

АГ
Г+

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

06 (2018) - 6(1)

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



АГ

Г+

[6] 2018 6[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 Миленко Станковић – предсједник, Архитектонско-грађевинско-геодетски факултет, РС-БиХ

Проф. др Љубиша Прерадовић – замјеник предсједника, Архитектонско-грађевинско-геодетски факултет, РС-БиХ

Проф. др Милан Матаруга – члан, Ректор Универзитета у Бањој Луци, РС-БиХ

Проф. др Станко Станић – члан, Универзитет у Бањој Луци, РС-БиХ

Проф. др Маја Додиг – члан, Архитектонско-грађевинско-геодетски факултет, РС-БиХ

Проф. др Чедо Максимовић – члан, Faculty of Engineering, Department of Civil and Environmental Engineering, Imperial College, GB

Arch. DI. Dr Peter Nigst – члан, Fachhochschule Kärnten, Carinthia University of Applied Sciences, Austria

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

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

Проф. др Ђорђе Вуксановић – члан, Грађевински факултет Београд, Србија

Проф. др Владан Ђокић – члан, Архитектонски факултет Београд, Србија

Проф. др Александра Костић-Милановић – члан, Висока грађевинско-геодетска школа Београд, Србија

Др Мила Пуцар – члан, ИАУС Београд, Србија

Prof. dr Stelling, Wilhelm – члан, Technische Fachhochschule Georg Agricola, Bochum, DE

Проф. др Миро Говедарица – члан, Технички факултет Нови Сад, Србија

Проф. др Властимир Радоњанин – члан, Технички факултет Нови Сад, Србија

Проф. др Тоша Нинков – члан, Технички факултет Нови Сад, Србија

Проф. др Драган Милашиновић – члан, Грађевински факултет Суботица, Србија

Проф. др Никола Цекић – члан, Грађевинско-архитектонски факултет Ниш, Србија

Prof. dr Ljubomir Majdandžić – члан, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, HR

Проф. др Рада Чактаревић – члан, Архитектонски факултет Сарајево, БиХ

Проф. др Емир Фејзић – члан, Архитектонски факултет Сарајево, БиХ

Проф. др Перица Гојковић – члан, Саобраћајни факултет Добој, РС-БиХ

Проф. др Амир Пашић – члан, Архитектонски факултет Сарајево, БиХ

Главни и одговорни уредник | Editor-in-Chief

Проф. др Љубиша Прерадовић

Технички уредник | Technical Editor

Др Маја Илић, дипл. инж. арх.

Насловна страна | Title page

Др Дубравко Алкесић, дипл. инж. арх., фотографија Јелена Крминац, студент

Лектор | Linguistic Adviser

Јованка Борић, проф. (српски | Serbian)

Јелена Пажин, ма (енглески | English)

Тираж | Circulation 300

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

САДРЖАЈ

Milijana Okilj, Ljubiša Preradović, Miroslav Malinović <i>The Sacred Architecture of the Ukrainian National Minority in the Republic of Srpska</i>	006-014
Miroslav Malinović, Siniša Vidaković <i>Josip Vancaš and His Architecture in Banja Luka</i>	016-026
Љубиша Прерадовић, Ђорђе Стојисављевић, Александар Гаћина <i>Примјена информационих технологија у анализи и предвиђању успјеха студената</i>	028-038
Siniša Vučenović, Jovan Šetrajić <i>Нанотехнологије у грађевинским материјалима</i>	040-046
Љиљана Милић-Марковић, Гордана Туторић <i>Елементи ситуационог плана и уздужног профила код турбо кружних раскрсница</i>	048-062
Стеван Милованов, Игор Русковски, Миро Говедарица <i>Анализа стандарда за 3D моделовање градова и управљање простором</i>	064-075
Прегледник	
Марина Б. Николић Топаловић <i>Преглед докторске дисертације</i>	077-079
Борис Јандрић <i>Преглед магистарског рада</i>	080-082
Упутства за ауторе	084-087

CONTENT

Milijana Okilj, Ljubiša Preradović, Miroslav Malinović <i>The Sacred Architecture of the Ukrainian National Minority in the Republic of Srpska</i>	006-013
Miroslav Malinović, Siniša Vidaković <i>Josip Vancaš and His Architecture in Banja Luka</i>	016-025
Ljubiša Preradović, Đorđe Stojisavljević, Aleksandar Gaćina <i>The Application of Information Technologies in the Analysis and Prediction of Students' Success</i>	028-038
Siniša Vučenović, Jovan Šetrajić <i>Nanotechnologies in Building Materials</i>	040-046
Ljiljana Milić-Marković, Gordana Tutorić <i>The Elements of Situational Plan and Longitudinal Profile of Turbo Roundabouts</i>	048-062
Stevan Milovanov, Igor Ruskovski, Miro Govedarica <i>The Analysis of Spatial Management and 3D City Modelling Standards</i>	064-075
Overviews	
Marina B Nikolić Topalović <i>Doctoral thesis overview</i>	077-079
Boris Jandrić <i>Master's thesis overview</i>	080-082
Instructions for authors	084-087



[6] 2018 6[1]

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

006-014 **Оригинални научни рад** | Original scientific paper
UDK | UDC 726.54/.71(=161.2)(497.6PC)
DOI 10.7251/AGGPLUS18060060
Рад примљен | Paper received 22/02/2018
Рад прихваћен | Paper accepted 18/09/2018
Област *Архитектура* | Scientific field *Architecture*

Milijana Okilj

*Institute for Protection of Cultural and Natural Heritage of Republic of Srpska, Vuka Karadžića 4/6,
Banja Luka, milijana.okilj@gmail.com*

Ljubiša Preradović

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

Miroslav Malinović

*University of Banja Luka, Faculty of Architecture, Civil Engineering and Geodesy, Department for History
and Theory of Architecture and Building Heritage Protection, Bulevar Stepe Stepanovića 77/3,
Banja Luka, miroslav.malinovic@aggf.unibl.org*

САКРАЛНА АРХИТЕКТУРА
УКРАЈИНСКЕ НАЦИОНАЛНЕ
МАЊИНЕ У РЕПУБЛИЦИ
СРПСКОЈ

THE ARCHITECTURE OF THE
UKRAINIAN NATIONAL
MINORITY IN THE
REPUBLIC OF SRPSKA

Оригинални научни рад
Original scientific paper
Рад прихваћен | Paper accepted
18/09/2018
UDK | UDC
726.54/.71(=161.2)(497.6PC)
DOI
10.7251/AGGPLUS18060060

Milijana Okilj

Institute for Protection of Cultural and Natural Heritage of the Republic of Srpska, Vuka Karadžića 4/6, Banja Luka, milijana.okilj@gmail.com

Ljubiša Preradović

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

Miroslav Malinović

University of Banja Luka, Faculty of Architecture, Civil Engineering and Geodesy, Department for History and Theory of Architecture and Building Heritage Protection, Bulevar Stepe Stepanovića 77/3, Banja Luka, miroslav.malinovic@aggf.unibl.org

САКРАЛНА АРХИТЕКТУРА УКРАЈИНСКЕ НАЦИОНАЛНЕ МАЊИНЕ У РЕПУБЛИЦИ СРПСКОЈ

РЕЗИМЕ

Република Српска је позната као дом великог броја колонија страног становништва, које су формиране након 1878. године. Странци из свих крајева Аустро-угарске монархије су насељени у сјеверне крајеве Босне и Херцеговине, данас територије општина у Републици Српској. Најдоминантнији досељеници међу свим мањинама су Украјинци. Рад се бави њиховом сакралном архитектуром, која значајно доприноси стварању слике архитектуре у Босни и Херцеговини. Приказане су заједничке особине и историјски контекст, праћени одабраним примјерима репрезентативне архитектуре са историјском и архитектонском валоризацијом. Поред тога, овај рад се бави и црквама уклоњеним кроз историју, а закључује се оригиналним доприносом историјском истраживању и анализи архитектуре на овим просторима.

Кључне ријечи: Украјинци, 1878, националне мањине, сакрална архитектура, Република Српска

THE ARCHITECTURE OF THE UKRAINIAN NATIONAL MINORITY IN THE REPUBLIC OF SRPSKA

ABSTRACT

The territory of the Republic of Srpska is well-known for a large number of foreign colonies formed after 1878. Foreigners from all over the Austro-Hungarian Empire were settled in the northern parts of Bosnia and Herzegovina, today covering the municipalities in the Republic of Srpska. The most dominant group among all national minorities was the Ukrainian. This paper deals with their sacred architecture, which significantly contributes to the image of architecture in the Republic of Srpska. Common properties, the historical context and background ideas are shown, along with selected examples of representative pieces of architecture, followed by a historical and architectural evaluation. Moreover, a note on the number of demolished sacred buildings is given, completing this paper that originally contributes to the historical research and analysis of architecture in this region.

Keywords: The Ukrainians, 1878, national minorities, sacred architecture, Republic of Srpska

1. INTRODUCTION

A larger settlement of national minorities in Bosnia and Herzegovina was recorded as early as in 1492 and 1496, when Jews from today's Spain and Portugal found their shelter in the Ottoman Empire, running away from Catholic inquisition squads. Nevertheless, only after the Congress of Berlin in 1878, a more significant inflow of minorities started. Prior to the breakthrough to Bosnia and Herzegovina, the Viennese authorities had already had experience with the development of a lagging economy found in Galicia and Bukovina. This is why they formed the so-called "Plakolb's plan" to create agricultural colonies in Bosnia and Herzegovina, which, indicatively was not mentioned in the process of colonization. [1:23-4]

Even though, the official colonization started only with the Act from 3 August 1893, when a joint Ministry of Finance issued a directive to the State's Government on implementation of the internal and external colonization, [2:117-8] the cases of colonization were substantial even in the period 1878-1893. The colonized minorities included people from all over the former dual monarchy; the Poles, the Czechs, the Slovaks, the Austrians, the Hungarians, the Germans, the Ukrainians, the Italians etc. For the case of the Ukrainians, they originated from the north-western part of the Austro-Hungarian Empire, which covered not only the majority of today's Ukrainian territory but also some Polish lands, resulting in the usage of different names for groups of Ukrainians coming from different surroundings, like Ruthenians or Galicians. [3]

The district of Prnjavor, in the north-western Bosnia and Herzegovina, was a destination for the largest number of immigrants, which resulted in a diverse demographic image, retained until the present day. In 1884, the Ruthenians were settled in Martinac, Rakovac, Gumjera, Rosovac, Dubrava, Devetina, and so on. Additionally, there were individual cases of settlements in various parts of Bosnia and Herzegovina: the district of Novi Grad - immigrants from Galicia, the district of Dubica - Vranovac and Prosara. [4:126]

After 1893 and the mentioned act, the colonization was much more intense. Much more favourable conditions for the reception and distribution of foreigners in Bosnia and Herzegovina had followed the completion of cadastre and land registry activities since the state had a clear image of its properties, as well as of the population.

A new stage of colonization marked new centres of colonization in addition to Prnjavor: districts of Novi, Kostajnica, Dubica, Gradiška, Derventa, and Banja Luka. [5:281] In the early 1890s, the first families from Galicia came to the municipality of Polje. [6:187-9] After 1893, the colonization included many families from Galicia, from districts: Buchach, Zbarazh, Rava-Ruska, Rudky, Ternopil, Rohatyn, Zolochiv, Sokalj, Brody, Berezhany, Drohobyc, Pidhaitsi, Permyšljany, Horodenka, Tovmač, Sambir, Skalat, and Husiatyn and from the Carpathian Ukraine from Ticov and Uzhhorod. [7:173-87] In late 1893, the Poles were settled in the district of Gradiška, where they dominated in Miljevačka Kozara, and were mixed with the Ruthenians in Čelinovac and Gornji Bakinci. Dubrava was inhabited by families from Moravia and Vinkovci, as well as evangelists from Galicia. It should be noted that the settlers from Poland are often incorrectly identified. Although they all originate from Galicia, there were two groups, one authentic Polish - Catholic, which used Polish as their mother tongue, and the other Ukrainian (Ruthenian) unitary group that used the Ukrainian (Ruthenian) language. The local population did not tell the difference and called them all Galicians. [8:959]

In the context of the official colonization, with all the benefits, Ukrainian colonies were formed in Lišnja and Hrvaćani, Polish-Ukrainian colonies were formed in places Gajevi,

Devetina, Stara Dubrava, and Gornji Detlak; Ukrainian colonies with Polish presence were formed in Kamenica, Nova Dubrava, and Rasovac. [1:27]

In addition to the planned settlement, there was immigration from Austro-Hungary and Russia without the permits given by the local authorities, and those families without a defined status were forced to fight for pure survival. In the early 20th century, there was the immigration of Galicians to the wood estates of Gumjera, Dolina, Rakovac, and Poprašnica. [4:127-8]

Officially, the settlement was completed in 1905, when the government stopped giving subsidies, but reports, however, indicated new inflows of foreigners. With the establishment of the Parliament in 1910, the local opposition began a political struggle against the colonization and advocated for giving incentives to the local population without properties. [3:21]

Settlers from the territory of today's Ukraine belonged to the Russian Orthodox and Ukrainian Greek Catholic Church, but many Orthodox adherents were later converted to Greek Catholics, which is visible from the distribution of religious buildings.

2. THE SACRED ARCHITECTURE OF THE UKRAINIAN NATIONAL MINORITY IN REPUBLIC OF SRPSKA

When the Ukrainians settled in our region they brought along not only the memory of the homeland but also many skills. As they originated from a milieu where it was traditionally built in wood, and masters are famous for their skills, the first churches were mostly built from this material. Wood as a construction material was a favourite material with all Slovenian nations. Probably the first wooden churches were simple in their spatial displacement. Many elements of wooden architecture were later transposed into a more permanent material. Churches rely on the tradition of Russian medieval architecture. Many of them belong to Byzantine style, according to the conception of the inscribed cross, but almost always the dome has been onion-shaped, which was influenced by the architecture of Central Asia. It is not an insignificant number of buildings whose floor plan is in the form of a free cross, and there are those where a construction master did not base the design on the traditional architecture.

Until now, sacred buildings of all sizes – churches and chapels are preserved in the following places: Trnopolje, Prnjavor, Banja Luka, Brezik, Boškovići, Gajeva, Detlak, Derventa, Devetina, Jablan, Hrvačani, Marička, Brđani, Donji Srđevići, Rasovac, Selište, Stara Dubrava, Cerovljani, Lišnja. Some of them were, during the time, demolished, and later repaired or reconstructed. This paper analyzes the architecture of representative and distinguished churches, along with their historical development and current status.

2.1. GREEK CATHOLIC CHURCH OF THE HOLY EUCHARIST, TRNOPOLJE

The parish of the Holy Eucharist in Trnopolje, Kozarac – Prijedor, has been a part of the Banja Luka parish since 1910 and operates as an independent parish since 1917. Ukrainians settled in the area of the Kozara Mountain slopes in the period 1890-1912. A chapel in the village Pastirevo, which was destroyed in WWII, was also a part of this parish. In Kozarac, there was a Ukrainian Orthodox church, which was converted to Greek Catholic in 1941, and later

devastated and demolished. The church was built in the spirit of Byzantine architecture, with the inscribed cross in the floor plan, and a central dome resting on an octagonal tambour.

The church of the Holy Eucharist in the village of Hrnići near Kozarac was built in the period 1930-1940, according to a project done by an architect Stjepan Podhorski (Podhorsky) from Zagreb.

Stjepan Podhorski was mainly engaged in ecclesiastical architecture. From 1910 to 1944, he built a number of churches, many of them during the Independent State of Croatia. He was one of the founders of the club of Croatian architects, which operated in Zagreb from 1905 to 1914. The same plan was used for the purpose of construction of the church in Devetina, with slight modifications, though. The first church in this area was built in 1911 and dedicated to the Exaltation of the Holy Cross.

During the reconstruction in 1980, the appearance of the church was changed, which primarily refers to the shape of the dome, which was originally onion-shaped. The church is cruciform, while rectangular choir rooms are slightly indicated on the façade planes. The dome resting on pendentives is centrally placed. The rectangular portal was formed by a two-stage embedding into the wall. There were originally three-arched niches above the portal, and above them, a lunette with a prominent central-placed cross, done in relief. The interior is decorated with frescoes.



Figure 1. Greek Catholic Church of the Holy Eucharist, Tropolje [3:139]

2.2. GREEK CATHOLIC CHURCH OF THE TRANSFIGURATION OF THE LORD, PRNJAVOR

Church of the Transfiguration of the Lord in Prnjavor was destroyed during the last war, and a new one was built in its place in 1998/2002, according to a project done by an architect Pavle Paštar in 1993. The church is cruciform, with a centrally placed onion-shaped dome on an octagonal tambour. The façades are plastered and decorations consist of crown cornices at

the wall endings and the tambour. The entrance is arched and emphasized, with the oculus above. Other windows are arched.



Figure 2. Greek Catholic Church of the Transfiguration of The Lord, Prnjavor [3:143]

2.3. GREEK CATHOLIC CHURCH OF CHRIST THE CZAR, BANJA LUKA

Ukrainian Greek Catholic Church of Christ the Czar is located in Srpska Street in Banja Luka. The residential house for the priests and the construction lot for the new church were bought in 1930. The Committee for the construction of the Church of Christ the Czar was established afterwards. The church was constructed in 1932 and destroyed in WWII, during the bombing of Banja Luka in 1944.



Figure 3. Greek Catholic Church of Christ the Czar, Banja Luka [3:148-9]

The project of the new church was done in 1990, by the architect Pavle Paštar, with the construction beginning in 1998. The construction works on the church are currently in

process. The church is in the shape of a cross, and a circular tambour with the onion-shaped dome is placed on the cross-section. Three small onion-shaped domes rise above the altar area. The only façade ornaments are arcade friezes in the zone below the roof. The windows are arched: monoforas and biforas. The façades are plastered, painted in blue, while the decorations are highlighted in white.

2.4. GREEK CATHOLIC CHURCH OF DORMITION OF THE MOTHER OF GOD, DEVETINA

The parish of the Dormition of the Mother of God in Devetina, the municipality of Prnjavor, was established in 1900. The first church of this parish was located near the present church, built in 1903, and dedicated to the Saint Apostles Cyril and Methodius. After WWII it was demolished due to major damage. The parish house in Devetina was built in 1924. The Church of the Assumption was built in 1936/37. It is surrounded by oak trees. The project was done by the architect Stjepan Podhorski (Podhorsky) from Zagreb. The same plan was used for the purpose of the construction of the church in Kozarac. The church is cruciform, while the rectangular choir rooms are slightly indicated on the façade planes. The onion-shaped dome is located on the cross intersection, along with the shallow octagonal tambour. The rectangular portal was formed by a three-stage embedding into the wall. Above the portal there is a lunette inside which there are two arched windows between which is a niche of the same shape, and above the lunette, there is a cross done in relief. All window openings are arched rectangular except for the windows on side altar wings. The only façade ornaments are crowning cornice of the tambour and shallow corner pilaster strips. After WWII, the church was rebuilt due to significant damage.



Figure 4. Greek Catholic Church of Dormition of the Mother of God, Devetina [3:158-9]

2.5. ORTHODOX CHURCH OF INTERCESSION OF THE THEOTOKOS, HRVAČANI

In Hrváčani, which administratively belongs to the municipality of Prnjavor, there is an ensemble located consisting of the Ukrainian Orthodox Church of Intercession of the Theotokos, the bell tower, and the gathering hall. The existing church was built in 1986-1988 when it was consecrated on the anniversary of the Ukrainian Orthodox people; millenary of baptism and belonging to the Holy Orthodox Church (988-1988) and the centenary of the immigration to this region (1890-1990). Nearby there was an older church from which to this day only the foundations are preserved; it was consecrated in 1925. The first church on this site was built in the last decade of the XIX century. Since it was constructed from poor material, it did not last long. The existing church is single-naved with prominent lower side wings, and altar chapels with altar space. Western façade is completed with a wavy gable wall, whose height rises above the roof. The portal is rectangular, and above the architrave, there is the lunette. In the upper zone of the western wall, there are three arched windows. Inside, above the narthex, there is the choir, while the inner space is vaulted with segmental vault, which is wood-panelled. The altar apse is vaulted with a sliced semi-calotte and the altar area is separated by a high wooden, iconostasis screen. The bell tower is square in the floor plan, covered with an onion-shaped dome. On each of the sides, there are two lower symmetrical wings placed, which hold the space for the lighting of candles. External features of the gathering hall are identical to the church. Next to the church, once there was a parish house, which was destroyed during WWII. The church also contains liturgical books that are mainly brought from Ukraine, and Antimins once belonging to Ekaterini bishop Anatoly. [9:387]



Figure 5. Orthodox Church of Intercession of the Theotokos, Hrváčani [3: 184]

2.6. UKRAINIAN DEMOLISHED SACRED BUILDINGS, PRNJAOR

The parish in Prnjavor was founded in 1899/1900, and the construction of the first Ukrainian church began in 1911, ending a year afterwards. In Prnjavor, there was a Ukrainian Orthodox nunnery built in the early thirties of the last century. A residential dormitory - konak of the Ukrainian monastery in Prnjavor was built in 1937, and demolished in 1965. Within the

monastery there was an orphanage, which was taken care of by the nuns. By the order of an army commissioner, Viktor Gutić, the Ukrainian monastery in Prnjavor was seized on 12th June 1941 and converted to the Croatian National Home. The nuns were expelled from the monastery. During WWII it was a collection point for Orthodox priests from Prnjavor region, who were deported from there to a Banja Luka prison house Black house, and then to the concentration camp Сарајево.

The first library in Prnjavor, Ruthenian Reading Club belonging to the association Prosvita was registered in 1909. In the area of the municipality of Prnjavor there was a Ukrainian Orthodox Church of the Ascension in Nova Dubrava, which was converted to Greek Catholic and demolished after WWII. In Kamenica near Prnjavor, an Orthodox Church was erected in 1927, afterwards the religious adherents were evicted and the church was destroyed.

3. CONCLUSION

The architecture of sacred buildings belonging to the Ukrainian minority in the Republic of Srpska is certainly the most colourful in terms of different backgrounds involved in its design and influencing ideas. Spanning from national courses of local customs and already developed techniques in their originating lands to the shades of different influences of the Russian Medieval architecture, their building heritage is very important for understanding the overall image of sacred architecture in the Republic of Srpska, and in Bosnia and Herzegovina, too. Moreover, the Ukrainians are dominant with a number of preserved sacred buildings in the Republic of Srpska, when it comes to comparison to other minorities, like the Germans, Poles, Czechs, Slovaks or Jews. Unfortunately, not all churches have original architectural features, not seen elsewhere and beforehand, but that does not make them less significant in the historical perspective of Bosnia and Herzegovina, where they represent an original building group, very distinctive and representative in comparison to other respective buildings.

Another important aspect is the treatment of these buildings, as they often tend to be neglected by the local authorities and public sources available for maintenance and construction improvement. Such treatment, over the past century, led to several major losses of building heritage, all over the country, and not only in the Ukrainian fundus but in sacred buildings belonging to all national minorities. It is of great importance to do research on historical data and archival sources, in order to raise awareness on the importance of this heritage to the image of national and cultural identity.

