ 156	\$ -	
Terminations Quality, Configure and commission	\$ 127	\$ -	\$ 111	\$ -	\$ -	\$ 33	\$ 34	\$ -	
	\$ 1,066	\$ -	\$ 708	\$ -	\$ -	\$ 737	\$ 838	\$ -	
Total	\$ 2,039	\$ 50	\$ 1,881	\$ -	\$ -	\$ 1,254	\$ 1,367	\$ 150	
Combined System Total	\$ 6,742								
Savings In Cost \$,000	Base \$0	\$1,389	\$0	\$0	\$785	\$672	\$0		
% Savings in Cost	Base 0,00%	97,55%	0,00%	0,00%	38,50%	32,97%	0,00%		
Cost per point (\$)	Wired \$ 2,809	CHARMS Electronic Marshalling \$ -	CHARMS Field Junction Box \$ 52	IS CHARMS Electronic Marshalling \$ -	IS CHARMS Electronic Marshalling \$ -	Fieldbus V11 \$ 2,479	Fieldbus by Others \$ 2,701	Wireless \$ -	

In Scenario 3, where out of a total of 2000 process measuring devices in a sugar refinery, 520 can potentially be wired, which is 26%, 780 can use Electronic Marshalling, which is 39%, 460 can use Foundation Fieldbus, which is 23%, and 240 devices are used for 8 wireless networks, which is 12% (Table 7).

Table 7. Number of I/O devices for Scenario 3

Instrument Description	I/O								WIOC Systems
	Wired Number of I/O	CHARMS Control Room Number of I/O	CHARMS Field Junction Box Number of I/O	IS CHARMS Control Room Number of I/O	IS CHARMS Field Junction Box Number of I/O	Fieldbus V11 Number of I/O	Fieldbus by Others Number of I/O	Wireless Number of I/O	
Number of Field Instruments	400	400	400	400	400	400	400	400	
AI	104	0	156	0	0	92	92	48	
AQ	104	0	156	0	0	92	92	48	
DI	104	0	156	0	0	92	92	48	
DO	104	0	156	0	0	92	92	48	
RTD	104	0	156	0	0	92	92	48	
Total No of I/O	520	0	780	0	0	460	460	240	8

After entering the data into the I/O on Demand Calculator, the total cost for this scenario is \$ 6374 and is shown in Table 8.

Table 8. Costs for Scenario 3

Summary	Cost \$,000								
	Traditional Wired	CHARMS Electronic Marshalling	CHARMS Field Junction Box	IS CHARMS Electronic Marshalling	IS CHARMS Field Junction Box	Fieldbus V11	Fieldbus by Others	Wireless	
Installation Materials	\$ 327	\$ 50	\$ 538	\$ -	\$ -	\$ 335	\$ 338	\$ 261	
Installation Costs (Labour Only)	\$ 355	\$ -	\$ 415	\$ -	\$ -	\$ 140	\$ 156	\$ 78	
Terminations Quality, Configure and commission	\$ 100	\$ -	\$ 98	\$ -	\$ -	\$ 33	\$ 34	\$ 1	
Total	\$ 840	\$ -	\$ 627	\$ -	\$ -	\$ 737	\$ 838	\$ 65	
Combined System Total	\$ 1,622	\$ 50	\$ 1,677	\$ -	\$ -	\$ 1,254	\$ 1,367	\$ 404	
Savings In Cost \$,000	Base	\$ 0	\$ 1,572	\$ 0	\$ 0	\$ 368	\$ 255	\$ 1,217	
% Savings in Cost	Base	0,00%	96,92%	0,00%	0,00%	22,67%	15,72%	75,06%	
Cost per point (\$)	\$ 2,835	\$ -	\$ 58	\$ -	\$ -	\$ 2,479	\$ 2,701	\$ 44,944	

Analysing the costs obtained by the I/O on Demand Calculator for each scenario, the following results of the cost dependence on the distances are gained, as shown in Figure 6. The costs increase linearly at a rate of \$ 6.42 per metre for Scenario 1, at a rate of \$ 3.88 per metre for Scenario 2, and at a rate of \$ 3.28 per metre for Scenario 3.

