



nauka + praksa

Institut za građevinarstvo i arhitekturu Niš

17 | 2014



nauka + praksa

Institut za građevinarstvo i arhitekturu Niš

17 | 2014

GLAVNI I ODGOVORNI UREDNIK

Prof. dr Dragoslav Stojić, dipl. inž. građ.

REDAKCIONI ODBOR

Prof. dr Slaviša Trajković, dipl. inž. građ.

Doc. dr Danica Stanković, dipl. inž. arh.

Prof. dr Zoran Grdić, dipl. inž. građ.

Doc. dr Gordana Topličić- Ćurčić, dipl. inž. građ.

Asistent Vladan Nikolić, dipl. inž. arh.

TEHNIČKI UREDNIK

Mr Radovan Cvetković, dipl. inž. građ.

TEHNIČKA OBRADA

Predrag Lukić, master inž. građ.

AUTOR NASLOVNE STRANE

Asistent Vladan Nikolić, dipl. inž. arh.

NA NASLOVNOJ STRANI

*„Institut za građevinarstvo i arhitekturu,
Građevinsko-arhitektonskog fakulteta Univerziteta u Nišu“*

Nauka + Praksa

*Časopis Instituta za građevinarstvo i arhitekturu
Građevinsko-arhitektonskog fakulteta Univerziteta u Nišu*

Broj 17, 2014., ISSN 1451-8341

IZDAVAČ

**GRAĐEVINSKO-ARHITEKTONSKI FAKULTET
UNIVERZITET U NIŠU**

Štampa: Grafika Galeb - Niš

Tiraž: 250 primeraka

Predgovor

Jedan od važnih segmenata rada nastavnika i saradnika Građevinsko-arhitektonskog fakulteta u Nišu je rešavanje praktičnih zadataka iz različitih oblasti građevinarstva i arhitekture. Ta aktivnost se na Fakultetu odvija preko posebne organizacione jedinice, Instituta za građevinarstvo i arhitekturu, izradom raznih projekata, studija, ekspertiza, tehničkih kontrola, laboratorijskih ispitivanja, naučno-istraživačkih projekata, itd. U rešavanju konkretnih praktičnih zadataka, s obzirom na osnovnu vokaciju učesnika u tom poslu, pored stručnog znanja koriste se i stečena naučna saznanja, te rezultat tog rada predstavlja svojevrsnu sintezu nauke i prakse. Rešavanje nekog stručnog zadatka često nije samo rešenje nekog konkretnog problema već ima i širi značaj i sadržaj.

Zbog toga je 1992. godine, na tridesetogodišnjicu postojanja Instituta za građevinarstvo i arhitekturu Fakultet odlučio da rezultate svog stručnog i naučnog rada učini dostupnim široj javnosti i počeo sa objavljivanjem časopisa Nauka + Praksa.

Prema kategorizaciji domaćih naučnih časopisa Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja, Odbora za saobraćaj urbanizam i građevinarstvo za 2014.godinu, časopis Nauka + praksa je svrstan u kategoriju časopisa M52.

Ovaj sedamnaesti broj časopisa sadrži četrnaest radova iz oblasti arhitektonskog projektovanja, urbanizma, enterijera, materijala i konstrukcija, saobraćaja i hidrotehnike. Koautori nekih radova su pored nastavnika i saradnika Fakulteta i nastavnici drugih Fakulteta kao i stručnjaci iz drugih institucija. Nadamo se da će čitaoci ovog časopisa pored informativne imati i šire stručne i naučne koristi.

Koristim ovu priliku da se zahvalim svim autorima i koautorima radova, recenzentima, kao i nastavnicima i saradnicima angažovanim na tehničkoj pripremi ovog broja časopisa.

Prodekan za naučnoistraživački rad i direktor
instituta za građevinarstvo i arhitekturu,

Prof. dr Dragoslav Stojić, dipl. inž. građ.

Dekan,

Prof. dr Petar Mitković, dipl. inž. arh.



**INSTITUT ZA
GRAĐEVINARSTVO I
ARHITEKTURU**



**GRAĐEVINSKO -
ARHITEKTONSKOG
FAKULTETA
UNIVERZITETA U NIŠU**

Adresa: Niš, ul. Aleksandra Medvedeva br.14
Tel: +38118 588-181
<http://www.gaf.ni.ac.rs/>

Direktor: Prof. dr Dragoslav Stojić, dipl.inž.građ.
Dekan: Prof. dr Petar Mitković, dipl.inž.arh.

Institut za građevinarstvo i arhitekturu GAF Univerziteta u Nišu osnovan je 1973. godine.

Delatnost Instituta je: izrada naučnih i stručnih projekata, ekspertiza, veštačenja, revizija i elaborata laboratorijskih i terenskih ispitivanja.

Organizacione jedinice Instituta su:

- *odeljenja za ispitivanje konstrukcija,*
- *odeljenja za konstrukcije ,*
- *odeljenja za hidrotehniku ,*
- *odeljenja za saobraćajnice ,*
- *odeljenja za građevinske materijale ,*
- *odeljenja za geotehniku ,*
- *odeljenja za primenjenu matematiku i računarstvo.*

Načelnici odeljenja rukovode radom odeljenja.

Šefovi laboratorija rukovode radom laboratorija.

SADRŽAJ

1. <i>Dragoslav Stojić , Radovan Cvetković, Stefan Conić</i>	1
PROBLEMATIKA PRORAČUNA SAVIJENE GREDE OD LEPLJENOG LAMELIRANOG DRVETA SA OTVORIMA	
2. <i>Srđan Živković, Predrag Lukić</i>	7
PRORAČUN ČELIČNIH KONSTRUKCIJA SA POLUKRUTIM VEZAMA PREMA EC 3	
3. <i>Danica Stanković, Aleksandra Kostić, Ivana Stanković</i>	15
„[PARIS] RIVER CHAMPAGNE BAR” NA OBALI SENE	
4. <i>Mladen Milanović, Milan Gocić, Lazar Velimirović, Slaviša Trajković</i>	21
PRIMENA FURIJEVIH TRANSFORMACIJA ZAPREDSTAVLJANJE VREMENSKIH SERIJA PADAVINA NA TERITORIJI NIŠA	
5. <i>Slavko Zdravković, Dragoslav Stojić, Dragan Zlatkov, Stefan Conić, Novica Tončev</i>	27
DINAMIČKA STABILNOST MOSTA “GOCE DELČEV” U SKOPLJU	
6. <i>Petar Pejić, Sonja Krasić, Predrag Lukić</i>	37
PRIMENA PROŠIRENE STVARNOSTI U PREZENTACIJI ARHITEKTONSKIH PROJEKATA	
7. <i>Slaviša Kondić, Milica Živković, Goran Jovanović, Vojislav Nikolić, Milja Penić</i>	43
ANALIZA DISPOZICIJE OTVORA ZA DNEVNO OSVETLJENJE NA MODELU FLEKSIBILNOG PORODIČNOG STAMBENOG OBJEKTA	
8. <i>Milan Tanić, Aleksandar Keković, Milja Penić, Petar Mitković, Slaviša Kondić, Marjan Petrović, Vojislav Nikolić, Milan Brzaković, Miloš Petrović, Milica Stojković</i>	49
DEJNO URBANISTIČKO- ARHITEKTONSKO REŠENJE UREĐENJA BANJSKO- HOTELSKOG KOMPLEKSA UZ ISTOČNU OBALU JEZERA PALIĆ	

9. *Nikola Srbinoski, Danijela Đurić-Mijović, Miomir Vasov*..... 55

POTKONSTRUKCIJSKI NOSECI SISTEMI FASADNIH ZIDOVA OD STAKLA

10. *Dorđe Đorđević, Biljana Avramović*..... 61

IZORETEX – RECIKLIRANI NOVI TERMIČKI I AKUSTIČNI IZOLACIONI GRAĐEVINSKI MATERIJAL

11. *Miloš Trajković, Dragan Milićević, Slaviša Trajković*..... 67

ANALIZA IZVORIŠTA PODZEMNIH VODA ZA POTREBE NAVODNJAVANJA POLJOPRIVREDNIH POVRŠINA U OKOLINI NIŠA

12. *Dragana Krstić, Biserka Marković, Vuk Milošević* 81

PRIMENA PTFE MEMBRANA ZA POKRIVANJE ATRAKTIVNIH OBJEKATA VELIKOG RASPONA

13. *Slavko Zdravković, Biljana Mladenović, Predrag Petronijević, Miloš Keković*..... 89

VELIKE POPLAVE MAJA 2014. I VODOPRIVREDNA INFRASTRUKTURA SRBIJE

14. *Vladan Nikolić, Petar Mitković, Dragoslav Stojić, Olivera Nikolić, Jasmina Tamburić*.... 95

PRIKAZ ADAPTACIJE ENTERIJERA INSTITUTA ZA GRAĐEVINARSTVO I ARHITEKTURU GAF-A U NIŠU

UDK 624.011.1:674-419

PROBLEMATIKA PRORAČUNA SAVIJENE GREDE OD LEPLJENOG LAMELIRANOG DRVETA SA OTVORIMA

Dragoslav Stojić¹, Radovan Cvetković², Stefan Conić³

Rezime: U savremenom građevinarstvu lepljene lamelirane konstrukcije (LLD) predstavljaju efiksna, jednostavna i brzo izvodljiva rešenja pojedinih delova objekata ili objekta u celini. U mnogim praktičnim rešenjima neophodno je ostaviti otvore u nosačima ili ih u fazi montaže izbušiti na licu mesta. Otvori (rupe) u svim nosećim konstrukcijskim elementima bez obzira na veličinu i geometriju, predstavljaju slaba mesta a u nekim slučajevima i kritične zone usled koncentracije napona na periferiji otvora. U zavisnosti od veličine i lokacije otvora na nosaču, potrebno je posebno proveriti nosivost ovakvog elementa. Kod lepljenih lameliranih konstrukcija (LLD) zone oko otvora (rupa) mogu biti uzuzetno kritične, iz razloga koncentrisanja napona zatezanja upravno na vlakna drveta a samim tim i pojava pukotina i prslina što dovodi do gubitka integriteta nosača. U radu su analizirani najpoznatiji Pravilnici za drvene konstrukcije, koji tretiraju pomenutu problematiku i daju uputstva za analizu takvih nosača.

Ključne reči: lepljeno lamelirano drvo, otvor, EC5, DIN 1052.

ANALYSIS OF BENT WOODEN BEAMS WITH HOLES

Abstract: In modern construction glued laminated structures (GLULAM) represent a more efficient, simple and fast feasible solutions for certain parts of buildings or for the whole building. In many practical solutions it is necessary to leave the holes in the beams or, in assembly stage, drill on the spot. Holes in all the structural elements regardless of the size and geometry, are the weak points, in some cases the critical zone due to stress concentration at the periphery of the holes. Depending on the size and location of the hole, it is necessary to check the capacity of such particular elements. In case of glued laminated structures zone around the holes can be extremely critical, because of concentration tensile stress perpendicular to the wood fibers and thus cracks which leads to loss of integrity of the beam. This paper analyzes some of codes and regulations for wooden constructions, which treat the above mentioned issues and provide guidance for the analysis of such beams.

Keywords: glulam, hole, EC5, DIN 1052.

¹ Dr, redovni prof., Građevinsko-arhitektonski fakultet u Nišu, ul. Aleksandra Medvedeva 14, Niš, Srbija

² Mr, asistent, Građevinsko-arhitektonski fakultet u Nišu, ul. Aleksandra Medvedeva 14, Niš, Srbija

³ Master građ.inž., student doktorskih akademskih studija, Stipendista Ministarstva, saradnik u nastavi, Građevinsko-arhitektonski fakultet u Nišu, ul. Aleksandra Medvedeva 14, Niš, Srbija

1 UVOD

Posmatranjem istorijskih objekata, kao i analizom arheoloških ostataka, može se lako zaključiti da je drvo jedan od najstarijih građevinskih materijala, pored kamena i primitivnih vrsta opeka. Uprkos primitivnim spojnim sredstvima, načina obrade materijala, poznavanju karakteristika materijala, još u starom veku su izvedene konstrukcije znatnih dimenzija i raspona. U tradicionalnom građenju drvetom najveći napredak dostignut je u XVI i XVII veku, dok se za savremeno građenje drvetom vezuje druga polovina XX veka odnosno sa razvojem savremenih spojnih sredstava, kako mehaničkih tako i adhezivnih, primenom kompozitnih i spregnutih materijala na bazi drveta i savremenom tehnologijom drveta [1].

Drvo predstavlja organski i prirodni materijal i njega odlikuju u anatomskom smislu nehomogenost građe, a u mehaničkom smislu je veoma izražena anizotropija, odnosno različito ponašanje materijala u različitim pravcima naprezanja kao i različito ponašanje u zavisnosti od naponskog stanja [1], [2], [3]. S obzirom da nastaje prirodnim procesima, drvo u svojoj strukturi i anatomiji može imati i nedostatke koji se najčešće ogledaju u čvorovima, smolnim kanalima, prslinama, nepravilnosti godova i td. U građevinarstvu se najčešće od četinara koristi jela, smreka, bor i ariš dok se od tvrdih lišćara koriste hrast i bukva. Ostale vrste drveta se retko koriste na našim prostorima ali se mogu veoma efikasno koristiti za konstrukcije skela i privremenih objekata. Lameliranje, odnosno rezanje debla po dužini na tanke lamele (daske) debljine do 30mm predstavlja veoma efikasan način uklanjanja svih navedenih nedostataka i grešaka u drvetu jer se svi nedostaci uočavaju i eliminiraju iz nosača, za razliku od monolitnog drveta tj. klasične drvene građe, gde se veoma teško mogu uočiti unutrašnje nepravilnosti u strukturi drveta. Ovakav materijal na bazi drveta našao je veliku primenu u građevinarstvu s obzirom na izuzetno povoljne karakteristike kao što su: mala zapreminska masa, velika čvrstoća paralelno vlaknima, mala osetljivost na temperaturne promene i razlike kao i na hemijski agresivne sredine i td.

Pod pojmom lepljene lamelirane konstrukcije smatraju se nosači ili elementi koji nastaju posebnim tehnološkim postupcima u strogo kontrolisanim uslovima fabričkih pogona, lepljenjem lamela (dasaka) određenih debljina pod izuzetno velikim pritiscima uz upotrebu specijalnih vodootpornih

sintetičkih lepkova na bazi formaldehida. Ovakvim tehnološkim postupkom dobija se građevinski materijal sa ujednačenim karakteristikama, a samim tim moguća su i veća naprezanja nosača. Nosači od LLD našli su veliku primenu u visokogradnji i niskogradnji, kod krovova malih i velikih raspona, za izradu montažnih objekata stalnog ili privremenog karaktera, pešačkih ili drumskih mostova i td. Veoma jednostavna i laka montaža nosača uz korišćenje lake mehanizacije, neograničenost u pogledu dužina elemenata, proizvoljnost oblika nosača kao i poprečnog preseka samo su neke od prednosti ovakvih vrsta elemenata. U savremenim konstrukcijama se sve češće koriste i spregnute konstrukcije na bazi drveta, čelika i betona gde se različiti materijali sprežu i nedostaci jednog od materijala, kompenzuju dobrim karakteristikama drugih materijala na taj način stvarivši novi kompozitni materijal.

Prilikom projektovanja i izvođenja konstrukcija od LLD veoma često se kao zahtev nameće uslov bušenja nosača, odnosno ostavljanja otvora u elementima iz različitih estetskih, arhitektonskih i konstruktivnih razloga. Otvori u krovnim gredama, kao i u stubovima projektuju se za prolaz različitih instalacija (cevi, kablova...), kao i zbog olakšane montaže samog elementa i td. (slika 1).



Slika 1 - Primer krovne grede sa kružnim otvorima za prolaz instalacija [6]

Rupe i otvori na nosačima od LLD, u zavisnosti od geometrije, veličine i pozicije na nosaču, mogu predstavljati veoma kritične zone, tj. mesta u kojima dolazi do drugačije preraspodele napona u odnosu na ostale delove nosača. Iz svih navedenih razloga, ova problematika je u prethodnom periodu dosta proučavana, tako da pojedini pravilnici za proračun drvenih konstrukcija daju neke osnovne preporuke koje se pre svega odnose na veličine otvora i najpovoljnije lokacije na nosačima u zavisnosti od naponskog stanja. Osnovna saznanja vezana za ovu problematiku utemeljena su još u prvoj polovini XX

veka, dok su savremena ispitivanja vršili Halstrom, 1995., Hofflin, 2005., Aicher and Hofflin, 2006., i mnogi drugi. U svim standardima i propisima se uvek naglašava da je neophodno analizirati i proveriti svaki slučaj ponaosob, upravo zbog svih tih različitih fenomena koji se mogu javiti kao i zbog specifičnosti problema, naročito u drvenim konstrukcijama za razliku od ostalih građevinskih materijala, gde rupe i otvori u nosačima ne predstavljaju neke velike probleme. U propisima i standardima su date kritične zone i lokacije za otvore i rupe na grednim nosačima u zavisnosti od spoljašnjeg opterećenja tj. naponskog stanja.

2 OTVORI U GREDAMA PREMA RAZLIČITIM PROPISIMA

Otvori u gredama opterećenim na savijanje predmet su izučavanja mnogih evropskih ispitivanja i projekata a sve u cilju dobijanja što realnijih rezultata i smernica prilikom projektovanja odnosno analize napona i deformacija. Neki od najznačajnijih pravilnika i kodova koji posebno tretiraju pomenutu problematiku jesu: Evrokod 5, DIN 1052, SIA 265 kao i mnogi drugi koji se pozivaju na već pomenute standarde. Na osnovu detaljne analize datih pravilnika za drvene konstrukcije, može se zaključiti da pravila i preporuke dosta variraju, s obzirom da su neka zasnovana na empirijskim relacijama, dok su druga izvedena iz numeričkih i eksperimentalnih rezultata.

2.1. Nemački pravilnik – DIN 1052 (DIN 1052:2004-08)

Prema pravilniku DIN 1052 [4] posebna pažnja se mora posvetiti gredama sa prodorima, odnosno otvorima. Pravilnik razmatra otvore veće od 50mm, dok za otvore manje od 50mm preporučuje proračun sa redukovanim poprečnim presekom (neto poprečni presek). Otvori i rupe na neojačanim delovima greda treba rasporediti prema sledećim pravilima: Rastojanje od ivice otvora do kraja grede ne sme biti manje od visine grede h , ukoliko na istoj gredi postoje dva otvora, minimalno rastojanje između njih treba biti najmanje kao visina grede h , ali ne manje od 300mm. Dužina otvora ili rupe a treba biti manja ili jednaka visini grede h , a visina grede b ili prečnik \varnothing ne treba biti veći od 40% ukupne visine grede h . Uglovi kod kvadratastih i pravougaonih otvora treba zaobliti sa minimalnim prečnikom $r \geq 15\text{mm}$. Rastojanje ivice kružnog otvora do centra oslonca treba biti veće ili jednako polovini visine grede h .

Otvori i rupe koji ispunjavaju navedene uslove se mogu koristiti u klasama 1 i 2, dok se za klasu 3 (*service class*) one moraju posebno ojačavati.

Za gredu od LLD koja ispunjava sve navedene uslove, sledeći uslovi moraju biti ispunjeni:

$$\frac{F_{t,90,d}}{0,5 \cdot l_{t,90,d} \cdot b \cdot f_{t,90,d}} \leq 1 \quad (1)$$

za pravougaone otvore: $l_{t,90} = 0,5(h_d + h)$

za kružne otvore: $l_{t,90} = 0,353h_d + 0,5h$

Dopuštena sila zatezanja upravno na vlakna $F_{t,90,d}$ je definisana iz doprinosa transverzalne sile V_d i momenta savijanja M_d . Treba kontrolisati kritične preseke 1-1 i 2-2 prema slici 2.

$$F_{t,90,d} = F_{t,V,d} + F_{t,M,d} \quad (2)$$

$$F_{t,V,d} = \frac{V_d \cdot h_d}{4h} \cdot \left[3 - \frac{h_d^2}{h^2} \right] \quad (3)$$

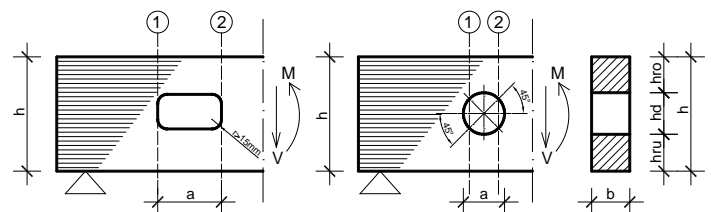
gde je V_d proračunska vrednost transverzalne sile u kritičnim presecima 1-1 i 2-2 (slika 2).

$$F_{t,M,d} = 0,008 \frac{M_d}{h_r} \quad (4)$$

gde je M_d proračunska vrednost momenta savijanja u kritičnim presecima 1-1 i 2-2 (slika 2).

za pravougaone otvore: $h_r = \min \left\{ \begin{array}{l} h_{ro} \\ h_{ru} \end{array} \right\}$

za kružne otvore: $h_r = \min \left\{ \begin{array}{l} h_{ro} + 0,15h_d \\ h_{ru} + 0,15h_d \end{array} \right\}$



Slika 2 - Položaj kritičnih preseka otvora u gredama bez ojačanja prema DIN 1052:2004-08

2.2. Evropski pravilnik – EUROCODE 5 (EN 1995-1-1:2004)

Projektovanje i konstruisanje greda sa otvorima je prema Evrokodu 5 [5] analizirano u delu u kome su razmatrane grede sa redukovanim poprečnim presekom odnosno grede sa zakošenim ivicama kod oslonaca. U pravilniku se navodi da za LLD grede, kod kojih su vlakna približno paralelna sa dužinom nosača, potrebno je kontrolisati napon smicanja kod oslonaca sa efektivnom (redukovanom) visinom poprečnog preseka h_{ef} . S obzirom da se koristi analogija sa zakošenim ivicama nosača kod oslonaca, pretpostavlja se da su otvori postavljeni u zoni maksimalnih transverzalnih sila pa se efekti od momenata savijanja zanemaruju.

$$\tau_d = \frac{1,5 \cdot V}{b \cdot h_{ef}} \leq k_v \cdot f_{v,d} \quad (5)$$

gde je: V – transverzalna sila,

h_{ef} - efektivna visina poprečnog preseka,

b – širina grede

k_v - redukcioni faktor koji zavisi od toga kako su orijentisane kosine (otvori) na gredi tj. za donje delove (slika 3.) je $k_v^D = 1,0$, a za gornje prema sledećim uputstvima ali uvek ≤ 1 .