4. REFERENCES

- [1] Д. Дрљача и Д. Бандић, Колонизација и живот Пољака у Југословенским земљама од краја XIX до половине XX века. Београд: Српска академија наука и уметности, Етнографски институт, 1985.
- [2] Краљачић, Томислав. "Колонизација страних сељака у Босну и Херцеговину за вријеме аустроугарске управе." Историјски часопис. Књига XXXVI (1990)
- [3] Љ. Прерадовић, М. Окиљ, М. Малиновић и Г. Прерадовић, Вјерски објекти националних мањина у Републици Српској. Бања Лука: Међународно удружење научних радника – АИС, Бања Лука, 2017.
- [4] М. Тодоровић Билић, „Аустроугарска колонизација у Босни и Херцеговини,“ у Гласник Удружења архивских радника Републике Српске, год. III, број 3, 2011

- [5] I. Pederin, "Economic reasons of Austro-Hungarian occupation of Bosnia and Herzegovina and development of its economy 1878-1918, in the light of Austrian travelogue literature," Enclosures, no. 19, Historical Institute, Sarajevo, 1982
- [6] Đ. Mikić, „O privrednim i socijalnim prilikama u Bosanskoj Krajini u prvim godinama austrougarske okupacije (1878–1895),“ u Istorijski zbornik broj 3. Banja Luka: Institut za istoriju u Banjaluci, 1982. A. Busuladžić, "Emergence of Greek-Catholic population in Bosnia and Herzegovina (from 1879 to the latest age)." Magazine for contemporary history, 2003
- [7] B. Vranješ-Šoljan, „Maria Szumska Dabrowska o poljskim doseljenicima u Bosni 1935,“ Časopis za suvremenu povijest, Vol. 38 No. 3, 2007
- [8] Српска Православна Епархија Бањалучка, 1900–2000: Шематизам. Бања Лука: Изд. Епархијског управног одбора Српске православне епархије бањалучке, 2000



[6] 2018 6[1]

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

016-026 **Оригинални научни рад** | Original scientific paper
UDK I UDC 72.071.1(497.6Бања Лука):929 Ванцаш Ј.
DOI 10.7251/AGGPLUS1806016P
Рад примљен | Paper received 11/06/2018
Рад прихваћен | Paper accepted 12/10/2018
Област *Архитектура* | Scientific field *Other*

Miroslav Malinović

University of Banja Luka, Faculty of Architecture, Civil Engineering and Geodesy, Department for History and Theory of Architecture and Building Heritage Protection, Bulevar Stepe Stepanovića 77/3, Banja Luka, miroslav.malinovic@aggf.unibl.org

Siniša Vidaković

*University of Banja Luka, Academy of Arts
Bulevar vojvode Petra Bojovića 1A, Banja Luka, sinisa.vidakovic@au.unibl.org*

АРХИТЕКТА ЈОСИП ВАНЦАШ
И ЊЕГОВИ ПРОЈЕКТИ У
БАЊОЈ ЛУЦИ

JOSIP VANCAŠ AND HIS
ARCHITECTURE IN BANJA
LUKA

Оригинални научни рад

Original scientific paper

Рад прихваћен | Paper accepted

12/10/2018

UDK | UDC

72.071.1(497.6Бања Лука):929 Ванцаш Ј.

DOI

10.7251/AGGPLUS1806016P

Miroslav Malinović

University of Banja Luka, Faculty of Architecture, Civil Engineering and Geodesy, Department for History and Theory of Architecture and Building Heritage Protection, Bulevar Stepe Stepanovića 77/3, Banja Luka, miroslav.malinovic@aggf.unibl.org

Siniša Vidaković

*University of Banja Luka, Academy of Arts
Bulevar vojvode Petra Bojovića 1A, Banja Luka, sinisa.vidakovic@au.unibl.org*

АРХИТЕКТА ЈОСИП ВАНЦАШ И ЊЕГОВИ ПРОЈЕКТИ У БАЊОЈ ЛУЦИ

РЕЗИМЕ

Рад се бави архитектонским стваралаштвом најпроминентнијег архитекте у Босни и Херцеговини за вријеме аустро-угарске власти – Јосипом Ванцашем, и двама његовим најцјењеним радовима у Бањој Луци: пословницом Земаљске банке и вилом Хусеџиновић. Оба пројекта припадају стилу који је Ванцаш промовисао као "босански стил" у архитектури, а потоњи је одавно прихваћен као један он његових најбољих радова на пољу једнопородичног становања. Рад прво даје Ванцашеву биографију с кратким прегледом професионалног напретка, а потом акценат ставља на његов допринос тзв. "босанском стилу" у архитектури, као и на његове рефлексије на поменуте пројекте у Бањој Луци, оригинално доприносећи, још увијек активној, дискусији на ову тему у историји архитектуре.

Рад даје податке о оригиналном стању објеката, као и њиховом развоју кроз вријеме све до савременог доба. Закључна дискусија разматра Ванцашев допринос архитектури у периоду 1878–1918, али и промовисању нових мисли ван уобичајених граница архитектуре.

Кључне ријечи: *Јосип Ванцаш, архитектура, босански стил, Бања Лука*

JOSIP VANCAŠ AND HIS ARCHITECTURE IN BANJA LUKA

ABSTRACT

This paper deals with the architecture of the most prominent architect in Bosnia and Herzegovina during the Austro-Hungarian time, Josip Vancaš, and two of his most appreciated designs developed for Banja Luka: Landesbank branch office and villa Husedžinović. They both belong to what Vancaš promoted to be "Bosnian style" in architecture, while the latter one is widely accepted as one of his best single-family housing designs. The paper foremost shows Vancaš's biography and a short overview of his professional development and then focuses on the discussion of his contribution to the so-called Bosnian style in architecture, and its reflections to mentioned designs in Banja Luka, originally contributing to this still active question in the history of architecture.

The paper gives data on the original status of the buildings, as well as their development throughout history, with reflections to contemporary time. The concluding discussion reviews Vancaš's contribution to architecture in the period of 1878-1918, as well as the promotion of new thoughts outside the usual work of a typical architect.

Keywords: *Josip Vancaš, Austro-Hungary, architecture, Bosnian style, Banja Luka*

1. INTRODUCTION

At the dawn of the occupation of Bosnia and Herzegovina, which was formally decided at the Congress of Berlin in 1878, numerous preparations for the process took place, in the majority in Vienna. One of those was a structured approach to construction activities in Bosnia and Herzegovina, which was not only architecturally deteriorated by the centuries of the Ottoman rule, but also uneducated, poor, and unaware of the ongoing situation in contemporary Europe.

Just like it was done for all other public positions, locally educated architects, civil engineers and technicians from different parts of the Danube Monarchy were sent to civil service in Bosnia and Herzegovina. Some of them did not leave in the country any considerably important pieces of professional work, but some still did. One of those was Czech by nationality, Hungarian by place of birth, and Austrian by education, Josip Vancaš.

In comparison to other foreign architects employed in Bosnia and Herzegovina after 1878, Vancaš had not only outstanding results in the field of architecture but also a very active social and political engagement, providing him a remarkable image in the time that was yet to come. One of his greatest achievements for local architecture has a political background. It is the "production" of the so-called "Bosnian style", according to him, specifically related to architecture in Bosnia and Herzegovina. He used his privileges as the national representative in the Bosnian Assembly to bring up that coin, that is still attracting the historians and theoreticians of architecture for strong disputes and debates.

This paper showcases the results of a research conducted on his work in the local area of Banja Luka, where he, truth to be told, produced by far the lowest number of projects in comparison to other major cities in Bosnia and Herzegovina at the time, but still those were two remarkable, milestone projects, still appreciated as Vancaš's peaks of that time.

2. ARCHITECT JOSIP VANCAŠ

Josip Vancaš was born on 22 March 1859, in Šopronj (Ödenburg) in the Austro-Hungarian Empire, a place today located in Hungary, near the Austrian border on Neusiedler See. He was Czech by nationality.

First, he studied at the *Technische Hochschule* in Vienna in the year of 1881, under the mentorship of professor Heinrich von Ferstel. Afterwards, in the period between 1882 and 1884, he attended studies at Akademie der *Bildenden Künste*, at the department for architecture with professor Freidrich Schmidt, a specialist for the Gothic revival style in architecture. During his studies, besides Schmidt, Vancaš co-worked with famous Viennese architects Ferdinand Fellner and Hermann Helmer who were especially admitted to concert halls and theatres, their project is *Volkstheater* in Vienna. [1:253]

Afterwards, in 1883 the Government in Bosnia invited him to come to Sarajevo and participate in the construction of a new Cathedral and the Government administrative building. Professor Schmidt recommended Vancaš to carry out his own project, but when the authorities realised that Schmidt's project is too expensive, Vancaš was assigned as a chief architect.

In the first years of his stay in Sarajevo, which lasted until 1921, he designed mainly historicisms, and then slowly changed the course towards secession and, later on, the so-

called “Bosnian style”. Among all foreign architects that worked in Bosnia, and maybe until nowadays comparable to all contemporary ones, Vancaš left the biggest opus of works and ingenious amount of different approaches, designs and implemented ideas. Overall, Vancaš designed and built more than 240 buildings: 102 houses, 70 churches, 12 institutes and schools, 10 state and municipal buildings, 10 banks, 7 palaces, 6 hotels and coffee-shops, 6 factories, 7 interior designs and altars and 10 adaptations. [2:36]



Figure 6. Josip Vancaš (1859–1932) [3:49]

Vancaš's best profane designs are, besides others: Government administration building I (currently The Presidency building) (1884–1886), Grand Hotel, together with Karel Pařík (1893–1895), Central Post office (1913) all in Sarajevo, and The Grand Hotel Union (1903–1905) and The Municipal Savings Bank (1903–1904), both in Ljubljana, Slovenia.

Vancaš deceased on 15th December 1932 in Zagreb.



Figure 7. Main Post office in Sarajevo: designed 1907–1910, and built 1913 according to plans by Josip Vancaš: present condition (2013)



Figure 8. The Grand Hotel in Sarajevo: built 1892–1895, according to project done by Josip Vančaš and Karel Pařik [4:18.d]

3. BOSNIAN STYLE IN ARCHITECTURE [1:224–244, 5:149–284]

Before starting about the very name “Bosnian style,” one has to be aware of the inconsistency in the leading literature about the originality and the roots of this style. Maybe the best critical and objective opinion was given by one domestic contemporary art historian. [6:170–174] Bosnian style emerged out of Josip Vančaš’s desire to affirm the possibility of modelling modern projects with elements of traditional architecture. The name “Bosnian style” first appeared in 1910, when it replaced “Pseudo-Moorish style” for design principles that combined, until then never seen, concepts of religious Islam and oriental architecture on one side and secession guidelines on the other [5:170], and officially in 1911, when Josip Vančaš, as a parliamentary deputy, submitted a request regarding exemption of the tax payment for buildings constructed in “Bosnian style”.

Vančaš strongly emphasized the importance of (re)-creation of the traditional Bosnian architecture that could be seen on remained buildings from the Ottoman period, mainly single-family houses for rich Turkish families. Yet, the style combined different secession details with a typical traditional house from the region, making this hybrid model unique.

When one takes into account general Austro-Hungarian politics, and especially the strategy towards newly occupied territories, where all existing national ideas and diverse ethnic groups should be suppressed in favour of new, in this case, Bosnian and Herzegovinian forced tradition, it becomes quite clear the idea behind this “style.” [7:67]

The new style is an expression of function, material and structure, with elements of modern architecture. Elements of traditional architecture are not taken from Bosnian house but derived from them into new elements that corresponded between each other on a higher level. [7:67]

Some would also say that Bosnian style has development continuity, unlike some “forced” styles that were to be “created” at that time, like in Slovenia, Serbia, Czechoslovakia etc.

General attributes of this style are the usage of the following elements: high plinth zone walls made in stone, windows with archivolt, steep roof in the Dinara mountain house style, roof dormers, oriel bay windows etc. The interior design, from case to case varied, but in some exceptional examples, like in villa Husedžinović in Banja Luka, all rooms have a different kind of decoration, spanning from Moorish and traditional Islam art to Art Nouveau.

Vancaš himself did the best projects in this type of architectural language: like a series of buildings for Landesbank branches or, also here described, villa Husedžinović. [5:265]

3.1. LANDESBANK BRANCH

The building was located in the vicinity of Kaiserstraße, at the beginning of the street that led from Kaiserstraße to Public Hospital. If the building existed nowadays, the address would be in Marije Bursać Street. Today, an administrative building and headquarters of one commercial bank are located in its place.

Landesbank branch was designed by Josip Vancaš in 1910 using the same language and methods that he also applied to many single-family houses. The bank in Banja Luka was one in the series of branches designed that year; the project comprises all the elements needed to understand the latest phase of Vancaš's design in the light of the new-coming "Bosnian style." [1:227–228]



Figure 9. Landesbank branch; elevation view from the east. [5:267]

The ground floor was static and strong, covered with stone blocks with windows finished in archivolts. In higher zones, walls were covered with plaster and had oriel windows decorated with wooden elements, which could be found also in the roof zone. The roof was also traditional, steep, with dormers, and emphasised chimneys.

After the earthquake in 1969, the building suffered significant damages and was torn down in 1970.



Figure 10. Landesbank branch; view of the northeastern corner [8:193]

3.2. VILLA HUŠEDŽINOVIĆ

Villa is located in the northern part of old Donji Šeher, in the vicinity of Ferhadija Mosque, Tsar’s School and Kiraet-hana. Its backyard is oriented towards the Vrbas River. Today, the address is 34 Slavka Rodića Street.

Villa for the mayor of Banja Luka, Hamidaga Hušedžinović, is in general one of the most important examples of the neo-traditional style, later named “Bosnian style” in architecture.



Figure 11. Villa Hušedžinović; the original sketch done by Josip Vančaš [9: table 25]

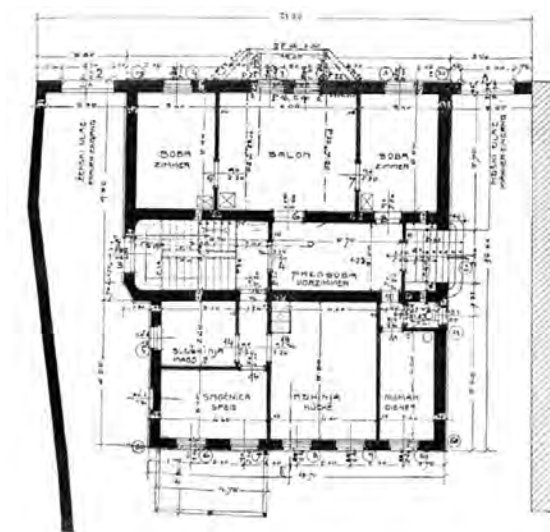


Figure 12. Villa Hušedžinović; ground floor plan [9:193]

Villa Hušedžinović was designed in 1911 [9:193–194] and built in 1913 [1:227] on the western side of the Kastel Fortress close to the Vrbas River and it still exists there. This part of the city

was not developed by the Austro-Hungarian authorities and had preserved spontaneous expansion principles, inherited from the Ottoman era, which can be easily noticed even nowadays.

The design has a similar approach and conceptual details like Landesbank branches: high plinth zone made in stone, archivolts on windows, roof dormer, oriel bay window, and also a traditional garden oriented towards the Vrbas River making a compact ensemble along with side entrance gateways and walls around the site.

One thing has to be emphasised: although it may seem that the house is a pure facsimile reconstruction of the traditional house from Bosnian towns, it certainly is not. It is for sure an attempt to set the traditional framework within the borders of contemporary architecture from the beginning of the XX century, without losing any of the characteristics of “genius loci”.

Structural properties are inherited from the traditional house from Bosnia and adapted to newer systems of construction, materials and technologies. The building has a cellar, ground floor, first floor and small attic zone.

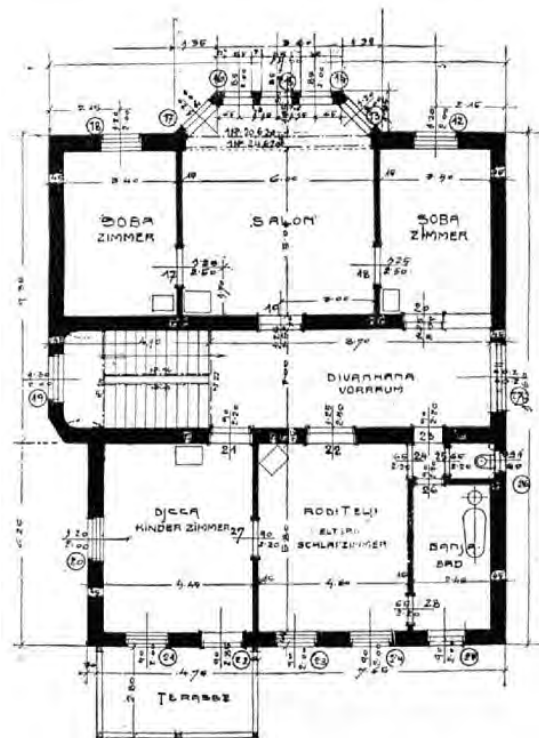


Figure 13. Villa Husedžinović; first floor plan [9:193]

The structure is simple; the cellar is made of stone, the ground floor zone is made of bricks and stone in plinth area, while the first floor is made of bricks only. Walls are approximately 50 cm thick in the ground floor zone. Floor and roof structures are also made of wooden elements. Backyard porch, attached to the house, was made of wood, but due to low material quality it was demolished and recently replaced with a new one, made of the concrete.

Three materials are dominant: ground floor zone, along with entrance gateways is covered with stone blocks; first floor zone is plastered and painted in a combination of white and green colour. Other decorative elements are wooden.



Figure 14. Villa Husedžinović. View of the northwestern façade; present condition.

The inner organization partly retained one of the Turkish house rules: a typical separation between men and women zone and that is why the courtyard has two entrances, the right one for women and the left for men. This division is not identical to the original Turkish, because zones are connected with “mabejn”. Functional disposition allows normal contact inside the house.

The house has three saloons for both women and men. Saloons for men are: Arab room, guys’ room and office. Saloons for women are: women’s “divanhana”, pink saloon, and girls’ room. [10:122–135]



Figure 15. Villa Husedžinović; “divanhana” details [11, 10:130]

“Divanhana” is the only room that preserved its original interior design, which represents a unique connection between traditional elements and imported furniture directly from Vienna. The oldest part of the furniture is the standing clock with engraving in German: “Die

Zeit ist Geld". Interesting floral decoration can be seen on upper wall zones and the ceiling, which are rare examples of preserved "al secco" decoration done in secession style in Bosnia.

Arab room is also interesting. It is, however, an unfortunate case because it was removed from the house; in 1958 it became a part of the permanent collection of the Museum of Bosnian Krajina, today the Museum of Republic of Srpska. Except for the traditional Bosnian rugs, originally named "čilim", everything was designed in Moorish and Persian style. The furniture is imported from Cairo and delivered via Vienna.



Figure 16. Villa Husedžinović; Arab room detail. [10:129]

Pink saloon is not preserved anymore. According to existing information and available photos, some references can be given; after the owner's death, it was exported to Dubrovnik, Croatia; its main parts were chairs and an "S" chair with obvious Art Nouveau influence.

Considering the fact that the house is neither under protection nor on any of the lists of protected heritage, it has preserved a satisfying amount of its original design. This, however, is not given in general, because current owners had done several add-ons and structural changes, mainly in garden sections, ruining some ideas of the original design.



Figure 17. Villa Husedžinović; furniture in style of Louis XV, "pink saloon". [11:132]

4. CONCLUSION

The significance of Josip Vancaš's works has a multi-layered context, and as such has to be analytically understood. Vancaš has established himself as the forerunner of the historic architecture exercised in Bosnia and Herzegovina after the arrival of Austro-Hungarian authorities and as a very honest reproducer of what had already been seen in Vienna earlier in the XIX century. More important is that he set the principles for works of other architects that were still to come to an occupied country and develop their work in the following 40 years.

Unlike other architects, that maintained a certain level of production, Vancaš went several steps further, achieving more than the architectural design. Vancaš proved himself as a very insightful architect and thinker, managing to go beyond everyday life in Bosnia and Herzegovina. Powering the idea of "Bosnian style" has to be acknowledged as a very brave and dare venture, especially when all social circumstances are taken into account. Moreover, one has to give credits to Vancaš for being so keen to the idea of a new national style, that he even introduced it in his own practice in a very short period of time, progressing from a quite superficial idea of reviving historical revival styles.

There is the importance of his works in Banja Luka. Comparing some other pieces of architecture, foremost in Sarajevo, then in Mostar and Tuzla, it is very easy to understand that Banja Luka did not stand out with its architecture. Moreover, in some aspects, it was quite inferior to Sarajevo. Only the "Bosnian style" had its peak in Banjaluka, with the works of Josip Vancaš. Even though there will be many disputes over the question of the "Bosnian style," it is clear that Vancaš's idea is noteworthy, overwhelming the context of a strong, repetitive story of historical styles imported from the Western world, and anyhow represents the promotion of local architecture.

Unfortunately, history played harsh with Landesbank branch, which got destroyed, while villa Husedžinović is preserved, but very poorly maintained and treated. It is still to further research and discuss the "Bosnian style" in order to properly understand it and place it in a corresponding historical stream. In such work, Vancaš's works in Banja Luka will for sure be the most prominent and important artefacts.

5. REFERENCES

- [1] I. Krzović, *Arhitektura Bosne i Hercegovine 1878–1918*. Sarajevo: Umjetnička Galerija Bosne i Hercegovine, Sarajevo, 1987
- [2] J. Božić, *Arhitekt Josip Vancaš*. Istočno Sarajevo: Zavod za udžbenike i nastavna sredstva, 2006.
- [3] R. J. Donia, "Fin-de-Siecle Sarajevo: the Habsburg transformation of an Ottoman town". Quotation in paragraph "An Imperial Vision". *Austrian History Yearbook*, Volume 33, (2002), p. 49
- [4] B. Dimitrijević, "Arhitekt Karlo Paržik (Karel Pařík)." Diss. Faculty of Architecture, University of Zagreb, 1989
- [5] N. Kurto, *Arhitektura Bosne i Hercegovine: razvoj bosanskog stila*. Sarajevo: Biblioteka Kulturno nasljeđe BiH, 1998. Print
- [6] S. Vidaković, *Arhitektura državnih javnih objekata u BiH od 1878. do 1992. godine*. Banjaluka: Arhitektonskograđevinski fakultet Univerziteta u Banjoj Luci, 2011

- [7] M. Malinović, A monograph: The architecture in Banja Luka during the Austro-Hungarian rule in Bosnia and Herzegovina between 1878 and 1918. Banja Luka: Faculty of Architecture and Civil Engineering, University of Banja Luka, 2014
- [8] S. Vicić, D. Vicić i M. Đukić, Pozdrav iz Banjaluke, Banjaluka na starim razglednicama. Belgrade: Atelje Vicić, 2006
- [9] "Familienwohnhaus des Herrn Hamidaga Husedjinovic in Banja Luka." Der Bautechniker, Volume 25 (1915): p. 193–194
- [10] L. Bušatlić, "The transformation of the oriental-type urban house in post-Ottoman Bosnia and Herzegovina". Proceedings of the international conference: "Centres and peripheries in Ottoman architecture: rediscovering a Balkan heritage" 22-24th April 2010, Sarajevo. Sarajevo: Cultural Heritage without borders, 2010, p. 122–135
- [11] Archive collection of Museum of Republic of Srpska, Banja Luka.