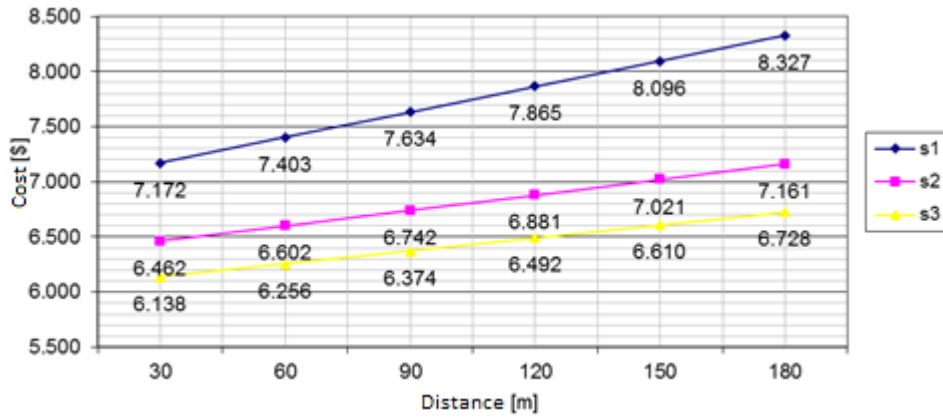


Figure 6. Analysis of the costs in dependence on the distance

The obtained diagrams in Figure 6 show that an integrated wired/wireless network model in industrial process control applications is cost-effective in each scenario, both over long distances and in applications where distances are relatively short. The total costs for the feasibility study for introducing an integrated wired/wireless communication network on a real facility at a sugar refinery in Brčko are shown in Table 9.

Table 9. Total costs of all scenarios

	Scenario 1	Scenario 2	Scenario 3
Costs (\$m)	6.42	3.88	3.28
Installation savings (\$m)		2.54	3.14
Savings (%)		39.56	48.9
Total number of devices	2000	2000	2000
Wired network	1500	660	520
Electronic Marshalling		880	780
Foundation Fieldbus	500	460	460
Wireless network			240

At the end of this study, by analysing the results presented in Table 9, we can conclude that there is a justification for introducing an integrated wired/wireless communication network at the sugar refinery in Brčko. The results show savings between 39.56% and 48.9%, i.e. those potential savings of 48.9% are achieved using Scenario 3 where 26% of devices are wired, 39% of devices use Electronic Marshalling, 23% of devices use Foundation Fieldbus and 12% of devices are connected wirelessly.

8. CONCLUSION

In order to obtain a satisfactory industrial communication network based on the results presented in this paper, we can conclude that there is a justification for introducing a model of an integrated wired/wireless communication network in a real facility at a sugar refinery in Brčko. The application of the latest integrated wired/wireless communication networking technology is a highly reliable and efficient industrial solution and represents a great opportunity for industrial production to rise to a higher level of reliability and performance. Integrated wired/wireless solutions in industrial communication networks provide access to important information from parts of manufacturing facilities that have not been available before and provide the possibility to add new measurement points where access was previously too expensive and inaccessible.

In general, the study results show that the presence of a wireless network in the integration is cost-effective and contributes positively with additional savings at any distance and much more at great distances, which is of great importance for engineering in terms of Building Environment and Architecture.

9. REFERENCES

- [1] Felser M.: „The Fieldbus Standards: History and Structures”, Technology Leadership Day, 2002, Organised by Microswiss Network, HTA Luzern, Oktober 2002.
- [2] Pablo Soldati, Haibo Zhang, Mikael Johansson: „Deadline-constrained transmission scheduling and data evacuation in WirelessHART networks”, Technical Report, Royal Institute of Technology (KTH), Stockholm, Sweden, September 2008.
- [3] Website <http://www.hartcomm.org>, HART Communication Foundation, dostupno dana 10. 2. 2020.
- [4] Website <http://www.howlingpixel.com/i-en/Fieldbus>, dostupno dana 19.11.2019.
- [5] Website www.fieldbus.org, Foundation Fieldbus, dostupno dana 10. 2. 2020.
- [6] L. Krishnamurthy, R. Adler, P. Buonadonna, J. Chhabra, M. Flanigan, N. Kushalnagar, L. Nachman, M. Yarvis: „Design and deployment of industrial sensor networks: experiences from a semiconductor plant and the north sea”, SenSys'05, San Diego, California, USA, November 2–4. 2005. pp. 64–75.
- [7] Website <http://www.pdponline.com/courses/e448/e448content.pdf>, dostupno dana 20.11.2019.
- [8] A.S. Tanenbaum: „Computer Networks”, Fourth Edition, ISBN: 978-0130661029, Prentice Hall, Boston, 2003.
- [9] J Song, A Mok, D Chen, M Nixon: „Challenges of Wireless Control in Process Industry”, Proceedings of Workshop on Research Directions for Security and Networking in Critical Real-Time and Embedded Systems, San Jose, California, USA, April 4. 2006.
- [10] A. Willig, K. Matheus, A. Wolisz: „Wireless Technology in Industrial Networks,” Proceedings of the IEEE, Vol. 93, Jun. 2005.
- [11] Website www.ieee802.org/15/pub/TG4.html, IEEE 802.15.4 WPAN Task Group, dostupno dana 10. 2. 2020.
- [12] Website <http://standards.ieee.org/wireless>, IEEE wireless standards, dostupno dana 10. 2. 2020.
- [13] Website www.wi-fi.org, Wi-Fi Alliance, dostupno dana 10. 2. 2020.
- [14] Website www.wina.org, Wireless Industrial Networking Alliance (WINA), dostupno dana 10. 2. 2020.