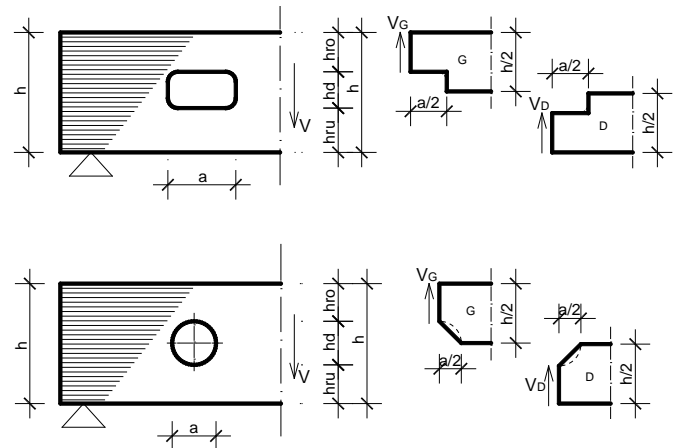
$$k_v^G = \min \left\{ \begin{array}{l} 1,0 \\ 6,5 \cdot \left(1 + \frac{1,1 \cdot i^{1,5}}{\sqrt{h}} \right) \\ \frac{1}{\sqrt{h} \cdot \left(\sqrt{\alpha(1-\alpha)} + 0,8 \cdot \frac{x}{h} \sqrt{\frac{1}{\alpha} - \alpha^2} \right)} \end{array} \right. \quad (6)$$

gde je: $h = \frac{h}{2}$ - za otvore koji su centrično postavljeni po visini grede,

$$\left. \begin{array}{l} i = 0 \\ x = \frac{a}{2} \end{array} \right\} \text{ za pravougaone otvore}$$

$$\left. \begin{array}{l} i = 1 \\ x = 0 \end{array} \right\} \text{ za kružne otvore}$$

$$\alpha = \frac{h_{ef}}{h}$$



Slika 3 - Otvori bez ojačanja prema pravilniku EUROCODE 5 (EN 1995-1-1:2004)

Većina evropskih pravilnika za projektovanje drvenih konstrukcija se zasniva na pomenutim principima sa malim varijacijama u zavisnosti od usvojenih Nacionalnih dokumenata (NA). Američki institut za drvene konstrukcije, za razliku od evropskih, daje kritične zone na nosačima u zavisnosti od naponskog stanja, kao i maksimalni broj otvora sa određenim dimenzijama takođe, pored horizontalnih otvora u pravilniku se posebno tretiraju i vertikalne rupe.

S obzirom da veliki broj Pravilnika tretira isključivo otvore na nosačima koji su pravilnih geometrijskih oblika (kružni i pravougaoni), to za analizu nosača sa proizvoljnim oblicima otvora je neophodno koristiti softvere za analizu napona koji rade po određenim metodama teorije konstrukcija. Za analizu stanja napona i deformacija složenih konstrukcijskih sistema sa otvorima, u savremenom građevinarstvu se najčešće koriste programski paketi koji na efikasan način diskretizuju određene oblasti na nosaču i koji rade po metodi konačnih elemenata, dok se jednostavnije slučajeve mogu koristiti i različite aproksimacije i uprošćenja za dobijanje rezultata koji su više praktičnog nego teorijskog značaja.

3 ZAKLJUČAK

Analiza stanja napona i deformacija greda od LLD sa neojačanim kružnim otvorima predstavlja specifičan konstruktorski problem, koji se u literaturi veoma često zapostavljao u prošlosti. Na osnovu datih Pravilnika može se zaključiti da DIN 1052 daje preciznije preporuke za pravilno projektovanje rupa u gredama u odnosu na EC5 koji se oslanja na proračun

greda sa zakošenim ivicama kod oslonaca. Takođe treba napomenuti da se u standardima i propisima uvek naglašava da je neophodno analizirati i proveriti svaki slučaj ponaosob, upravo zbog svih tih različitih fenomena koji se mogu javiti kao i zbog specifičnosti problema, naročito u drvenim konstrukcijama. U savremenom građevinarstvu se veoma često javlja potreba za rupama koje su nepravilnog geometrijskog oblika pa se ovakvi i slični problemi najčešće analiziraju u savremenim softverima koji koriste metod konačnih elemenata gde se sve kritične zone mogu veoma efikasno uočiti i eliminisati pravilnim korekcijama. U svakom slučaju, koncentracije napona koje se javljaju na periferijama otvora kod drvenih greda mogu se svesti na najmanju moguću meru pravilnim konstrukcijskim oblikovanjem kao i posebnim ojačanjima što može biti oblast nekog novog istraživanja.

4 LITERATURA

- [1] Stojić, D.: *Drvene konstrukcije i skele*, Univerzitet u Nišu, Građevinski fakultet Niš, 1996., Niš, str.1-2
- [2] Gojković, M; Stojić, D.: *Drvene konstrukcije*, Građevinski fakultet u Beogradu, 1996., Beograd, str.32-35
- [3] Muravljev, M; Stevanović, B.: *Zidane i drvene konstrukcije zgrada*, Građevinski fakultet u Beogradu, 1999., Beograd, str.118
- [4] DIN 1052:2004-08 – Entwurf, Berechnung und Bemessung von Holzbauwerken. (In German), Munchen, 2005.
- [5] Eurocode 5: *Design of timber structures – Part 1-1:General - Common rules and rules for buildings*. EN 1995-1-1:2004 (E).
- [6] Danielsson, H.: *The Strength of Glulam Beams with Holes, A Survey of Tests and Calculation Methods, Division of Structural Mechanics*, LTH, Lund University, Box 118, SE-221 00 Lund, Sweden.
- [7] Aicher, S.; Hofflin, L.: *Fracture behavior and design of glulam beams with round holes*, 10th World Conference on Timber Engineering, Miyazaki, Japan, 25.6.2008.

UDK 624.014.2

PRORAČUN ČELIČNIH KONSTRUKCIJA SA POLUKRUTIM VEZAMA PREMA EVROKODU 3

Srđan Živković¹, Predrag Lukić²

Rezime: U ovom radu prikazan je postupak proračuna čeličnih konstrukcija sa polukrutim vezama prema Evrokodu 3, u funkciji rotacione krutosti veze koja je definisana nagibom tangente na krivoj $M\Phi$ karakteristike veze. Za određivanje početne krutosti veze koristi se takozvana „komponentalna metoda“. Suština ove metode sastoji se u dekomponovanju (rastavljanju) veze na relevantne komponente. Određivanje rotacionog odgovora veze na ovaj način, svodi se na određivanje geometrijskih karakteristika različitih komponenta u vezi. Zbog toga se ova metoda može primeniti na veći broj tipova i konfiguracija veza. U radu je prikazan numerički primer jedne okvirne konstrukcije sa polukrutim vezama.

Ključne reči: Evrokod 3, polukrute veze, rotaciona krutost veze, komponentalna metoda.

DESIGN OF STEEL STRUCTURES WITH SEMI-RIGID JOINTS ACCORDING TO EUROCODE 3

Abstract: The paper presents the procedure of design of steel structures with semi-rigid connections according to Eurocode 3, in the function of the rotational rigidity of the connection which is defined by the gradient of the tangent on the $M\Phi$ curve of the joint characteristics. For determination of the initial rigidity of the joint is used the so called “component method”. For this reason, this method can be applied for a number of joint types and configurations. The paper presents a numerical example of a frame structure with semi rigid connections

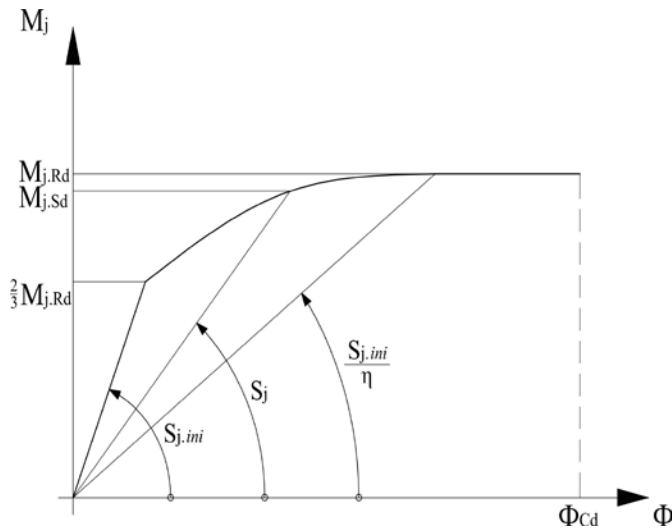
Keywords: Eurocode 3, semi-rigid joints, rotational joint rigidity, component method.

¹ Mr Srđan Živković, dipl. inž. građ., asistent, srle.26@open.telekom.rs, Građevinsko-arhitektonski fakultet Univerziteta u Nišu

² Predrag Lukić, master inž. građ., student doktorskih studija, pedjoni87@hotmail.com, Građevinsko-arhitektonski fakultet Univerziteta u Nišu

1 UVOD

U Evrokodu 3, deo 1-8: Proračun veza, definisan je postupak za određivanje zavisnosti između momenta savijanja (M) i relativnog ugla obrtanja (Φ) u preseku na mestu veze, slika 1 [1].



Slika 1. Nelinearna kriva prema EC3 -1-8

Ovom računskom karakteristikom „moment-rotacija“³ veze, [2], definišu se sva tri glavna svojstva posmatrane veze:

1. rotaciona krutost,
2. momentna otpornost i
3. kapacitet rotacije.

Računska momentna otpornost veze ($M_{j,Rd}$) jednaka je najvećoj vrednosti momenta savijanja na dijagramu karakteristike moment-rotacija, dok je rotaciona krutost veze (S_j) jednaka sekantnoj krutosti.

2 MATEMATIČKI MODEL POLUKRUTE VEZE

U opštem slučaju, deformabilna veza između dva štapa omogućuje izvestan stepen dodatne relativne pomerljivosti u ravni spoja u pravcima svih generalisanih pomeranja što za linijski element u ravni znači: relativno horizontalno i vertikalno pomeranje i obrtanje preseka na mestu spoja. Kako su za većinu okvirnih konstrukcija, vertikalna, pa i horizontalna

pomeranja (proklizavanja) veza, zanemarljivo mala u odnosu na relativno obrtanje preseka na mestu veze, [3], [4], uticaj deformabilnih veza može se modelirati pomoću elastične opruge čija je rotaciona krutost $S_{i(k)}$, [5]. Ovim koeficijentom obuhvata se uticaj rotacione krutosti veze na promenu statičkih i deformacijskih veličina u konstrukciji. Brojna vrednost rotacione krutosti veze štapa „ ik “ na kraju i , odnosno k , određena je izrazom:

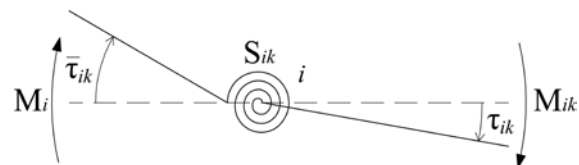
$$S_{i(k)} = \frac{M_{i(k)}}{\Phi_{i(k)}} \quad (1)$$

gde su:

$M_{i(k)}$ - moment savijanja na mestu veze u čvoru i , odnosno k i

$\Phi_{i(k)}$ - relativno obrtanje veze u čvoru i , odnosno k .

Rotaciona krutost veze, u geometrijskom smislu, predstavlja vrednost tangensa ugla koga tangenta na krivoj moment-rotacija veze gradi sa apscisom, odnosno nagib krive $M - \Phi$ veze [2], slika 2.



Slika 2 - Matematički model polukrute veze

3 ODREĐIVANJE POČETNE KRUTOSTI VEZE $S_{j,ini}$

Za određivanje početne krutosti veze koristi se takozvana „komponentalna metoda“ (Zoetemeijer, 1983.) [7]. Suština ove metode sastoji se u dekomponovanju (rastavljanju) veze na relevantne komponente. Određivanje rotacionog odgovora veze na ovaj način, svodi se na određivanje geometrijskih karakteristika različitih komponenta u vezi. Zbog toga se ova metoda može primeniti na veći broj tipova i konfiguracija veza. Ona se takođe može lako proširiti i na nove tipove veza, kao na primer, na kompozitne veze kao što su spregnute veze beton-čelik, pod uslovom da su deformacije poznate za sve komponente u vezi tj. koeficijenti krutosti (k_i) i da se ponašanje veze može predstaviti modelom pomoću seta opruga [6].

³ „ $M-\Phi$ “ karakteristika veze.

Tabela 1 – Pregled komponentata za različite tipove veza

Komponenta	Br. komp.	Sa čeonom pločom	Zavarena	Sa priključnim ugaonicima na nožicama grede
Panelna zona na rebu stuba izložena smicanju	1	√	√	√
Rebro stuba izloženo pritisku	2	√	√	√
Nožica stuba izložena savijanju	3	√	–	√
Rebro stuba izloženo zatezanju	4	√	√	√
Čeona ploča izložena savijanju	5	√	–	–
Priključni ugaonici na nožicama izloženi savijanju	6	–	–	√
Zavrtnjevi izloženi zatezanju	7	√	–	√
Zavrtnjevi izloženi smicanju	8	–	–	√
Zavrtnjevi izloženi pritisku po omotaču rupe	9	–	–	√

U tabeli 1 dat je pregled komponenti veza koje treba uzeti u obzir pri sračunavanju početne krutosti za određene tipove veza.

Početna krutost veze $S_{j.ini}$ se sračunava za polje napona i deformacija komponentata veze u elastičnoj oblasti. Ponašanje svake komponente u vezi je, za polje napona i deformacija u zoni elastičnosti, predstavljeno elastičnim oprugama. Do izraza pomoću kojeg se može sračunati rotaciona krutost veze dolazi se polazeći od same definicije krutosti, koja je predstavljena jednačinom (1):

Kako je obrtanje veze posledica zbira deformacija svih njenih pojedinačnih komponenti, zavisnost između momenta u vezi (M_j) i rotacije veze (Φ_j) je ekvivalentna zavisnošću između sile koja deluje na pojedinu komponentu, slika 3 [6]:

$$F_i = \frac{M_j}{z} \quad (2)$$

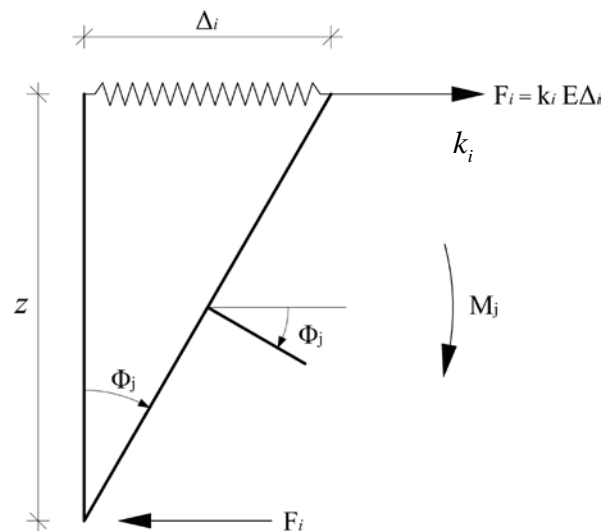
i deformacije same komponente u pravcu dejstva sile (Δ_i). Obrtanje veze usled deformacije Δ_i jednako je:

$$\Phi_i = \frac{\Delta_i}{z} \quad (3)$$

gde je z rastojanje između težišta zategnute zone i težišta odgovarajuće pritisnute zone. Kod zavarene veze gređa-stub ovo rastojanje je jednako rastojanju između težišta nožica grede. Imajući ovo u vidu izraz (1) može se modifikovati na sledeći način:

(2), (3) \rightarrow (1) \Rightarrow

$$S_{j.ini} = \frac{F_i \cdot z}{\Delta_i} = \frac{F_i \cdot z^2}{\Delta_i} \quad (4)$$



Slika 3 – Matematički model komponente veze

Veza između elastične deformacije i -te komponente veze (Δ_i), i sile koja tu deformaciju izaziva (F_i) može se napisati kao:

$$F_i = K_i \cdot \Delta_i = k_i \cdot E \cdot \Delta_i \Rightarrow \quad (5)$$

$$\Delta_i = \frac{F_i}{k_i \cdot E} \quad (6)$$

gde su:

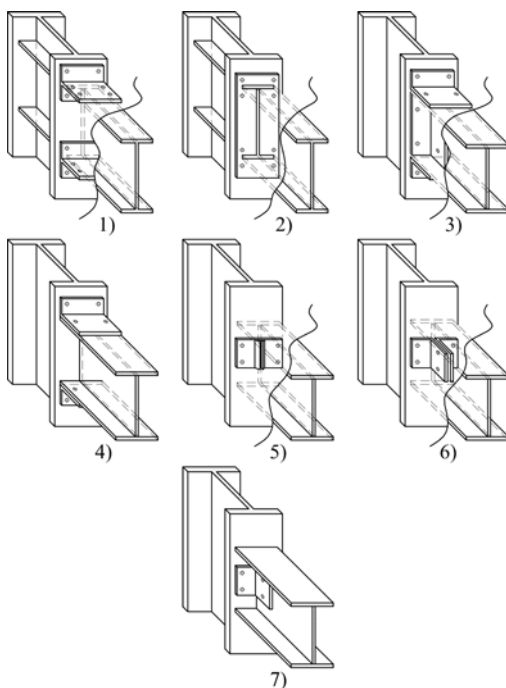
- k_t - krutost i -te komponente veze na deformaciju (Δ_t) u pravcu dejstva sile (F_t),
- $k_t = \frac{K_t}{E}$ - koeficijent krutosti i -te komponente.

Konačno, kada se u jednačinu (4) zameni jednačina (5), početna (inicijalna) krutost veze definisana je sledećom relacijom:

$$S_{j.ini} = \frac{E \cdot z^2}{\frac{1}{k_i}} \quad (7)$$

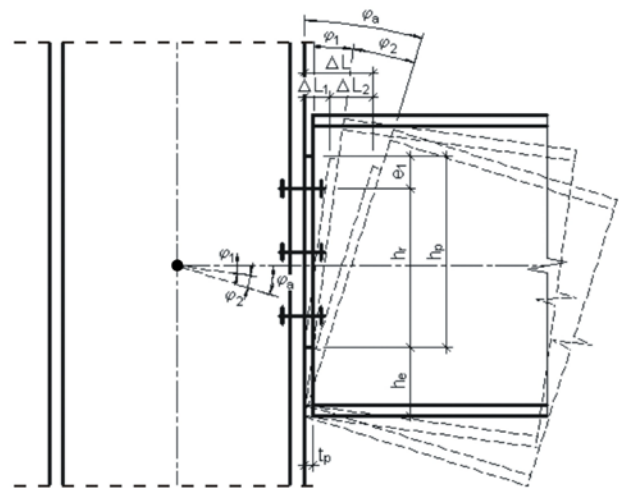
4 ANALIZA PONAŠANJA VEZA

Na slici 4 prikazani su tipovi najčešće korišćenih veza kod čeličnih okvirnih konstrukcija. Brojni eksperimenti su pokazali da se realne veze ponašaju *nelinearno* zbog postepenih, neravnomernih deformacija elemenata veze (priključnih limova, priključnih ugaonika, čeonih ploča, sredstava za vezu i td.). Nelinearno ponašanje veza dodatno komplikuje nelinearno ponašanje čitave konstrukcije, pored već prisutnih geometrijskih i materijalnih imperfekcija, rezidualnih napona usled zavarivanja, koncentracija napona i lokalnih sekundarnih efekata kao što su panelna zona deformacije i post kritično ojačanje materijala [6].



Slika 4 - Karakteristični tipovi veza greda-stub

U opštem slučaju deformabilna veza štapova može da obezbedi izvestan stepen relativne pomerljivosti u pravcima svih generalisanih pomeranja, što za linijski element u ravni znači: horizontalno i vertikalno pomeranje i obrtanje. Kako su za većinu čeličnih okvirnih konstrukcija vertikalna, pa i horizontalna pomeranja (proklizavanja) veza zanemarljivo mala u odnosu na obrtanje veze, u cilju pojednostavljenja problema (a što bitno ne utiče na tačnost dobijenih rezultata) u daljoj analizi razmatraće se samo rotaciono ponašanje veze (slika 5).