[6] 2018 6[1]

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

028-038

Оригинални научни рад | Original scientific paper

UDK I UDC 004.738.5:[37.02:316.62-057.874

DOI 10.7251/AGGPLUS1806028V

Рад примљен | Paper received 02/03/2018

Рад прихваћен | Paper accepted 29/11/2018

Област *Сродне научне области* | Scientific field *Other*

Љубиша Прерадовић

Архитектонско-грађевинско-геодетски факултет Универзитета у Бањој Луци, Војводе Степе Степановића 77/3, e-mail: ljubisa.preradovic@aggf.unibl.org

Ђорђе Стојисављевић

Универзитетски рачунарски центар Универзитета у Бањој Луци, Булевар војводе Петра Бојовића 1А, e-mail: djordje.stojisavljevic@unibl.org

Александар Гаћина

Универзитетски рачунарски центар Универзитета у Бањој Луци, Булевар војводе Петра Бојовића 1А, e-mail: aleksandar.gacina@unibl.org

ПРИМЈЕНА
ИНФОРМАЦИОНИХ
ТЕХНОЛОГИЈА У АНАЛИЗИ
И ПРЕДВИЂАЊУ УСПЈЕХА
СТУДЕНАТА

THE APPLICATION OF
INFORMATION
TECHNOLOGIES IN THE
ANALYSIS AND PREDICTION
OF STUDENTS' SUCCESS

Оригинални научни рад

Original scientific paper

Рад прихваћен | Paper accepted

29/11/2018

УДК | UDC

004.738.5:[37.02:316.62-057.874

DOI

10.7251/AGGPLUS1806028V

Љубиша Прерадовић

Архитектонско-грађевинско-геодетски факултет Универзитета у Бањој Луци, Војводе Степе Степановића 77/3, e-mail: ljubisa.preradovic@aggf.unibl.org

Ђорђе Стојисављевић

Универзитетски рачунарски центар Универзитета у Бањој Луци, Булевар војводе Петра Божовића 1А, e-mail: djordje.stojisavljevic@unibl.org

Александар Гаћина

Универзитетски рачунарски центар Универзитета у Бањој Луци, Булевар војводе Петра Божовића 1А, e-mail: aleksandar.gacina@unibl.org

ПРИМЈЕНА ИНФОРМАЦИОНИХ ТЕХНОЛОГИЈА У АНАЛИЗИ И ПРЕДВИЋАЊУ УСПЈЕХА СТУДЕНАТА

АПСТРАКТ

Примјена откривања законитости у подацима у области образовања (енгл. *Educational data mining*) представља нову област информационих технологија која је у експанзији. У овом раду је коришћењем *data mininga* извршена анализа и развој модела за предвиђање успјеха студената, заснованог на појединим факторима који утичу на њихов успјех (успјех у средњој школи, успјех на пријемном испиту). Истраживање има за циљ да покаже у којој мјери успјех у средњој школи и успјех на пријемном испиту утичу на успјех ученика током студирања, а који се прије свега огледа на оцјенама из базичних предмета и укупном броју остварених ECTS бодова. У истраживању су коришћени савремени софтверски алати: RapidMiner, SPSS и MATLAB.

Кључне ријечи: информационе технологије, високо образовање, *data mining*, анализа, предвиђање постигнућа студената

THE APPLICATION OF INFORMATION TECHNOLOGIES IN THE ANALYSIS AND PREDICTION OF STUDENTS' SUCCESS

ABSTRACT

The application of educational data mining is a new area of information technology that is expanding. Using this data mining, the analysis and development of models for student success prediction were performed based on certain factors affecting their success (success in high school, success on the entrance exam). The aim of the research is to show the extent to which success in high school and the success on the entrance exam affects the students' success during their studies at the higher education level, which is primarily reflected on grades from the core subjects and the total number of ECTS credits achieved. The study used modern software tools: RapidMiner, SPSS and MATLAB.

Key words: information technology, higher education, data mining, analysis, prediction of students' success

1. УВОД

Континуиран напредак савременог друштва, праћен развојем информационих и интернет-технологија, као нужност намеће потребу да се на стратегијском нивоу води брига о образовању и сталном усавршавању. Квалитет високог образовања се уобичајено мјери постигнућима студената, те је неопходно утврдити кључне чиниоце успеха студената у циљу побољшања високошколског образовног процеса.

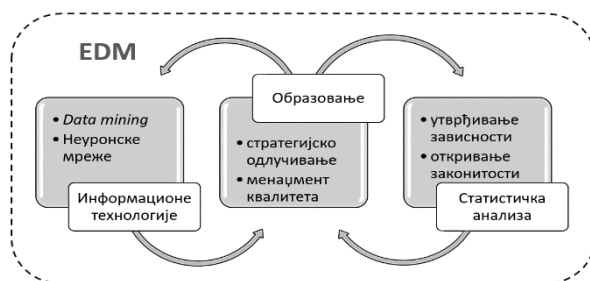
За високообразовне установе анализа успјешности студирања врло је важна, јер стратегијско планирање студијских програма зависи од тога да ли програм треба повећати или одржати постојећу успјешност студената, ако је она задовољавајућа [1].

Откривање законитости у подацима који долазе из области образовања кључни је корак за откривање нових сазнања, облика понашања, предвиђања и прилагођавања процеса образовања. Анализа појединих фактора о студенту, од успјеха у средњој школи и успјеха на пријемном испиту, успјеха на првој години основних академских студија, с посебним освртом на базичне предмете (математика, информатика, нацртна геометрија), преко њиховог утицаја и корелације са цјелокупним успјехом студирања, представља предмет истраживања овог рада.

2. OBRAZOVNI DATA MINING

Образовни Data Mining (Educational Data Mining – EDM) представља нову област која се бави развојем, истраживањем и примјеном метода за откривање законитости у подацима у оквиру база података из области образовања, а које би иначе класичним методама биле тешко или скоро немогуће анализирати и утврђивати зависности, обрасце понашања и учења код студената, прије свега због велике количине података. [2]

Проучавањем мултидисциплинарности EDM-а, могу се издвојити три области које се међусобно преплићу и интегришу: информационе технологије, (високо) образовање и статистичка анализа (слика 1).



Слика 1. Области које чине темељ EDM-а

2.1. ИСТРАЖИВАЊА

EDM истраживања заснивају се на концептима квантитативне анализе, методама и техникама статистике и вјештачке интелигенције. Доминантна истраживачка парадигма је квантитативно представљање резултата који долазе у облику предвиђања, кластера или класификација, а који су често и квалитативно образложени.

EDM се издваја као независна област истраживања, проистекла из вјештачке интелигенције у образовању, при чему се у великој мјери користе статистичке методе и тестови. Тежиште EDM-а је на испитивању фактора који директно утичу на успјех и понашање студената, анализа образовног система, од полагања квалификационог испита, кроз цјелокупан наставни процес, до одбране завршног рада.

Камбел (Campbell) и Облинер (Oblinger)[3] дефинишу EDM као аналитику академских података коришћењем статистичких метода, на начин који ће помоћи менаџменту високошколских установа да постане активнији у откривању специфичних група студената (нпр. један од критеријума за груписање студената може бити завршена средња школа) и реагује у складу са тим (нпр. прилагођавањем наставног плана и програма, увођењем факултативних предмета и сл.), а у циљу побољшања успјеха студената и унапређења квалитета образовног процеса.

2.2. ЦИЉЕВИ

Основни циљеви EDM-а могу се класификовати у сљедеће категорије [4]:

- предвиђање успјеха студената,
- организација наставног програма,
- предвиђање уписа студената у наредну (вишу) годину студија,
- идентификација абнормалних/екстремних вриједности у образовном систему.

За остваривање ових циљева користе се различити алгоритми data mininga, као што су: стабла одлучивања, вјештачке неуронске мреже, кластер алгоритми итд.

2.3. СОФТВЕРСКИ АЛАТИ

Интензивни развој информационих технологија, посебно области вјештачке интелигенције, условио је развој софтверских алата који олакшавају њихову примјену. Софтверски алати доминантни у области EDM-а, а који су коришћени у овом истраживању, јесу RapidMiner и SPSS.

2.3.1. RapidMiner

RapidMiner представља водећи софтвер отвореног кода (енгл. *open source*) за *data mining*. Доступан је као засебна апликација за анализу података, а може да се интегрише у сопствени производ. RapidMiner користи се у области вјештачке интелигенције, предвиђања и пословних анализа.

Његова примјена је широка, јер обухвата алате, технике и методе за обраду великих количина података паралелно, омогућујући дизајн комплексних модела. Посебно се користи у откривању законитости у подацима.

2.3.2. SPSS

SPSS (*Statistical Package for Social Studies*) представља софтверски пакет за статистичку анализу који се највише примјењује [5]. Омогућава анализу и манипулисање комплексним подацима на једноставан начин. SPSS садржи велики број статистичких и математичких функција, статистичких процедура, и веома флексибилну способност управљања подацима. Може учитати податке у скоро сваком формату (нпр. нумерички, алфанумерички, бинарни, датум/вријеме), а новије верзије могу учитати и датотеке креиране помоћу spreadsheet/database софтвера.

SPSS има широку примјену у природним, друштвеним и техничким наукама. У области образовања најчешће се користи за утврђивање зависности и примјену различитих статистичких тестова.

3. МОДЕЛ И МЕТОДЕ ИСТРАЖИВАЊА

Подаци за модел прикупљени су из Факултетског информационог система Архитектонско-грађевинско-геодетског факултета Универзитета у Бањој Луци. Подаци обухватају студенте уписане у прву годину основних академских студија академске 2014/2015. и 2015/2016. године. Након елиминације непотпуних података, узорак је обухватио 248 студената. Креиран је каузални модел успјешности студирања, при чему успјех као излазну промјенљиву одређују двије компоненте:

- број остварених ECTS бодова и
- оцјене из базичних предмета (Линеарна алгебра, Диференцијални и интегрални рачун 1 и 2, Математика у архитектури 1 и 2, Информатика 1 и 2, Информатика за геодете 1 и 2 и Нацртна геометрија).

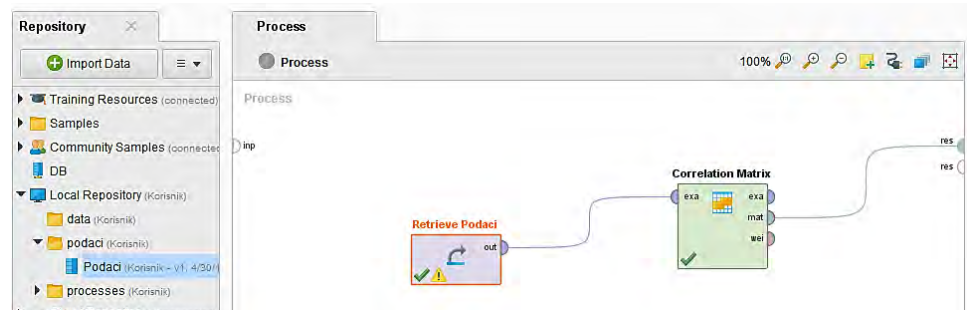
Као улаз модела употријебљене су двије промјенљиве:

- број бодова остварених у средњој школи, и
- број бодова остварених на пријемном испиту.

Методе истраживања у овом раду базиране су на постојећим теоријским резултатима и експерименталном раду у овој области [6],[7],[8]. У посљедњих пет година објављен је значајан број радова и урађено доста докторских дисертација. У једној од њих [9] су описане могућности примјене пословне интелигенције, посебно EDM, за анализу и предвиђање успјеха студирања. Експериментални дио рада се огледа на примјени савремених статистичких алата и *data mininga* у циљу анализе и предвиђања успјеха студената Архитектуре, Грађевинарства и Геодезије основних академских студија.

Основне методе истраживања коришћене у раду јесу: метода анализе, метода синтезе, метода моделирања, статистичка метода, метода пословне интелигенције. Метода анализе коришћена је за утврђивање релација између улазних и излазних промјенљивих. Анализа података имала је за циљ да укаже на потребу и путеве побољшања успјеха студената, што је предмет истраживања. Метода синтезе примијењена је у изградњи теоријског оквира у смјеру од посебног ка општем на основу постојећих научноистраживачких радова из области EDM. Метода моделирања употријебљена је за израду модела за предвиђање успјеха студирања, као и за израду софтверског модела за експерименталну анализу. Током истраживања коришћена су софтверска окружења: RapidMiner, SPSS и MS Excel. Статистичка метода коришћена је за статистичко тестирање, утврђивање значајности и корелације промјенљивих на којима се базира модел за предвиђање успјеха студената у зависности од пола, средине из које долазе и завршене средње школе. Метода пословне интелигенције примијењена је на дефинисаном моделу како би се испитао утицај улазних промјенљивих на излазну промјенљиву.

У софтверском окружењу RapidMiner креиран је модел (слика 2) у којем је кориштен оператор корелације, како би се утврдило између којих варијабли постоји узајамна или реципрочна повезаност.



Слика 2. Модел истраживања у RapidMineru

У експерименталном дијелу извршена је евалуација развијеног модела за предвиђање успјеха студената на основу података из Факултетског информационог система. Резултати експерименталног истраживања утврђују зависност успјеха студената (који се огледа у броју остварених ЕСТS бодова и оцјена из базичних предмета) од бодова остварених у средњој школи и на пријемном испиту. Циљ истраживања огледа се у утврђивању значаја успјеха у средњој школи и на пријемном испиту за успјех током студија, како би се добио одговор на питање да ли успјех током средњошколског образовања значајно утиче на успјех у високошколском образовању – у којим сегментима и у којој мјери.

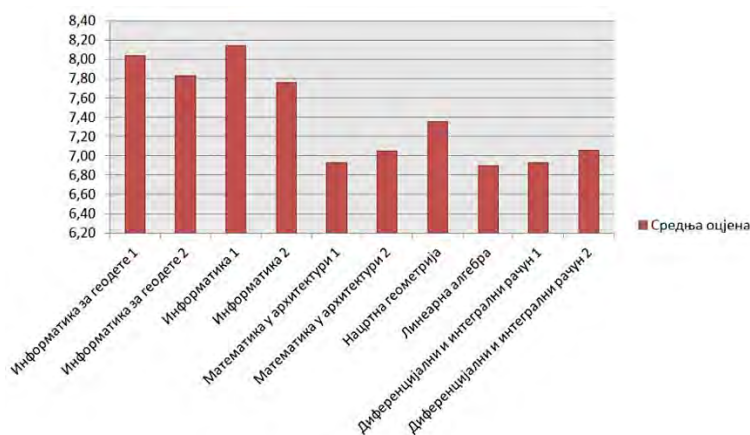
4. РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА

У табели 1 представљене су оцјене из појединих положених предмета прве године основних академских студија. Највишу просјечну оцјену (8,14) остварили су студенти студијског програма *Грађевинарство* из предмета *Информатика 1*, затим студенти студијског програма *Геодезија* из предмета *Информатика за геодете 1* (8,04). Најнижу просјечну оцјену (6,90) имају студенти из предмета *Линеарна алгебра* (слушају студенти студијских програма *Грађевинарство* и *Геодезија*).

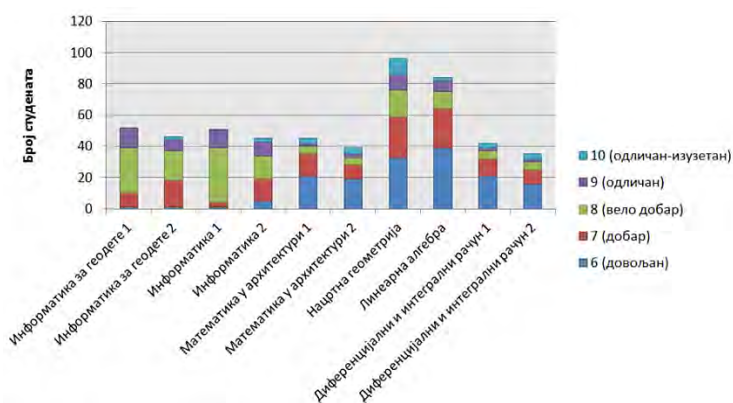
Табела 1. Оцјене из положених предмета прве године

Предмет – оцјена	N	10	9	8	7	6	Медијан	Просјечна оцјена
Информатика за геодете 1	52	0	13	29	9	1	8.00	8,04
Информатика за геодете 2	46	2	7	19	17	1	8.00	7,83
Информатика 1	51	0	12	35	3	1	8.00	8,14
Информатика 2	45	2	9	15	14	5	8.00	7,76
Математика у архитектури 1	45	3	2	5	14	21	7.00	6,93
Математика у архитектури 2	39	4	2	5	9	19	7.00	7,05
Нацртна геометрија	96	10	10	17	26	33	7.00	7,35
Линеарна алгебра	84	2	7	11	25	39	7.00	6,90
Диференцијални и интегрални рачун 1	42	3	2	5	11	21	6.50	6,93
Диференцијални и интегрални рачун 2	35	3	2	5	9	16	7.00	7,06

На графикону 1 приказане су средње оцјене по предметима, а на графикону 2 дат је приказ дистрибуције оцјена по предметима.



Графикон 1. Приказ средње оцјене по предметима



Графикон 2. Приказ дистрибуције оцјена по предметима

У табели 2 приказана је повезаност ECTS бодова и бодова освојених током средњошколског образовања, на пријемном испиту и оцјена из појединих предмета.

Током средњошколског образовања кандидати могу остварити 50% укупног броја бодова, а тестирањем повезаности с оцјенама из појединих предмета и бодовима оствареним током пријемног испита, високо статистички значајна повезаност ($\rho = .192$, $p = .010$) је добијена само с бодовима оствареним током пријемног испита, а статистички значајна повезаност с оцјенама из сљедећих предмета: Информатика за геодете 1 ($\rho = .326$, $p = .018$), Информатика 2 ($\rho = .363$, $p = .014$) и Математика у архитектури 2 ($\rho = .337$, $p = .036$).

Бодови остварени током пријемног испита високо статистички значајно су повезани са оцјенама из сљедећих предмета: Информатика за геодете 2 ($\rho = .451$, $p = .002$), Математика у архитектури 1 ($\rho = .425$, $p = .004$), Математика у архитектури 2 ($\rho = .425$, $p = .007$), Нацртна геометрија ($\rho = .312$, $p = .002$), Линеарна алгебра ($\rho = .418$, $p = .000$), Диференцијални и интегрални рачун 1 ($\rho = .550$, $p = .000$), Диференцијални и интегрални рачун 2 ($\rho = .577$, $p = .000$), с бодовима оствареним током пријемног испита ($\rho = .192$, $p =$

.010) и са укупно освојеним ЕЦТС бодовима ($\rho = .300$, $p = .003$), а статистички значајно повезани с оцјенама из сљедећих предмета: Информатика за геодете 1 ($\rho = .353$, $p = .010$) и Информатика 1 ($\rho = .333$, $p = .017$).

Укупно освојени ЕЦТС бодови високо статистички значајно су повезани са оцјенама из сљедећих предмета: Информатика за геодете 1 ($\rho = .532$, $p = .004$), Информатика за геодете 2 ($\rho = .712$, $p = .000$), Нацртна геометрија ($\rho = .379$, $p = .007$), Линеарна алгебра ($\rho = .533$, $p = .000$), Диференцијални и интегрални рачун 1 ($\rho = .669$, $p = .001$), Диференцијални и интегрални рачун 2 ($\rho = .576$, $p = .010$) и с бодовима оствареним током пријемног испита ($\rho = .291$, $p = .004$).

Табела 2. Повезаност ECTS бодова и бодова освојених током средњошколског образовања, пријемног испита и оцјена из појединих предмета

Предмет		Бодови освојени у средњој школи	Бодови освојени на пријемном испиту	Укупни ECTS бодови
Информатика за геодете 1	ρ	.326*	.353*	.532**
	p	.018	.010	.004
	N	52	52	28
Информатика за геодете 2	ρ	.198	.451**	.712**
	p	.187	.002	.000
	N	46	46	24
Информатика 1	ρ	.183	.333*	.298
	p	.199	.017	.139
	N	51	51	26
Информатика 2	ρ	.363*	.136	.277
	p	.014	.373	.200
	N	45	45	23
Математика у архитектури 1	ρ	.291	.425**	.368
	p	.052	.004	.101
	N	45	45	21
Математика у архитектури 2	ρ	.337*	.425**	.335
	p	.036	.007	.161
	N	39	39	19
Нацртна геометрија	ρ	.068	.312**	.379**
	p	.511	.002	.007
	N	96	96	50
Линеарна алгебра	ρ	.145	.418**	.533**
	p	.187	.000	.000
	N	84	84	44
Диференцијални и интегрални рачун 1	ρ	.197	.550**	.669**
	p	.211	.000	.001
	N	42	42	21
Диференцијални и интегрални рачун 2	ρ	.189	.577**	.576**
	p	.276	.000	.010
	N	35	35	19

*. Корелација значајна на нивоу 0.05.

**. Корелација значајна на нивоу 0.01.

У табели 3 приказана је повезаност оцјена током студија и средње школе и бодова освојених током средњег образовања и пријемног испита.

Табела 3. Повезаност оцјена током студија и средње школе и бодова освојених током средњег образовања и пријемног испита

Предмет		I раз.	II раз.	III раз.	IV раз.	Бодови средња школа	Бодови пријемни испит
Информатика за геодете 1	ρ	.250	.244	.309*	.210	.327*	.346*
	P	.052	.058	.015	.104	.017	.011
	N	61	61	61	61	53	53
Информатика за геодете 2	ρ	.115	.076	.206	.281*	.194	.424**
	P	.418	.593	.143	.044	.191	.003
	N	52	52	52	52	47	47
Информатика 1	ρ	.134	.100	.136	.086	.183	.333*
	P	.293	.436	.287	.504	.199	.017
	N	63	63	63	63	51	51
Информатика 2	ρ	.304*	.332*	.252	.385**	.363*	.136
	P	.024	.013	.064	.004	.014	.373
	N	55	55	55	55	45	45
Математика у архитектури 1	ρ	.312**	.322**	.180	.180	.291	.425**
	P	.008	.006	.131	.130	.052	.004
	N	72	72	72	72	45	45
Математика у архитектури 2	ρ	.258*	.336**	.277*	.203	.337*	.425**
	P	.049	.009	.034	.123	.036	.007
	N	59	59	59	59	39	39
Нацртна геометрија	ρ	.023	.017	.132	.219*	.068	.294**
	P	.810	.860	.164	.020	.509	.003
	N	112	112	112	112	97	97
Линеарна алгебра	ρ	.143	.077	.079	.206*	.146	.428**
	P	.168	.460	.446	.047	.181	.000
	N	94	94	94	94	85	85
Диференцијални и интегрални рачун 1	ρ	.049	.089	.250	.238	.206	.561**
	P	.742	.552	.090	.107	.186	.000
	N	47	47	47	47	43	43
Диференцијални и интегрални рачун 2	ρ	.095	.156	.177	.208	.176	.537**
	P	.570	.348	.289	.209	.305	.001
	N	38	38	38	38	36	36

*. Корелација значајна на нивоу 0.05.