- [15] M. Kostadinović, Z. Bundalo, D. Bundalo, P. Gojkovic: "CONFIGURATION OF SMART DEVICES IN WIRELESSHART NETWORKS", 14th International Research/Expert Conference "Trends in the Development of Machinery and Associated Technology" TMT 2010, Mediterranean Cruise, 11-18 September 2010.
- [16] M. Kostadinović, M. Stojčev, Z. Bundalo, D. Bundalo: „Upravljanje WirelessHART mrežom“, Međunarodni naučno-stručni simpozijum INFOTEH-JAHORINA 2009, Jahorina, 18-20. 03. 2009. Vol. 8, Ref. A-16, p. 71-75.
- [17] M. Kostadinović, B. Popović, N. Popović: „Dizajn i implementacija mrežnih uređaja koji koriste WirelessHART protokol“, Međunarodni naučno-stručni simpozijum INFOTEH-JAHORINA 2010, Jahorina, 17.-19. 03. 2010. Vol. 9, Ref. A-26, p. 123-127.
- [18] Yipeng Wang-Implementation of the WirelessHART MAC Layer in the OPNET Simulator
- [19] Deji Chen, Mark Nixon, Aloysius Mok: „WirelessHART: Real-Time Mesh Network for Industrial Automation“, ISBN: 978-1-4419-6046-7, Springer, New York, 2010.
- [20] X. Zhu, P.-C. Huang, S. Han, A. K. Mok, D. Chen, M. Nixon: „RoamingHART: A Collaborative Localization System on WirelessHART“, Real-Time and Embedded Technology and Applications Symposium (RTAS), 2012 IEEE 18th, Beijing, China, April 2012. pp. 241 – 250.
- [21] Dan Henriksson: „Resource-Constrained Embedded Control and Computing Systems“, Department of Automatic Control, Lund University, Sweden, 2006.
- [22] Website <http://www.awiatech.com>, Awiatech, dostupno dana 10. 2. 2020.
- [23] Caro D: „Wireless Network for Industrial Automation“, Second Edition, The Instrumentation, Systems and Automation Society - ISA Press, North Carolina City, 2005.
- [24] J. R. Gisbert, C. Palau, M. Uriarte, G. Prieto, J. A. Palazón, M. Esteve, O. López, J. Correas, M. C. Lucas-Estañ, P. Giménez, A. Moyano, L. Collantes, J. Gozávez, B. Molina, O. Lázaro, A. González: „Integrated system for control and monitoring industrial wireless networks for labor risk prevention“, Elsevier Journal of Network and Computer Applications, Volume 39, March 2014. Pages 233–252, Impact Factor 1.467.
- [25] HART Communication Foundation: „Control with WirelessHART“, HCF LIT-127, Revision 1.0, June 30. 2008.
- [26] S. Raza: „Secure Communication in WirelessHART and its Integration with Legacy HART“, Technical Report, Swedish Institute of Computer Science, Networked Embedded Systems (NES) Lab, Sweden, January 13. 2010.
- [27] Silva Ivanovitch, Luiz Affonso Guedes, Paulo Portugal, Francisco Vasques: „Reliability and Availability Evaluation of Wireless Sensor Networks for Industrial Applications“, Journal Sensors 2012, Vol. 12, January 2012. pp. 806-838, Impact Factor: 1.953.
- [28] M. Kostadinović, Z. Bundalo, D. Bundalo, A. Stjepanović: “ Feasibility Analysis for Introducing of Integrated Wired/Wireless Industrial Communication Networks”, 17th International Research/Expert Conference "Trends in the Development of Machinery and Associated Technology" TMT 2013, Istanbul, Turkey, 10-11 September 2013, pp. 377-380.
- [29] Emerson Process Management, "I/O on Demand Cost Study", DeltaV Whitepaper, February 2011.