Slika 5 - Rotacija veze

Relativni ugao rotacije veze (slika 5) možemo dobiti iz relacije:

$$\Phi = \varphi_a = \varphi_1 + \varphi_2 = \arctg \frac{\Delta L}{h_p + h_e}, \quad (4)$$

gde je: ΔL - ukupno horizontalno pomeranje posmatrane tačke na vezi a $(h_p + h_e)$ - vertikalno rastojanje posmatrane tačke u vezi do centra rotacije veze (poluprečnik rotacije veze).

Rotacija deformabilnih veza obavlja se na račun lokalnih deformacija koje se javljaju u preseku na mestu veze. U zavisnosti od nivoa napreznja ove deformacije mogu biti **elastične, elasto-plastične ili plastične**. Na osnovu eksperimentalnih rezultata došlo se do saznanja da se ove deformacije mogu raščlaniti na:

- **deformacije spoja** koje su posledica deformacija elemenata spoja kao što su: čeonu ploča, priključni elementi (limovi, ugaonici), zavrtnevi, nožice stuba, rebro stuba u zoni zatezanja i td.

- **smicanje rebra stuba** koje nastaje usled dejstva konjugovanih sila istog intenziteta ali suprotnog smera koje deluju u nivou zategnute odnosno pritisnute nožice grede i formiraju u rebru stuba polje smicanja.

Osnovne osobine veze na osnovu kojih se može definisati uticaj veze na ponašanje okvirnih konstrukcija dobijaju se na osnovu krive moment-rotacija. Ova kriva često se u literaturi naziva $M - \Phi$ karakteristika veze. Ona opisuje zavisnost između momenta savijanja koji deluje u preseku na mestu veze (M) i rotacije krajnjeg poprečnog preseka grede u odnosu na stub sa kojim je spojena (Φ). Sva tri glavna parametra kojima se karakteriše ponašanje jedne veze: rotaciona krutost, otpornost i rotacioni kapacitet, mogu se dobiti na osnovu ove krive. **Rotaciona krutost veze** definisana je nagibom tangente na krivoj $M - \Phi$, **otpornost veze** maksimalnom vrednošću M u $M - \Phi$ karakteristike veze, dok je **rotacioni kapacitet veze** definisan graničnom rotacijom dostignute pri graničnoj nosivosti.

Treba napomenuti, da uticaj deformabilnih veza na ponašanje konstrukcije ne zavisi samo od rotacione krutosti, otpornosti i kapaciteta rotacije veze. Naime, veza se ne može posmatrati izolovano iz konstrukcije već samo u sklopu sa susednim elementima. Rezultati eksperimenata ukazuju da se jedna veza u zavisnosti od položaja u konstrukciji ponaša na različite načine.

Rezultati ispitivanja nekoliko karakterističnih tipova veza (slika 6), pokazuju da je $M - \Phi$ kriva nelinearna funkcija. Idealno krutim vezama odgovara vertikalna a idealno zglobnim vezama odgovara horizontalna linija u $M - \Phi$ koordinatnom sistemu. Strogo teorijski gledano veze između ova dva ekstremna slučaja mogu se svrstati u „polukrute“ (semi-rigid) tj. deformabilne veze štapova.

Krive prikazane na slici 6 dobijene su na osnovu rezultata ispitivanja za različite tipove veza. Na osnovu ovih $M - \Phi$ karakteristika veza, mogu se doneti sledeći opšti zaključci [6]:

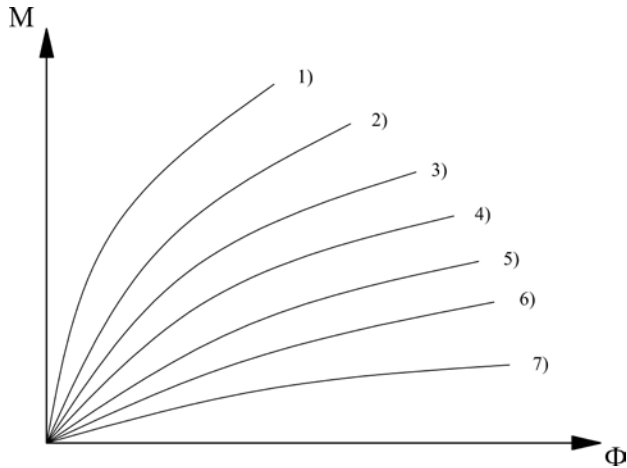
- sve krive su nelinearne sa smanjenjem rotacione krutosti pri povećanju rotacije;
- različite veze mogu imati značajno različitu rotacionu krutost i otpornost;
- početna (inicijalna) rotaciona krutost koja je jednaka nagibu tangente na krivoj $M - \Phi$ u koordinatnom početku značajno se razlikuje za različite tipove veza;
- kod dvoosno simetričnih veza pri promeni pravca rotacije (rasterećenju) veze

rotaciona krutost je približno jednaka početnoj rotacionoj krutosti;

- kriva moment-rotacija veze može se raščlaniti na tri segmenta (slika 7), i to:
 - prvi segment predstavlja elastično ponašanje veze, kriva u ovoj oblasti se može aproksimirati pravom linijom koja spaja koordinatni početak sa tačkom koja označava trenutak dostizanja momenta za polje napona na pragu tečenja (M_e, Φ_e). Početna rotaciona krutost (S_{ini}) brojno je jednaka nagibu tangente na krivoj $M - \Phi$ i dakle, ima konstantnu vrednost sve dok moment savijanja ne dostigne vrednost momenta savijanja na pragu tečenja u preseku na mestu veze;
 - drugi segment predstavlja elasto-plastično ponašanje veze. Rotaciona krutost veze pri ovakvom nivou naprezanja ($S_{red.}$) nalazi se između momenta savijanja za polje napona na pragu tečenja u preseku na mestu veze (M_e, Φ_e) i momenta savijanja za polje napona u plastičnoj oblasti (M_p, Φ_p);
 - za momente savijanja, u preseku na mestu veze, iznad momenta savijanja koji odgovara polju napona pri punoj plastifikaciji, rotaciona krutost veze se drastično smanjuje. Ovu oblast karakteriše postkritično ponašanje veze, odnosno ojačanje osnovnog materijala veze. Kada moment savijanja u preseku na mestu veze dostigne graničnu vrednost (M_u), rotaciona krutost veze je jednaka nuli, pa se dijagram nadalje može aproksimirati horizontalnom linijom.

Poznavanjem momenata savijanja M_e , M_p i M_u i njima odgovarajućih rotacija Φ_e , Φ_p i Φ_u moguće je odrediti i $M - \Phi$ karakteristiku veze. Iako je

ovakva idealizacija $M - \Phi$ karakteristike veze izuzetno korisna za teorijska razmatranja i analizu ponašanja veze, ona je ipak veoma složena za praktičnu upotrebu.



Slika 6 – Krive moment-rotacija za karakteristične tipove veza greda-stub prikazane na slici 4

Da bi se izvršila kvantitativna i kvalitativna analiza veza, krive moment-rotacija su modelirane u vidu matematičke funkcije. Matematička funkcija koja opisuje $M - \Phi$ karakteristike veze, treba da bude [6]:

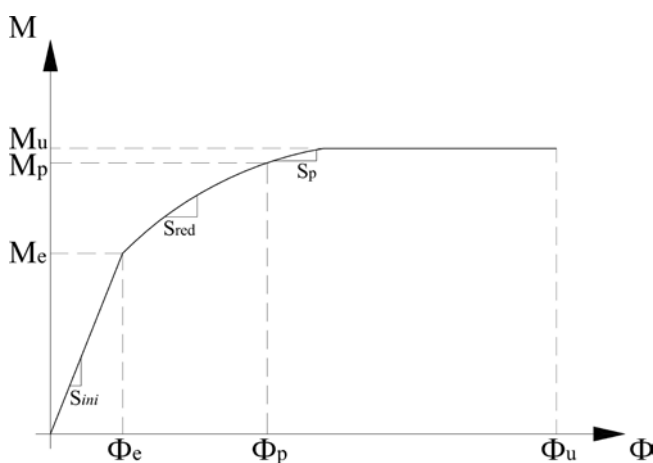
jednostavna, sa malo parametara koji se lako mogu odrediti,

da ima jasno fizičko značenje,

da je numerički stabilna,

da nema negativan prvi izvod i

da može da obuhvati što veći broj različitih tipova veza.

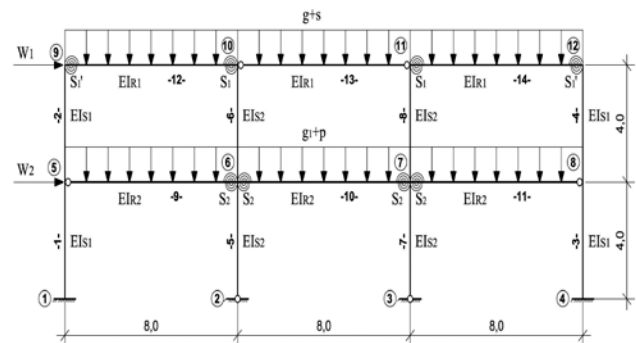


Slika 7 – $M - \Phi$ karakteristika veze

6 NUMERIČKI PRIMER

Radi ilustracije izložene teorije proračuna konstrukcija sa polukrutim vezama prikazane u ovom radu, obrađen je primer rama čiji je matematički model i opterećenje dat na Slici 8, gde je raster nosača u osnovi $\lambda = 6,00m$. Analiziraće se rotaciona krutost veza S1, S1' i S2, i to za [6]:

- rigle rama idealno zglobno vezane za stubove;
- rigle rama idealno kruto vezane za stubve i
- sa realno izvedenim vezama rigli za stubove rama.



Slika 8 – Konstrukcijski model i opterećenje
Primer sa realnim vezama (S1, S1' i S2)

Osnovni materijal: S235JRG2.

Rigle rama - štapovi 5-6, 6-7, 7-8, valjani profil IPE 500, štapovi 9-10, 10-11, 11-12: valjani profil IPE 300.

Stubovi rama - štapovi: 1-5, 5-9, 4-8, 8-12, valjani profil HEA 200, štapovi 2-6, 6-10, 3-7, 7-11: valjani profil HEA 220.

Pripadajuće opterećenje po jednom okvirnom nosaču:

1) stalno opterećenje

$$g' = 0,80 \times 6,0 = 4,8 \text{ kN / m}$$

$$g_1' = 3,50 \times 6,0 = 21,00 \text{ kN / m}$$

2) korisno opterećenje

$$p = 2,50 \times 6,0 = 15,00 \text{ kN / m}$$

3) opterećenje snegom

$$s' = 1,00 \times 6,0 = 6,00 \text{ kN / m}$$

4) opterećenje vetrom

$$W_1 = 0,60 \times 6,0 \times 2,0 = 7,2 \text{ kN}$$

$$W_2 = 0,60 \times 6,0 \times 4,0 = 14,4 \text{ kN}$$

5) ekvivalentne horizontalne sile od stalnog opterećenja (1)

$$\phi G' = 0,00265 \cdot 4,8 \cdot 24 = 0,31kN$$

$$\phi G_1' = 0,00265 \cdot 21 \cdot 24 = 1,34kN$$

6) ekvivalentne horizontalne sile od korisnog opterećenja (2)

$$\phi P = 0,00265 \cdot 15 \cdot 24 = 0,95kN$$

7) ekvivalentne horizontalne sile od snega (3)

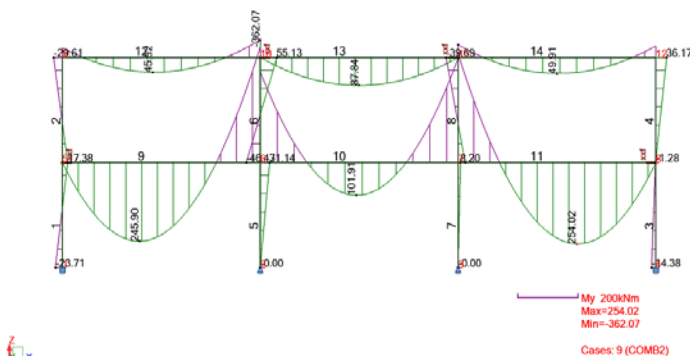
$$\phi S = 0,00265 \cdot 6 \cdot 24 = 0,38kN$$

Gde su kombinacije dejstva za granično stanje nosivosti- ULS, prikazane u tabeli 2:

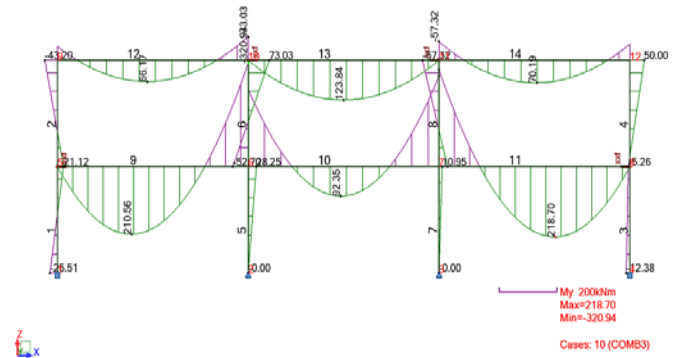
Tabela 2 – Kombinacije dejstva za granično stanje nosivosti

Br.	Kombinacija dejstva
(C1)	$1,35[(1)+(5)]$, $1,5 \cdot 0,7 \cdot [(2)+(6)]$, $1,5 \cdot 0,5 \cdot [(3)+(7)]$, $1,5 \cdot 0,6 \cdot (4)$,
(C2)	$1,35[(1)+(5)]$, $1,5 \cdot [(2)+(6)]$, $1,5 \cdot 0,5 \cdot [(3)+(7)]$, $1,5 \cdot 0,6 \cdot (4)$,
(C3)	$1,35[(1)+(5)]$, $1,5 \cdot [(3)+(7)]$, $1,5 \cdot 0,7 \cdot [(2)+(6)]$, $1,5 \cdot 0,6 \cdot (4)$,
(C4)	$1,35[(1)+(5)]$, $1,5 \cdot (4)$, $1,5 \cdot 0,7 \cdot [(2)+(6)]$ $1,5 \cdot 0,5 \cdot [(3)+(7)]$.

Dijagrami momenata savijanja za merodavne kombinacije opterećenja (C2) i (C3) su prikazani na slikama 9 i 10.

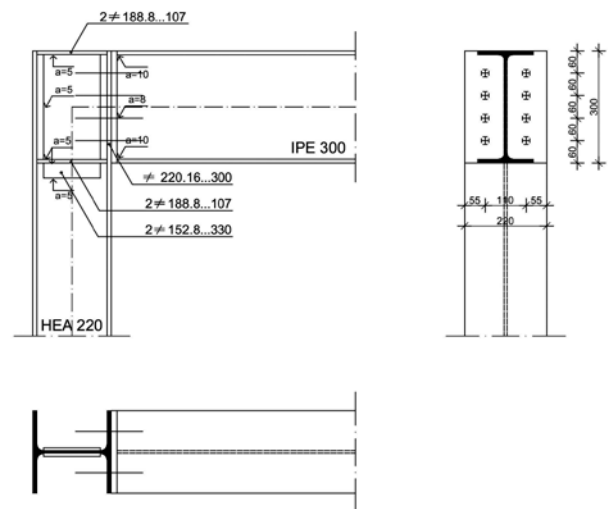


Slika 9 – Dijagrami momenata savijanja za kombinaciju dejstva (C2)

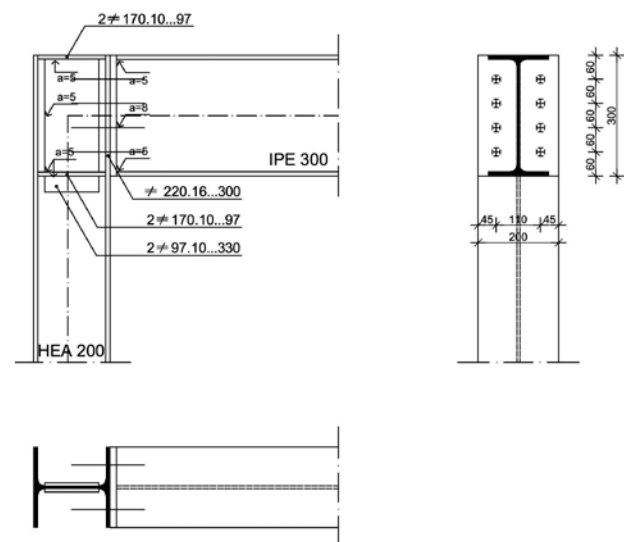


Slika 10 – Dijagrami momenata savijanja za kombinaciju dejstva (C3)

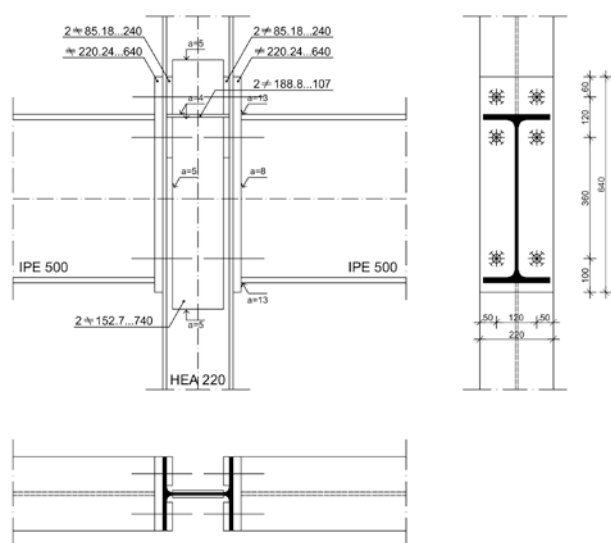
Na slikama 11, 12 i 13 prikazane su veze greda stub na osnovu kojih je izvršen proračun rotacione krutosti veza.



Slika 11 – Dispozicija jednostrane veze greda-stub S1



Slika 12 – Dispozicija jednostrane veze greda-stub S1'



Slika 13 – Dispozicija dvostrane veze greda-stub S2

Rotaciona krutost veza, početna rotaciona krutost veza S1, S1' i S2, kao i njihova klasifikacija prema krutosti i prema nosivosti je prikazana u tabeli 3.

Tabela 3 – Prikaz rotacionih krutosti veza S1, S1' i S2

Tip veze	Rotaciona krutost veze $S_{j,n}$ [kNm / rad]	Početna rotaciona krutost veze $S_{j,n,ini}$ [kNm / rad]	Klasifikacija prema krutosti $S_{j,ini} > S_{j,rig}$ [kNm / rad]	Klasifikacija prema nosivosti $M_{j,Rd} > 2M_{c,pl,Rd}$ $M_{j,Rd} > 0,25M_{c,pl,Rd}$ [kNm]
S1	9137,87	26043,96	veza se klasifikuje kao kruta	veza se klasifikuje kao delimično-nosiva.
S1'	13917,59	22611,11	veza se klasifikuje kao kruta	veza se klasifikuje kao delimično-nosiva.
S2	52192,11	131002,20	veza se klasifikuje kao kruta	veza se klasifikuje kao potpuno-nosiva.

7 ZAKLJUČAK

Na osnovu dobijenih rezultata može se zaključiti da na vrednost rotacione krutosti veza utiče kako vrednost momenta savijanja na mestu veze tako i geometrisjke karakteristike svih pojedinačnih komponenata u vezi. Najmanju rotacionu krutost

$S_{j,1} = 9137,87 \text{ kNm / rad}$ ima veza S1, a najveću veza S2 koja iznosi $S_{j,2} = 52192,11 \text{ kNm / rad}$.

U pogledu klasifikacije prema nosivosti veze S1 i S1' se klasifikuju kao delimično nosive $M_{j,Rd} > 0,25M_{c,pl,Rd}$, dok se veza S2 klasifikuje kao potpuno nosiva $M_{j,Rd} > 2M_{c,pl,Rd}$.

Sve konstruisane i dimenzionisane realne veze – S1, S1' i S2 klasifikovane su, shodno EN 1993-1-8 prema krutosti, kao krute veze, odnosno kao veze koje imaju dovoljnu rotacionu krutost tako da se može primeniti globalna analiza zasnovana na punom kontinuitetu.

LITERATURA

- [1] EN 1993-1-8:2005 EVROKOD 3: PRORAČUN ČELIČNIH KONSTRUKCIJA, DEO 1-8: PRORAČUN VEZA, Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu, 2006.
- [2] S. Živković, M. Mijalković: KLASIFIKACIJA M-Φ KARAKTERISTIKA POLUKRUTIH VEZA U OKVIRNIM ČELIČNIM KONSTRUKCIJAMA, Zbornik radova Građevinsko-arhitektonskog fakulteta br. 23, Univerzitet u Nišu, Građevinsko-arhitektonski fakultet u Nišu, Niš, 2008. god.: 65-75.
- [3] S. Živković, N. Stojković: "Uticaj debljine čelone ploče i prečnika zavrtnjeva na M-Φ karakteristike veza greda-stub", Zbornik radova Građevinsko-arhitektonskog fakulteta br. 24, Univerzitet u Nišu, Građevinsko-arhitektonski fakultet u Nišu, Niš, 2009. god.: 55-65.
- [4] S. Živković: "Analiza ponašanja realnih veza u okvirnim čeličnim konstrukcijama", Nauka+Praksa, Broj 12 (2), Niš, 2009.
- [5] Chen, W. F., Kishi, N.: Semi rigid steel beam-to-column connections, data base and modeling. J. Struct. Div. ASCE 115(1), 1989., 105-119.
- [6] Živković S.: Prilog proračunu čeličnih okvirnih konstrukcija sa deformabilnim vezama štapova, Magistarski rad, Građevinsko-arhitektonski fakultet Univerziteta u Nišu, 2009.
- [7] Zoetemeijer P.: Summary of the Research on Bolted Beam-to-Column Connections (period 1978-1983), Report No. 6-85-M, Steven Laboratory, Delft, 1983.