** . Корелација значајна на нивоу 0.01.

Утврђена је статистички значајна повезаност успјеха у првом разреду средње школе са оцјенама из следећих предмета: Информатика 2 ($\rho = .304$, $p = .024$), Математика у архитектури 2 ($\rho = .258$, $p = .049$), а високо статистички значајна повезаност с оцјенама из предмета Математика у архитектури 1 ($\rho = .312$, $p = .008$).

Успјех у другом разреду средње школе статистички значајно је повезан са оцјенама из предмета Информатика 2 ($\rho = .332$, $p = .013$), а високо статистички значајно повезан са оцјенама из следећих предмета: Математика у архитектури 1 ($\rho = .322$, $p = .006$) и Математика у архитектури 2 ($\rho = .336$, $p = .009$).

Успјех у трећем разреду средње школе статистички значајно је повезан са оцјенама из сљедећих предмета: Информатика за геодете 1 ($\rho = .309$, $p = .015$), Математика у архитектури 2 ($\rho = .277$, $p = .034$).

Статистички значајна повезаност успјеха у четвртном разреду средње школе постоји са оцјенама из сљедећих предмета: Информатика за геодете 2 ($\rho = .281$, $p = .044$), Линеарна алгебра ($\rho = .206$, $p = .047$) и Нацртна геометрија ($\rho = .219$, $p = .020$), а високо статистички значајна повезаност постоји са оцјенама из предмета Информатика 2 ($\rho = .385$, $p = .004$).

Тестирањем повезаности ECTS и бодова освојених током средњошколског образовања и пријемног испита на Студијском програму *Архитектура* добијена је високо статистички значајна повезаност ($\rho = .448$, $p = .001$) бодова остварених током средњошколског образовања и бодова остварених на пријемном испиту (табела 4).

Табела 4. Повезаност ECTS бодова и бодова освојених током средњег образовања и пријемног испита на студијском програму *Архитектура*

		Бодови освојени у средњој школи	Бодови освојени на пријемном испиту	Број ECTS бодова
Бодови освојени у средњој школи	ρ	1.000	.448**	.027
	p	.	.001	.892
	N	55	55	27
Бодови освојени на пријемном испиту	ρ	.448**	1.000	-.098
	p	.001	.	.625
	N	55	55	27
Број ECTS бодова	ρ	.027	-.098	1.000
	p	.892	.625	.
	N	27	27	27

*. Корелација значајна на нивоу 0.05.

** . Корелација значајна на нивоу 0.01.

На Студијском програму *Грађевинарство* није добијена статистички значајна повезаност бодова остварених током средњошколског образовања и бодова остварених на пријемном испиту (табела 5).

Табела 5. Повезаност ECTS бодова и бодова освојених током средњег образовања и пријемног испита на студијском програму *Грађевинарство*

		Бодови освојени у средњој школи	Бодови освојени на пријемном испиту	Број ECTS бодова
Бодови освојени у средњој школи	ρ	1.000	.129	.098
	p	.	.312	.580
	N	63	63	34
Бодови освојени на пријемном испиту	ρ	.129	1.000	.309
	p	.312	.	.075
	N	63	63	34
Број ECTS бодова	ρ	.098	.309	1.000
	p	.580	.075	.
	N	34	34	34

*. Корелација значајна на нивоу 0.05.

** . Корелација значајна на нивоу 0.01.

Добијена је високо статистички значајна повезаност ($\rho = .435$, $p = .009$) бодова остварених током пријемног испита и освојених ЕЦТС бодова током школовања на Студијском програму *Геодезија* (табела 6).

Табела 6. Повезаност ЕЦТС бодова и бодова освојених током средњег образовања и пријемног испита на студијском програму *Грађевинарство*

		Бодови освојени у средњој школи	Бодови освојени на пријемном испиту	Број ЕЦТС бодова
Бодови освојени у средњој школи	ρ	1.000	.113	.324
	p	.	.379	.058
	N	63	63	35
Бодови освојени на пријемном испиту	ρ	.113	1.000	.435**
	p	.379	.	.009
	N	63	63	35
Број ЕЦТС бодова	ρ	.324	.435**	1.000
	p	.058	.009	.
	N	35	35	35

*. Корелација значајна на нивоу 0.05.

** . Корелација значајна на нивоу 0.01.

5. ЗАКЉУЧАК

Истраживање које је приказано у овом раду представља практичну примјену EDM-а, с основним циљем да се омогући ефикасна и квалитетна подршка менаџменту високошколских институција за доношење одлука у циљу побољшања наставног процеса. Примјеном статистичких анализа и data miningа на податке о успјеху студената основних академских студија (компоненте успјеха су укупан број остварених ЕЦТС бодова и оцјене из базичних предмета) утврђивано је постојање повезаности са успјехом у средњој школи и успјехом на пријемном испиту. Узорак за истраживање чини 248 студената Архитектонско-грађевинско-геодетског факултета Универзитета у Бањој Луци.

Утврђена је статистички значајна повезаност између оцјена из већине базичних предмета (првенствено математичких) и успјеха на пријемном испиту. Ова законитост може бити основни параметар предвиђања успјеха студената на основу резултата пријемног испита – ако је кандидат остварио преко 40 бодова на пријемном испиту, може се очекивати да ће положити базичне предмете на првој години студија.

Истраживањем је утврђена статистички значајна повезаност између оцјена из појединих базичних предмета (првенствено информатичких) и успјеха у средњој школи. Може се закључити да ће студенти који су изучавали информатику у средњој школи бити успјешни у полагању испита из информатичких предмета на првој години студија.

Анализирањем повезаности успјеха током студија и успјеха по разредима средње школе, утврђено је да на успјех током студија највише утиче успјех остварен у четвртог разреда средње школе.

На основу спроведеног истраживања, примјеном статистичких алата и EDM-а могуће је са великом сигурношћу предвидјети успјех студената основних академских студија на

основу успјеха оствареног у средњој школи и на пријемном испиту. На основу овог модела, менаџмент високошколске установе може да предвиђа и планира кретање студената по годинама студија (нпр. процјена колико ће студент напредовати – уписати наредну годину, а колико студент ће обновити годину). Предвиђање успјеха студената је значајно првенствено у циљу планирања ангажовања наставног кадра, за израду финансијског плана, материјална улагања и сл.

6. БИБЛИОГРАФИЈА

- [1] W Oladokun, V.O., Adebajo, A. T., Charles-Owaba, O.E., „Predicting Students’ Academic Performance using Artificial Neural Network, A Case Study of an Engineering Course”, *The Pacific Journal of Science and Technology*, vol. 9. стр. 72–79, 2008.
- [2] C. Romero, S. Ventura, „Educational data mining: a re-view of the state-of-the-art”, *IEEE Trans SystMan Cybern C: Appl Rev*, vol. 40, стр. 601–618, 2010.
- [3] J. Campbell, D. Oblinger, *Academic analytics*. Washington, DC: Educause, 2007.
- [4] V. Kumar, A. Chadha, „An Empirical Study of the Applications of Data Mining Techniques in Higher Education”, *International Journal of Advanced Computer Science and Application*, vol. 2(3), стр. 80–84, 2011.
- [5] Љ. Прерадовић, В. Ђајић, *Аналитичко-статистичке методе у савременим истраживањима*. Банја Лука, Република Српска: Архитектонско-грађевински факултет, 2011.
- [6] Љ. Прерадовић, С. Косић-Јеремић, „Student achievement in the university entrance examination and the effects of preparation classes - a case study of civil engineering students”, *Tehnički vjesnik-Technical Gazette*, vol. 22, No. 3, стр. 785–791, 2015.
- [7] С. Косић-Јеремић, Љ. Прерадовић, „Achievement in university entrance examination relative to attendance in preparation classes and type of secondary school completed: a case study of geodesy undergraduate candidates”, *International Journal of Education and Research*, vol. 2, No. 9, стр. 59–70, 2014.
- [8] М. Додиг, Љ. Прерадовић, Д. Милановић, „Значај развијених специфичних способности за постигнућа ученика”, *АГГ+ часопис за архитектуру, грађевинарство, геодезију и сродне научне области*, No. 1, стр. 002–011, 2013.
- [9] С. Ђилјамовић. „Могућности примене пословне интелигенције за анализу и предвиђање успјеха студената.” *Докtorska дисертација, Универзитет у Београду, Београд*, 2015.



[6] 2018 6[1]

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

040-046

Прегледни научни рад | Scientific review paper

UDK I UDC 66.017/.018:691]:624.012.45

DOI 10.7251/AGGPLUS1806050M

Рад примљен | Paper received 16/06/2018

Рад прихваћен | Paper accepted 08/08/2018

Област *Грађевинарство* | Scientific field *Civil Engineering*

Siniša M. Vučenović

Univerzitet u Banjoj Luci, Prirodno-matematički fakultet, Mladena Stojanovića 2, Banja Luka, Republika Srpska, BiH, sinisa.vucenovic@pmf.unibl.org

Jovan P. Šetrajčić

Univerzitet „Union – Nikola Tesla“, Fakultet za sport, Narodnih heroja 30/1, Novi Beograd, Srbija, jovan.setrajcic@gmail.com

NANOTEHNOLOGIJE U
GRAĐEVINSKIM
MATERIJALIMA

NANOTECHNOLOGY IN
BUILDING
MATERIALS

Прегледни научни рад
Review scientific paper
Рад прихваћен | Paper accepted
08/08/2018
UDK I UDC
66.017/.018:691]:624.012.45
DOI
10.7251/AGGPLUS1806050M

Siniša M. Vučenović

Univerzitet u Banjoj Luci, Prirodno-matematički fakultet, Mladena Stojanovića 2, Banja Luka, Republika Srpska, BiH, sinisa.vucenovic@pmf.unobl.org

Jovan P. Šetrajčić

Univerzitet „Union – Nikola Tesla“, Fakultet za sport, Narodnih heroja 30/I, Novi Beograd, Srbija, jovan.setrajcic@gmail.com

NANOTEHNOLOGIJE U GRAĐEVINSKIM MATERIJALIMA

РЕЗИМЕ

Nanotehnologije su u stanju pružiti velike mogućnosti u unapređivanju, prvenstveno termodinamičkih i mehaničkih, osobina građevinskih materijala, najčešće betona i betonskih konstrukcija. Nanomaterijali poboljšavaju održivost, izdržljivost, ali i neka druga svojstva kao što je, npr., mogućnost samočišćenja. Naučna istraživanja nanostruktura su u stalnom porastu, pružajući nova saznanja o potencijalu njihove primjene u građivinarstvu, čime se otvaraju mnogobrojne mogućnosti u poboljšanju karakteristika, ali i smanjenju troškova proizvodnje i ugradnje građevinskih materijala. Ovaj rad će dati pregled nekih osnovnih definicija nanotehnologija i karakterizacije nanostruktura, kao i nanoaditiva koji su danas najznačajniji u unapređenju građevinskih (betonskih) proizvoda.

Ključne riječi: *nanotehnologije, nanomaterijali, beton, cement*

NANOTECHNOLOGIES IN BUILDING MATERIALS

ABSTRACT

Nanotechnologies are capable of giving great possibilities in improving mostly thermodynamical and mechanical properties of civil engineering materials, primarily concrete constructions. Nano-materials improve sustainability, durability and some other properties, such as the possibility of self-cleaning.

The scientific research on nanostructures is on a permanent boosting, providing new cognition on the potential of their application in civil engineering, which opens many possibilities in improving characteristics and reducing costs in the production and installation of materials. This paper will give a review of a general definition of nanotechnologies, their characterization and nano-additives which are today most significant in improving civil engineering (concrete) materials.

Keywords: *nanotechnology, nanomaterials, concrete, cement*

1. UVOD

Nanotehnologiju danas možemo definisati preko više definicija. U početku razvoja tehnike i tehnologije na nanonivou, ona se smatrala za oblast nauke i tehnologije u kojoj presudnu ulogu imaju dimenzija i tolerancija u intervalu od 0,1 do 100 nm [1], a danas je prihvaćena definicija da je nanotehnologija tehnika funkcionalnih sistema na molekularnom nivou [2]. U suštini, naučnici se nanotehnologijom bave odavno, naročito hemičari, ali danas je nanotehnologija multidisciplinarna u pravom smislu te riječi. Osim hemijskih inženjera, njome se bave fizičari, biolozi, medicinari, ali i mnogi drugi, posebno iz tehničkih disciplina, neophodnih zbog potencijalne primjene.

Nanomaterijali ili sistemi na nanodimenzionom nivou mogu se nalaziti u raznim strukturnim oblicima. Osnovna podjela ovih materijala vrši se na osnovu dimenzija karakterističnih za ograničenje stepena slobode kretanja (kvazi)čestica koje se u posmatраних nanostrukture javljaju (najčešće elektrona, ali i fotona – kvantna mehaničkog oscilovanja, eksitona – kulonovski vezanih stanja elektrona i šupljina, i drugih). Tako, na primjer, izduženi oblik nanostrukture u obliku žica ili gređica nazivamo 1D (jednodimenzioni) nanomaterijal, jer se (kvazi)čestice u njima „nesmetano“ kreću samo duž jedne karakteristične dimenzije, dok je kretanje duž druga dva pravca potpuno ograničeno ili konfinirano – diskretno ograničeno. Riječ „nesmetano“ smo namjerno stavili u znake navoda, jer apsolutno neometan oblik kretanja (kvazi)čestica unutar nanostrukture postoji samo u superprovodnim materijalima, o čemu svakako ovdje nije riječ. Nanostrukture koje imaju oblik tankih ili ultratankih filmova nazivaju se i 2D nanomaterijali, jer se sloboda kretanja (kvazi)čestica vrši u dve nezavisne dimenzije (npr. duž x i y pravaca), dok je duž treće ose (z) kretanje ograničeno (više o ultratankim filmovima i diskretnosti stanja i energija u njima pogledati npr. u [3–5]). Na kraju, nanočestice predstavljaju kvantne čestice ili 0D nanomaterijale čija je konfiniranost prisutna duž sve tri ose pravouglog koordinatnog sistema.

Nanomaterijali se fabrikuju na dva osnovna i dijametralno suprotna načina: „top-down“ i „bottom up“. Prvi način („odozgo prema dolje“) koristi metode koje uključuju usitnjavanje (mljevenje) makroskopskih materijala sve do nanodimenzija. Drugi način („odozdo prema gore“), koji se naziva i molekulska nanotehnologija, podrazumijeva proizvodnju (slaganje ili pakovanje) nanomaterijala od osnovnih konstituenata – molekula ili atoma. Ovo slaganje vrše asembleri – hipotetičke mašine koje su u stanju da proizvode nanomaterijale na ovaj specifičan način. Iako se veliki broj modernih tehnologija oslanja i dalje na „top-down“ pristup, čini se da je molekulska nanotehnologija ipak ta od koje se mnogo više očekuje i koja bi trebala da da nove pristupe u elektronici, medicini, energetskom sektoru, bioinženjeringu, informacionim tehnologijama, vojnoj industriji itd.

Karakterizacija nanomaterijala zahtijeva mjerenje, odnosno određivanje njegovih fizičkih, hemijskih i mehaničkih svojstava. Za ovo su razvijene mnoge metode koje imaju visoku prostornu rezoluciju. Prve primjene nanotehnologije u nauci o materijalima bazirale su se na mjerenju mehaničkih osobina, metodama nano-utiskivanja ili tribološkim metodama (metode koje mjere koeficijent trenja prilikom „grebanja“ po površini). Revoluciju u metodama karakterizacije nanomaterijala su donijeli elektronski mikroskopi. AFM (*Atomic Force Microscope*) ili mikroskop atomske sile donio je ne samo prednost u karakterizaciji nanomaterijala, već i u molekularnoj nanotehnologiji, jer je AMF omogućio i manipulaciju molekulima, tj. njihovo pomjeranje u željenom pravcu i/ili postavljanje u željenu poziciju, što je značilo da se pomoću AFM ostvarila i „bottom-up“ primjena. Međutim, postoje metode

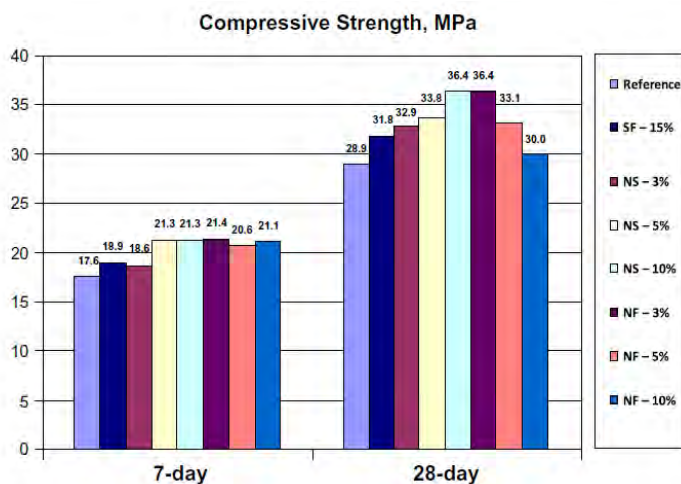
karakterizacije nanostrukture koje uključuju i druge načine, poput rasijanja neutrona ili X-zračenja, ali i razne spektroskopije. Metode, koje uključuju rasijanje čestica ili svjetlosti (x-zraka) na nanostrukturama, zasnivaju se na činjenici da, prilikom sudara čestica (fermiona) ili fotona na nanostrukturama, rasijane čestice ili fotoni nose sa sobom informaciju o meti s kojom su se sudarili. Ovo je utemeljeno na kvantnoj prirodi čestica i ima opravdanje u hipotezi De Brojla, po kojoj sve čestice imaju i talasnu prirodu. Upravo na taj način može se objasniti i zašto sudari „nose“ informaciju o meti sudara. Za karakterizaciju nanostrukture u građevinskim materijalima naročito korisne mogu biti i nuklearne metode, poput NMR (nuklearne magnetne rezonance), čija prostorna rezolucija dostiže veličinu nukleusa (protona).

2. NANOINŽENJERING GRAĐEVINSKIH MATERIJALA

Građevinski materijali kojima se dodaju odabrani nanostrukturirani materijali znatno poboljšavaju svoje fizičke karakteristike, pa se nanoinženjering ili nanomodifikovanje građevinskih materijala danas veoma ubrzano razvija. Jedan od najznačajnijih materijala u građevinarstvu jeste cement, pa se u tom pravcu razvijaju različiti aditivi, poput superplastičnih čestica, nanočestica ili nanoojačivača, koji se dodaju cementu. Oni se mogu primijeniti u pripremi betona kod cementa u čvrstoj, kao i u tečnoj fazi, na graničnim površima između čvrstih i tečnih faza, ili granicama između čvrstih faza [6]. Postoje od ranije razvijene metode kojima su neke fizičko-hemijske karakteristike betona poboljšane, kao npr. tačka mržnjenja betona. Međutim, ovdje ćemo se primarno baviti pregledom poboljšanja mehaničkih osobina građevinskih materijala.

U keramikama su nanočestice dodavane još u doba Rimljana (jedan od napoznatijih primjera je Likurgusov pehar, koji zbog nanočestica mijenja boju svjetlosti kada je osvijetljen izvana ili iznutra). Međutim, čini se da su nanočestice u ovim proizvodima završile više slučajno nego što je to bilo kontrolisano. Cilj nanotehnologija je ipak kontrolisano i svjesno dodavanje nanostrukture u finalne proizvode, tj. u toku proizvodnog procesa.

Dodavanje nanočestica SiO_2 u beton rezultovalo je povećanjem njegove čvrstoće i ovo povećanje je znatno veće od čvrstoće koju bi beton imao kada bismo dodavali makroskopski (ili bulk) SiO_2 [7]. Na slici 1 prikazana je čvrstoća nakon 7 i nakon 28 dana od kada se u beton dodaju različite koncentracije nanočestica SiO_2 (na slici označeno sa NS) u poređenju sa onima kada se u beton dodaju različite koncentracije čestica nanoželjeza (NF) i makroskopski SiO_2 (SF). Nanoželjezo (Fe_2O_3), osim što povećava čvrstinu betona (slika 1) – mijenja i vrijednost zapreminske otpornosti materijala u zavisnosti od primijenjene sile opterećenja. U tom slučaju beton ojačan nanoželjezom može samostalno da odmjeri, tj. da „osjeti“ primijenjeno opterećenje, u slučaju da su na takve betonske konstrukcije postavljeni određeni senzori koji mjere otpornost u realnom vremenu i na datim mjestima.



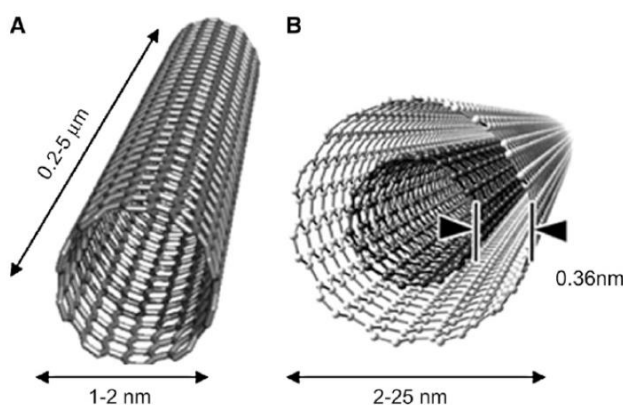
Slika 1. Kompresiona čvrstoća cementnog maltera nakon 7 i 28 dana pri različitim koncentracijama nano-SiO₂ (NS), različitim koncentracijama nanoželjeza (NF) i s 15% udjela makroskopskog (bulk) SiO₂ (slika prikazana iz [7])

Objašnjenje zašto nanočestice tako značajno pojačaju čvrstinu betona leži u velikom odnosu površine u odnosu na zapreminu kod nanočestica u poređenju sa istim odnosom kod makroskopskih čestica. Ova činjenica nanočestice čini superiorno hemijski reaktivnijim i zbog toga one lakše stupaju i u hemijske reakcije prilikom očvršćavanja betona. Osim nano-SiO₂, postoje mnogobrojna istraživanja sa dodavanjem i drugih nanočestica: nano-TiO₂, nanoalumine (Al₂O₃) i nanogline [8–10]. Na primjer, nanočestice TiO₂ pokazale su se kao veoma efektivne u procesima samočišćenja, ali i u procesima fotokatalitičke degradacije različitih zagađivača kao što su No_x, CO, hlorofenola i aldehida (zagađivači koji potiču iz vozila sa motorima sa unutrašnjim sagorijevanjem ili industrijskih postrojenja) [11]. Naime, ove nanočestice ulaze veoma lako u hemijske reakcije sa ovim zagađivačima i vežu ih na sebe i prilikom atmosferskih padavina skidaju sa fasada ili puteva u kojima su ugrađeni. Interesantno je da su ove nanočestice već ugrađene na fasadama pojedinih zgrada u Evropi i Japanu, a jedna mala dionica puta izvan Milana je asfaltirana uz korištenje ovih nanočestica kao ekoloških pročišćivača. Osim osobina čišćenja, pokazano je da nanočestice TiO₂ pozitivno utiču na kompresionu čvrstinu, kao čvrstinu kod savijanja, ali i povećavaju otpornost na abrazivno habanje [12].