Г + АГ

УПУТСТВО ЗА АУТОРЕ I instruction for authors

АГГ+ је међународни часопис који се бави темама из области архитектуре, грађевинарства, геодезије и других сродних научних области у циљу њиховог унапређења.

ОПШТА УПУТСТВА АУТОРИМА

Припрема и предаја рада

Рукопис (текст чланка с илустрацијама) доставља се Уредништву у електронском облику (*e-mail*). Радови се достављају у едиторима: MS Word 2003 и новије верзије. Радове за часопис могуће је предати на службеним језицима БиХ и на енглеском језику. Уколико достављање радове електронским путем није могуће, молимо ауторе да се обрате Уредништву на е-маил адресу: aggplus@aggf.unibl.org.

Сви радови подлијежу анонимном рецензентском поступку. Све остале описе (УДК ознаке, датуме пријема и прихваћања рада, двојезичне елементе итд.) уноси Уредништво.

Радови се категоришу као:

- | **Оригинални научни рад**, организован по схеми ИМРАД (Интродуцијон, Метходс, Ресултс Анд Дискусион), у коме се први пут публикује текст о резултатима сопственог истраживања оствареног примјеном научних метода, које су текстуално описане и које омогућавају да се истраживање по потреби понови, а утврђене чињенице провјере.
- | **Прегледни научни рад** је рад који доноси нове синтезе настале на основу прегледа најновијих дјела о одређеном предметном подручју, а које су изведене сажимањем, анализом, синтезом и евалуацијом с циљем да се прикаже закономјерност, правило, тренд или узрочно-последични однос у вези са истраживаним феноменима тј. рад који садржи оригиналан, детаљан и критички приказ истраживачког проблема или подручја у коме је аутор остварио одређени допринос.
- | **Кратко или претходно саопштење** је оригинални научни рад, али мањег обима или прелиминарног карактера гдје неки елементи ИМРАД-а могу бити испуштени, а ради се о сажетом изношењу резултата завршеног изворног истраживачког дјела или дјела које је још у изради.
- | **Научна критика**, односно полемика или осврт је расправа на одређену научну тему, заснована искључиво на научној аргументацији, гдје аутор доказује исправност одређеног критеријума свога мишљења, односно потврђује или побија налазе других аутора.
- | **Стручни радови** не садрже нове, оригиналне научне спознаје, резултате, теорије него обрађују већ познато и описано. Доприноси примјени добро-познатих научних резултата и њихову адаптацију за практичну употребу.
- | **Приказ** доктората, књига, наставних програма, међународне активности, пројеката и сродних активности.

Радови се предају у А4 формату, према техничким упутствима објављеним на <http://doisrpska.nub.rs/index.php/aggplus>

ACEG+ is an international journal devoted to topics in the fields of architecture, civil engineering, geodesy and other related scientific disciplines, with the aim of their advancement.

GENERAL AUTHOR INSTRUCTIONS

Preparation and submission of papers

The manuscripts (texts of papers with illustrations) are to be submitted to the Editorial Board in electronic form (via e-mail). The texts should be prepared using MS Word 2003 or a later version of the program. They can be submitted in one of the official languages of Bosnia and Herzegovina or in English. In case submitting texts in electronic form is not possible, the authors should contact the Editorial Board at the following e-mail address: aggplus@aggf.unibl.org.

All papers are subject to anonymous peer review. All other designations (UDC, date of paper submission, date of paper acceptance, bilingual parts, etc.) are entered by the Editorial Board.

The works are categorized as:

- | **Original scientific paper**, structured according to the IMRAD pattern (Introduction, Methods, Results and Discussion), as the first publication, in textual form, of the results of the author's/authors' own research conducted using scientific methods, which are described in the text and allow the repetition of the research, if necessary, and checking of the stated facts.
- | **Review scientific paper** is a paper that offers a new synthesis based on a review of the latest works on a particular subject area, which is made by summarizing, analyzing, synthesizing and evaluating in order to show a regularity, rule, trend or cause-and-effect relationship with respect to the investigated phenomena, i.e. a paper which includes an original, detailed and critical review of a research problem or area in which the author has made a contribution.
- | **Brief or preliminary announcement** is an original scientific paper, small in scale or preliminary in nature, with some elements of the IMRAD pattern omitted. It is a concise presentation of the results of completed original research works or works that are still under preparation.
- | **Scientific critique**, debate or overview is a discussion on a particular topic, based solely on scientific arguments, where the author proves the correctness of certain criteria of her or his opinions, or confirms or refutes the findings of other authors.
- | **Professional papers** do not contain new and original scientific findings, results or theories but rather process that which is already known and has been previously described. They contribute to the application of well-known scientific results and their adaptation for practical use.
- | **Reviews** of PhD theses, books, curricula, international activities, projects and related activities.