UDK 725.71(282.244.14)

„[PARIS] RIVER CHAMPAGNE BAR” NA OBALI SENE**Danica Stanković¹, Aleksandra Kostić², Ivana Stanković³**

Rezime: U radu je dat prikaz konkursnog rešenja „[PARIS] River Champagne Bar”-a na desnoj obali Sene, realizovanog u sklopu učešća na internacionalnom arhitektonsko – urbanističkom [AC-CA]TM konkursu u periodu između februara i jula 2014. godine.

Predloženi koncept rešenja bazira se na posebnom tretmanu pešačkog saobraćaja duž obale reke i na arhitekturi u čijem sastavu on postaje integralni deo. Osnovni arhitektonski motiv gradi sistem denivelacija u pravcu kretanja posetilaca i šetača, koje natkrivaju zatvorene korisne površine bara, a akcentat je na prostranim terasama i pogledu ka reci. Arhitektura objekta je dinamična, dominantno horizontalna struktura, ugrađena u bedem Sene i povezana sa gornjim uličnim šetalištem u zoni krovne površine.

Ključne reči: arhitektonski koncept, ugostiteljsko-zabavni sadržaji, arhitektura i voda, održivost

"[PARIS] RIVER CHAMPAGNE BAR" ON THE SENE

Abstract: Purpose of this paper is to give close overview of the preliminary design of Champagne Bar placed on right bank of river Seine, designed for international urbanarchitectonic [AC-CA]TM competition in period between February and July of year 2014.

Conceptual design is based on special treatment of boardwalks along river bank and architecture of the building itself is designed to be integrated part of it. Main architectonic feature is denivelation in path of pedestrians movement that's cover entire enclosed surface of bar, emphasis is on spacious terraces with a view on the river. Building architecture is dynamic, with predominantly horizontal structure embedded in bulwark of Seine river, and by roof surface it is connected with upper part of street walkways.

Key words: architectonic concept, hospitality and entertainment facilities, architecture and water, sustainability

¹ Docent, dipl. inž.arh., Građevinsko-arhitektonski fakultet Univerziteta u Nišu

² Doktorant, dipl. inž.arh., Građevinsko-arhitektonski fakultet Univerziteta u Nišu

³ Dipl. inž. arh.

1. UVOD

Internacionalni konkurs raspisan od strane [ACA]^{TM-4} februara 2014. godine, za temu je imao predlog rešenja „[PARIS] River Champagne Bar“-a na desnoj obali reke Sene, u neposrednoj blizini mosta „Pont des Arts“.

Prikaz predloženog konkursnog rešenja sadrži analizu uslova lokacije i postavljenih funkcionalnih zahteva, prikaz konceptualnih postavki predloženog rešenja, arhitekture i načina materijalizacije novoprojektovanog objekta.



Slika 1 – Predmetna lokacija na obali Sene i panorama Pariza

2. „[PARIS] RIVER CHAMPAGNE BAR“ NA OBALI SENE

Predlažući projektovanje ovog objekta u najužem centru Pariza na posebno atraktivnoj lokaciji, kao jednog specifičnog ugostiteljskog prostora zvučnog imena, kojim se asocira na bogatu tradiciju francuskih vina, raspisivač konkursa je želeo da podstakne zanimljivo istraživanje u kreiranju koncepta novog mesta okupljanja i zabave u gradu. U arhitektonskom smislu, konkursom je tražen predlog rešenja kojim bi se predstavila ideja projektanata o pozicioniranju novog objekta na šetalištu keja u podnožju bedema Sene i to u istorijskom jezgru neprocenjive kulturne vrednosti. Sa druge strane, prisustvom i blizinom vodene površine na lokaciji, kao faktora i pokretača kreativne energije, pred projektante se postavlja zadatak za koncipiranje predloga rešenja kojim se inicira aktivan odnosa i artikuliše stav prema jednom u arhitekturi značajnom motivu kao što je voda. Konkursom je takođe, od novog objekta očekivan savremeni projektantski prístup problemu, održivo

⁴Architectural Competition - Concours d'Architecture

rešenje u svim aspektima predloga kao i jedinstvo i saglasje funkcije, konstrukcije i detalja.

2.1. Uslovi lokacije

Predmetna lokacija je u blizini pešačkog mosta „Pont des Arts“ kojim se iz pravca „Institut de France“ na levoj obali Sene, prilazi glavnom platoou ispred ulaza u palatu čuvenog pariskog muzeja Luvr. Zbog jedinstvenih vizura koje se pružaju sa ovog mosta, on je predmet interesovanja velikog broja umetnika i turista, a lokacija konkursa jedna od najatraktivnijih u Parizu.



Slika 2 – Pogled na lokaciju sa mosta „Pont des Arts“

Konkursom predviđeni prostor za lociranje objekta „[PARIS] River Champagne Bar“-a nalazi se na delu površine keja na desnoj obali Sene. Smešten je u podnožju 4,5 m visokog bedema sa koga se iz pravca šetališta uz gornju saobraćanicu, silazi stepeništem i rampom.



Slika 3 – Postojeće stanje

Zadati prostor čine plato ispred tri visoka stabla, velikih krošnji i u ovoj zoni za 1,45m denivelisan kej, koji se spušta do iznad nivoa reke. Deo konkursnog 1

buhvata je i vodena površina u koju je moguće objekat sa terasom proširiti.



Slika 4 – Prikaz situacionog plana predmetnog konkursnog obuhvata

2.2. Funkcionalni zahtevi

Prema nameni, planirani objekat je ugostiteljskog tipa sa elementima kulturno-zabavnih sadržaja.

U novoprojektovanom objektu planirano je smestiti sledeće sadržaje: ulazno-prijemni prostor od 15m², šank, prostor za sedenje od 140m² sa 20 stolova za četiri osobe, izdvojena VIP-zona sa 40m² i max.20 mesta, podijum od 15m² za instrumentalno izvođenje, kuhinja sa ostavom od 15m², sanitarni blok od 50m², pomoćna tehnička prostorija od 15m², administrativne prostorije sa garderobom i ostavom od ukupno 40 m², i terasa nelimitiranih dimenzija. Ukupna planirana površina za organizaciju predviđenih sadržaja iznosi oko 350m².

Predviđa se da „[PARIS] River Champagne Bar” obezbedi smeštaj gostiju kako u zatvorenom prostoru tako i na svojim otvorenim površinama. U odnosu na planiranu poziciju objekta, na postojećem platou i jednom segmentu šetališta duž reke, kao centralni



Slika 5 – Predmetna lokacija i aktuelni način korišćenja prostora

problem postavlja se pitanje mere i načina angažovanja slobodnih površina, zatim sinhronizacija uslova zadržavanja u zatvorenom prostoru, kao i mogućnosti prolaza ili boravaka na terasama uz vodu.

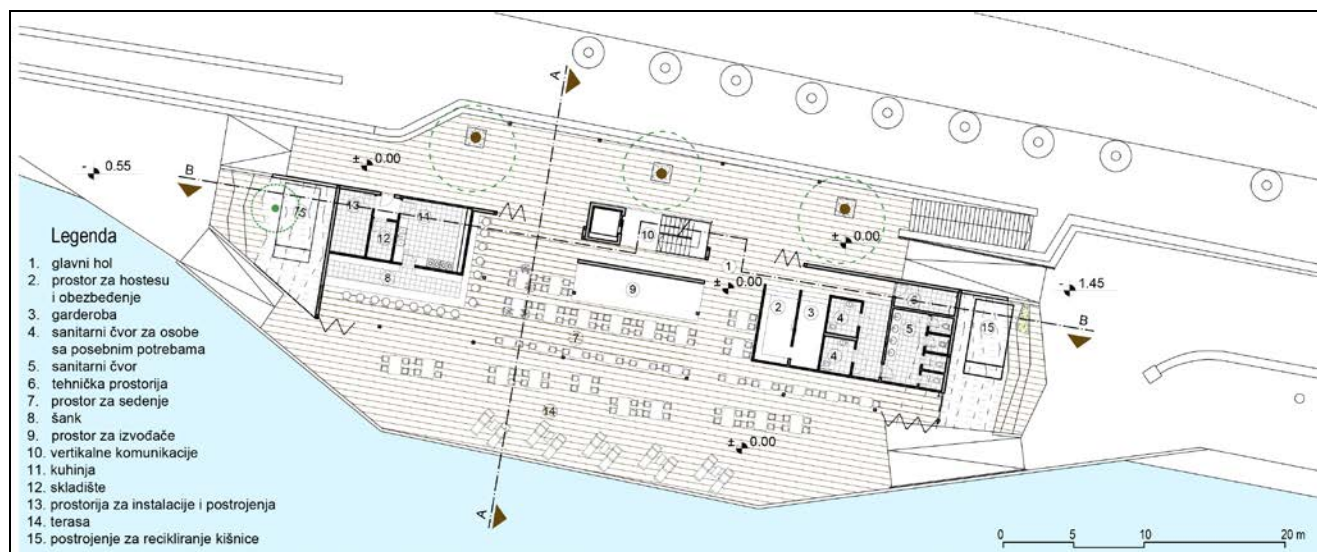
3. KONCEPT PREDLOŽENOG REŠENJA

Uzevši u obzir postojeće uslove lokacije i programske zahteve planiranog „[PARIS] River Champagne Bar” autori predloženog rešenja su pristupili selekciji prioriteta. Kao centralni problem prepoznato je pitanje usklađivanja pešačkih komunikacija na lokaciji i mogućnost da se one neometano odvijaju usled zaposedanja prostora površinama namenjenim sadržajima bara. Takođe, prioritetom projektanti smatraju bogato zastupljene površine pod terasama sa pogledom na reku i u parteru njihov najneposredniji kontakt sa vodom. Kao posebni kvalitet ističe se mogućnost pristupa novoprojektovanom objektu iz pravca redovnih gradskih pešačkih tokova iznad keja duž bedema.

Predloženo rešenje se razvija u dva osnovna nivoa, kao parterna etaža i prostor galerije.

U prizmlju koje je projektovano na koti postojećeg podignutog platoa, smešteni su ulazno-prijemni prostor, vertikalne komunikacije, šank, prostor za sedenje s podijumom za izvođače, zatim prateće pomoćne prostorije, sanitarni prostori za posetioce, u zoni šanka kuhinja i ostava, kao i tehničke prostorije. Sve prostorije su grupisane u jednostavni gabarit koji se linijski pruža po dužini, oslobađajući komunikacijsko-pristupni prostor u zaleđu sa postojećim drvećem na platou pod bedemom. Linijsko razvijanje gabarita natkrivenog prostora bara omogućilo je formiranje prostrane terase nepravilnog oblika koja većim delom natkriljuje površinu reke. Zona terase, unutrašnjost objekta i pristupno zaleđe, predstavljaju jedinstvenu prohodnu površinu u letnjim mesecima, kada je moguće razmaći i sklopiti staklene fasadne pregrade.

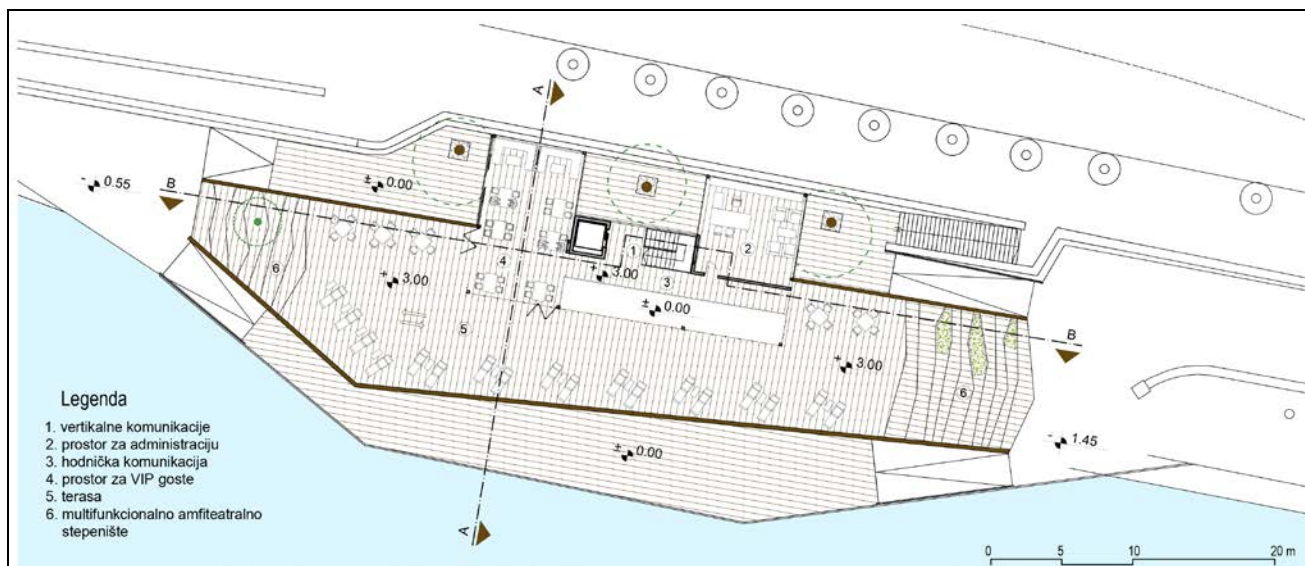
Predloženi koncept rešenja bazira se na posebnom tretmanu komunikacija duž obale i na arhitekturi u čijem sastavu ona postaje integralni deo. Osnovni arhitektonski motiv gradi sistem stepenišnih denivelacija u pravcu kretanja posetilaca i šetača, koje natkrivaju zatvorene korisne površine bara u krajnjim bočnim zonama linijski izduženog gabarita objekta gde su smeštene pomoćne prostorije.



Slika 6 – Prikaz osnove prizemlja „[PARIS] River Champagne Bar”-a

U zoni galerije nalazi se prostor za VIP posetioce, i u odnosu na verikalne komunikacije bočno dislocirane prostorije za administrativno osoblje. Ovi sadržaji u arhitektonskom smislu egzistiraju kao staklene niše između postojećih krošnji drveća.

Krovnna površina nad njima izvodi se kao zeleni krov na koji se pristupa iz pešačkih pravca uz saobraćanicu na gornjem nivou bedema i predstavlja posebno mesto za prilaz i razgledanje, sa vizurama ka reci, mostu “Pont des Arts” i gradskom pejzažu.



Slika 7 – Prikaz osnove galerije „[PARIS] River Champagne Bar”-a

3.1. Oblikovanje

Arhitektura novoprojektovanog objekta skladno korespondira sa postojećim zaleđem koje formira visoki kameni bedem reke Sene. Posebno osetljiva lokacija objekta u istorijskom jezgru grada, nalaže pažljivo postupanje u izboru arhitektonske forme i materijala koji se kao novi elementi uvode u ovu sredinu.

Pri oblikovanju objekta bara primenjen je projektantski postupak koji ne podrazumeva agresivnu intervenciju u prostoru, već realizuje ideju o objektu koji se prožima s parterom. Novoprojektovane stepenišne kaskade nadkrivajući zatvoreni prostor bara, vode posetioce iz oba smera keja ka krovnoj terasi i grade dominantno izduženu, poleglu strukturu. Linije penjanja naglašavaju pokrenutost forme objekta, koja je prisutna i u oblikovanju terasa.

Blizina reke, rustičnost partera i zaleđa, kao i predviđeni koncept baziran na principima održivosti, sugerišu primenu prirodnih materijala u izgradnji novoprojektovanog objekata.

Pune mase koje bočno zatvaraju konstrukciju objekta i stepeništa, planiraju se od prirodnog drveta, kao dominantnog materijala, dok su sve preostale vertikalne fasadne ravni objekta u vidu staklenih pregrada, transparentne i „dematerijalizovane”.

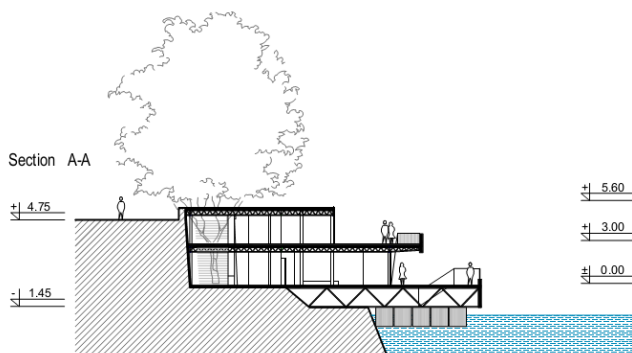
3.2. Konstrukcija

Konstruktivni sistem objekta je projektovan kao čelična konstrukcija sačinjena od stubova, primarnih greda i sekundarnih greda u vidu lakih čeličnih krovnih vezača koji imaju funkciju nosača slojeva plafonske konstrukcije. Prioriteti u selekciji materijala noseće konstrukcije bili su ekološkog, funkcionalnog i ekonomskog karaktera. Objekat je izdignut na kotu platoa sa visokim zelenilom kako bi se izvršio minimalni uticaj na postojeće fizičko okruženje, eliminisali radovi na iskopu i fundiranje objekta svelo na pontonsku konstrukciju. Time je ujedno postignuta i mogućnost lakog i brzog uklanjanja objekta i oporavak lokacije nakon njegove upotrebe.



Slika 9 – Predlog rešenja

Razmatrajući održiva svojstva i trajnost, reciklažni čelik je izabran kao jedan od “top ten” eko materijala današnjice. Statistički podaci ukazuju na to da u proseku 60 tona otpadnog čelika se reciklira svake godine. Opšte je poznato da reciklaža otpada od čelika ima značajan udeo u redukciji energije potrebne za proizvodnju čelika za 75%, i pritom štiteći prostor od neuglednih deponija. Svaki kilogram reciklirajućeg čelika, tokom procesa topljenja starog čelika i oblikovanja u novi produkt štedi 1700kwh električne energije (83% ušteda ukupne potrošnje energije u odnosu na tradicionalni način proizvodnje čelika).



Slika 8- Poprečni presek objekta

LITERATURA

- [1.] *Urban Regeneration: A Handbook*, Ed. by P. Roberts, and H. Sykes, SAGE publications Ltd, 2010.
 [2.] *GREEN ARCHITECTURE*, James Wines, Taschen, 2008.
 [3.] *Forma grada*, Ranko Radović, Građevinska knjiga, Beograd 2005.
 [4.] *Urban Regeneration in Europe*, C. Couch, C. Fraser, and S. Percy, Wiley, 2003.
 [5.] *Arhitektura danas*, Philip Jodidio, Taschen, 2003.

Jedna od prednosti odabranog rešenja konstrukcije sagledava se u mogućnosti ponovne upotrebe elemenata konstrukcije nakon demontaže objekta. Na osnovu svega izloženog zaključuje se da je predloženo rešenje konstrukcije objekta svakako ekološki i ekonomski opravdano, a istovremeno i funkcionalno optimizirano.

4. ZAKLJUČAK

U radu je predstavljen prikaz konkursnog arhitektonsko-urbanističkog rešenja za „[PARIS] River Champagne Bar” na desnoj obali Sene.

Prirodni ambijent i neposredni kontakt sa rekam u najužem centru Pariza, su preduslovi kojima se od projekatanta zahtevala suptilnost u pristupu pri kreiranju novog mesta okupljanja i zabave u gradu.

Osnovna ideja predloženog rešenja bazira se na konceptu preoblikovanja postojeće konfiguracije partera, ugradnjom objekat bara pod novoprojektovane stepenišne kaskade koje svojim nestandardnim oblikom i dimenzijama sem osnovne funkcije predstavljaju mesto susreta i druženja. Predloženo rešenje karakteriše dinamična forma naglašene horizontalnosti, prirodno drvo i staklo kao materijali.

- [6.] *Urban Transformation: Understanding City Form and Design*, P. Bosselmann, Island Press, 2008.
 [7.] *Umetničko oblikovanje gradova*, K. Zite, Građevinska knjiga, Beograd 2004.
 [8.] *URBACT Culture Network*, 2006. *Culture and Urban Regeneration: The role of cultural activities & creative industries in the regeneration of European cities*. Lille: URBACT. Roberts P., 2000.
 [9.] *The Evolution, Definition and Purpose of Urban Regeneration*, A Handbook, P. Roberts, H. Sykes (Ed.). Sage Publication, London



UDK 517.443:551.577(497.11 Niš)

PRIMENA FURIJEOVIH TRANSFORMACIJA ZA PREDSTAVLJANJE VREMENSKIH SERIJA PADAVINA NA TERITORIJI NIŠA

Mladen Milanović¹, Milan Gocić², Lazar Velimirović³, Slaviša Trajković⁴

Rezime: Padavine predstavljaju najvarijabilniji klimatski parametar u prostoru i vremenu. Svaka promena padavina direktno se odražava na stanje klime. Uspešno praćenje i analiziranje padavina predstavlja jedan od značajnijih koraka u sagledavanju promena klime. U radu su analizirane godišnje padavine na teritoriji grada Niša za period od 1946. do 2011. godine, uz pomoć Furijeovih transformacija i periodograma. Periodogram se koristi sa ciljem definisanja periodičnosti, odnosno određivanja intenziteta periodičnosti u definisanim frekvencijama. Periodogram za posmatrani period pokazuje da nema značajnih perioda padavina u Nišu.