Posebno interesantno je ojačavanje betonskih konstrukcija dodavanjem 1D nanostrukture u građevinske materijale na bazi cementa. Ovdje su iskorištena ugljenična nanovlakna, a posebno ugljenične nanotube [13]. Ove posljednje su se pokazale kao nanostrukture sa značajno boljim fizičkim karakteristikama u odnosu na neke makroskopske materijale koji su smatrani veoma čvrstim materijalima (poput čelika). Na primjer, njihov modul elastičnosti je reda veličine TPa, dok je njihova čvrstoća na izvlačenje reda veličine GPa. Osim veoma dobrih mehaničkih osobina, ugljenične nanotube pokazuju i izuzetne hemijske i elektronske osobine. One se mogu pojaviti u dvije morfološke forme [14] – kao jednozidne (SWCNT – Single Wall Carbon Nanotube) ili višezidne (MWCNT – Multi Wall Carbon Nanotube), slika 2.

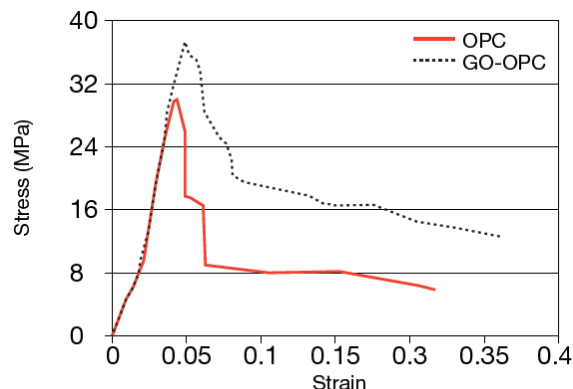
Ojačavanje betona, tj. povećanje njegove čvrstoće, za sobom povlači problem povećanja njegove krutosti i smanjenje elastičnosti. U tom smislu je i bilo za očekivanje da korištenje SWCNT ili MWCNT može značajno povećati čvrstinu, ali i elastičnost betona. Međutim, izazovi upotrebe ovih nanostrukture u betonu su u njihovoj pravilnoj disperziji u cementnoj smješi,

kako radi velike hidrofobnosti, tako i zbog velike međusobne privlačne sile – koja ove nanostrukture aglomerirše (ili formira klastere). Uz sve to postoji i ne tako beznačajan problem – i dalje visoka cijena ovih nanostrukture. Jednim dijelom ovaj problem se pokušava riješiti s ugljениčnim nanovlaknima (CNF – Carbon Nano Fibers). Proizvodnja ovih struktura je relativno jeftinija, jer se dobijaju hemijskom kondenzacijom iz gasne faze (CVD – Chemical Vapor Deposition), ali su ova vlakna znatno krupnija (dijametar CNF nerijetko prelazi i nekoliko μm – što znači da ovdje ne možemo ni govoriti o upotrebi nanotehnologije, jer je ona u domenu mikrotehnologija). Često njihov oblik gubi pravilnu koncentričnu strukturu, a postoji i veliki broj defekata. Sve ovo rezultuje činjenicama da su fizičke, a naročito mehaničke osobine CNF dosta slabije u poređenju sa nanotubama – ali ojačanje betona i sa ovakvim CNF je znatno bolje u pređenju sa običnim (nedopiranim) betonom. Posljednja istraživanja pokazuju da se upotrebom malih količina CNT ili CNF može uspješnije povećati elastičnost betona bez gubitka njegove čvrstoće [15].



Slika 2. Prikaz: A – jednozidne i B – višezidne (ovdje prikazane dvozidne) nanotube. (slika preuzeta iz [14])

Posljednjih godina najviše istraživana 2D nanostruktura jeste grafen. Ona predstavlja monosloj ugljenikovih atoma, poređanih u jednoj ravni i u formi pčelinjeg saća. Grafen zapravo čini gradivni element za sve SWCNT i MWCNT, ali i druge nanostrukture, poput fulerena – velikog molekula sačinjenog od ugljenikovih atoma u obliku koji veoma podsjeća na fudbalsku loptu (najznačajniji fuleren je molekul C_{60}). Na primjer, SWCNT ćemo dobiti ako grafen „uroliamo“ ili savijemo u tubu, cijev. Naravno, postoji određen (i konačan) stepen slobode na koji način ćemo da vršimo „rolovanje“ grafena, jer se u konačnom stanju molekuli ugljenika moraju „složiti“ u pravilnu formu i sa minimumom potencijalne energije, kako bi dobijena nanostruktura bila stabilna. Upravo ovaj konačan broj načina „rolanja“ grafena u SWCNT daje i širok dijapazon fizičkih osobina (uglavnom elektronskih) kod nanotuba. Dodavanje grafen-oksida kao ojačavajućih nanostrukture u beton istraženo je u radovima [16–18], a na slici 3 su prikazane mehaničke karakteristike običnog cementa (OPC – Ordinary Portland cement) u poređenju sa grafen-oksidom ojačanim cementom (GO-OPC). Vidljivo je poboljšanje čvrstoće na kompresiju od 46%.



Slika 3. Mehaničke karakteristike običnog cementa (OPC) i grafen-oksikom ojačanog cementa (GO-OPC) [18]

3. ZAKLJUČAK

U radu je dat opšti pregled nanomaterijala, kako po njihovim dimenzionim karakteristikama u pogledu konfiniranosti kretanja (kvazi)čestica u njima, tako i po načinu njihovog fabrikovanja – na „top down“ i „bottom up“ pristup. Karakterizacija nanomaterijala obuhvata elektronsku mikroskopiju (jer je optička sa vidljivom svjetlošću i X-zracima ili isuviše „gruba“ ili nema dovoljnu rezoluciju za posmatranje objekata na nanonivou), difrakcione, spektroskopke metode, kao i nuklearnu magnetnu rezonancu. AFM mikroskopija se više koristi u karakterizaciji građevinskih materijala, jer su oni mahom dielektrični (tj. električno slabo ili potpuno neprovodni materijali), pa se ostale mikroskopske metode koje koriste tunel-efekat ne mogu koristiti (osim ako se posmatrana površina ne napari nekim metalom i načini električno provodnom).

Ideja korištenja nanostrukture u građevinskim materijalima, sačinjenih prvenstveno od cementa – betona i betonskih konstrukcija, dolazi od potrebe da se ovi proizvodi načine što čvršćim, ali i elastičnijim. U radu je dat pregled nekih rezultata mehaničkih svojstava betona dopiranih nano-SiO₂, nanoželjezom, nano-TiO₂, nanoaluminom (Al₂O₃) i nanoglinom. Svi oni povećavaju mehaničku čvrstoću betona, dok nano-TiO₂ omogućava i svojstva samočišćenja, ukoliko su ove nanočestice primijenjene u površinskom sloju betona ili asfalta. Posebno je dat uticaj dopiranja betona ugljeničnim nanotubama (SWCNT i MWCNT), kao i ugljeničnim nanovlakanim (CNF), na koji način se povećavaju i elastične osobine betona. Dopiranje cementa grafenom, koji predstavlja osnovni gradivni element svih karbonskih nanostrukture, poseban je predmet naučnih istraživanja, koja pokazuju značajno povećanje neophodnih mehaničkih osobina.

Problemi (ne)ravnomjerne raspodjele nanostrukture u betonskim proizvodima, njihove pravilne i unaprijed planirane primjene određenih koncentracija radi efikasne upotrebe i maksimalnog pojačanja potrebnih mehaničkih osobina, zatim ekonomska opravdanost njihovog korištenja, ali posebno i pitanja biohazarda i toksičnosti dopiranih materijala i (ne)mogućnost njihovog adekvatnog recikliranja, ostaju prioritetni predmet daljih istraživanja iz ove oblasti.

Zahvalnost: Istraživanje u ovom radu je djelimično pomoglo Ministarstvo nauka i tehnologije u Vladi Republike Srpske, Sekretarijat za nauku i tehnološki razvoj AP Vojvodine (projekat 142-

451-2413/2018-03) i Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije (projekti OI-171039 i TR-34019).

4. LITERATURA

- [1] A. Franks, „Nanotechnology“, *J.Phys.E: Sci. Instrum.* 20:1442–1451, 1987.
- [2] M. Treder, „Nanotechnology at War“, *Bulletin of the Atomic Scientists*, 63(6):57–58, 2007, doi: 10.2968/063006013.
- [3] S. M. Vučenović, J. P. Šetrajčić, „Fizičke specifičnosti materijala i optička pobuđenja u nanomaterijalima, ISBN 978-99955-21-37-0, PMF, BanjaLuka 2014.
- [4] S. M. Vučenović, D. Rodić, J. P. Šetrajčić, „Preferences for Nano-Delivery Optical Multilayer Core-Shell Model“, ISBN: 978-613-4-94013-9, LAP Lambert Academ.Publ., Saarbrücken (Germany) 2018.
- [5] J. P. Šetrajčić, S. K. Jaćimovski, S. M. Vučenović, „Diffusion of Phonons through (along and across) the Ultrathin Crystalline Films“, *Physica A*, 486, 839–848 (2017), doi: 10.1016/j.physa.2017.06.003.
- [6] E. J. Garboszi, „Concrete nanoscience and nanotechnology: Definitions and applications“, *Nanotechnology in construction proceedings of the NICOM3 (3rd international symposium on nanotechnology in construction)*; Prague, Czech Republic, pp. 81–88, 2009.
- [7] H. Li, H-g. Xiao, J. Yuan, J. Ou, „Microstructure of Cement with Nanoparticles“, *Compos B Eng*; 35(2):185–189, 2004.
- [8] H. Li, M-h. Zhang, J-p. Ou, „Abrasion Resistance of Concrete Containing Nanoparticles for Pavement“, *Wear*, 260(11–12):1262–1266, 2006.
- [9] Z. Li, H. Whang, S. He, Y. Lu, M. Wang, „Investigation on the Preparation and Mechanical Properties of the Nano-Alumina Reinforced Cement Composite“, *Mater Lett*, 60(3):356–359, 2006.
- [10] T-P. Chang, J-Y. Shin, K-M. Yang, T-C. Hsiao, „Materials Properties of Portland Cement Paste with Nano-Montmorillonite“, *J.Mater.Sci*, 42(17):7478–7487, 2007.
- [11] J. Chen, S-s. Poon, „Photocatalytic Construction and Building Materials: From Fundamentals to Applications“, *Build Environ*, 44(9):1899–906, 2009.
- [12] H. Li, M-h. Zhang, J-p. Ou, „Flexural Fatigue Performance of Concrete Containing Nanoparticles for Pavement“, *Int.J.Fatig*, 29(7):1292–301, 2007.
- [13] S. M. Stojković, J. P. Šetrajčić, I. D. Vragović, „Electron Configuration of Nanotubes“, *Materials Science Forum* 352:129–134, 2000.
- [14] R. M. Reilly, „Carbon Nanotubes: Potential Benefits and Risks of Nanotechnology in Nuclear Medicine“, *J.Nucl.Med.*, 48(7):1039–1042, 2007.
- [15] P. A. Danoglidis, M. S. Konsta-Gdoutos, „Reinforcing Concrete with Carbon Nanotubes and Carbon Nanofibers: A Novel Method to Improve the Modulus of Elasticity“, In: E.Gdoutos, Ed., „Proceedings of the First International Conference on Theoretical, Applied and Experimental Mechanics“, ICTAEM Structural Integrity, vol 5. Springer, Cham, 2018.
- [16] Z. Pan, W. Duan, D. Li, F. Collins, „Graphene Oxide Reinforced Cement and Concrete“, Patent: WO2013096990A1, <https://patents.google.com/patent/WO2013096990A1/en>;
- [17] W. Duan, „Graphene Oxide Reinforced Cement“, Monash University, 2012. <http://www.monash.edu.au/assets/pdf/industry/graphene-oxide-reinforced-concrete.pdf>.
- [18] K. Gong, Z. Pan, A. H. Korayem, L. Qui, F. Collins, C. M. Wang, W. H. Duan, „Reinforcing Effects of Graphene Oxide on Portland Cement Paste“, *J.Mater.Civil Eng.*, 27(2):A4014010, 2015.



[6] 2018 6[1]

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

048-062

Стручни рад | Professional paper

UDK I UDC 625.739:625.712

DOI 10.7251/AGGPLUS1806060R

Рад примљен | Paper received 01/06/2018

Рад прихваћен | Paper accepted 03/09/2018

Област *Грађевинарство* | Scientific field *Civil Engineering*

Љиљана Милић-Марковић

Архитектонско-грађевинско-геодетски факултет Универзитета у Бањој Луци, Војводе Степе Степановића 77/3, e-mail: ljmilic@agfbl.org

Гордана Туторић

Архитектонско-грађевинско-геодетски факултет Универзитета у Бањој Луци, Војводе Степе Степановића 77/3, e-mail: tutoricg@gmail.com

ЕЛЕМЕНТИ СИТУАЦИОНОГ
ПЛАНА И ПОДУЖНОГ
ПРОФИЛА КОД ТУРБО
КРУЖНИХ РАСКРСНИЦА

THE ELEMENTS OF
SITUATIONAL PLAN AND
LONGITUDINAL PROFILE OF
TURBO ROUNDABOUTS

Стручни рад
Professional paper
Рад прихваћен | Paper accepted
03/09/2018
UDK | UDC
625.739:625.712
DOI
10.7251/AGGPLUS1806060R

Љиљана Милић-Марковић

Архитектонско-грађевинско-геодетски факултет Универзитета у Бањој Луци, Војводе Степе Степановића 77/3, e-mail: ljmilic@agfbl.org

Гордана Түторић

Архитектонско-грађевинско-геодетски факултет Универзитета у Бањој Луци, Војводе Степе Степановића 77/3, e-mail: tutoricg@gmail.com

ЕЛЕМЕНТИ СИТУАЦИОНОГ ПЛАНА И ПОДУЖНОГ ПРОФИЛА КОД ТУРБО КРУЖНИХ РАСКРСНИЦА

АПСТРАКТ

Турбо кружне раскрснице су релативно нова врста кружних раскрсница, осмишњених у циљу повећања капацитета и безбједности једнотрачних и двотрачних класичних кружних раскрсница. Турбо кружне раскрснице чине елементи карактеристични за класичне кружне раскрснице и нови елементи, који се јављају искључиво код ове врсте раскрсница. У раду је приказан основни концепт турбо кружне раскрснице са акцентом на елементе ситуационог плана и подужног профила.

Кључне ријечи: турбо кружна раскрсница, саобраћајна безбједност, капацитет, елементи ситуационог плана, елементи подужног профила

THE ELEMENTS OF THE SITUATIONAL PLAN AND LONGITUDINAL PROFILE OF TURBO ROUNDABOUTS

ABSTRACT

Turbo roundabouts are a relatively new type of roundabouts, designed to increase the capacity and safety of single-lane and double-lane roundabouts. Turbo roundabouts consist of elements that are characteristic for classic roundabouts and new elements that occur exclusively in this kind of roundabouts. In this paper the basic concept of a turbo roundabout is presented with an emphasis on elements of the situational plan and elements of the longitudinal profile.

Key words: turbo roundabout, traffic safety, capacity, the elements of the situational plan, the elements of the longitudinal profile

1. УВОД

Примјена кружних раскрсница у посљедње вријеме је велика. Разлог томе је једноставан концепт раскрснице и позитиван ефекат на одвијање саобраћаја и саобраћајну сигурност. У кружним раскрсницама је јасно дефинисано право првенства (возач у кружном току има предност над возилом на улазу у кружну раскрсницу), чиме се побољшава проток (смањује вријеме чекања) у односу на класичне раскрснице у нивоу [1].

Кружне раскрснице се према броју кружних возних трака могу подијелити на [1]:

- једнотрачне,
- двотрачне,
- вишетрачне и
- турбо кружне раскрснице.

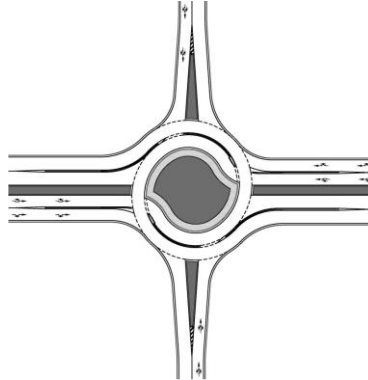
Турбо кружне раскрснице (ТКР) су нова врста кружних раскрсница, настала у Холандији, као рјешење за преоптерећене и недовољно сигурне једнотрачне и двотрачне кружне раскрснице. Турбо кружне раскрснице имају спиралан ток возних трака, које су одвојене спиралном хоризонталном сигнализацијом и физички раздвојене надвишењем. Њиховом конструкцијом смањен је број конфликтних тачака у односу на класичну двотрачну кружну раскрсницу и повећан капацитет у односу на класичну једнотрачну и двотрачну кружну раскрсницу [1].

Циљ рада је дати увид у основни концепт турбо кружне раскрснице, као релативно нове врсте кружних раскрсница, а акценат је на елементима ситуационог плана и подужног профила ТКР-е. Рад је заснован на смјерницама (техничким условима) за пројектовање турбо кружних раскрсница у Словенији [2], као држави бивше Југославије у којој су највише заступљене и једној од земаља које се налазе у самом врху по броју изведених турбо кружних раскрсница. Према подацима из децембра 2018. године, Словенија је на трећем мјесту на свијету по броју изведених турбо кружних раскрсница (исти број, 12, имају Њемачка и Чешка Република); испред ње су Холандија и Пољска [3].

2. ТУРБО КРУЖНЕ РАСКРСНИЦЕ

2.1. УОПШТЕНО О ТУРБО КРУЖНИМ РАСКРСНИЦАМА

Турбо кружне раскрснице су посебан тип кружних раскрсница са двије или више спирално распоређених возних трака у кружном току, на које се прикључују три или више крака (слика 1). Правилно функционисање турбо кружне раскрснице подразумијева расподјелу возила у траке за сваки правац (циљ) прије уласка у раскрсницу.



Слика 1. Типичан изглед турбо кружне раскрснице [2]

Турбо кружне раскрснице је осмислио 1996. године Ламбертус Фортијн (*Lambertus Fortuijn*) на Техничком универзитету у Холандији (*Delft University of Technology*), као алтернативно рјешење за једнотрачне, двотрачне или вишестрачне кружне раскрснице [4].

Раздвајање возила по тракама је обезбијеђено издигнутим ивичњацима – делинеаторима, којима се спречавају преплитања саобраћајних токова (промјена возне траке) у кружној раскрсници.

Данас се изводе турбо кружне раскрснице на два начина [4]:

- са делинеаторима (Холандија, Словенија, Мађарска, Македонија, Хрватска) и
- без делинеатора (Њемачка, Пољска, Данска, Чешка).

Главне карактеристике турбо кружних раскрсница јесу (слика 2) [5]:

- турбо кружна раскрсница има више од једне траке;
- права трака мора бити изабрана прије уласка у раскрсницу;
- саобраћај на улазу мора дати предност саобраћају у раскрсници, што је ограничено на максимално двије траке;
- унутар раскрснице није могуће преплитање и пресијецање;
- раскрсница може бити напуштена само кроз претходно изабрани пут.



Слика 2. Главне карактеристике турбо кружне раскрснице [5]

2.2. ТИПОЛОГИЈА ТУРБО КРУЖНИХ РАСКРСНИЦА

Постоји седам типова турбо кружних раскрсница, које се разликују по броју прикључних крака, броју трака на њима и кружним возним тракама у зависности од расподеле интензитета саобраћаја [2].

Типови турбо кружних раскрсница са четири прикључна крака [2]:

- стандардни,
- овални (јајолики),
- кољенасти,
- спирални,
- турбина.

Типови турбо кружних раскрсница са три прикључна крака [2]:

- растегнута кољенаста,
- звијезда.

У зависности од величине, турбо кружне раскрснице се дијеле на [2]:

- мале,
- стандардне,
- средње и
- велике,

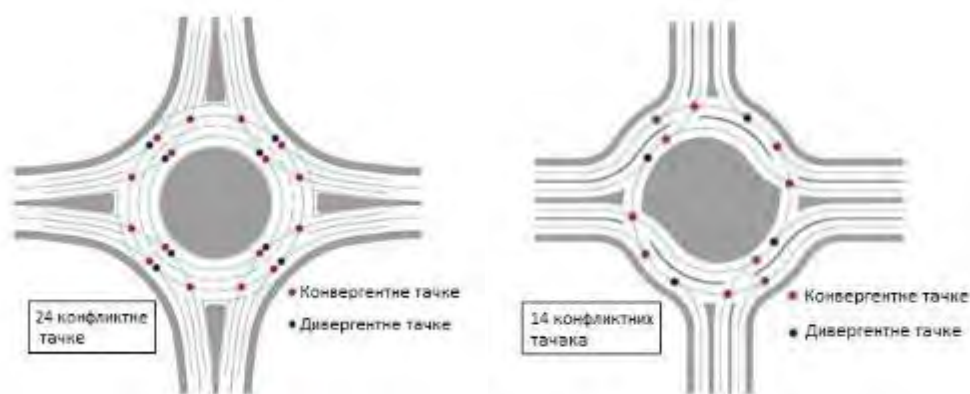
које се разликују по величини параметара турбо блока.

2.3. УСЛОВИ САОБРАЋАЈНЕ БЕЗБЈЕДНОСТИ У ТУРБО КРУЖНИМ РАСКРСНИЦАМА

2.3.1. Саобраћајна безбједност моторизованих учесника

Главне предности турбо кружне раскрснице у односу на „обичну“ двотрачну кружну раскрсницу са двотрачним уливама и изливима јесу [6]:

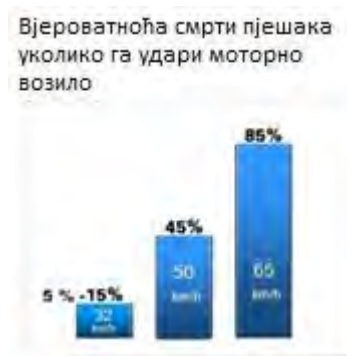
- мањи број конфликтних тачака (слика 3),
- смањење брзине,
- низак ризик од бочних судара.