The papers should be submitted in A4 format, in line with the technical guidelines published at <http://doisrpska.nub.rs/index.php/aggplus>.

Рецензије

За све прилоге Уредништво осигурава најмање двије рецензије, при чему су ауторима рецензенти непознати, а исто су тако рецензентима непознати аутори рада. Коначну одлуку о категоризацији рада доноси Уредништво узимајући у обзир мишљења рецензента. Објавиће се сви позитивно рецензирани и на састанку Уредништва прихваћени чланци, а редослијед објављивања Уредништво утврђује према садржајним и концепцијским критеријумима сваког појединачног броја.

Уредништво ће аутора обавијестити о проведеном рецензентском поступку, утврђеној категорији чланка и евентуалним допунама или исправкама које је аутор обавезан урадити прије коначног прихватања чланка за објављивање.

Аутор је обавезан поступити према примједбама рецензента и исправљени текст доставити у року од 30 дана, поновно у истом облику као и приликом прве предаје. Уколико аутор не доради рад у року од 30 дана, рад се неће узети у разматрање за објављивање у часопису.

Радови се у интегралном облику пишу и објављују на неком од језика БиХ или енглеском језику, а апстракти, кључне ријечи, наслови и поднаслови објављују се дојезично (превод осигурава Аутор).

Молимо сараднике да свој рад, осим овим општим упутствима, обавезно прилагоде и детаљним Техничким упутствима.

Радови треба да садрже:

- | НАСЛОВ РАДА на једном од језика БиХ
- | АПСТРАКТ на једном од језика БиХ - Апстракт треба одмах да претходи уводу. Апстракт треба да пружи јасну индикацију природе резултата садржаних у раду и треба да прати кључне ријечи.
- | КЉУЧНЕ РИЈЕЧИ на једном од језика БиХ - до 5 кључних ријечи које одеђују тему бављења рада
- | НАСЛОВ РАДА на енглеском језику
- | АПСТРАКТ на енглеском језику
- | КЉУЧНЕ РИЈЕЧИ на енглеском језику
- | ТЕКСТ РАДА - 1. УВОД, 2. ПОГЛАВЉА, 3. ЗАКЉУЧАК И 4. БИБЛИОГРАФИЈА

Један аутор може пријавити највише два рада, а само у једном раду може бити први аутор.

Молимо сараднике да свој рад, осим овим општим упутствима, обавезно прилагоде и детаљним Техничким упутствима.

Reviews

The Editorial Board will provide at least two independent reviews for all submissions, with the authors unknown to the reviewers, and vice versa. The final decision on the categorization of papers will be made by the Editorial Board taking into account the opinions of the reviewers. All submissions that are given a positive review and are accepted in the meeting of the Editorial Board will be published, and the order of publication will be determined by the Editorial Board in accordance with the content and conceptual criteria of each volume of the journal.

The Editorial Board will notify the authors about the reviewing procedure, established category of the article and any additions or corrections required from the author before the final acceptance of the article for publication.

The author is obliged to act according to the reviewers' comments and recommendations, and submit the revised text within 30 days, in the same form as the first submission. If the author does not submit the revised version of the text within 30 days, the paper will not be considered for publication in the journal.

The articles are written and published in one of the official languages of Bosnia and Herzegovina or English, and the abstracts, keywords, headings and subheadings are published bilingually (with the translation provided by the author).

The contributors are kindly requested to adjust their texts to these general author instructions as well as the detailed technical guidelines.

The papers should include:

- | PAPER TITLE in one of the languages of Bosnia and Herzegovina
- | ABSTRACT in one of the languages of Bosnia and Herzegovina. The abstract should precede the introduction. It should provide a clear indication of the nature of the results contained in the paper and should follow the keywords.
- | KEYWORDS in one of the languages of Bosnia and Herzegovina - up to 5 keywords that specify the topic of the paper
- | PAPER TITLE in English
- | ABSTRACT in English
- | KEY WORDS in English
- | BODY OF PAPER – 1. INTRODUCTION, 2. CHAPTERS, 3. CONCLUSION and 4. REFERENCES

One author can submit a maximum of two papers and may be the first author of only one paper.

The contributors are kindly requested to adapt their texts to these general author instructions as well as the detailed technical guidelines.