Ključne reči: padavine, Furijeove transformacije, periodogram.

APPLICATION OF FOURIER'S TRANSFORMS FOR DISPLAYING OF PRECIPITATION TIME SERIES IN THE NIS TERRITORY

Abstract: Precipitation is one of the most variable climatic parameters in space and time. Any change in precipitation directly affects the state of the climate. Successful monitoring and analyzing of precipitation is one of the most important steps in understanding climate change. The paper analyzes the annual precipitation in the city of Nis for the period from 1946 to 2011 using the Fourier transforms and the periodogram. Periodogram is used to define periodicity, i.e. to determine the intensity of periodicity at defined frequencies. Periodogram for the reporting period shows no significant periods of precipitation in Nis.

Keywords: precipitation, Fourier transform, periodogram.

1 master inž. Mladen Milanović, mmsmladen@gmail.com, Građevinsko-arhitektonski fakultet Univerziteta u Nišu

2 dr Milan Gocić, mgocic@yahoo.com, Građevinsko-arhitektonski fakultet Univerziteta u Nišu

3 dr Lazar Velimirović, velimirovic.lazar@gmail.com, Matematički institut SANU, Kneza Mihaila 36, Beograd

4 dr Slaviša Trajković, slavisa@gaf.ni.ac.rs, Građevinsko-arhitektonski fakultet Univerziteta u Nišu

1. UVOD

Promene u padavinskom režimu neposredno utiču na klimu, a preko nje na poljoprivredu, vodni režim i živi svet. U cilju uspešnog predviđanja i suzbijanja posledica poplava i suša, neophodno je sprovesti detaljnu analizu padavina, kao klimatskog parametra koji neposredno utiče na njih. U svetu su se mnogi naučnici bavili proučavanjem padavina [1-4, 14-18].

Sezonske varijacije klimatskih i hidroloških parametara uspešno se mogu modelirati, a samim tim analizirati i pratiti uz pomoć periodičnih funkcija, koje se mogu aproksimirati Furijeovim transformacijama [12].

Laguardia (2011) [5] je posmatrao padavine na teritoriji Italije uz pomoć Furijeovih serija. Koristio je mesečne vrednosti padavina sa 2043 stanice kako bi u potpunosti obuhvatio teritoriju Italije, i pri tom je došao do zaključka da su Furijeove serije pogodne za umanjenje geostatističkih problema. Primenu Furijeovih transformacija na padavinama sproveli su i Asfhar i Fahmi (2012) [6] u Iranu, Bal i Bose (2010) [7] za period od 1901. do 2000. godine u Australiji, Kanadi, Etiopiji, Grenlandu, Velikoj Britanji, Indiji, Islandu, Japanu, Sjedinjenim Američkim Državama, Južnoj Africi i Rusiji.

U literaturi postoje brojni primeri analize padavina na teritoriji Srbije [8-10, 19-21], dok je primena matrica kovarijanse i korelacije na standardizvani indeks padavina za teritoriju Srbije sprovedena u [11].

U ovom radu analizirane su godišnje padavine za grad Niš u periodu od 1946. do 2011. godine. Analiza je sprovedena korišćenjem Furijeovih transformacija i periodograma, sa ciljem da se utvrdi periodičnost padavina.

2. MATERIJAL I METOD RADA

2.1. OBLAST PROUČAVANJA I PODACI

U radu su korišćeni podaci uzeti sa sinoptičke stanice u Nišu. Grad Niš se nalazi na reci Nišavi i to na 43° 19' severne geografske širine i 21° 54' istočne geografske dužine, na nadmorskoj visini od 201 m. Sa površinom od 597 km² predstavlja najveći grad jugoistočne Srbije. U Nišu preovladava umereno-kontinentalna klima, sa godišnjim padavinama od 589.6 mm. Prosečno u toku godine ima 123 kišovita dana.

Od podataka korišćene su godišnje padavine za grad Niš, koje su uzete iz meteoroloških godišnjaka koje izdaje Republički hidrometeorološki zavod Srbije (RHMZ).

2.2. METOD RADA

Kako bi se sprovedla analiza padavina preko Furijeovih transformacija i periodograma, neophodno je raspolagati adekvatnom vremenskom serijom podataka [13].

Kovarijanse predstavlja statistički izraz za korelaciju između dve promenljive pomnožen standardnom devijacijom za svaku od promenljivih i definiše se sledećom jednačinom [22]:

$$\sigma_{xy} = cov(x, y) = E[(x - \mu_x)(y - \mu_y)] \quad (1)$$

gde su μ_x i μ_y srednje vrednosti promenljivih x i y a $E[x]$ je matematičko očekivanje slučajne promenljive x .

Kako je u ovom radu posmatrana samo jedna promenljiva, koristi se poseban oblik kovarijanse koji se zove autokovarijanse definisana izrazom:

$$r_k = cov(x_i, x_{i+k}) = E[(x_i - \mu)(x_{i+k} - \mu)] \quad (2)$$

Elementi autokovarijanse se izračunavaju preko izraza:

$$r_0 = cov(x_i, x_{i+0}) = E[(x_i - \mu)^2] = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \mu)^2 \quad (3)$$

$$r_k = cov(x_i, x_{i+k}) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^{N-k} [x_i, x_{i+k} - \mu^2], k=0,1,\dots \quad (4)$$

gde je x_i slučajna promenljiva, μ srednja vrednost promenljive x , a N ukupan broj podataka.

Korelacija podrazumeva analizu povezanosti između vrednosti slučajnih promenljivih.

Koeficijent korelacije za dve slučajne promenljive x i y definiše se kao [22]:

$$\rho_{xy} = corr(x, y) = \frac{E[(x - \mu_x)(y - \mu_y)]}{\sqrt{E(x - \mu_x)^2} \sqrt{E(y - \mu_y)^2}} \quad (5)$$

Kovarijanse predstavlja dimenzionalnu količinu podataka i ima za cilj da se odredi autokorelacija. Autokorelaciju za kašnjenje k moguće je definisati preko izraza:

$$\rho_k = \rho(k) = \frac{E[(x_i - \mu)(x_{i+k} - \mu)]}{\sqrt{E[(x_i - \mu)^2]} \sqrt{E[(x_{i+k} - \mu)^2]}} = \frac{r_k}{r_0} \quad (6)$$

Autokorelaciona funkcija ima vrednost u opsegu od -1 do +1.

Furijeove transformacije imaju za cilj da aproksimiraju parametre periodičnih funkcija [23]. Furijeova serija se dobija kao:

$$x(t) = a_0 + \sum_{i=1}^m \left[a_i \cos\left(\frac{2\pi it}{N}\right) + b_i \sin\left(\frac{2\pi it}{N}\right) \right] \quad (7)$$

gde je i/N frekvencija, a a_0 , a_i i b_i su Furijeovi koeficijenti.

Furijeovi koeficijenti predstavljaju amplitude sinusnog i kosinusnog talasa i određuju se na osnovu sledećih jednačina:

$$a_0 = \frac{1}{N} \sum_{t=1}^N x_i \quad (8)$$

$$a_i = \frac{2}{N} \sum_{t=1}^N x(t) \cos\left(\frac{2\pi it}{N}\right) \quad (9)$$

$$b_i = \frac{2}{N} \sum_{t=1}^N x(t) \sin\left(\frac{2\pi it}{N}\right) \quad (10)$$

Proračun Furijeovih koeficijenata sproveden je uz pomoć programskog paketa MATLAB.

Periodogram predstavlja najjednostavniji način za procenu spektra snage. Da bi se primenio neophodno je najpre odrediti diskretnu Furijeovu transformaciju, a zatim kvadrirati amplitude dobijenih rezultata. Proračun periodograma se zasniva na sledećoj jednačini:

$$P(i/N) = \frac{N}{2} (a_i^2 + b_i^2), i = 1, 2, \dots, m; m = \frac{N-1}{2} \quad (11)$$

Ako je N paran broj onda za $N = 2m$ i $i = 1, 2, \dots, m-1$, koriste se jednačine (9-11), a za $i = m$ koristi se:

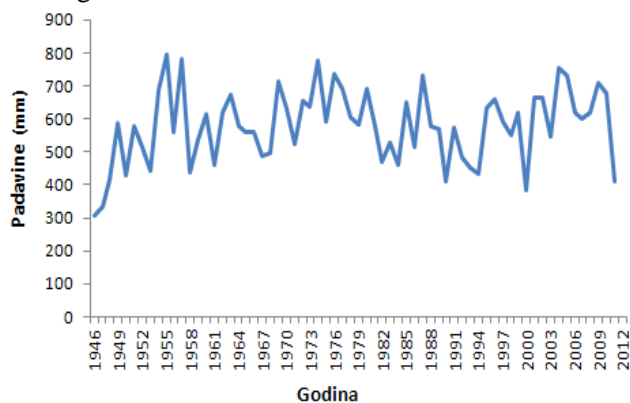
$$a_m = \frac{1}{N} \sum_{t=1}^N (-1)^t x_i(t) \quad (12)$$

$$b_m = 0 \quad (13)$$

$$P(m/N) = P(0,5) = Na_m^2 \quad (14)$$

3. REZULTATI I DISKUSIJA

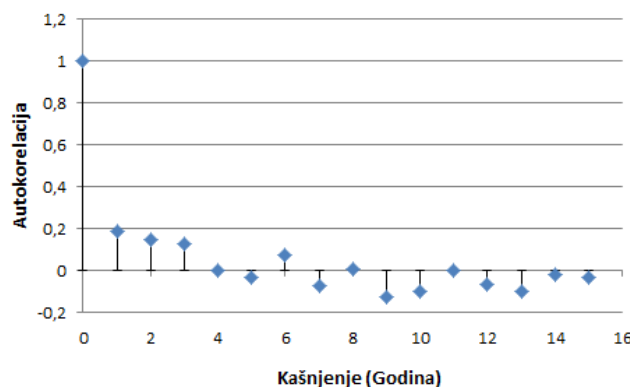
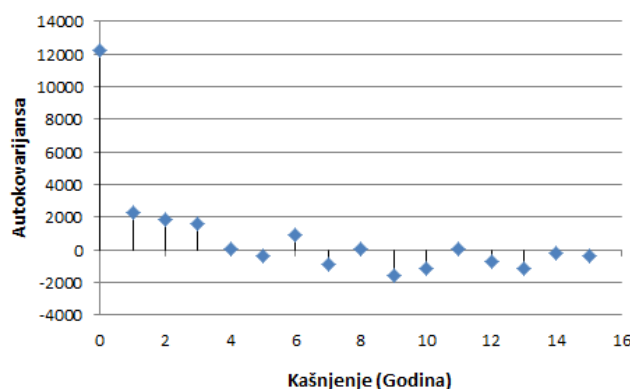
Na slici 1 prikazana je vremenska raspodela godišnjih padavina za grad Niš za period od 1946. do 2011. godine.



Slika 1 – Godišnje padavine za grad Niš

Najveće vrednosti godišnjih padavina zabeležene su 1955. i 1957. godine sa vrednostima od 794 mm i 783 mm, respektivno. Godina 1946., bila je godina sa najmanjim godišnjim padavinama u celom posmatranom periodu i to sa vrednošću od 306 mm. Prosečna vrednost godišnjih padavina za posmatrani period iznosila je 578 mm, a varijansa je bila 12374 mm², dok je prosek redukovanih serija 0.

Vrednosti autokovarijanse i autokorelacija za Niš prikazane su na slici 2. Opseg za koji je posmatrano kašnjenje iznosi 15 godina.

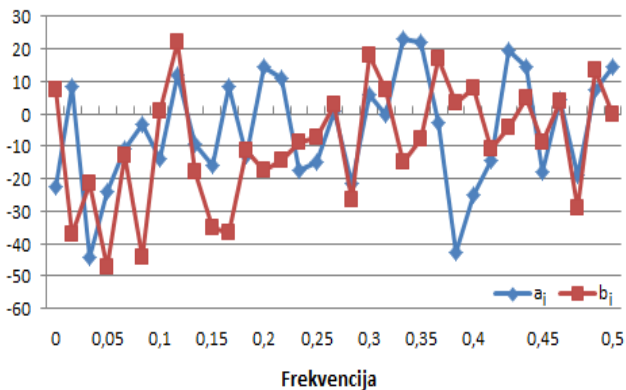


Slika 2 – Autokovarijanse i autokorelacija

Sa slike 2 se može uočiti da vrednosti koeficijenata autokovarijanse i autokorelacije imaju isti odnos veličina po godinama, ali različitim intenziteta.

Sem početne vrednosti koeficijenta autokorelacije, ostale vrednosti koeficijenata su grupisane oko 0 pa samim tim pokazuju nisku povezanost promenljivih.

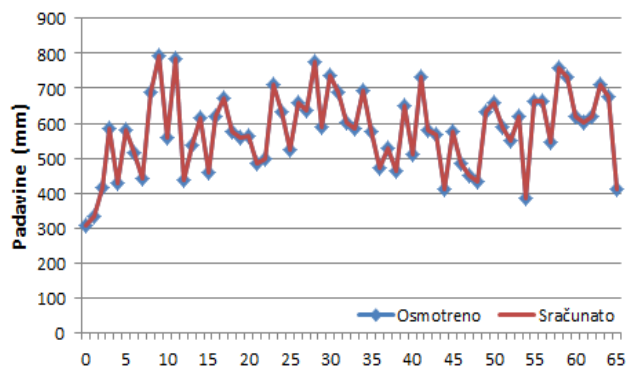
Na slici 3 prikazane su vrednosti Furijeovih koeficijenata u frekventnom domenu.



Slika 3 – Furijeovi koeficijenti

Vrednosti Furijeovih koeficijenata variraju u celokupnom frekventnom domenu, i gotovo se ne može izdvojiti frekvencija na kojoj oni imaju približne vrednosti.

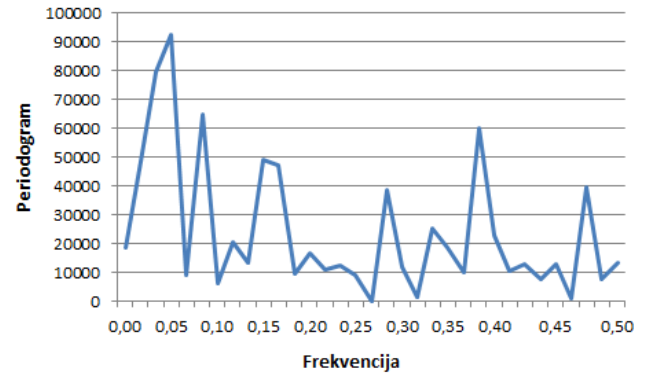
Osmotrene i izračunate vrednosti godišnjih padavina su prikazane na slici 4.



Slika 4 – Osmotrene i izračunate padavine za period od 1946. do 2011. godine

Uz pomoć Furijeovih transformacija izračunate su vrednosti godišnjih padavina, i njihovim poređenjem sa osmotrenim vrednostima padavina uočava se potpuno poklapanje vrednosti.

Periodogram godišnjih padavina za grad Niš za period od 1946. do 2011. godine prikazan je na slici 5. Sa slike se može uočiti da na definisanim kontinualnim vrednostima frekvencije ne postoje značajni periodi godišnjih padavina na teritoriji grada Niša. Takođe se uočava i da posmatrana serija ima veliku disperziju.



Slika 5 – Periodogram godišnjih padavina

4. ZAKLJUČAK

U radu su analizirane godišnje padavine za grad Niš od 1946. do 2011. godine, sa ciljem utvrđivanja periodičnosti. Periodičnost je posmatrana preko periodograma koji je određen na osnovu Furijeovih transformacija. Utvrđeno je da nema cikličnosti padavina na teritoriji grada Niša.

Sledeća istraživanja obuhvatiće ispitivanje periodičnosti padavina na području Srbije, a takođe i primenu spektralne analize na sve klimatske parametre na teritoriji Srbije u što dužim vremenskim nizovima.

ZAHVALNOST

Rezultati istraživanja prikazani u radu su finansirani u okviru projekta Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije br. 37003 “Razvoj hidro-informacionog sistema za praćenje i ranu najavu suša” kao i projekta Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije preko Matematičkog institut SANU br. 44006 “Razvoj novih informaciono-komunikacionih tehnologija, korišćenjem naprednih matematičkih metoda, sa primenama u medicini, energetici, telekomunikacijama, e-upravi i zaštiti nacionalne baštine”.

LITERATURA

- [1] *Evaluation of spatial and temporal characteristics of rainfall in Malawi: a case of data scarce region*, Ngongondo, C., Xu, C.Y., Gottschalk, L., Alemaw, B., *Theoretical and Applied Climatology* 106, 79-93, 2011.
- [2] *Spatial and temporal variability of precipitation and drought in Portugal*, Martins, D.S., Raziei, T., Paulo, A.A., Pereira, L.S., *Natural Hazards and Earth System Sciences* 12, 1493-1501, 2012.

- [3] *Temporal trends and spatial characteristics of drought and rainfall in arid and semiarid regions of Iran*, Tabari, H., Abghari, H., Hosseinzadeh Talaei, P., *Hydrological Processes* 26 (22), 3351-3361, 2012.
- [4] *Temporal variability of precipitation over Iran: 1966–2005*. Tabari, H., Hosseinzadeh Talaei, P., *Journal of Hydrology* 396 (3–4), 313–320, 2011.
- [5] *Representing the precipitation regime by means of Fourier series*, Laguardia, G., *International Journal of Climatology* 31, 1398-1407, 2011.
- [6] *Rainfall Forecasting Using Fourier Series*, Afshar, N.R., Fahmi, H., *Journal of Civil Engineering and Architecture* 6 (9), 1258-1262, 2012.
- [7] *A climatological study of the relation among solar activity, galactic cosmic ray and precipitation on various regions over the globe*, Bal, S., Bose, M., *Journal of Earth System Science* 119 (2), 201-209, 2010.
- [8] *Analysis of precipitation and drought data in Serbia over the period 1980-2010*, Gocic, M., Trajkovic, S., *Journal of Hydrology* 494, 32-42, 2013.
- [9] *Analysis of changes in meteorological variables using Mann-Kendall and Sen's slope estimator statistical tests in Serbia*, Gocic, M., Trajkovic, S., *Global and Planetary Change* 100, 172-182, 2013.
- [10] *Spatio-temporal patterns of precipitation in Serbia*, Gocic, M., Trajkovic, S., *Theoretical and Applied Climatology* 117 (3-4), 419-431, 2014.
- [11] *Primena matrice kovarijanse i korelacije na podacima dobijenim standardizovanim indeksom padavina*, Milanović, M., Gocić, M., Trajković, S., *Zbornik radova Građevinsko-arhitektonskog fakulteta*, Niš, 28, 103-112, 2013.
- [12] *Marginalne raspodele kumulativnih dnevnih padavina na prostoru Srbije*, Mihailović, V., Radić, Z.M., *Vodoprivreda* 42, 39-54, 2010.
- [13] *Entropy theory and its application in environmental and water engineering*, Singh, V.P., John Wiley and Sons, 2013.
- [14] *Evolution and frequency (1970–2007) of combined temperature–precipitation modes in the Spanish mountains and sensitivity of snow cover*, Morán-Tejeda, E., Herrera, S., López-Moreno, J. I., Revuelto, J., Lehmann, A., Beniston, M., *Regional Environmental Change* 13 (4), 873-885, 2012.
- [15] *Trends in joint quantiles of temperature and precipitation in Europe since 1901 and projected for 2100.*, Beniston, M., *Geophysical Research Letters* 36, 1-6, 2009.
- [16] *Daily precipitation intensity projected for the 21st Century: Seasonal changes over the Pyrenees*, López-Moreno, J. I., Beniston, M., *Theoretical and Applied Climatology* 95, 375-384, 2008.
- [17] *Precipitation dynamics in southern Spain: trends and cycles*. Ruiz Sinoga, J.D., Garcia Marin, R., Martinez Murillo, J.F., Gabarron Galeote, M.A., *International Journal of Climatology* 31(15), 2281-2289, 2011.
- [18] *Spatial and temporal variability of annual precipitation during 1961–2006 in Yellow River Basin, Chin.*, Liu, Q., Yang, Z., Cui, B., *Journal of Hydrology* 361 (3–4), 330–338, 2008.
- [19] *A statistical analysis of the daily precipitation over Serbia: trends and indices*, Unkasevic, M., Tomic, I., *Theoretical and Applied Climatology* 106 (1–2), 69–78, 2011.
- [20] *Analysis of precipitation series for Belgrade*, Tomic, I., Unkasevic, M., *Theoretical and Applied Climatology* 80 (1), 67–77, 2005.
- [21] *Mapping average annual precipitation in Serbia (1961–1990) by using regression kriging*. Bajat, B., Pejovic, M., Lukovic, J., Manojlovic, P., Ducic, V., Mustafic, S., *Theoretical and Applied Climatology* 112, 1–13, 2013.
- [22] *Methods of Multivariate Analysis, second edition*, Rencher, A., Brigham Young University, John Wiley & Sons Inc. Publication, 2002.
- [23] *Teorijske osnove i proširenje oblasti primene strukturne analize dnevnih hidroloških serija*, Radić, Z.M., Mihailović, V., *Vodoprivreda* 38 (219-221), 3-22, 2006.