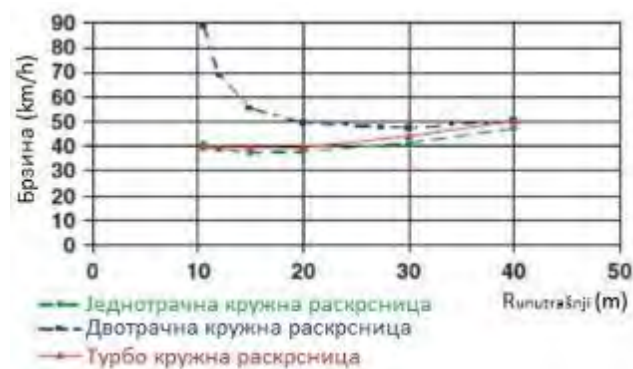
Слика 3. Конфликтне тачке на двотрачној кружној раскрсници (лијево) и стандардној ТКР (десно) [6]

2.3.2. Саобраћајна безбједност немоторизованих учесника

Због високог интензитета саобраћаја на турбо кружним раскрсницама, потребно је посебну пажњу посветити немоторизованим учесницима у саобраћају. Према истраживањима, возачи у турбо кружној раскрсници возе спорије него у двотрачној кружној раскрсници, и то смањењем брзине са 48 km/h на 38 km/h [6]. Брзина вожње има велики утицај на сигурност моторизованог и немоторизованог саобраћаја. Према истраживањима, смањење брзине са 50 km/h на 32 km/h смањује вјероватноћу смрти пјешака приликом удара за око 5 пута (слика 4) [7]. У турбо кружним раскрсницама се остварују пуно мање брзине, при истим унутарашњим полупречницима, него у двотрачним кружним раскрсницама, тј. подједнаке су брзинама у једнотрачном кружном току (слика 5).



Слика 4. Утицај брзине на смртност пјешака [7]



Слика 5. Однос брзине и унутрашњег полупречника [5]

3. ПЛАНИРАЊЕ И ПРОЈЕКТОВАЊЕ ТУРБО КРУЖНИХ РАСКРСНИЦА

3.1. ОСНОВНЕ ПРЕТПОСТАВКЕ И ПОГОДНОСТИ ТУРБО КРУЖНЕ РАСКРСНИЦЕ

Пројектно рјешење турбо кружне раскрснице мора бити базирано на саобраћајно-инжењерским подацима, просторним могућностима и специфичним локалним условима. Тип, величина и геометрија турбо кружне раскрснице морају одговарати [2]:

- својствима, функцији и саобраћајном значају прикључних крака,
- потенцијалном интензитету и смјеровима саобраћајних токова,

- захтјеву за сигуран, проточан и економичан рад возила.

Због високог интензитета саобраћаја, који се сматра једним од услова примјене ове врсте раскрсница, турбо кружна раскрсница је одговарајуће рјешење на ванградским раскрсницама, гдје се очекује низак интензитет кретања пјешака и бициклиста, док је у градском окружењу условно одговарајуће рјешење због већег интензитета немоторизованих учесника у саобраћају [8].

Турбо кружна раскрсница је одговарајуће рјешење за реконструкцију код [2, 8]:

- преоптерећених једнотрачних кружних раскрсница, ако њихове величине омогућавају извођење додатне кружне траке према унутра или постоји простор за извођење још једне кружне траке ка споља,
- постојећих, саобраћајно преоптерећених, двотрачних кружних раскрсница,
- постојећих, саобраћајно недовољно сигурних, двотрачних кружних раскрсница,
- класичних површинских раскрсница на којима постоји преовлађујући главни саобраћајни смјер са великим интензитетом саобраћајног тока.

3.2. ГЕОМЕТРИЈСКИ РАСПОРЕД ЕЛЕМЕНАТА ТУРБО КРУЖНЕ РАСКРСНИЦЕ У СИТУАЦИОНОМ ПЛАНУ

Турбо кружне раскрснице су састављене од спирала, формираних из кружних сегмената, гдје сваки лук има већи полупречник од претходног. Центар лукова се помјера, када се мијења величина радијуса, дуж транслаторне осе, тако да крива остаје континуална. На тај начин, помоћу система лукова турбо блока, цртају се линије кружног коловоза. [2].

3.2.1. Израда турбо блока

Геометријски облик турбо кружне раскрснице састоји се од двије спирале, које представљају ивице пута. Свака спирала се састоји од четири полукруга различитих радијуса R_1 , R_2 , R_3 и R_4 . Полукругови се састају на линији која се зове оса транслације. Лукови на десној страни транслаторне осе имају центар C_{desno} , који се налази изнад центра цјелокупне раскрснице; лукови на лијевој страни транслаторне осе имају центар C_{lijevo} , који се налази испод центра цјелокупне раскрснице (слика 6) [2].

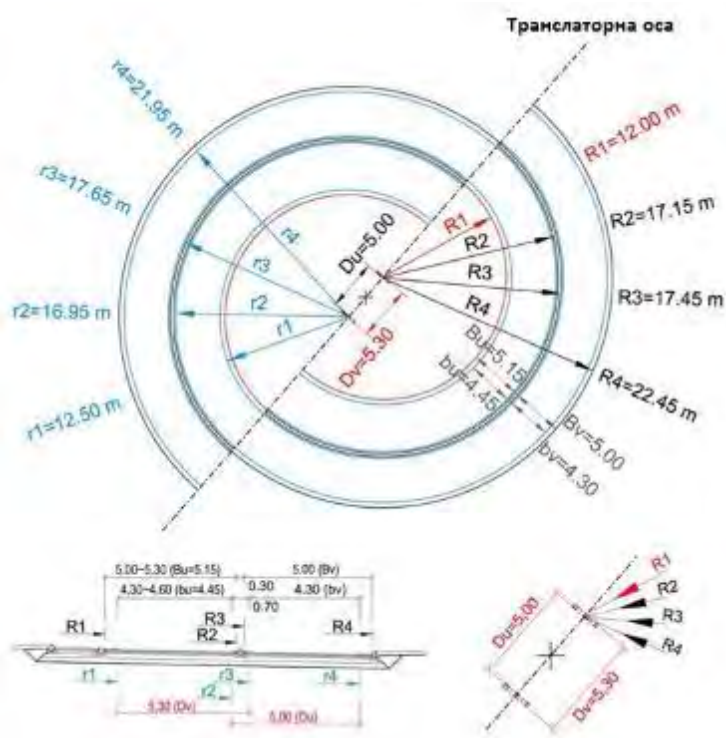


Слика 6. Центри лукова [8]

Удаљеност између центара лукова се назива помак (*shift*) дуж транслаторне осе. *Bias* лука је удаљеност од његовог центра до центра цјелокупне раскрснице, и то је, дакле, половина помака (*shift*). Да би спирала била непрекидна, помак (*shift*) мора бити једнак промјени полупречника. Идеално, помак (*shift*) је једна ширина траке, зато што се

спирала помјера ван за једну ширину траке на сваких 180° . Скица која приказује ове спирале назива се "турбо блок" (слика 7) [2].

То је блок или скуп свих потребних полупречника које треба на одређен начин заротирати и на тај начин дефинисати трајекторије кретања или возне линије, односно, траке [8]. Примјер турбо блока са транслаторном осом за турбо кружну раскрсницу стандардне величине приказан је на слици 7.



Слика 7. Примјер турбо блока са транслаторном осом (стандардна величина турбо кружне раскрснице) [2]

3.2.2. Величина полупречника турбо кружне раскрснице и ширина трака

Величину полупречника турбо кружне раскрснице и ширину кружног коловоза потребно је изабрати тако да брзина вожње кроз раскрсницу буде мања од 40 km/h . На темељу искуства из иностранства, препоручује се да се као максимална брзина усвоји 35 km/h [2]. Потребна ширина коловоза повећава се са смањењем полупречника на турбо кружној раскрсници. Ширина кружног коловоза је у функцији полупречника и мјеродавног возила. Ширина кружног коловоза мора омогућавати критичан саобраћајни маневар (по правилу је то скретање за 270°) мјеродавног возила. Мјеродавно возило је обично камион са полуприколицом, дужине $16,5 \text{ m}$ [2].

3.2.3. Полупречници улазних и излазних кривина

Полупречници улазних и излазних кривина се бирају у зависности од величине турбо кружне раскрснице, мјеродавног возила и жељене брзине вожње кроз турбо кружну раскрсницу. Величине полупречника улазних и излазних кривина морају бити у одговарајућем односу. Полупречник улазне кривине мора увијек бити мањи од полупречника излазне кривине. Полупречник улазне кривине у турбо кружну

раскрсницу не би требало да буде мањи од $R_u=12$ m. Полупречник излазне кривине не би требало да буде мањи од $R_i=15$ m нити већи од највећег полупречника кружне раскрснице [2].

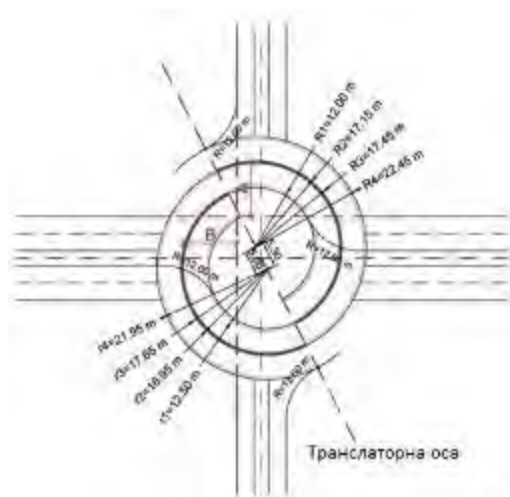
3.2.4. Одређивање положаја центара кружних лукова

Положај центара лукова на транслаторној оси зависи од ширине кружног коловоза и положаја ивица.

Полупречници морају бити изабрани тако да се приликом формирања спиралног тока ивичне линије прикључују једна на другу. Приликом конструкције турбо блока, полупречник R_1 формира се из тачака на удаљености D_v , а полупречници R_2 , R_3 и R_4 из тачака на удаљености D_u (вриједности на основу величине турбо кружне раскрснице). Таква конструкција омогућава да кружница полупречника R_1 на једној страни транслаторне осе прелази у кружницу полупречника R_2 на другој страни транслаторне осе. Исто тако и кружница полупречника R_3 на једној страни транслаторне осе прелази у кружницу полупречника R_4 на другој страни транслаторне осе [2].

3.2.5. Положај транслаторне осе и провјера положаја турбо блока

За правилан положај транслаторне осе мјеродаван је положај тангентних тачака полупречника улазних кривина (слика 8). Тангентне тачке на оба краја морају лежати на транслаторној оси или мало иза ње. Ако овај услов није задовољен, потребно је турбо блок заротирати тако да се тај услов испуни [2].



Слика 8. Најпогоднији положај транслаторне осе четворокраке турбо кружне раскрснице (стандардна величина ТКР) [2]

Опис провјере положаја турбо блока [8]:

- **Провјера 1:** За провјеру положаја турбо блока потребно је формирати двије помоћне линије у продужетку вањских ивица улазно-излазног хоризонталног и вертикалног смјера и након тога измјерити удаљеност од помоћних линија (црвена тачка – линија на слици 8) до полупречника који одређују положај 30 cm широког раздјелног острва (делинеатора) на кружном коловозу (удаљености A и B на слици 8). Уколико су те удаљености једнаке, положај транслаторне осе је исправан.

- **Провјера 2:** Када је положај трансаторне осе турбо блока одређен, изврши се провјера провозне линије за све смјерове возње. Уколико се установи да је нека од линија „сломљена“, потребно је приступити корекцији, односно, поновној ротацији трансаторне осе.

3.2.6. Контрола постигнуте брзине

Приликом избора димензија полупречника турбо кружне раскрснице, брзина пролаза кроз кружну раскрсницу је један од најважнијих фактора за постизање саобраћајне сигурности [8].

Стварна брзина проласка путничких возила кроз турбо кружну раскрсницу треба бити нижа од 40 km/h. Постигнута брзина у луку се израчунава из модификоване формуле за најмањи полупречник лука који не захтијева концентричан попречни нагиб [2]:

$$R_{\min} \geq \frac{v_n^2}{g \cdot (f' + 0,01 \cdot p)} \quad (1)$$

Постигнута брзина је онда:

$$v = \sqrt{127 \cdot R \cdot (f' + 0,01 \cdot p)} \quad (2)$$

гдје је:

R_{\min} – најмањи полупречник лука који не захтијева концентричан попречни нагиб (m),

v – постигнута брзина у луку (km/h),

g – гравитационо убрзање (m/s²), $g = 9,81 \text{ m/s}^2$,

R – полупречник кружног пута (m),

f' – коефицијент попречног трења (-),

у сваја се: $f' = 0,26$ за брзине до 20 km/h,

$f' = 0,24$ за брзине од 20 km/h до 35 km/h,

p – попречни нагиб (%),

у сваја се: негативна вриједност (-) за ексцентричан нагиб,

позитивна вриједност (+) за коцентричан нагиб.

Полупречници сваке кружне траке кроз коју пролазе возила добијају се апроксимацијом трајекторије пројектног возила (камион са полуприколицом 16,5 m) помоћу система обичних кружних лукова.

3.3. НАГИБ ПУТА И ОДВОДЊАВАЊЕ

Попречни и подужни нагиби на кружном коловозу и прикључним крацима обезбјеђују одводњу коловоза и сигуран пролаз возила.

Попречни нагиб кружног коловоза се може пројектовати као ексцентричан (усмјерен од централног острва), концентричан (усмјерен ка централном острву) или пројектовати површину цијеле раскрснице у једностраном нагибу (слика 9). Појединачна рјешења

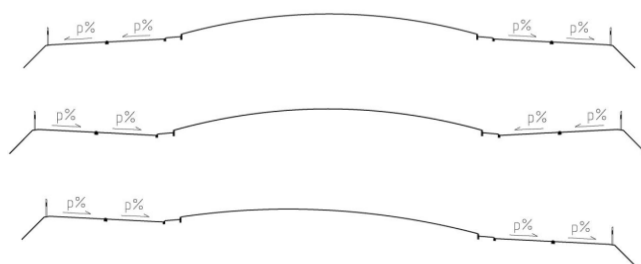
имају одређене предности и недостатке и избор одређеног рјешења зависи од локалних услова и ограничења, које пројектант мора узети у обзир [2].

Подужни нагиби кракова, који се прикључују на раскрсницу, морају имати такве вриједности да, у случају континуалног спајања са кружним током, није прекорачена вриједност попречног нагиба кружног коловоза 3% према спољашњој ивици (ексцентричан) и 6% према центру (концентричан) турбо кружне раскрснице [2].

Прелаз између подужног нагиба прикључних кракова и попречног нагиба кружног тока требало би да буде гładак, формиран помоћу уметнутог лука. У ограниченим условима краци се могу повезати директно, тако да разлика у супротним нагибима буде највише 4%, изузетно 5%. Подужни нагиб крака на мјесту улаза и излаза не смије прекорачити 5% (континуално повезивање са подужним нагибом кружног тока) [2].

За глатку везу са подужним нагибима прикључних кракова, попречни нагиб кружног коловоза се може повећати. Промјена попречног нагиба не смије бити већа од 2,5% на дужини од 10 m (мјерено у оси возне траке) [2].

Максимални подужни нагиб кружног коловоза турбо кружне раскрснице јесте 5%, док резултујући нагиб кружног коловоза мора бити најмање 0,5%. Основни попречни нагиб кружног коловоза износи 2,5% [2].



Слика 9. Попречни нагиб кружног коловоза [2]

3.4. УСЛОВИ ПРЕГЛЕДНОСТИ

Као и код других врста раскрсница, и код турбо кружне раскрснице морају се поштовати услови прегледности. Услови прегледности се процјењују слично као и на раскрсницама са пресијецањем саобраћајних струја, при чему се мора поштовати дужина зауставне прегледности D_z [2].

На улазу у турбо кружну раскрсницу мора бити осигуран услов прегледности потребан за одлуку возача да ли да се заустави или не (слика 10). Тачка прегледности на улазу у кружни ток се налази 15 m од спољашње ивице кружног коловоза. Дужина од 15 m представља дужину зауставне прегледности при брзини од 20–25 km/h. У кружном току мора бити испуњен услов зауставне прегледности, гдје возач мора имати поглед на возила испред себе у дужини од 25 m [2].

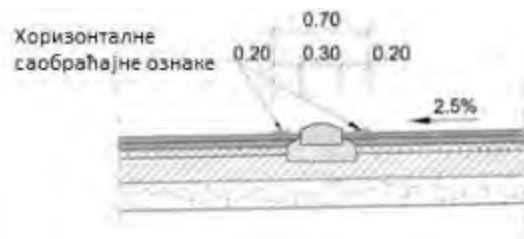


Слика 10. Троуглови прегледности (примјер за ТКР стандардне величине, дужина прегледности $D_2=x_1 = 25 \text{ m}$ за $v_n = 35 \text{ km/h}$) [2]

4. ЕЛЕМЕНТИ И ОПРЕМА ТУРБО КРУЖНЕ РАСКРСНИЦЕ

4.1. СПЕЦИФИЧНИ ПРОЈЕКТНИ ЕЛЕМЕНТИ ТУРБО КРУЖНЕ РАСКРСНИЦЕ

Делинеатор у турбо кружној раскрсници је бетонски предготовљен елемент који спречава (не искључује) саобраћајни маневар преплитања саобраћајних токова на кружном коловозу турбо кружне раскрснице (слика 11) [8]. Висина делинеатора изнад нивоа коловоза износи 5 cm [2].



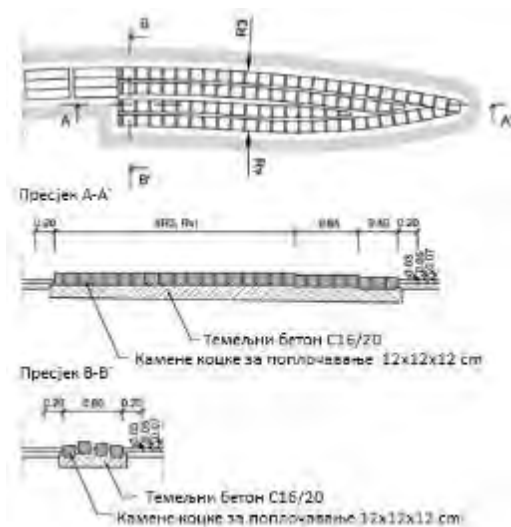
Слика 11. Пресјек делинеатора и детаљ извођења [2]

Током зимског периода физичко одвајање трака (делинеатор) може бити слабо видљиво због снијега. То може довести до проблема приликом одржавања зими (зависно о типу технологије одржавања). Из тог разлога током зимске сезоне крајеви делинеатора су наглашени плочама (слика 12). Плоче се постављају на посебно обликоване префабриковане бетонске елементе у складу са захтјевима контроле путева [2].



Слика 12. Плоча за наглашавање (лијево) и примејр из Словеније (десно) [2]

Шпица је уређење почетка елемента за спречавање саобраћајног маневра преплитања саобраћајних токова у турбо кружној раскрсници (слика 13) [8]. Позиција, димензије и материјал овог елемента дјелују као препрека пролазу путничких аутомобила, док су прилагођени за пролаз великих возила [2].



Слика 13. Елемент „шпице“ [2]

4.2. ЦЕНТРАЛНО ОСТРВО

Централно острво турбо кружне раскрснице састоји се од два дијела: непроходног дијела и ојачаног проходног дијела (слика 14) [2].

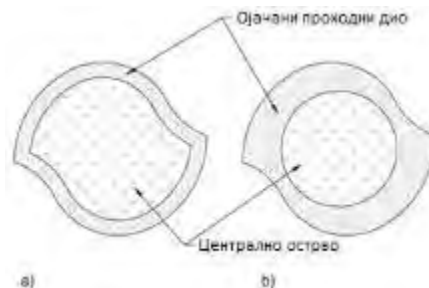


Слика 14. Дијелови централног острва турбо кружне раскрснице [2]

Ојачани проходни дио централног острва изграђен је од материјала или елемената који возаче обесхрабрују од војње по њему. Изграђен је у нагибу 4% – 7% у смјеру од централног острва са максималном ширином 2–2,5 m [2].

Постоје два типа ојачаног (асфалтираног) проходног дијела централног острва (слика 15) [2]:

- с непромијењеном ширином; ивица централног острва је помакнута за ширину ојачаног пролаза и има исти облик као унутрашња ивица кружног тока,
- с промјењивом ширином; централно острво је кружног облика, ширина ојачаног проходног дијела централног острва је промјењива.



Слика 15. Ојачани проходни дио централног острва: (а) непромијењене ширине, (б) промјењиве ширине [2]

Непроходан дио централног острва код турбо кружне раскрснице нема никакав значај у одвијању саобраћаја и представља сувишан простор који остаје са унутрашње стране кружне раскрснице [2].

Централно острво није погодно за фонтане, споменике, скулптуре или друге објекте. Пројектно рјешење централног острва (непроходног дијела) је ограничено на једноставне облике. Најприкладније рјешење је за подручје централног острва пројектовати површину у облику куполе покривене само травнатом вегетацијом [2].

4.3. РАЗДЈЕЛНА ОСТРВА

Раздјелно острво на прикључном путу има позитиван утицај на безбједност моторизованих и немоторизованих учесника у саобраћају и побољшава проточност кружне раскрснице. Оно има функцију усмјеравања возила на улазу у турбо кружну раскрсницу и функцију заштите пјешака и бициклиста приликом преласка прикључног крака, због чега је његова примјена у турбо кружним раскрсницама обавезна [2].

Код турбо кружних раскрсница могућа је примјена два облика раздјелних острва: троугаоног и капљастиг (слика 16) [2].



Слика 16. Раздјелно острво: троугаоног облика (лијево) и капљастиг облика (десно) [8]

4.4. ВОЂЕЊЕ ПЈЕШАКА И/ИЛИ БИЦИКЛИСТА НА ПОДРУЧЈУ ТУРБО КРУЖНИХ РАСКРСНИЦА

Прелази за пјешаке и бициклисте на кружним раскрсницама су неопходни због обезбјеђивања саобраћајне безбједности и удобности, али се при томе не смију стварати прекомјерни застоји у саобраћају. Пјешачки прелази се изводе на одређеној

удаљености од спољашње ивице турбо кружне раскрснице. Препоручена удаљеност између спољашње ивице турбо кружне раскрснице и прелаза једнака је дужини једног до три путничка аутомобила (5,0–15,0 m) [8].

Уколико се у турбо кружној раскрсници очекује велики број немоторизованих учесника у саобраћају и уколико је вођење немоторизованог саобраћаја изведено преко прелаза за пјешаке, ниво њихове саобраћајне сигурности могуће је додатно повећати на неки од ових начина [8]:

- раздвајањем улазних/излазних саобраћајних трака раздјелним острвом,
- смицањем прелаза између улаза и излаза,
- примјеном мјера за смиривање саобраћаја на прикључцима – трапезном платформом у комбинацији с прелазом.

Прелази за пјешаке и/или бициклисте у нивоу не смију се користити у сљедећим случајевима [2]:

- није могуће обезбиједити довољну видљивост,
- велики је интензитет моторних возила у саобраћају,
- велики је удио камиона у саобраћају,
- велики је интензитет кретања пјешака и/или бициклиста.

5. ЗАКЉУЧАК

Турбо кружне раскрснице су нова врста кружних раскрсница које су настале у Холандији, гдје су и најзаступљеније, али своје мјесто су нашле и у многим државама Европе и шире.

Разлике у геометријском распореду елемената ТКР-е се јављају у вриједностима појединих параметара. Највећа разлика у пројектовању ТКР-а јесте примјењивање, односно, непримјењивање надвишења при раздвајању трака у раскрсници. Док поједине земље (Холандија, Словенија, Мађарска, Македонија, Хрватска) сматрају делинеатор неизоставним елементом ТКР-а, друге земље (Њемачка, Пољска, Данска, Чешка) сматрају га непотребним трошком. Свака од земаља настоји прилагодити изворну геометрију (Холандија) сопственим приликама и условима.

Турбо кружне раскрснице испуњавају задатак који им је намијењен, њиховом примјеном смањен је број и озбиљност саобраћајних несрећа, а избором одговарајуће врсте доводе и до повећавања капацитета у односу на класичне једнотрачне и двотрачне раскрснице.

6. БИБЛИОГРАФИЈА

- [1] Zoran Kenjić. (2009, avgust). KRUŽNE RASKRSNICE – ROTORI. Priručnik za planiranje i projektovanje. [On-line]. Dostupno na: http://e-ucenje.gfmo.ba/predmeti/attachments/article/2111/rotori_kenjic.pdf [22.03.2018].
- [2] Ministerstvo dopravy, výstavby a regionálneho rozvoja SR Sekcia cestnej dopravy a pozemných komunikácií. (2015, 31. decembar). TECHNICKÉ PODMIENKY PROJEKTOVANIE TURBO-OKRUŽNÝCH KRIŽOVATIEK. [On-line]. Dostupno na: https://www.ssc.sk/files/documents/technicke-predpisy/tp/tp_100.pdf [22.03.2018].

- [3] Verkeer|Verkeersveiligheid|Vorm. Internet: <http://www.dirkdebaan.nl/locaties.html> [22.03.2018].
- [4] Tomaž Tollazzi. 12th International Symposium, Topic: „Turbo roundabouts in Slovenia – state of the art.“ Borsko Jezero, oktobar 09 i 10, 2014.
- [5] Ministry of Transport, Public Works and Water management, Partners for Roads. (2009, june). Roundabouts – Application and design, A practical manual. [On-line]. Dostupno na: <https://core.ac.uk/download/pdf/30821772.pdf> [22.03.2018].
- [6] Sliva, B. A.; Santos, S.; Gaspar, M. 6TH ANNUAL CONFERENCE ON PLANNING RESEARCH, Topic: „ Turbo-roundabout use and design.“ University of Coimbra, Coimbra, Portugal may 17, 2013.
- [7] Ir. L. G. H. Fortuijn. International Roundabout Design and Capacity Seminar, Topic: „Roundabouts in the Netherlands Development and experiences.“ Stockholm, july 1, 2011.
- [8] Građevinski fakultet Sveučilišta u Rijeci. (2014, rujan). SMJERNICE ZA PROJEKTIRANJE KRUŽNIH RASKRIŽJA SA SPIRALNIM TOKOM KRUŽNOG KOLNIKA NA DRŽAVNIM CESTAMA. [On-line]. Dostupno na: https://hrvatskeceste.hr/uploads/documents/attachment_file/file/106/SMJERNICE_KRUZNA_RASKRIZJA-HRVATSKE_CESTE.pdf [22.03.2018].



[6] 2018 6[1]

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

064-074

Стручни рад | Professional paper

UDK I UDC 007:912]:711.4(497.11Нови Сад)

DOI 10.7251/AGGPLUS1806072H

Рад примљен | Paper received 03/04/2018

Рад прихваћен | Paper accepted 02/07/2018

Област *Геодезија* | Scientific field *Geodesy*

Стеван Милованов

Факултет техничких наука, Трг Доситеја Обрадовића 6, Нови Сад, s.milovanov@uns.ac.rs

Игор Русковски

Факултет техничких наука, Трг Доситеја Обрадовића 6, Нови Сад, rus_igor@uns.ac.rs

Миро Говедарица

Факултет техничких наука, Трг Доситеја Обрадовића 6, Нови Сад, miro@uns.ac.rs

АНАЛИЗА СТАНДАРДА ЗА
3D МОДЕЛОВАЊЕ ГРАДОВА
И УПРАВЉАЊЕ
ПРОСТОРОМ

ANALYSIS OF SPATIAL
MANAGEMENT AND 3D
CITY MODELLING
STANDARDS

Стручни рад

Professional paper

Рад прихваћен | Paper accepted

02/07/2018

УДК | UDC

007:912]:711.4(497.11Нови Сад)

DOI

10.7251/AGGPLUS1806072H

Стеван Милованов*Факултет техничких наука, Трг Доситеја Обрадовића 6, Нови Сад, s.milovanov@uns.ac.rs***Игор Русковски***Факултет техничких наука, Трг Доситеја Обрадовића 6, Нови Сад, rus_igor@uns.ac.rs***Миро Говедарица***Факултет техничких наука, Трг Доситеја Обрадовића 6, Нови Сад, miro@uns.ac.rs*

АНАЛИЗА СТАНДАРДА ЗА 3D МОДЕЛОВАЊЕ ГРАДОВА И УПРАВЉАЊЕ ПРОСТОРОМ

АПСТРАКТ

Географски информациони системи пружају основне информације о окружењу и представљају полазну основу за развој различитих апликација које налазе примену у широком спектру делатности. Ови системи, између осталог, користе и 3D геореференциране податке који могу настати из различитих извора. У овом раду дате су карактеристике стандарда који су развијени за потребе моделовања простора, као и анализа софтверске архитектуре система који може бити примењен за потребе решавања овог проблема. Одабрано решење је искоришћено на тест подацима на подручју Петроварадинске тврђаве у Новом саду и једном од објеката на подручју Универзитета у Новом Саду.

Кључне ријечи: 3D моделовање, CityGML, IndoorGML, 3DcityDB, визуализација

THE ANALYSIS OF SPATIAL MANAGEMENT AND 3D CITY MODELLING STANDARDS

ABSTRACT

Geographic information systems provide basic information about the surroundings and represent a starting point for application development that can be found in a wide spectrum of activities. These systems use 3D georeferenced data that can come from different sources. This paper presents the characteristics of the standards developed for the purposes of space modelling and analysis of the software and system architecture that can be applied to solve such problems. The chosen solution has been used on demo data that include Petrovaradin Fortress in Novi Sad and one of the buildings at the University of Novi Sad.

Key words: 3D modeling, CityGML, IndoorGML, 3DcityDB, visualization

1. УВОД

У последњих неколико деценија 3D модели градова су се користили углавном за потребе визуализације, међутим у последњих неколико година налазе примену у све већем броју пројеката и радних задатака. Развој начина грађења у двадесет и првом веку и потреба за поседовањем информација о простору изнад и испод земље подстакли су развој оваквих модела. Као последица развоја све комплекснијих модела појавила се потреба за дефинисањем спецификација и стандардизације 3D модела градова како би се омогућило коришћење оваквих модела у што већем броју домена [1].

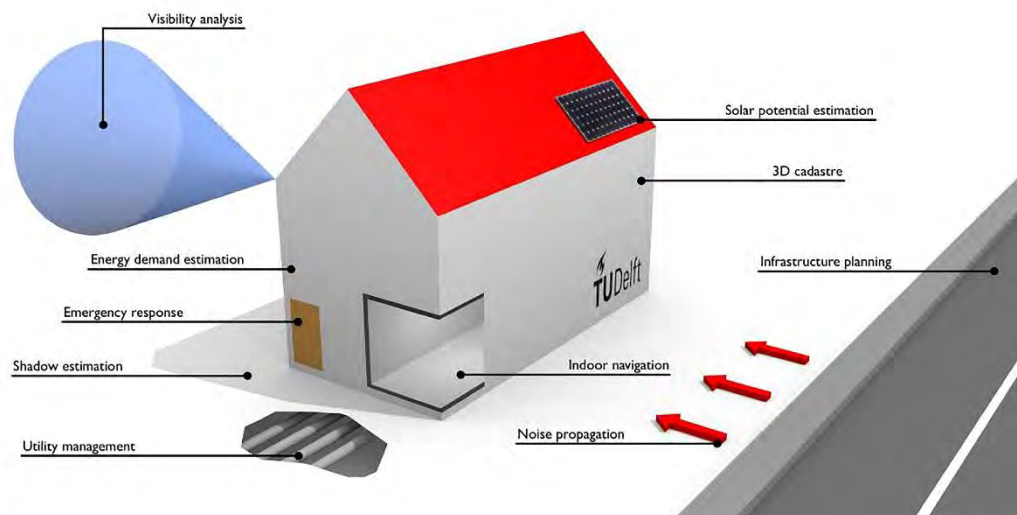
Данас виртуелни 3D модели градова пружају важне информације за различите аспекте управљања градским подручјима. Развијени су и многи стандарди, од којих су најзаступљенији *CityGML* (енгл. *City Geography Markup Language*), који представља први значајнији стандард у овој области првенствено намењен моделовању објеката, као и *IndoorGML* (енгл. *Indoor City Geography Markup Language*), који је касније развијен и намењен је моделовању унутрашњег простора претежно за потребе развоја апликација за навигацију унутар објеката.

3D модел града је дигитални приказ Земљине површине и повезаних објеката у које спадају зграде, вегетација, шуме и садржаји које је направио човек, а који припадају урбаној средини [2]. Постоје различити термини који се користе за 3D градске моделе, а неки од њих су: “*Cybertown*”, “*Cybercity*”, “*Virtual City*”, или “*Digital City*”.

Први 3D модели градова почели су се примењивати крајем прошлог века, што је праћено великим потешкоћама насталим првенствено због недостатка одговарајућих алата за примену, као и стандарда који су онемогућавали шире коришћење оваквих модела.

Виртуелни градски модели у прошлости су најчешће коришћени за визуализацију или једноставно графичко претраживање градских подручја. Међутим, данас виртуелни 3D модели градова пружају информације важне за различите аспекте управљања градским подручјима [2]. Њихова примена постаје изузетно важна приликом изградње, употребе и управљања урбаном инфраструктуром, што је приказано на слици 1.

Слично као традиционални 2D скупови геоподатака, и 3D модели градова представљају апроксимацију стварног света. Квантитет и садржај градског модела повезан је директно с будућим начином коришћења 3D модела града. Количина детаља која је обухваћена у 3D моделу, у смислу геометрије и атрибута, колективно се назива ниво детаља – *LoD* (енгл. *Level of Detail*), што указује на то како је темељно моделована просторна величина као резултат. *LoD* је суштински концепт у ГИС-у (енгл. *Geographic Information System*) и 3D моделовању градова. У суштини, *LoD* концепт је важан у свим корацима израде класичног 3D модела града, чак и пре било каквог прикупљања података [3].



Слика 1. Примери примене 3D градских модела [2]

Приликом креирања 3D модела градова, *LoD* одређује технологије прикупљања података које би требало користити, јер су различити модели резултат различитих приступа прикупљању података. На пример, *LoD* дефинише минималну густину облака тачака када се користи технологија ласерског скенирања из ваздуха. Приликом прикупљања података *LoD* служи као главно упутство о томе колико детаљно треба прикупити податке. Сегменти планирања су описани у *LoD*-у, што значи да се концепт може применити и на измишљене податке. Пошто се просторне анализе могу изводити за 3D моделе градова који представљају нешто што тек треба да буде изграђено, то говори да су ове анализе важне у ГИС-у и због тога их треба разматрати. *LoD* утиче и на обраду података. *LoD* се не односи само на количину геометријских података већ и на семантичко богатство.

LoD се често користи у контексту са обимом, тачношћу и квалитетом података, а најчешће се користи да би се истакло богатство географског скупа података, без стандардизације и формализације. За разлику од 3D компјутерске графике чија је тема детаљно истраживана у последњим деценијама, где се 3D модели разликују количином полигона, *LoD* у ГИС-у обухвата семантику, атрибуте и друге аспекте. Штавише, за разлику од експлицитних појмова као што су размер у картографији, троуглови у компјутерској графици и резолуција у растерима, одређивање нивоа детаља у 3D моделовању града је субјективан задатак [3].

2. СТАНДАРДИ ЗА МОДЕЛОВАЊЕ ПРОСТОРА

Приступу 3D моделовању могу се поделити на четири категорије (слика 2). У зависности од потреба и будуће примене модела, може се одабрати одговарајући приступ.



Слика 2. Приступу 3D моделовању простора

Рачунарска графика моделује простор у складу са визуалним карактеристикама, где су релевантне само видљиве особине објеката са ограничењем на геометрију и графички приказ. Она пружа ефикасну визуализацију и моделовање графичких карактеристика и обично се не разматра семантика објеката. CAD модели представљају апстракцију објеката на плановима. Картирају се конструктивни елементи, а моделовање је оријентисано на компоненте. Геопросторни модели дају топографски ниво апстракције. Тачке и површи модела су премерене односно регистроване сензорима. Моделује се геометрија, топологија и семантика. Ови модели су геореференцирани у неком од 3D координатних система [4]. Заједнички део за све целине са слике 2 јесте да све оне виде и описују простор на различит начин, али је крајњи резултат модел простора који је у складу са предвиђеном применом. Најзаступљенији формати и стандарди који се користе у 3D моделовању јесу: *CityGML*, *IndoorGML*, *IFC*, *X3D*, *gITF* и *COLLADA*.

2.1. КРИТЕРИЈУМИ ЗА РАЗМАТРАЊЕ СТАНДАРДА

Геометрија – Већина стандарда и формата користи неколико приступа за репрезентацију геометрије. Тако 2D репрезентација користи тачке, линије и полигоне да представи елементе; 2.5D репрезентација користи висину или дубину чије вредности додељује свакој 2D тачки да би се креирала површ. Што се тиче 3D геометрије, постоји шест различитих начина за репрезентацију: воксели, разлагање ћелија, *CSG*, *BRep*, параметарска репрезентација и теселација [4].

Семантика – Повезује геометрију са ентитетима у реалном свету. Она даје значење моделованим објектима и њиховим деловима.

Метод просторног референцирања – Користе дескрипторе да дефинишу позиције у физичком свету. Интернационална организација стандарда (*ISO*) и геопросторни конзорцијум (*OGC*) дефинишу два начина за просторно референцирање: према идентификатору и према координатама [4].

Ниво детаљности – Описује различите начине репрезентације геометријског објекта у зависности од нивоа генерализације.

У последње време потреба за израдом 3D модела градова расте великом брзином. Са становишта управљања спољашњим простором, *City Geography Markup Language* – *CityGML* представља информациони модел података намењен за представљање географског терена и 3D објекта у урбаним срединама, базиран на *ISO19100* серији стандарда. Дизајниран је као отворени модел података базиран на *XML* шеми која служи за чување и размену виртуалних 3D градских модела. По питању унутрашњости, *Indoor Geography Markup Language* – *IndoorGML* представља један од стандарда којим се може моделовати унутрашњи простор.

2.2. CITYGML СТАНДАРД

CityGML се базира на отвореном, богатом и опширном информатичком моделу података, што му даје могућност употребе у различитим апликацијама и за различите намене. У области 3D модела градова постоји проблем интеграције података, услед постојања различитих формата података и различитих шема, јер се користе различите представе геометријских облика.

CityGML омогућава семантичку и шематску интероперабилност 3D модела у оквиру инфраструктуре просторних података. Он представља основу за размену информација и података између различитих геоинформационих система и корисника без могућности губитка квалитета и квантитета података [5].

Главне карактеристике *CityGML*-а су:

- Презентација својстава површине објекта (материјали и текстуре),
- Тополошка повезаност између објекта,
- Могућност проширења модела података,
- Моделовање које се састоји од *DMT*, 3D објекта, вегетације, водених површина, саобраћајница и помоћних објекта транспорта, употребе земљишта, стандардних објекта у урбаним срединама и осталих објекта и приказивања објекта у пет хијерархијских нивоа детаља – *LoD*.

Уз просторна својства, објекти могу имати пропратне описне податке у спољашњим моделима података који се референцирају на саме објекте. Та модуларност омогућава слободу у дефинисању и количини описних података објекта и заправо повезивање различитих удаљених база података са *CityGML* моделом [5].

CityGML стандард своју популарност међу корисницима дугује управо нивоу података (*LoD*) који је организован у пет хијерархијских нивоа (слика 3). *LoD0* је репрезентација тла и опционо полигона ивица крова означавајући прелаз са 2D на 3D ГИС. У *LoD0* нема волуметријских приказа. Даље се *LoD* побољшава у смислу сложености објекта у геометријском и семантичком смислу. *LoD1* је груби модел објекта са ивицама објекта без кровова и детаља. *LoD2* је модел који садржи поједностављене кровове и где делови објекта могу бити моделовани у више класа. *LoD3* је детаљни модел са архитектонским приказима прозора и врата који је знатно сложенији од претходног. *LoD4* допуњује *LoD3* тако што укључује ентеријер објекта.



Слика 3. CityGML нивои детаљности [3]

2.3. INDOORGML СТАНДАРД

Унутрашњи простор се од спољашњег разликује на много начина. Основни концепти, модели података и стандарди просторних информација би требали бити редефинисани како би испунили захтеве апликација које захтевају податке о унутрашњем простору. Ти захтеви о подацима су специфицирани на разне начине, у зависности од типа апликације за коју се користе [6]. Уопштено, апликације које користе податке о унутрашњем простору могу се сврстати у две категорије:

- Управљање објектима и њиховим компонентама,
- Начин коришћења унутрашњег простора.

Изградња објекта и управљање спадају у прву категорију. Главни фокус прве категорије је управо на изградњи компонента као што су кровови и зидови. Друга категорија се фокусира на начин коришћења и локализацију елемената у унутрашњем простору.

Циљ овог стандарда је дефиниција оквира за просторне податке о унутрашњем простору који могу лоцирати стационарне или покретне елементе у унутрашњости објекта и пружити сервисе просторних информација који се тичу њихових позиција у унутрашњем простору уместо да репрезентује архитектуру самог објекта.

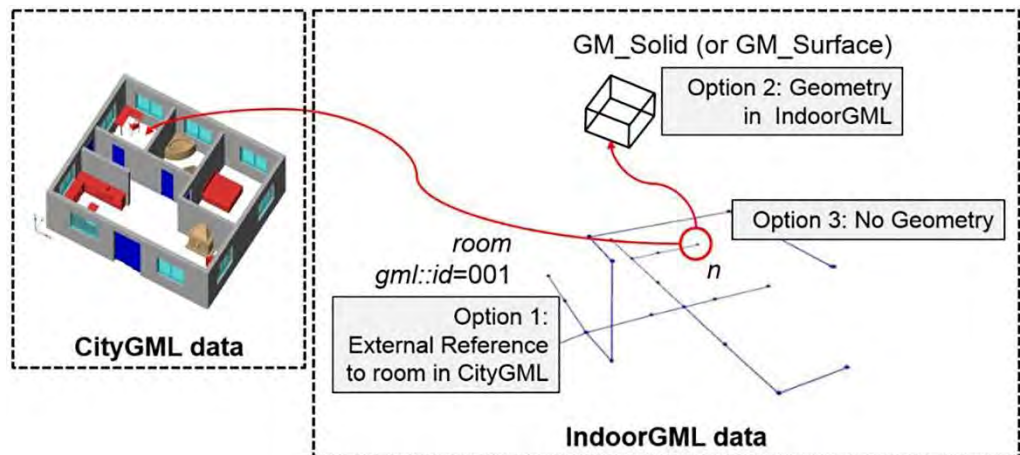
Важна разлика између унутрашњег и спољашњег простора је у томе што је унутрашњи простор сачињен од компликованих ограничења у виду ходника, врата, степеништа, лифтова. То значи да је кључни проблем приликом дефиниције стандарда моделовања наћи начин за правилну репрезентацију ових елемената [6].

Ћелијски простор – Унутрашњи простор представља се као скуп ћелија које су дефинисане као најмања организациона или структурална јединица унутрашњег простора. Особине ћелијског простора су: свака ћелија има свој идентификатор, свака ћелија може имати заједничку границу са другим ћелијама али се не сме преклапати и позиција у ћелијском простору може бити дефинисана идентификатором али се зарад прецизности дефиниције укључују X, Y, Z координате [6].

Семантичка репрезентација – У *IndoorGML*-у, семантика се користи да омогући класификацију и да идентификује ћелију и утврди везу између ћелија. Семантика омогућава дефиницију ћелија која може бити од изузетног значаја за навигацију. Најчешћа класификација ћелија је на навигационе (просторије, ходници, врата) и ненавигационе (зидови, препреке) ћелије.

Геометријска репрезентација – Геометријска репрезентација *2D* или *3D* елемената у унутрашњем простору није главни фокус у *IndoorGML*-а због тога што је она дефинисана

у *ISO19107*, *CityGML* и *IFC* стандардима [6]. Ипак, зарад потпуности података, геометрија 2D или 3D објеката може бити опционо дефинисана унутар *IndoorGML* документа (слика 4).



Слика 4. Приказ геометрије у *IndoorGML* документу [6]

Тополошка репрезентација – Чворно-релациони граф (енгл. *Node Relation Graph*) представља тополошке односе (пример: суседство, повезаност) између објеката у унутрашњем простору [6]. *NRG* омогућава издвајање, поједностављење и репрезентацију тополошких односа између 3D простора у унутрашњем простору, попут просторија унутар зграде. Омогућава ефикасну имплементацију рачунских проблема у системима за рутирање и унутрашњу навигацију. Било који унутрашњи простор може бити трансформисан у *NRG* помоћу *Poincare* дуалности. Он поједностављује комплексне просторне односе између 3D објеката помоћу комбинаторног тополошког мрежног модела.

2.4. ОСТАЛИ СТАНДАРДИ

Industry Foundation Classes (IFC) – Стандард за размену података за *Building Information Modeling (BIM)* али и формат који се користи за архитектуру, инжењерство и конструкције као и управљање индустријским објектима. *IFC* формати су *ISO STEP* структуре, текст документ који користи *XML*, *XML* или компримовани документ који садржи *.ifc* или *.ifcXML* документ [7].

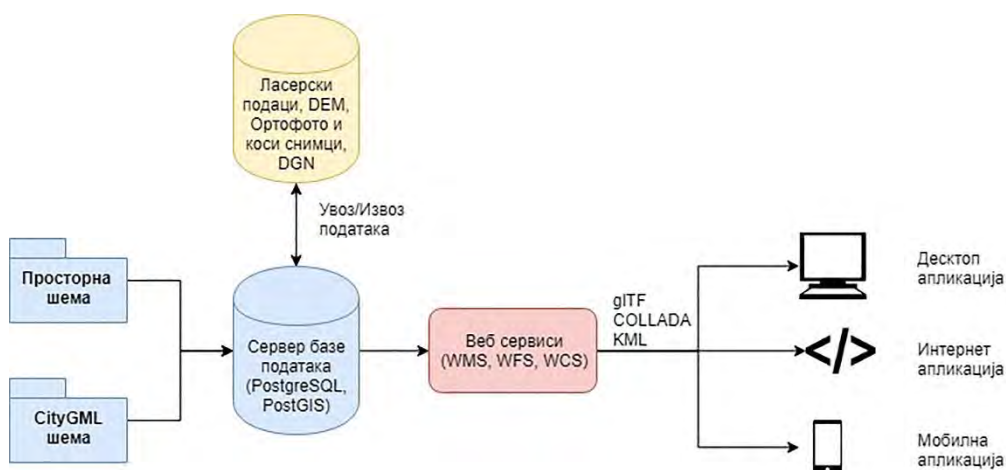
extensible 3D (X3D) – Наследник односно трећа генерација *VRML*-а, па осим што може бити изражен у класичном *VRML* коду, *X3D* користи *XML* за приказ *VRML* облика. *X3D* је бесплатни, отворени и *ISO* ратификовани стандард, који пружа систем за складиштење, преузимање и репродукцију графичког садржаја у реалном времену, уграђеног у апликацијама, у оквиру отворене архитектуре за подршку широком спектру области и корисничких потреба [8].