UDK 624.042.8:614.21(497.7)

DINAMIČKA STABILNOST MOSTA "GOCE DELČEV" U SKOPLJU

Slavko Zdravković¹, Dragoslav Stojić²,
Dragan Zlatkov³, Stefan Conić⁴, Novica Tončev⁵

Rezime: U radu je za armirano-betonski prednapregnuti drumski most "Goce Delčev" preko reke Vardar u Skoplju prikazan proračun dinamičke stabilnosti. Most raspona 88,00m sa prepustima 2x29,20m, fundiran na bunarima (kesonima) pri čemu je visina od gornje ivice bunara do gornje ivice mosta 14,37m. Podužni nagib mosta je u blagom nagibu od 0,57%. Izvršeno je eksperimentalno ispitivanje mosta na prinudne vibracije, a zatim je formiran matematički model i izvršena dinamička analiza. Ovo je bilo neophodno, i iz razloga, što je gornji stroj mosta složenog poprečnog preseka pa se različito ponaša u podužnom i poprečnom pravcu a i različit je uticaj interakcije tlo-konstrukcija. Iz priloženog se može videti da se dobijeni odgovarajući uticaji međusobno zadovoljavajuće slažu.

Ključne reči: most, eksperiment, matematički model, dinamička analiza.

DYNAMIC STABILITY OF THE BRIDGE "GOCE DELČEV" IN SKOPJE

Abstract: This paper presents the dynamic analysis of prestressed reinforced concrete road bridge "Goce Delchev" over the river Vardar in Skopje from the aspect of dynamic stability. The bridge span is 88,00m with overhangs 2x29,20m, founded on wells (caissons) whereby the height of the upper edge of the well to the upper edge of the bridge is 14,37m. The longitudinal slope of the bridge is in the gentle slope of 0.57%. Experimental testing on the forced vibrations of the bridge was performed, and then a mathematical model was formed and dynamic analysis was made. This was necessary, because the superstructure of the bridge is complex cross-section and behaves differently in the longitudinal and transverse direction and the effect of different soil-structure interaction. From all of the above it can be seen that the obtained corresponding influences mutually greatly match.

Keywords: bridge, experiment, mathematical model, dynamic analysis.

¹ Prof.dr,Akademik Srpske Kraljevske asocijacije akademika,inovatora i naučnika-SKAIN, ekspert bivšeg Saveznog Ministarstva za nauku,tehnologiju i razvoj u oblasti: 1221 građevinsko inženjerstvo, aseizmičko građevinarstvo, stabilnost mostova,Građevinsko-arhitektonski fakultet u Nišu,ul. Aleksandra Medvedeva 14, Niš, Srbija

² Dr,redovni prof. Građevinsko-arhitektonski fakultet u Nišu,ul.Aleksandra Medvedeva 14, Niš, Srbija

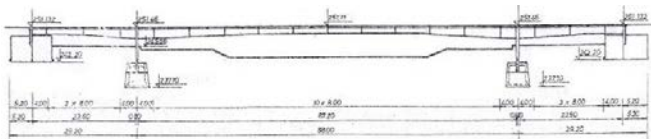
³ Mr, asistent, Građevinsko-arhitektonski fakultet u Nišu,ul.Aleksandra Medvedeva 14, Niš, Srbija

⁴ Master građ.inž.,student doktorskih akademskih studija, Stipendista Ministarstva, saradnik u nastavi, Građevinsko-arhitektonski fakultet u Nišu,ul.Aleksandra Medvedeva 14, Niš, Srbija

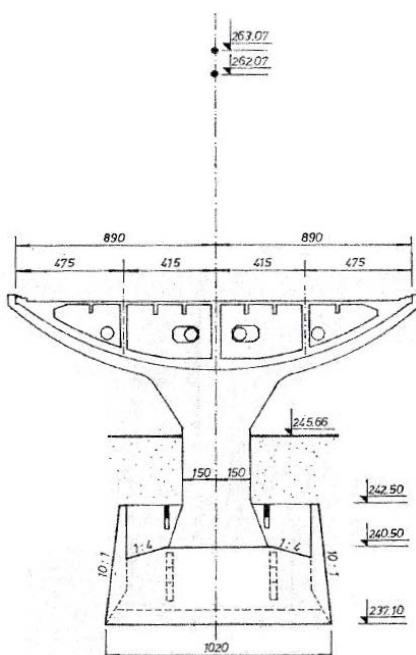
⁵ Dipl. građ.inž., student doktorskih akademskih studija, Građevinsko-arhitektonski fakultet u Nišu, ul. Aleksandra Medvedeva 14, Niš, Srbija

1 UVOD

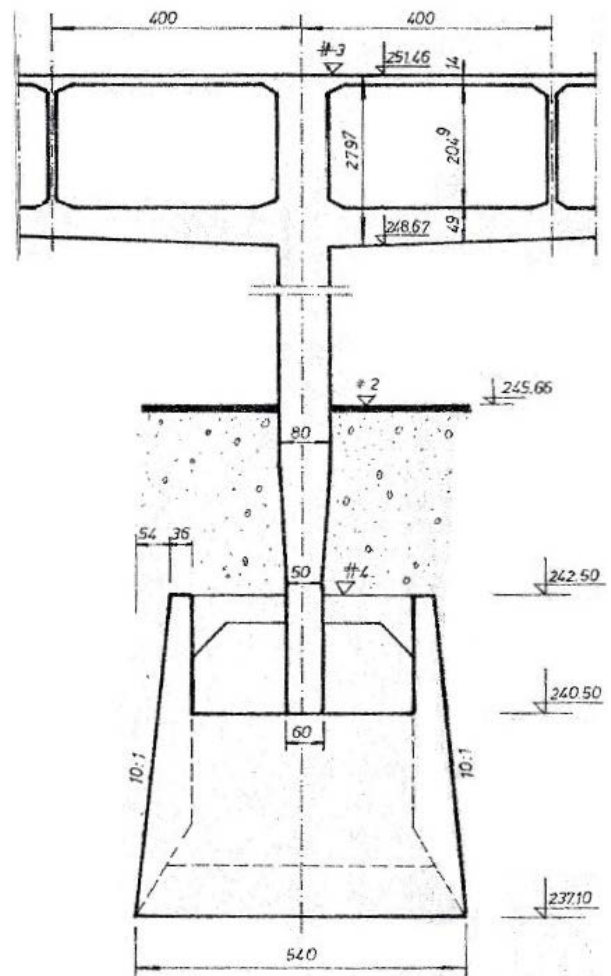
Armirano-betonski prednapregnuti most “Goce Delčev” u Skoplju je eksperimentalno i teorijski istraživana da bi se odredila njegova seizmička stabilnost. Formiran je matematički model mosta da bi se izvršila dinamička analiza istog, a dobijene vrednosti upoređene sa eksperimentalno dobijenim vrednostima. Most predstavlja jedan vid sistema rama sa tri otvora sa složenim presekom gornje konstrukcije mosta u obliku kružnog segmenta. Srednji stubovi su armirano-betonska platna monolitno povezana sa konstrukcijom gornjeg stroja, dok je njihovo oslanjanje u rečnom koritu na bunarima. Uslovi oslanjanja, promenljive visine poprečnog preseka, u diskretnoj šemi se uzimaju kao elastične veze definisane preko parametra krutosti K_x , K_y i K_α . Na slici 1 prikazane su geometrijske karakteristike mosta, a na slici 2 je prikazan detalj veze srednjeg stuba sa konstrukcijom gornjeg stroja, dok je na slici 3 prikazan detalj fundiranja srednjeg stuba sa mestima gde su postavljani merni instrumenti.



Slika 1 - Geometrijske karakteristike mosta “Goce Delčev” u Skoplju



Slika 2 - Detalj veze srednjeg stuba sa konstrukcijom gornjeg stroja

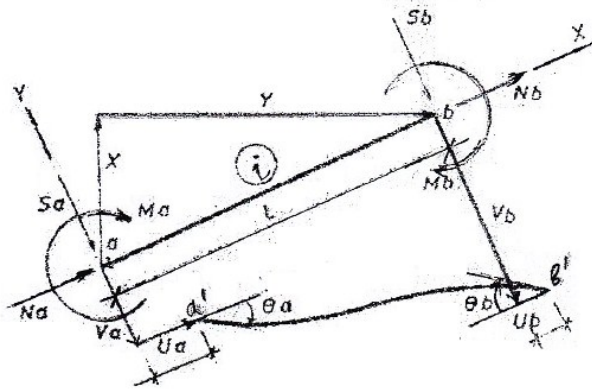


Slika 3 - Detalj fundiranja srednjeg stuba sa prikazanim mestima gde su postavljani merni instrumenti

2 OSNOVNE TEORIJSKE POSTAVKE OSCILACIJA RAMOVSKIH SISTEMA U RAVNI

Na slici 4 prikazan je jedan element sistema sa početkom u čvoru “a” i na kraju u čvoru “b”. Prikazane su i odgovarajuće deformacijske veličine i unutrašnje sile na krajevima elementa, a to su: normalna sila N_a , poprečna sila S_a i moment savijanja M_a u čvoru “a”, i odgovarajuće unutrašnje sile N_b , S_b , i M_b u čvoru “b”.

Primenjujući Castigliano-ovu teoremu za vezu između unutrašnjih sila i deformacija, preko izraza za deformacioni rad na elementu “i” (slika 4) dobija se:



Slika 4 - Veza između sila i deformacija na elementu "i"

$$\begin{bmatrix} X_{pr} \\ Y_{pr} \\ \theta_{pr} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \gamma & 0 & 0 \\ 0 & \gamma & 0 \\ 0 & 0 & \gamma \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_p \\ Y_p \\ Q_p \end{bmatrix} \quad (2)$$

Sa slike 4. se vidi da su V_a i u_a pomeranja u pravcima x, y i θ_a rotacija ugla, a X_p, Y_p i θ_p su članovi matrice deformacija u oslončkim čvorovima.

Uspostavljajući veze između deformacija čvornih tačaka u sistemu i spoljnih generalisanih sila dobija se sledeća matricna jednačina:

$$[A][K'][\bar{A}][\eta] = [Q_p] \quad (3)$$

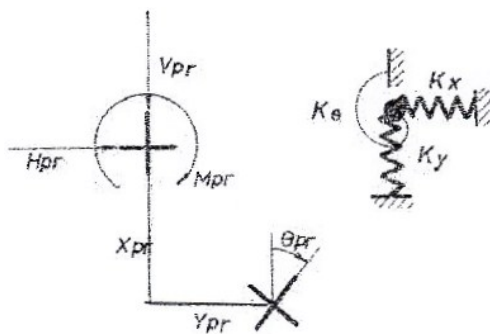
gde matrica $[K] = [A][K'][\bar{A}]$ predstavlja matricu krutosti sistema.

Sopstvene vektore i sopstvene vrednosti (tonove forme i oblike, x i ω) za homogeni neprigušeni sistem računavamo iz sledeće jednačine:

$$(\underline{K} - \omega^2 \underline{M}) \cdot \underline{X} = 0 \text{ ili } \underline{K} \cdot \underline{X} = \omega^2 \underline{M} \cdot \underline{X} \quad (4)$$

gde: \underline{K} - predstavlja matricu krutosti sistema $\underline{K} = \underline{A} \underline{K}' \bar{\underline{A}}$, dok matrica \underline{M} predstavlja dijagonalnu matricu masa.

Definisanje broja čvornih tačaka i broja elemenata diskretne šeme dinamičkog modela konstrukcije mosta za oscilacije u ravni na nosaču sa šematskim prikazom modela na oslončkim mestima data je na slici 6. Definisanje koordinata čvornih tačaka prikazano je u tabeli T1 (sl.7). Definisanje koordinata čvornih tačaka i intenziteta disketnih masa dato je u tabeli T2 (sl.8).



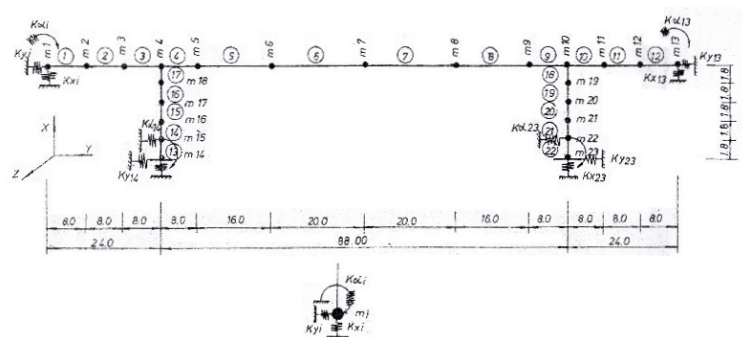
Slika 5 - Deformacije X_{pr}, Y_{pr} i θ_{pr} i karakteristične krutosti K_x, K_y i K_0

$$\begin{bmatrix} N'_a \\ S'_a \\ M'_a \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} N_a \\ S_a \\ M_a \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} N_{fa} \\ S_{fa} \\ M_{fa} \end{bmatrix};$$

$$\begin{bmatrix} N'_b \\ S'_b \\ M'_b \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} N_b \\ S_b \\ M_b \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} N_{fb} \\ S_{fb} \\ M_{fb} \end{bmatrix} \quad (1)$$

Uslov kompatibilnosti deformacija elemenata i deformacija u čvorovima može da se izrazi pomoću tri matricne jednačine:

- 1) u čvoru "a",
- 2) u čvoru "b" i
- 3) matrice deformacija u osloncima tj. na sledeći način (sl.5).



Slika 6 - Dinamički model konstrukcije mosta za oscilacije u ravni nosača sa šematskim prikazom modela oslončkih mesta.

3 UPOREĐENJE REZULTATA TEORIJSKE ANALIZE SA EKSPERIMENTALNIM REZULTATIMA OSCILACIJA ZA PODUŽNI I POPREČNI PRAVAC [2]

3.1. PODUŽNI I VERTIKALNI PRAVAC

Za usvojeni dinamički model prikazan na slici 6, izvršeno je više analiza pri čemu su varirane vrednosti parametara K_x , K_y i K_a za svako oslonačko mesto konstrukcije. Jedna od varijanti za koju su priloženi dobijeni rezultati sadrži sledeće granične uslove oslanjanja konstrukcije:

1) Za oslonac 1 i 13 $K_x = 100E$; $K_y = 0,001E$ i $K_a = 0$

2) Za oslonac 14 i 23 $K_x = 100E$; $K_y = 100E$ i $K_a = 0$

gde je $E = 3 \cdot 10^7 \text{ kN/m}^2$ modul elastičnosti betonske mase.

Karakteristike čvornih tačaka i intenziteta diskretnih masa, kao i geometrijskih karakteristika poprečnih preseka elemenata, tabele T1 i T2 (slika 7 i slika 8).

Tabela T1

Element	i	j	$J \text{ m}^4$	$F \text{ m}^2$
1	1	2	2.664	6.754
2	2	3	4.063	7.286
3	3	4	9.837	10.3665
4	4	5	9.48	10.555
5	5	6	4.88	7.422
6	6	7	3.775	7.014
7	7	8	3.775	7.04
8	8	9	4.88	7.422
9	9	10	9.48	10.555
10	10	11	9.837	10.3665
11	11	12	4.063	7.286
12	12	13	2.664	6.754
13	14	15	0.1542	2.6142
14	15	16	0.1542	2.6142
15	16	17	0.200	3.3985
16	17	18	0.3085	5.2284
17	18	4	0.437	7.4069
18	19	10	0.437	7.4069
19	20	19	0.3085	5.2284
20	21	20	0.200	3.3985
21	22	21	0.1542	2.6142
22	23	22	0.1542	2.6142

Slika 7 - Tabela geometrijskih karakteristika poprečnih preseka elemenata

Tabela T2

X_m	Y_m	m_x t/m s ²	m_y t/m s ²
9.0	0.0	6.75	6.75
9.0	8.0	14.0	14.0
9.0	16.0	17.42	17.42
9.0	24.0	20.72	20.72
9.0	32.0	25.45	25.45
9.0	48.0	32.25	32.25
9.0	68.0	34.7	34.7
9.0	88.0	32.25	32.25
9.0	104.0	25.45	25.45
9.0	112.0	20.72	20.72
9.0	120.0	17.42	17.42
9.0	128.0	14.0	14.0
9.0	136.0	6.75	6.75
0.0	24.0	0.63	0.63
1.8	24.0	1.26	1.26
3.6	24.0	1.45	1.45
5.4	24.0	2.13	2.13
7.2	24.0	3.10	3.10
7.2	112.0	3.10	3.10
5.4	112.0	2.13	2.13
3.6	112.0	1.45	1.45
1.8	112.0	1.26	1.26
0.0	112.0	0.63	0.63

Slika 8 - Tabela koordinata čvornih tačaka i intenziteta diskretnih masa

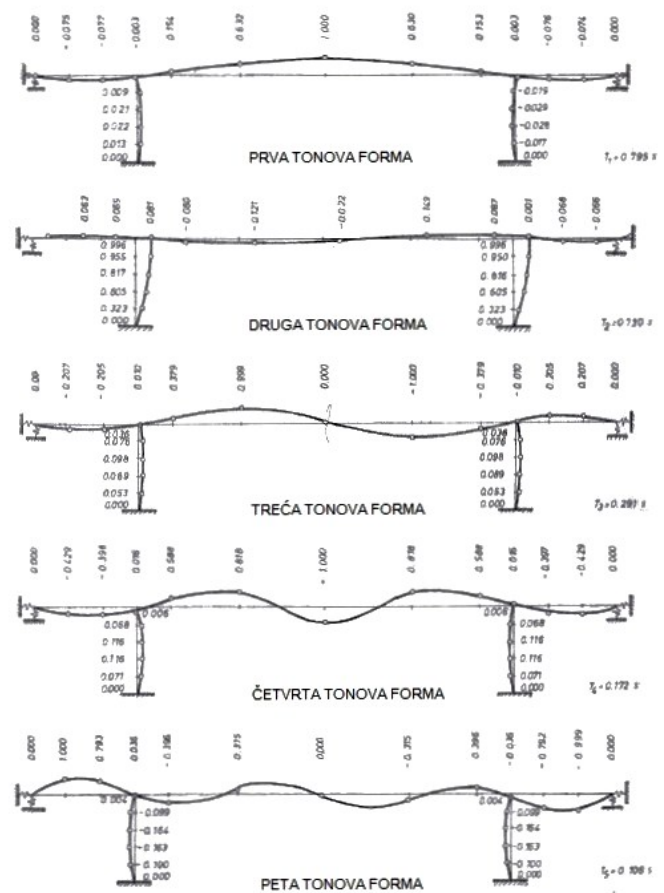
Krajnji oslonci 1 i 13 imaju određen stepen slobode kretanja u horizontalnom pravcu i to za 1m za 0,001E kN kada je E modul elastičnosti armirano betonske konstrukcije mosta. Dobijene periode sopstvenih oscilacija su sledeće:

$$T_1 = 0,795s, T_2 = 0,73s, T_3 = 0,291s,$$

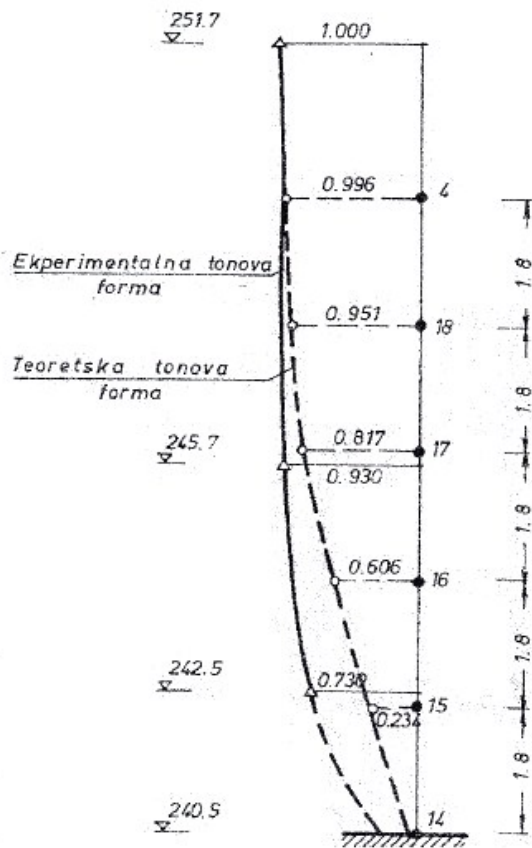
$$T_4 = 0,172s, T_5 = 0,106s$$

Karakteristično je da samo druga tonova forma sistema definiše podužne oscilacije mosta, dok kod ostalih tonovih formi dominantne su vertikalne oscilacije mosta. Upoređujući vrednosti izmerenih perioda sopstvenih oscilacija mosta u podužnom pravcu, sa periodom druge tonove forme sistema dobijene putem teorijske analize može da se

konstatuje da postoji puna identičnost budući da izmerena perioda za podužni pravac iznosi 0,73s. Međutim, upoređujući oblik tonove forme na stubovima za isti slučaj, može da se konstatuje izvesno odstupanje rezultata, posebno u čvorovima donjeg dela stuba, gde je značajno odstupanje. Na slici 10 dat je grafički prikaz eksperimentalno i teorijski dobijene tonove forme za srednje stubove iz koje se jasno vidi razlika, naročito u donjem delu stuba. Međutim, prikazani oblici tonove forme na slici 10 i pored razlike, imaju tendenciju zapažanja određene sličnosti oblika. Osnovni tonovi oscilacija sistema u ravni, pretežno definišu vertikalne oscilacije mosta koje ne mogu da budu upoređene budući da nisu dati pri eksperimentalnoj analizi. Prvih pet tonovih oscilovanja u ravni dati su na sl.9. Analizirajući vertikalne tonove forme može da se uoči značajno učešće prve vertikalne forme sopstvenih oscilacija u ukupnom dinamičkom ponašanju sistema, budući da sopstvena perioda oscilovanja iznosi $T_{IV} = 0,795s$.



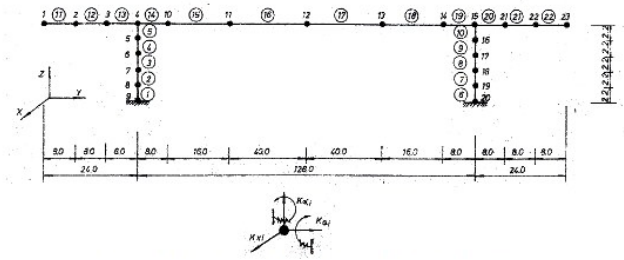
Slika 9 - Prvih pet tonovih formi oscilacija sistema u ravni [2]



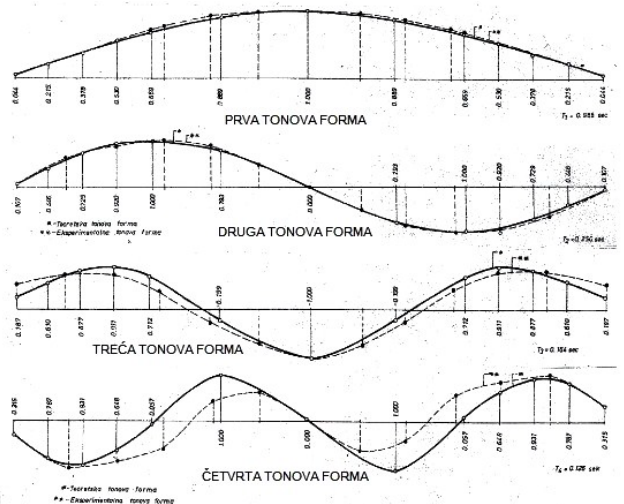
Slika 10 - Grafički prikaz eksperimentalno dobijene tonove forme i teorijski sračunate tonove forme na modelu za srednji stub mosta

3.2. POPREČNI PRAVAC

Za definisanje dinamičkih karakteristika mosta za poprečni pravac oscilovanja, kao osnovni dinamički model je usvojen diskretni sistem sa 23 mase koncentrisane u čvorovima kako je prikazano na sl.9. Granični uslovi oslanjanja modela na ležištima mosta definisani su preko karakteristika krutosti K_x, K_Q i K_α za tri stepena slobode kretanja za svaki čvor (sl.9). Definisanje matrice krutosti sistema zasnovano je na osnovnim principima metode deformacije. Osnovni podaci pri dinamičkoj analizi prikazani su u tabelama T3 i T4 (sl.10 i sl.11). U tabeli T3 su podaci za vrednosti poprečnog preseka, moment inercije oko ose savijanja i torzioni moment za svaki element posebno.



Slika 11 - Dinamički model konstrukcije mosta za poprečni pravac



Slika 12 - Prve četiri tonove forme za poprečni pravac grednih elemenata

Potrebne karakteristike sistema za poprečni pravac prikazane su u tabelama T3 i T4.

Tabela T3

Elem.	$J_T \text{ m}^4$	$F \text{ m}^2$	$J_y \text{ m}^4$	Y_c
1	8.00	1.825	2.00	1.85
2	5.84	1.950	1.46	1.50
3	7.22	2.40	1.80	1.50
4	17.04	3.20	4.26	2.40
5	91.20	3.20	4.26	3.50
6	8.00	1.825	2.00	1.85
7	5.84	1.95	1.46	1.50
8	7.22	2.40	1.80	1.50
9	17.04	3.20	4.26	2.40
10	91.20	3.20	4.26	3.50
11	113.1	5.50	111.1	0.533
12	124.38	6.03	121.3	0.717
13	139.64	6.503	135.0	0.834
14	145.0	6.611	140.0	0.845
15	135.70	6.264	132.0	0.745
16	122.5	5.939	120.0	0.610
17	122.5	5.939	120.0	0.610
18	135.7	6.264	132.0	0.745
19	145.0	6.611	140.0	0.845
20	139.64	6.503	135.0	0.834
21	124.38	6.034	121.3	0.717
22	113.1	5.501	111.1	0.533

Slika 10 - Tabela ulaznih podataka analize konstrukcije za poprečni pravac oscilacija

Tabela T4

	Z_m	Y_m	$\frac{m}{t/ms^2}$	L_m	$\frac{m}{tm \text{ sek}^2}$
1	0.0	9.0	5.5	4.00	111.0
2	8.0	9.0	12.10	8.00	240.0
3	16.0	9.0	12.50	8.0	280.0
4	24.0	9.0	13.30	8.0	304.0
5	24.0	7.2	1.98	1.80	6.18
6	24.0	5.4	1.26	1.80	1.37
7	24.0	3.6	0.99	1.80	1.27
8	24.0	1.8	0.85	1.80	0.80
9	24.0	0.0	0.41	0.90	0.80
10	32.0	9.0	19.75	12.0	400.0
11	48.0	9.0	27.20	28.0	921.0
12	68.0	9.0	29.42	40.0	1195.0
13	88.0	9.0	27.20	28.0	921.0
14	104.0	9.0	19.75	12.0	400.0
15	112.0	9.0	13.30	8.00	304.0
16	112.0	7.2	1.98	1.8	6.18
17	112.0	5.4	1.26	1.8	1.37
18	112.0	3.6	0.99	1.8	1.27
19	112.0	1.8	0.85	1.8	0.80
20	112.0	0.0	0.41	0.9	0.80
21	120.0	9.0	12.50	8.0	280.0
22	128.0	9.0	12.10	8.0	240.0
23	136.0	9.0	5.50	1.0	111.0

Slika 11 - Tabela ulaznih podataka analize konstrukcije za poprečni pravac oscilacija

U tabeli T2 dati su podaci koordinata svake čvorne tačke diskretnog modela u odnosu na globalni koordinatni sistem kao i vrednosti koncentrisanih masa u čvornim tačkama. Modul elastičnosti pri analizi je $E = 3 \cdot 10^7 \text{ kN/m}^2$, a modul smicanja $G = 0,38E$. Karakteristične vrednosti krutosti za oslonacka mesta su:

$$\text{Za oslonac 1 i 13} \quad K_x = 0,5E; \quad K_Q = 0,1E \quad \text{i} \\ K_\alpha = 0,5E$$

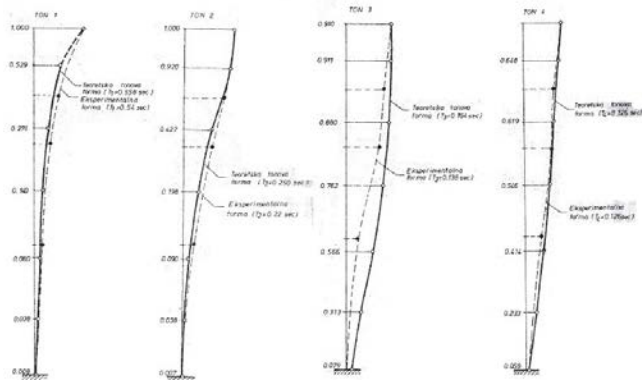
Za oslonac 9 i 20 $K_x = 0,5E$; $K_Q = 0,5E$ i $K_\alpha = 1,0E$

gde je E modul elastičnosti konstrukcije mosta.

Proračunate deformacije smicanja u platnu srednjeg stuba su za usvojenu efektivnu površinu smicanja u iznosu od 60% od stvarne površine poprečnog preseka. Rezultati teorijske analize modela su sledeće:

a) Perioda prvog osnovnog tona sopstvenih oscilacija sistema je $T_1 = 0,558s$. Upoređujući je sa rezultatima može se konstatovati zadovoljavajuće slaganje perioda, budući da eksperimentalno dobijena vrednost iznosi $T_{1e} = 0,54s$. Sračunata perioda drugog tona iznosi $T_2 = 0,25s$ a eksperimentalna $T_{2e} = 0,22s$. Perioda trećeg tona sopstvenih oscilacija sistema dobijena teorijskom analizom iznosi $T_3 = 0,164s$ dok je eksperimentalna vrednost $T_{3e} = 0,135s$. Za četvrti ton sračunata vrednost je $T_4 = 0,126s$ a i eksperimentalna, tj. $T_{4e} = 0,126s$. [2]

b) Upoređujući oblike za prve dve tonove forme z gredne elemente i srednje stubove koji su prikazani na slici 13, može da se konstatuje skoro potpuna usaglašenost tonovih formi grednih elemenata i neznatno odstupanje oblika u stubovima.



Slika 13 - Prve četiri tonove forme stubova

Na slici 13 prikazane su tonove forme za poprečni pravac grednih elemenata, za prvi, drugi, treći i četvrti ton sopstvenih oscilacija grednih elemenata (sl.12) i stubova i može se uočiti sličnost u oblicima formi (sl.13). Ali se može i zapaziti manja sličnost četvrte tonove forme grednih elemenata i treća tonova forma stubova.

4 ZAKLJUČAK

Analiza konstrukcije mosta za oscilacije sistema u podužnom pravcu pokazala je da se i sa relativno prostim dinamičkim modelom mogu dobiti zadovoljavajući rezultati. Međutim, treba da se tretira i ramovski sistem u cilju dobijanja i vertikalnih formi i perioda koje mogu da imaju značajan uticaj na dinamičko ponašanje konstrukcije. Budući da je krutost srednjih stubova (platna) znatno manja u podužnom pravcu mosta, uticaji sredine tla, tj. fundamenta u odnosu na dinamičko ponašanje konstrukcije za podužni pravac nije toliko značajan kao u slučaju poprečnih oscilacija. Pri analizi konstrukcije za poprečni pravac oscilacija s obzirom na relativno veliku krutost gornjeg stroja i stubova (platna) treba da se uvede efekat smicanja kod srednjih stubova kao i efekat torzionih deformacija kod grede. Karakteristične vrednosti K_x i K_Q u pravcu translatorskog pomeranja i rotacije fundamenta trebaju biti uključene pri analizi. Pri uslovima potpunog uklještenja nad srednjim osloncima dobijeni su periodi za prvi osnovni ton između 0,11s i 0,14s što je daleko od vrednosti izmerene periode prvog tona $T_{1e} = 0,54s$. Ali kako uslovi fundiranja mogu imati i značajan uticaj na celokupno dinamičko ponašanje konstrukcije, K_x i K_Q u pravcu translatorskog pomeranja i rotacija fundamenta treba da bude uključena pri analizi. Na osnovu svega rečenog, za podužni pravac treba primeniti teoriju grednih nosača, a za poprečni pravac treba uključiti ne samo efekte savijanja već i efekte smicanja i torzionog obrtanja čvorova.

Acknowledgement:

This research is supported by the Ministry of Education, Science and technological development of the Republic of Serbia, for project cycle 2011-2014, within the framework of the project TR36016 "Experimental and theoretical investigation of frames and plates with semi-rigid connections, from the view of the second order theory and stability analysis" of the research organization The Faculty of Civil Engineering and Architecture of University of Niš.

5 LITERATURA

- [1] Arya, A. S.: Earthquake resistant design of bridges, IZIIS, Skoplje (1980.)
- [2] Petrovski, J., Bičkovski, V.: Seizmička stabilnost na armirano-betonski prednapregnat most "Goce Delčev"-Skoplje, IZIIS, publikacija No 40. Skoplje, (1974.)
- [3] Zdravković, S.: Matematičko modeliranje konstrukcija drumskih mostova na dinamičko i seizmičko dejstvo, IZIIS, Skoplje, (1981.)
- [4] Gligorijević, M.; Zdravković, S.; Spasojević-Šurdilović, M.: Designing of support zones of concrete bridges to withstand action of static and dynamic load; The Scientific Journal FACTA UNIVERSITATIS, series: Architecture and Civil Engineering, vol.8, No2, 2010. Niš, pp.235-246.
- [5] Ristić, D.; Brujić, Z.; Folić, R.; Ristić, J.; Bošković, M.; Zlatkov, D.; Vučinić, M.; Zdravković, S.; Zemunović, D.; Lako, A.; (Skoplje - Makedonija, Novi Sad, Niš - Srbija, Podgorica - Crna Gora, Tuzla - BiH, Tirana - Albanija) RESIN: NEW RESEARCH NETWORK OF SOUTH EAST EUROPE FOR SEISMIC PROTECTION OF STRUCTURES BY INNOVATIVE TECHNOLOGIES-PART 1. SGKS, Zemljotresno inženjerstvo i inženjerska seizmologija-Zbornik radova, Borsko jezero, 2014.ISBN 976-86-88897-05-1; pp.161-176.

UDK 72.011.1:004.946

PRIMENA PROŠIRENE STVARNOSTI U PREZENTACIJI ARHITEKTONSKIH PROJEKATA

Petar Pejić¹, Sonja Krasić², Predrag Lukić³

Rezime: Proširena stvarnost predstavlja savremenu tehnologiju koja sve više nalazi primenu u različitim oblastima. Kako ona omogućava mešanje prikaza stvarnog i virtuelnog sveta, veoma je pogodna za prezentovanje različitih arhitektonskih vizuelizacija. U ovom radu je prikazana mogućnost primene proširene stvarnosti u cilju istovremene prezentacije 2D tehničkih crteža i 3D modela istog projekta. Za tu potrebu je kreiran trodimenzionalni model dvosobnog stana i prikazan korišćenjem markera (odštampane osnove sprata na kome se nalazi) i tableta opremljenog odgovarajućom aplikacijom.

Ključne reči: prezentacija projekta, proširena stvarnost, 3D model, arhitektura

APPLICATION OF AUGMENTED REALITY IN PRESENTATION OF ARCHITECTURAL PROJECTS

Abstract: The augmented reality represents a contemporary technology which has been finding increasing application in various fields of life. As it allows mixing of presentation of actual and virtual worlds, it is very suitable for presenting of different architectonic visualization. This paper presents the possibility of augmented reality application in simultaneous presentation of 2D technical drawings and 3D models of the same project. *For this purpose three-dimensional model of a two bedroom apartment has created and displayed using markers (printed floor plan) and tablets equipped with a suitable application.*

Keywords: project presentation, augmented reality, 3D model, architecture

¹ Petar Pejić, petarpejic@i.ua, Građevinsko-arhitektonski fakultet Univerziteta u Nišu

² dr. Sonja Krasić, krasic.sonja@gmail.com, Građevinsko-arhitektonski fakultet Univerziteta u Nišu

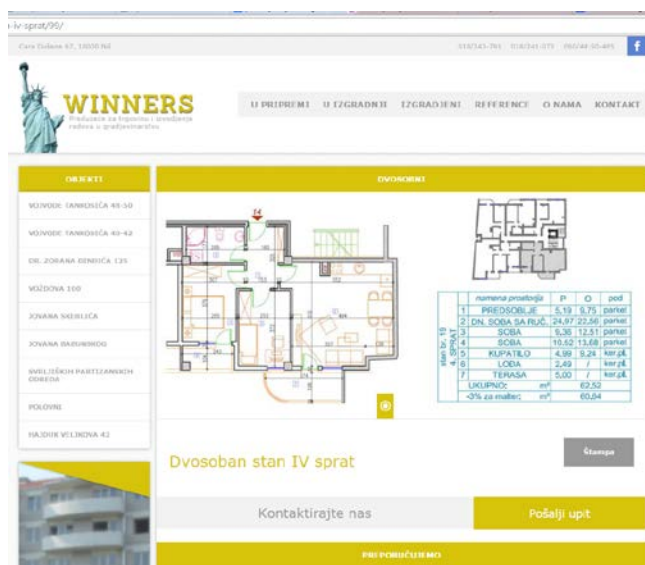
³ Predrag Lukić, pedjoni87@hotmail.com, Građevinsko-arhitektonski fakultet Univerziteta u Nišu

1 UVOD

Prezentacija arhitektonskih projekata podrazumeva izradu dvodimenzionalnih tehničkih crteža (osnova, presek, detalj) i trodimenzionalnih vizuelizacija (slika, video). Tradicionalni način podrazumeva prezentaciju svakog od priloga na papiru. Savremeni načini prezentacije podrazumevaju korišćenje računara i digitalnih resursa (video, animacija, proširena stvarnost). Savremeni načini prezentacije korišćenjem digitalne tehnologije omogućavaju bolju prezentaciju arhitektonskih projekata, osobama van arhitektonske i građevinske struke.

Cilj investitora je da potencijalnim kupcima prilikom prodaje na što bolji način prikaže izgled stanova. Ukoliko je objekat u procesu izgradnje, nije moguće fizički videti njegov izgled. Iz tog razloga se klijentima prezentuju, osnove stanova, trodimenzionalni modeli, makete. Kao jedan od mogućih načina prezentacije projekata potencijalnim kupcima, nameće se i metoda prezentacije 3D modela metodom proširene stvarnosti. Pomoću ove metode je moguće kombinovati prezentaciju crteža osnova i digitalnih 3D modela objekta.

U ovom radu prezentovana je mogućnost upotrebe proširene stvarnosti za prostornu organizaciju stana u višeporodičnoj stambenoj zgradi. Celokupan postupak je prikazan na projektu objekta u izgradnji u ulici Vojvode Tankosića 40-42 u Nišu. Trenutna prezentacija stana broj 19 na četvrtom spratu (Slika 1) dostupna je na web strani investitora (<http://winnersnis.rs/>).



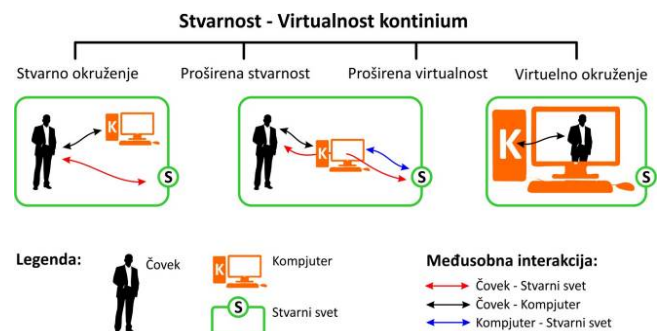
Slika 1 – Prezentacija stana na sajtu investitora

2 PROŠIRENA STVARNOST

Proširena stvarnost je tehnologija pomoću koje se korisnička percepcija stvarnog sveta dopunjuje virtuelnim objektima [1]. Njenim korišćenjem se stvarno okruženje dopunjuje kompjuterski generisanim slikama, 3D modelima, tekstom ili zvukom. Proširena stvarnost ne menja stvarnost poput virtuelne stvarnosti već je obogaćuje digitalnim podacima, čineći da virtuelni i stvarni objekti koegzistiraju unutar istog prostora [2].

U proširenoj stvarnosti, računar je transparentan i služi za korisnikovu percepciju sveta putem računara. To znači da računar može mešati utiske o stvarnom svetu sa kompjuterski generisanim informacijama. Na ovaj način se postojeća stvarnost dopunjuje i proširuje novim informacijama. Kako je svet trodimenzionalan i interaktivan, to zahteva da sistem proširene stvarnosti mora imati sledeće karakteristike:

- kombinuje stvarno i virtuelno,
- interakcija u realnom vremenu,
- trodimenzionalno funkcionisanje.



Slika 1 - Kontinuum stvarnost-virtualnost i odgovarajuće interakcije

Kontinuum Stvarnost-Virtualnost (slika 1) se kreće od stvarnog odnosno fizičkog okruženja pa sve do virtuelnog okruženja. Između ovih ekstrema, postoji mešavina stvarnog i virtuelnog, takozvana pomešana stvarnost [3].

Generalno sistem proširene stvarnosti mora biti opremljen: ekranom, uređajem za praćenje, grafičkim uređajem i odgovarajućim softverom [2]. Head-Mounted Displays predstavlja jedan od nekada najpopularnijih pristupa razvoju mobilne proširene stvarnosti. Njegov najveći problem predstavlja težina sistema, dimenzije korišćenog hardvera i socijalno neprihvatanje izgleda korisnika [4].

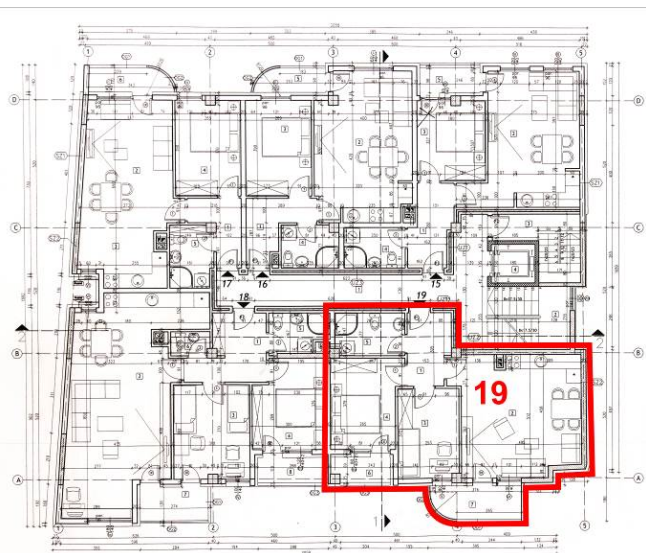
Razvoj tehnologije omogućio je ogromno smanjenje veličine neophodnih komponenti jednog

sistema proširene stvarnosti [3]. Savremeni prenosni uređaji, poput pametnih telefona i tableta imaju sve neophodne senzore, što ih čini veoma povoljnim za razvoj sistema proširene stvarnosti. Međutim trenutni svetski trendovi razvoja mobilnih tehnologija su orjentisani prema integrisanju tehnologije pametnih prenosnih uređaja u nove Head-Mounted System-e poput projekta "Google glas", gde se prevazilaze svi nedostaci prethodnih sistema istog tipa.