GL Transmission Format (glTF) – Формат намењен за 3D сцене и моделе заснован на *JSON* стандарду. Често се описује као *JPEG* за 3D. Формат је независан од интерфејса за програмирање апликација. Премошћава јаз између алата за креирање 3D садржаја и модерних графичких апликација пружајући ефикасан, проширив и интероперабилан формат за пренос и учитавање 3D садржаја.

COLLABorative Design Activity (COLLADA) – Дефинише XML базирану шему за лак транспорт 3D садржаја између апликација, што омогућује разноликост писања 3D програма и алата за обраду садржаја који се могу комбиновати приликом израде финалних производа.

3. СОФТВЕРСКА АРХИТЕКТУРА СИСТЕМА 3D МОДЕЛА ГРАДОВА

Клијент/сервер системи са трослојном архитектуром (енгл. *three-tier architecture*) представљају системе са три, у великој мери независна, подсистема. Када је реч о трослојној архитектури у ГИС-у, овакав вид функционисања клијент/сервер система обезбеђује бројне предности, међу којима су једноставно одржавање система, коришћење комерцијално доступних сервера, као и ослањање на јасно дефинисане стандарде у одговарајућим областима које за последицу има интеграцију система хетерогених у погледу коришћења хардверске и софтверске опреме. Софтверска архитектура система који се користи за 3D моделе градова приказана је на слици 5.



Слика 5. Софтверска архитектура система 3D модела градова

У питању су следећи подсистеми у којима је јасно дефинисано који слојеви су задужени за тачно одређене функције система.

Подсистем за руковање подацима – Овде се првенствено мисли на структуру података као и њихово складиштење у складу са концептуалним моделом који се мора препознати и имплементационим моделом који је потребно реализовати. У архитектури која може да се искористи за потребе смештања података о 3D објектима који чине један модел града, препорука је *3DcityDB*. Ова шема базе података представља једно од решења за складиштење геопросторних података и најзаступљенија је шема која је намењена искључиво складиштењу 3D модела градова у *CityGML* формату. Тренутно постоје две верзије различитих система за управљање базама података, једна за *Oracle 10g Spatial*, која је комерцијалног типа и једна за *Postgres Structured Query Language (PostgreSQL)* са *Post Geographical Information System (PostGIS)* проширењем за просторне податке, која је отвореног приступа [9]. Ову шему карактеришу следећа својства: подршка у пет различитих нивоа детаљности објеката, могућност додавања текстура и

боја као додаток флексибилним 3D геометријама и подршка комплексним моделима терена.

Подсистем за имплементацију основних функција система – Имплементира такозвану пословну логику, односно задужен је за сервисирање података у клијент/сервер системима. Најчешће коришћени сервис су *Web Map Service (WMS)*, *Web Feature Service (WFS)*, *Web Coverage Service (WCS)*, *Web Processing Service (WPS)* и сервиси за 3D податке односно *Web 3D Service (W3DS)*.

Подсистем за интеракцију са корисником – Имплементира функције корисничког интерфејса. Развој апликација које ће вршити интеракцију са корисником може бити намењен десктоп, интернет или мобилним апликацијама. Велики број доступних решења за визуализацију ових података може бити искоришћен за ове сврхе. Свакако се најчешће бирају интернет апликације (портал, *Web Map Client*, апликација виртуалне и проширене реалности и слично).

4. СТУДИЈА СЛУЧАЈА – ДЕО ГРАДА НОВОГ САДА

3D визуализација простора постала је незаменљива у просторном планирању и управљању градовима. Сваки 3D модел простора представља његову апроксимацију која у зависности од степена детаља представља веран или мање веран приказ стварности [10].

Моделе који су резултат претходног дела рада могуће је приказати кроз апликације засноване на примени виртуелне реалности. Једно од решења које може бити примењено јесте *A-frame*, који представља интернет базирану апликацију која служи за креирање и приказ виртуелне реалности односно виртуелне графике.

A-frame интернет базирана апликација написана је од стране компаније *Mozilla* и развијена је да буде једноставан али снажан алат за развој *VR* садржаја. Као самостални пројекат отвореног кода, *A-Frame* је једна од највећих и најдоминантнијих *VR* заједница и заснована је на *HTML5*, што олакшава њено савладавање [11].

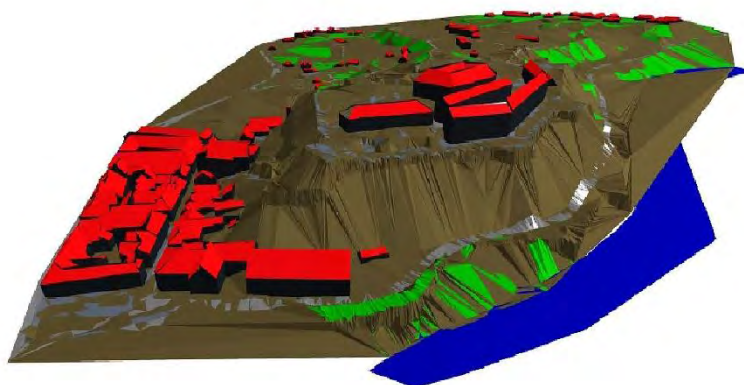
У циљу испитивања ефикасности и исправности технологија и стандарда, на подручју Новог Сада испробан је предложени модел. Сирови *LiDAR* подаци обрађени су на познат начин и добијени су 3D векторски модели објеката, 2D векторизација осталог садржаја и дигитални модел терена. Ови подаци су касније конвертовани у *CityGML* формат помоћу трансформационе шеме израђене у програму *Feature Manipulation Engine (FME)*, где су одрађене потребне трансформације над подацима (трансформација координатног система, дефинисање стилова приказа, додавање *CityGML* атрибута, итд.). Овако трансформисани подаци смештени су у *3DCityDB* базу података. Из базе је могуће динамички читати податке и користити их у различитим апликацијама за приказ података. За потребе овог рада, подаци из базе су искоришћени у апликацији израђеној помоћу *A-frame* окружења. Формат података који се учитава у *A-frame* је *.glTF*.

4.1. ПРИКАЗ 3D МОДЕЛА ГРАДА

Како је *A-frame* интернетбазиран алат који ради без потребе за инсталирањем додатних апликација, потребно је у било ком текстуалном едитору направити *.html* датотеку и у њеном заглављу референцирати *A-frame* скрипт. Пошто *A-frame* користи *HTML5*, сцену и њене ентитете могуће је контролисати кориштењем *JavaScript* и *DOM API*-је [11].

Када се креира *.html* датотека, могуће ју је отворити у *Mozilla* интернет претраживачу. На слици 6 је приказан један део 3D модела града у *WebVR* окружењу. За бољи доживљај виртуелне реалности, добијени 3D модел града могуће је сагледати уз помоћ било ког *VR* уређаја.

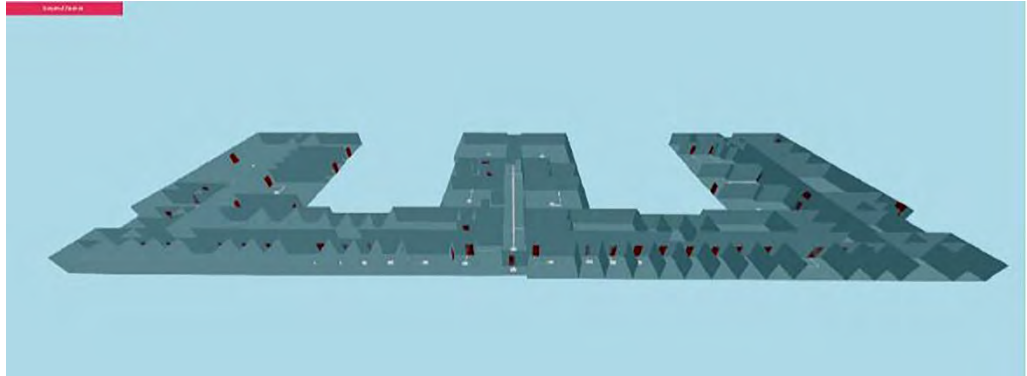
У овом раду искоришћени су подаци који обухватају подручје Петроварадинске тврђаве и њеног подграђа, добијени *LiDAR* скенирањем које је изведено од стране Лабораторије за геoinформатику Факултета техничких наука у Новом Саду.



Слика 6. 3D модел Петроварадинске тврђаве приказан у *WebVR* окружењу

4.2. ПРИКАЗ УНУТРАШЊОСТИ ОБЈЕКТА

Кроз исту апликацију односно на исти начин као што је приказан 3D модел града, могуће је приказати и модел унутрашњег простора креиран у складу са претходно описаним стандардом *IndoorGML*. Модел који је приказан на слици 7 односи се на једну од зграда Факултета техничких наука у Новом Саду – зграду института машинског одсека. Модел је израђен на основу евакуационог плана објекта који садржи информације о димензијама објекта, позицијама улаза/излаза, као и остале информације које се тичу објекта (ознаке просторија, повезаност). Искоришћени су доступни алати за моделовање у складу са стандардом као и сва остала технологија потребна да се такав модел доведе у облик који се може искористити приликом израде *VR* апликације.



Слика 7. 3D модел унутрашњости објекта машинског института Факултета техничких наука у Новом Саду приказан у WebVR окружењу

5. ЗАКЉУЧАК

Креирање и имплементација 3D модела градова и унутрашњег простора као и њихова употреба представља веома сложен и дуготрајан процес који захтева одговарајуће ресурсе и организациону подршку иза које стоје читави тимови научника и истраживача.

Предложени модел показао је да стандарди играју веома важну улогу приликом моделовања градова. Како се ради о великом подручју, важно је да се подаци прикупљају, обрађују и третирају на униформан начин дефинисан стандардима, како би се предложени модел могао користити у даљој имплементацији. Тест подаци показали су да је могуће израдити квалитетне 3D моделе градова кориштењем алата отвореног приступа.

С обзиром на то да примена стандарда који дефинишу моделовање простора приметно расте, може се констатовати да ће они у будућности бити знатно унапређени и прилагођени захтевима корисника [12].

6. ЛИТЕРАТУРА

- [1] С. Милованов, „Приказ 3D модела градова у системима виртуелне реалности“, Зборник радова Факултета техничких наука, Нови Саду, издање 34, свеска 2, стране 389–392, јануар 2019.
- [2] F. Biljecki, J. Stoter, H. Ledoux, S. Zlatanova, A. Çöltekin, “Applications of 3D City Models: State of the Art Review”, *International Journal of Geo-Information* 4, ISSN 2220-9964, pp 2842–2889, Dec. 2015.
- [3] F. Biljecki, “Level of detail in 3D city models”, PhD thesis, TU Delft, Netherlands, 2017.
- [4] T. H. Kolbe, “BIM, CityGML, and Related Standardization”. In *Proceedings of the Digital Landscape Architecture Conference 2012 Dessau/Germany*, Internet: http://www.kolleg.loel.hs-anhalt.de/landschaftsinformatik/fileadmin/user_upload/_temp_/2012/Documentation/Freitag/01_1400_Kolbe_-_BIM__CityGML__and_related_standardization.pdf , June 1, 2012. [Feb. 12, 2018].
- [5] CityGML OGC, “OGC City Geography Markup Language (CityGML) Encoding Standard 2.0.0.”, OGC Specification, 2012.

- [6] IndoorGML OGC, "OGC Standard for Indoor Spatial Information", Internet: <http://www.indoorgml.net/>, [Jan. 20, 2019].
- [7] IFC Specification, "Building Smart, International home of openBIM", Internet: <http://www.buildingsmart-tech.org/specifications/ifc-overview>, [Feb. 12, 2018].
- [8] X3D Specification, "X3D Specifications – ISO/IEC-19775-1", Internet: <http://www.web3d.org/standards/number/19775-1>, [Feb. 12, 2018].
- [9] 3DCityDB, "3D City Database for CityGML, Documentation, Version 3.3.0.", Chair of Geoinformatics, Technical University of Munich, 2016.
- [10] J. Radović, V. Pajić, D. Popović, M. Govedarica, S. Milovanov, "Coombining Airborne and Terrestrial Laser Scanning in Preservation of Cultural Heritage", Review of the National Center for Digitization, ISSN 1820-0109, issue 32, pp 27–33, 2018.
- [11] A-frame, "Introduction", Internet: <https://aframe.io/docs/0.8.0/introduction/>, [Jan. 22, 2018].
- [12] I. Ruskovski, „Prikaz unutrašnjosti objekata 3D gradskih modela u sistemima virtualne realnosti“, Zbornik radova Fakulteta tehničkih nauka, Novi Sad, izdanje 34, sveska 2, strane 385–388, Januar 2019.

АГ

Г+

прегледник I overview

Приказ докторске дисертације

Марина Б. Николић Топаловић, дипл. инг. арх.

ФАКУЛТЕТ/АКАДЕМИЈА

Универзитет у Бањој Луци

Архитектонско-грађевинско-геодетски факултет

ИМЕ И ПРЕЗИМЕ ДОКТОРАНДА

Марина Б. Николић Топаловић

ДАТУМ И МЈЕСТО РОЂЕЊА

30.8.1958. год., Лучани, Србија

НАСЛОВ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

Оквир за моделовање информација неопходних за архитектонско пројектовање засновано на концептима животног циклуса објекта

УЖА НАУЧНА ОБЛАСТ

Инжењерство, технологија и грађевинарство, Архитектура и грађевинарство

МЕНТОР

др Миленко Станковић, редовни професор Архитектонско-грађевинско-геодетског факултета Универзитета у Бањој Луци

ДАТУМ ОДБРАНЕ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

03.02.2018.

ПРЕДМЕТ И ЦИЉ РАДА: Теоријско и операционално одређивање предмета истраживања је засновано на потреби да се пронађе ефикасан начин који ће омогућити да се пројектује и гради с материјалима који ће најбоље испунити захтеве крајњих корисника објекта, али пре свега из перспективе одрживог развоја и утицаја на целокупно окружење. Предмет истраживања је анализа архитектонских решења индивидуалног стамбеног објекта с аспекта животног циклуса објекта, као и анализа понашања, усаглашености и употребљивости зелених и рециклираних, еколошки прихватљивих материјала за материјализацију објекта у будућности на нашим просторима.

Циљ истраживања је да се кроз научни опис концептуалног оквира за израду архитектонских пројеката усклађених са реалним потребама грађевинарства сагледа могућност унапређења пројектовања и грађења савремених објеката у Србији. Затим, да се утврде најбољи примери добре праксе примене зелених и рециклираних материјала у изградњи на бази истраживања и размотри могућност њихове примене у Србији.

МЕТОДЕ ИСТРАЖИВАЊА: Поступак истраживања подразумевао је примену општих и посебних научних метода истраживања. Полазишта у методолошком поступку истраживања су заснована на проучавању стручне и научне литературе која разматра проблематику животног циклуса материјала, објекта, енергетске ефикасности, екологије, одрживог развоја и рециклаже материјала. Посебни методолошки оквир за ЛЦА је прописан Стандардом SRPS ISO 14044:2009, а методолошки оквир за оцену животног циклуса зграда је прописан Стандардом EN 15978:2011, као и границе система истраживања по појединим фазама. У истраживању су кориштени програмски пакети URSA, за прорачун енергетске ефикасности, WIN Zero – за превенцију отпада и уштеду воде, Carbon calculator Building (Ccb) Агенције за заштиту животне средине UK, за прорачун угљеничног отиска, и BEES програм којим се вреднују карактеристике грађевинских материјала и производа.

ГЛАВНЕ И ПОМОЋНЕ ХИПОТЕЗЕ: Основно полазиште јесте да је процена животног циклуса квалитетан алат за подршку при доношењу одлука које се могу користити за идентификацију еколошких предности али и недостатака за различите производе или активности које учествују у изградњи и коришћењу зграда. У фази пројектовања на нивоу идејног пројекта за изградњу, реконструкцију и инвестиционо одржавање, применом одређених софтверских алата могуће је остварити уштеде у емисијама гасова са ефектом стаклене баште, у производњи отпада, али и потрошњи воде. Применом софтверских алата, у фази пројектовања, а којима се квантификују утицаји објекта по фазама животног циклуса, могуће је вредновати пројектна решења и одабрати оно које има најмањи утицај на животну средину.

НАУЧНИ ДОПРИНОС: На основу овог истраживања приказан је модел унапређења методологије пројектовања применом софтверских алата који анализом животног циклуса објекта квантификују утицаје објекта на животну средину.

ЗАКЉУЧАК: Процењом животног циклуса (ЛЦА) објекта могуће је идентификовати које су компоненте у којој фази животног циклуса и са каквим утицајем на животну средину, што се може квантификовати кроз вредност угљеничног отиска. На основу тога је могуће формирати стратегију за доношење одлука, у фази пројектовања, о појединим варијантама пројекта. Добијени резултати указују на важност обрачуна ембодираних и оперативних угљеничних отисака објекта и његовог укључивања у свим фазама пројектовања.

У фази идејног пројекта ЛЦА анализа може помоћи у доношењу одлуке да ли приступити реконструкцији постојећег објекта или извршити његову замену новим.

У фази пројекта за изградњу, формирана су три модела најчешће примењиваних конструктивних склопова у Србији за које се користе примарни материјали. У следеће две симулације су извршене замене примарних материјала с великим угљеничним отиском зеленим, рециклираним и реупотребљеним материјалима. У првој симулацији ембодирани угљеник је могуће смањити у опсегу од 8,20% преко 12,45% до 12,53% по m² бруто површине објекта. У другој симулацији у којој је повећан обим зелених, рециклираних и реупотребљених материјала, остварена је уштеда од 18,63% преко 24,53 до 29,89% по m² бруто површине у односу на референтни модел. Веће уштеде би могле бити постигнуте применом мобилних постројења за рециклажу ГОМ-а, контејнера са фотоволтажним ћелијама и дрвене грађе из сертифицираних шума.

Дисертацијом је доказано да се применом софтверских алата помоћу ЛЦА објекта, може у фази пројектовања квантификовати утицај пројекта на животну средину. Кроз формиране моделе и компјутерске симулације доказано је да је могуће препознати моделе који су с мањим угљеничним отиском током животног циклуса, и још у фази пројектовања усмерити пројектовање и изградњу у том правцу. На архитектама је због тога веома важна улога и потреба за континуираном едукацијом у том сегменту, јер су они кључни за одабир компоненти, материјала, инсталација, конструктивног склопа у фази пројектовања објекта. Овладавање овим знањима архитекти пружа алат којим се аргументовано може предочити инвеститору какве су могуће разлике у утицајима на животну средину преваходно у вези с материјализацијом објекта.

Приказ магистарског рада
Борис Јандрић, дипл. инж. грађ.

ФАКУЛТЕТ/АКАДЕМИЈА
Универзитет у Бањој Луци
Архитектонско-грађевинско-геодетски факултет

ИМЕ И ПРЕЗИМЕ ДОКТОРАНДА
Борис Јандрић

ДАТУМ И МЈЕСТО РОЂЕЊА
29.10.1976, Бања Лука

НАСЛОВ МАГИСТАРСКОГ РАДА
Методe оптимизације хидротехничких рјешења објеката за одбрану од бујичних поплава у урбаним срединама

УЖА НАУЧНА ОБЛАСТ
Организација и технологија грађења и грађевински менаџмент, Хидротехника

МЕНТОР
проф. др Горан Ђировић, дипл. инж. грађ.

ДАТУМ ОДБРАНЕ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ
29.09.2018.

ПРЕДМЕТ И ЦИЉ РАДА: Предмет научног истраживања је нумерички експеримент у реномираном софтверу ABAQUS 6.10, његово поређење са реалним експериментом са освртом на постојећи правилник EN 1993-1-5:2006 ПУНИ ЛИМЕНИ НОСАЧИ. Тренутни правилник за ову врсту оптерећења и проблема је дефинисан с емпиријским формулама, које су установљене након многобројних експеримената, како физичких тако и нумеричких.

Циљеви ове магистарске тезе су:

Добијање валидних нумеричких резултата за референтни модел за три различите дужине преко којих дјелује концентрисано оптерећење и калибрисање нумеричког експеримента у односу на експерименталне резултате.

Добијање резултата параметарском студијом и њихово тумачење, варирањем дужине преко које дјелује концентрисано оптерећење, варирањем имерфекција и варирањем дебљине ножице.

Преглед постојећег стандарда EN 1993-1-5:2006 и поређење добијених података са граничном носивошћу према датом стандарду.

МЕТОДЕ ИСТРАЖИВАЊА: Метода коначних елемената; Аналитичка метода; Синтеза; Индуктивна метода; Компаративна метода;

ГЛАВНЕ И ПОМОЋНЕ ХИПОТЕЗЕ:

У магистарској тези су постављене хипотезе:

Могуће је добијање валидних нумеричких резултата за референтни модел и калибрисање нумеричког експеримента у односу на експерименталне резултате.

Могуће је добити резултате параметарском студијом, варирањем дужине преко које дјелује концентрисано оптерећење, варирањем имерфекција и варирањем дебљине ножице и извући закључке и смјернице за даљи рад на тему „PATCH LOADING“-а.

Могуће је извршити поређење постојећег стандарда EN 1993-1-5:2006 са добијеним нумеричким резултатима и извући закључке и смјернице за даљи рад.

НАУЧНИ ДОПРИНОС: Поред практичне стране одређивања критичног оптерећења танкозидног носача под дејством попречног концентрисаног оптерећења, треба истакнути да се у носачу дешава стање које у теоријском смислу нема затворено рјешење. Односно, до сада није одређено тачно теоријски поткријепљено рјешење овог проблема. Сва рјешења су полуемпиријског типа. Истраживачи су на основу експеримента, својих личних запажања, теоријске упућености и оријентације давали приближна рјешења проблема.

Из тог разлога научна јавност је врло заинтересована за овај проблем, а поготово што се у носачу испреплиће више могућих проблема стабилности као и сингуларних рјешења.

Могуће је на изолованом танкозидном носачу добити врло битне и валидне резултате, који су примјенљиви на великом броју ситуација у којима се танкозидни носач налази.

ЗАКЉУЧАК: С обзиром на то да овај проблем није на овај начин посматран, може се рећи да је на ефикасан начин обрађена врло актуелна и захтјевна тема, односно пружен је значајан научни допринос израдом ове магистарске тезе. Рад је систематизован, класификован, идентификовани су проблеми са којима се сусрећемо при оптерећивању танкозидног носача попречним концентрисаним оптерећењем и дати су поступци и методе њиховог рјешавања.

Г + АГ

УПУТСТВО ЗА АУТОРЕ | 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-маил*). Радови се достављају у едиторима: МС Ворд 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 (Интродуцион, Метходс, Ресултс Анд Дисцуссион), 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 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:

- | **Research 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 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 обвезан 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 опшим упутствима, обвезно 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 опшим упутствима, обвезно 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.