Kako se arhitektura bavi uobličavanjem stvarnog sveta, proširena stvarnost postaje sve primenjivaniji način prezentacije projekata [5]. Jedna od primene proširene stvarnosti u arhitekturi je za prezentaciju projekta enterijera. Metodama proširene stvarnosti klijentu je omogućeno sagledavanje svih delova prostora koje odabere [6]. Korišćenjem savremenih prenosnih uređaja, je moguće kompletno sagledavanje projekta na prirodni način [3].

3 MATERIJAL I METODE

Kao izvor informacija na osnovu kojih je kreirana kompletan prezentacija korišćen je izvođački projekat višeporodičnog stambenog objekta spratnosti Po+P+6 u ulici Vojvode Tankosića 40-42 u Nišu. Za prezentaciju je odabran stan broj 19 na četvrtom spratu (Slika 2).



Slika 2 – Osnova 4. sprata sa pozicijom stana broj 19

Stan broj 19 se nalazi na Jugozapadnom uglu objekta i površine je 65,43 m². Detaljan pregled prostorija i površina dat je u tabeli 1.

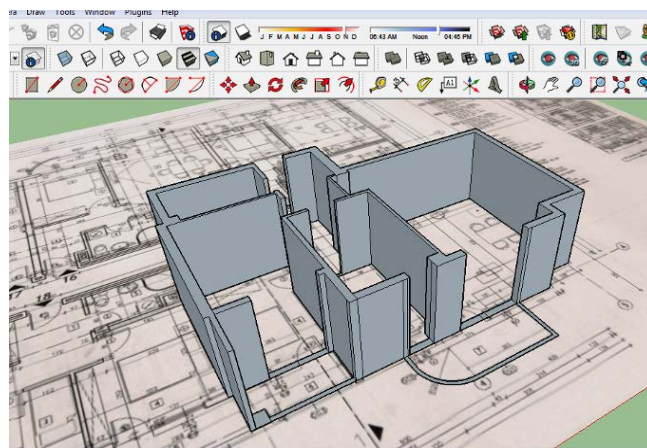
br	Namena prostorije	Površina (m ²)
1	Predsooblje	5,19
2	Dnevna soba	24,9
3	Roditeljska soba	10,5
4	Dečija soba	9,36
5	Kupatilo	4,99
6	Lođa	2,49
7	Terasa	5,00

Tabela 1 – Prostorije stana broj 19 sa površinama

Trodimenzionalni model stana broj 19 kreiran je korišćenjem softverskog paketa SketchUp 2014. Za kreiranje prezentacije metodom proširene stvarnosti upotrebljen je programski dodatak Augmented for SketchUp. Testiranje rada prezentacije izvršeno je korišćenjem Ipad 4 uređaja i programa Augmented.

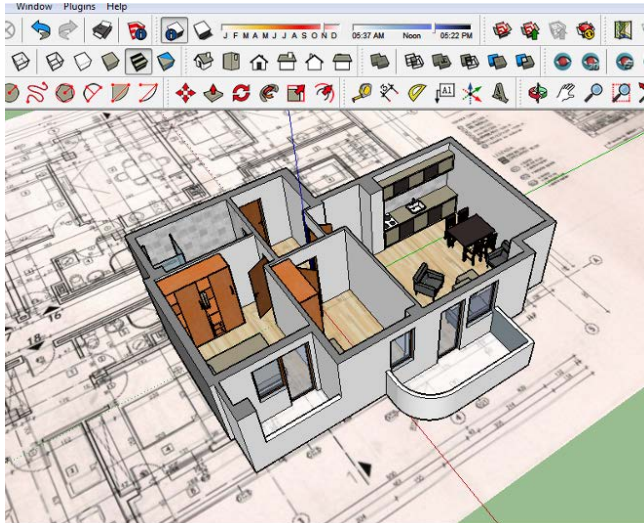
4 KREIRANJE PREZENTACIJE

Iz izvođačkog projekta izdvojena je osnova 4. sprata, koja je digitalizovana i importovana u softverski paket SketchUp. Slika osnove je proporcijalno povećana kako bi bila u razmeri 1:1. Nakon toga je izvršeno iscrtavanje gabarita zidova korišćenjem osnovnih programskih alata (Slika 3).



Slika 3 – Proces kreiranja zidova stana broj 19

Radi detaljnijeg prikaza koncepta uređenja prostora ovog stana kreiran je detaljan trodimenzionalni model. Pored zidova, prozora i vrata u modelu su postavljeni i 3D modeli nameštaja na mestu na kome se nalaze i u 2D osnovi (Slika 4).



Slika 4 – Prikaz finalnog 3D modela stana

Osnova 4. sprata je osim za potrebe kreiranja 3D modela iskorišćena i kao marker. Unutar softverskog dodatka je trodimenzionalni model stana broj 19, povezan sa 2D slikom osnove 4. sprata. Kako bi po pokretanju aplikacije na prenosnom uređaju model bio prikazan na papirnoj verziji osnove 4. sprata, na odgovarajućem mestu. Nakon toga pokrenuta je konverzija digitalnog 3D modela u cilju njegovog prezentovanja na prenosnim uređajima .

5 TESTIRANJE PREZENTACIJE

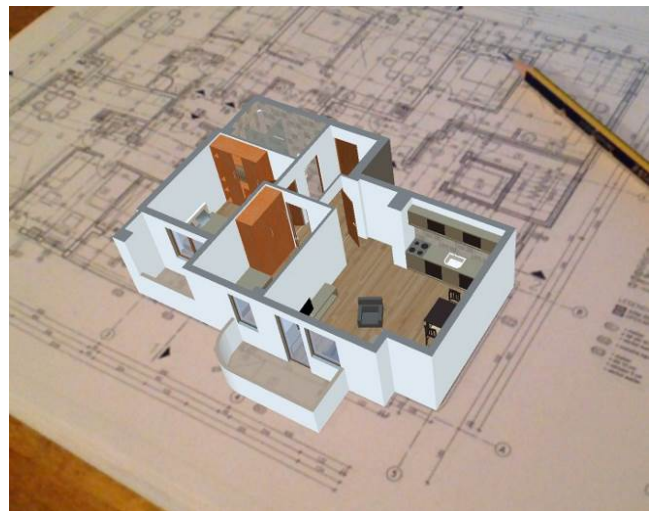
Testiranje prezentacije izvršeno je na Ipad 4 uređaju uz korišćenje softverskog paketa Augmented. Kao marker je korišćen papir A3 formata sa osnovom 4. sprata višeporodične stambene zgrade u ulici Vojvode Tankosića 40-42.

Pokretanjem programa na prenosnom uređaju aktivira se kamera koja prikazuje stvarni svet. Kada program putem kamere detektuje marker na njegovom mestu prikazuje se 3D model stana (Slika 5). Promenom položaja markera u odnosu na prenosni uređaj menja se ugao gledanja modela u realnom vremenu. U slučaju da program ne detektuje marker, određivanje položaja modela enterijera preuzimaju senzori prenosnog uređaja (žiroskop, kompas...).



Slika 5 – Prikaz ekrana uređaja tokom testiranja rada aplikacije

Klijent ovim putem može istovremeno sagledati 2D prikaz osnove stana na odštampanom papiru sa osnovom 4. sprata i 3D model na ekranu tableta. Time korisnik može istovremeno videti sve podatke koje nudi tehnički crtež osnove (dimenzije prostorija, površine...), kao i detaljan trodimenzionalni prikaz enterijera stana. Korišćenjem ove aplikacije klijent može sagledati sve detalje željenog stana i fotografisati model iz bilo kog ugla, čime se omogućava kasniji pregled modela u formi tradicionalnih digitalnih fotografija (Slika 6).



Slika 5 – Fotografija odabranog prikaza 3D modela

Trodimenzionalni model je sastavljen od 13338 površina, 28525 ivica i 52 različita materijala, dok je veličina fajla 3,79 MB. Prikaz modela je u svakom trenutku funkcionisao savršeno, bez kašnjenja u prikazu na ekranu uređaja.

7 ZAKLJUČAK

U ovom radu prikazana je mogućnost primene proširene stvarnosti u prezentaciji arhitektonskih projekata. Prikazani primer prezentacije trodimenzionalnog modela stana predstavlja jedinstveni način za kombinovan prikaz 2D i 3D informacija. Na ovaj način se korisnicima aplikacije omogućava lakše sagledavanje svih neophodnih informacija vezanih za projekat na jednostavan i intuitivan način.

Iz ugla klijenta, kod tradicionalnog načina prezentacije projekta fotorealistični prikaz enterijera je bio predodređen od strane arhitekta. Nasuprot tome prikaz metodama proširene stvarnosti omogućava sagledavanje svih delova prostora koje klijent odabere, uz pomoć prenosnih uređaja, na prirodni način.

Iz ugla arhitekta, kreiranje prezentacije metodom proširene stvarnosti zahteva izradu 3D modela, što je slučaj i sa ostalim klasičnim načinima prezentovanja. Kod klasičnog pristupa prikaza projekta zahteva se izrada fotorealistične prezentacije u vidu slika, ili animacije. Ova faza zahteva poznavanje rada u softverskim paketima za tu namenu i utrošak velike količine vremena. Kod prezentacije metodama proširene stvarnosti trodimenzionalni model je dovoljno konvertovati u odgovarajući format i pokrenuti putem odgovarajućeg programa. U poređenju sa tradicionalnim postupcima, ovakav pristup zahteva manje predznanje i utrošak manje količine vremena. Jedini problem kod prezentacije metodom proširene stvarnosti je nemogućnost fotorealističnosti, zbog ograničenih hardverskih mogućnosti uređaja koji se koriste.

Proširena stvarnost definitivno predstavljaju budućnost vizuelizacije arhitektonskih projekata. Dalji razvoj i usavršavanje tehnologije zasigurno će doprineti boljem kvalitetu i fotorealističnosti prezentacija korišćenjem proširene stvarnosti.

ZAHVALNOST

Autori se zahvaljuju preduzeću WINNERS d.o.o. iz Niša i gospodinu Milenković Ivanu, dipl. ing. građ. na podršci u sprovođenju ovog istraživanja.

LITERATURA

- [1] *Augmented Visualization on Handheld Devices for Cultural Heritage*, Murru, G., Fratarcsegi, M., Empler, T., Practical Augmented Visualization on Handheld Devices for Cultural heritage, in: V. Skala (Eds.), WSCG 2013 - Communication Papers Proceedings, University of West Bohemia, Plzen, Czech Republic, 97-103, 2013.
- [2] *A survey of augmented reality*, Azuma, R., Presence: Teleoperators and Virtual Environments, 6(4), 355 – 385, 1997.
- [3] *Augmented reality application in engineering*, Pejić P., Rizov T., Krasić S., Stajić B., 3rd international congress, SMAT 2014 – SIAR, Tome II, ISBN 978-606-14-0866-5, Craiova, Romania, 2014, 39-44.
- [4] *Application of augmented reality in interior design*, Pejić P., Krasić S., Anđelković B., International conference MoNGeometrija 2014, Vlasina, Serbia, Proceedings Volume 1, 82-89, 2014.
- [5] *The application of augmented reality in the presentation of existing architectural facilities*, Pejić P., Krasić S., Jovanović N., International conference MoNGeometrija 2014, Vlasina, Serbia, Proceedings Volume 1, 74-81, 2014.
- [6] *Application of augmented reality in the presentation of cultural heritage*, Pejić P., Krasić S., Stajić B., Ist international conference: Modern technologies in cultural heritage, Sofia, Bulgaria, 2013.

UDK 628.92:72.012.22

ANALIZA DISPOZICIJE OTVORA ZA DNEVNO OSVETLJENJE NA MODELU FLEKSIBILNOG PORODIČNOG STAMBENOG OBJEKTA

Slaviša Kondić¹, Milica Živković², Goran Jovanović³, Vojislav Nikolić⁴, Milja Penić⁵

Rezime: Adekvatno dnevno osvetljenje je jedan od elementarnih preduslova za kvalitetno stanovanje. Važećom regulativom u Republici Srbiji definisan je zahtev za minimalnim dnevnim osvetljenjem, kao i minimalna površina otvora kod stambenih objekata. Pored ostvarivanja potrebnog komfora, poseban značaj ima i mogućnost uštede energije odgovarajućom primenom i dispozicijom otvora za dnevno osvetljenje, u kontekstu energetske efikasnosti. Sa druge strane, mogućnost fleksibilne funkcionalne organizacije osnove sve više dobija na značaju u savremenom arhitektonskom projektovanju stambenih objekata, kao jedna od strategija produženja upotrebne vrednosti stambenih objekata, u kontekstu održivog razvoja. Svi navedeni faktori definišu kompleksan skup parametara koji uslovljavaju optimalnu dispoziciju otvora za dnevno osvetljenje. U ovom radu, na osnovu navedenih parametara, definisan je mogući model porodičnog stambenog objekta koji integriše validne arhitektonske i energetske aspekte, i predstavlja polazni model za detaljniju analizu i optimizaciju veličine i dispozicije otvora za dnevno osvetljenje.

Ključne reči: stanovanje, fleksibilnost, dnevno osvetljenje, energetska efikasnost

DAYLIGHT OPENINGS DISPOSITION ANALYSIS ON FLEXIBLE FAMILY HOUSING MODEL

Abstract: Adequate daylighting is one of the elementary preconditions for quality housing. Valid legislative in the Republic of Serbia defines the minimum daylight requirements, as well as the minimum aperture area in residential facilities. In addition to achieving the required comfort, the possibility of saving energy by using the appropriate disposition of daylight openings is of special importance, in the context of energy efficiency. On the other hand, the possibility of flexible functional organization of architectural layout is becoming increasingly important in contemporary architectural design of residential buildings, as one of the strategies of extending the use value of housing units in the context of sustainable development. All these factors define a complex set of parameters that condition the optimal disposition of openings for daylighting. In this paper, based on indicated parameters, a possible model of family housing building is defined, that integrates valid architectural and energy aspects, and may represent the starting model for detailed analysis and optimization of size and disposition of the openings for daylighting.

Keywords: housing, flexibility, daylight, energy efficiency

¹ Slaviša Kondić, asistent, skondic555@yahoo.com, Građevinsko-arhitektonski fakultet Univerziteta u Nišu

² Milica Živković, asistent, dia.milica@gmail.com, Građevinsko-arhitektonski fakultet Univerziteta u Nišu

³ dr Goran Jovanović, vanredni profesor, goran2@gaf.ni.ac.rs, Građevinsko-arhitektonski fakultet Univerziteta u Nišu

⁴ Vojislav Nikolić, PhD student, vojislavn@gmail.com, Građevinsko-arhitektonski fakultet Univerziteta u Nišu

⁵ Milja Penić, student, milja.penic@gmail.com, Građevinsko-arhitektonski fakultet Univerziteta u Nišu

1 UVOD

Aspekt dnevnog osvetljenja je od posebne važnosti za oblast stanovanja, i adekvatno dnevno osvetljenje predstavlja jedan od elementarnih preduslova za kvalitetno stanovanje. Pri tome je obezbeđenje termičkog komfora, pored svetlosnog, aspekt koji nikako ne bi smeo da bude zanemaren, naročito u uslovima energetske krize i potrebe za unapređenjem energetske efikasnosti kod arhitektonskih objekata. Tako, izbor optimalnih dimenzija i dispozicije otvora za dnevno osvetljenje postaje jedan od značajnih problema arhitektonskog projektovanja.

U tom kontekstu, potrebno je formirati arhitektonski model porodičnog stambenog objekta, na kome bi bilo moguće sprovesti dalje istraživanje u oblasti optimizacije veličine, forme i dispozicije otvora za dnevno osvetljenje. Glavni cilj daljeg istraživanja bio bi definisanje optimalnih otvora, sa aspekta energetske efikasnosti i ostvarivanja najpovoljnijeg odnosa toplotnih dobitaka i gubitaka. Pri tome se podrazumeva da otvori moraju da omoguće adekvatno dnevno osvetljenje prostorija, u skladu sa propisima i standardima.

2 ARHITEKTONSKI KONCEPT

U cilju definisanja arhitektonskog modela objekta, najpre je neophodno identifikovati niz specifičnih parametara koji utiču na njegovo konceptualno rešenje. Kao najznačajniji izdvojeni su sledeći principi:

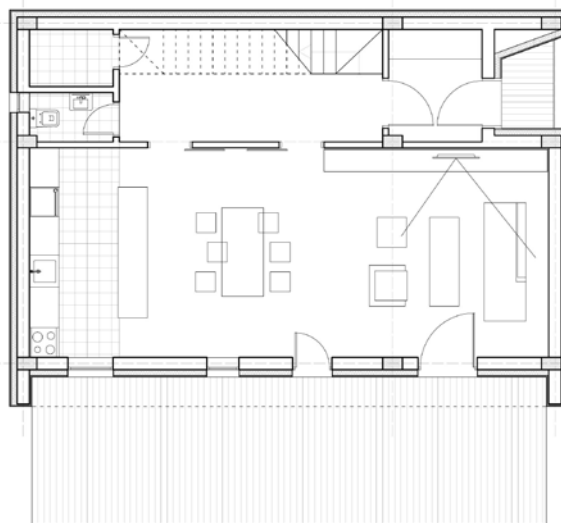
- funkcionalna fleksibilnost
- obezbeđivanje adekvatnog dnevnog osvetljenja, u skladu sa važećom regulativom
- energetska efikasnost
- fleksibilni oblikovni koncept

Kao polazni, usvojen je standardni arhitektonski model porodičnog stambenog objekta, kod koga je u prizemlju smeštena zona dnevnog boravka, dok je sprat namenjen zoni odmora. Tehničke prostorije i ostave smeštene su u tavanski prostor.

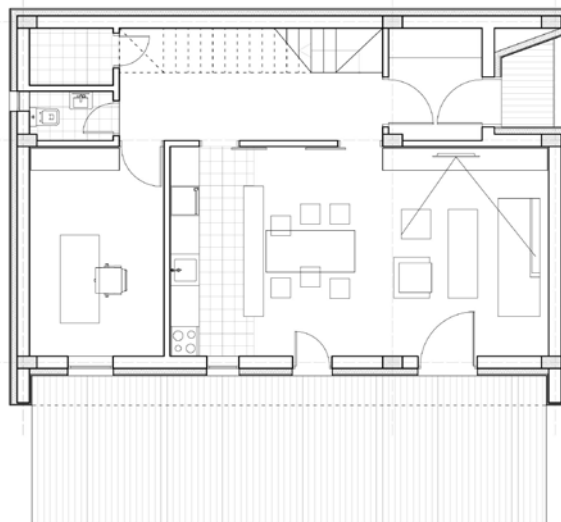
2.1 FUNKCIONALNA FLEKSIBILNOST

Fleksibilnost, u sve većoj meri postaje značajan pristup arhitektonskom projektovanju, kao jedna od

moćnih strategija za obezbeđenje veće i dugotrajnije upotrebne vrednosti stana, a samim tim i održivosti rešenja. Ona postavlja promenljivost za relevantan parametar u definisanju prostorne konfiguracije stana. Fleksibilan stan se može definisati kao stan koji se zahvaljujući fleksibilnim prostornim karakteristikama može prilagoditi promenljivim potrebama stanara. Promenljive socijalne potrebe odnose se kako na potrebe koje se javljaju unutar jedne porodične strukture (proširenje odnosno umanjeње članova porodice) tako i na potrebe koje nastaju sa promenom strukture stanara.



osnova prizemlja - konfiguracija 1

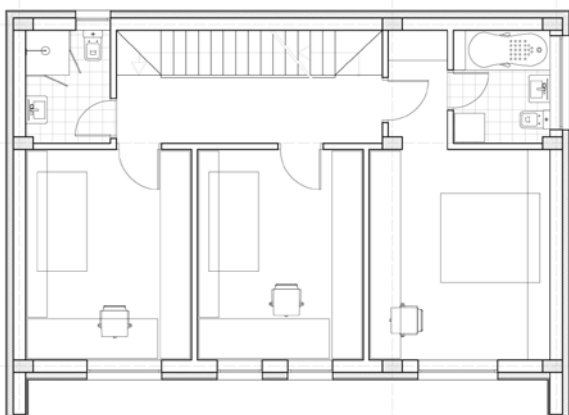


osnova prizemlja - konfiguracija 2

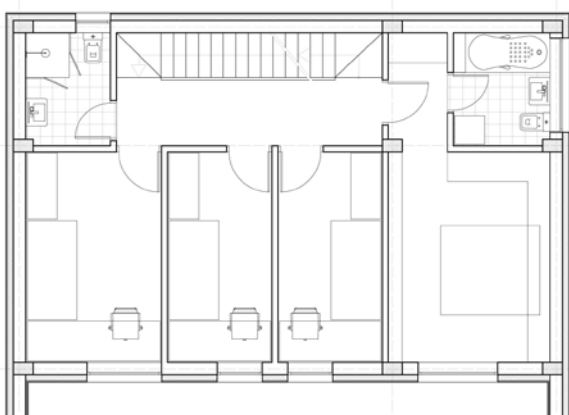
Slika 1 – Osnova prizemlja – prostorne konfiguracije

Fleksibilnost prostora ogleda se u mogućim modifikacijama u planu nastalih uz primenu pomerljivih zidnih pregrada ili u generalnom principu neutralnosti prostora. Unutar fleksibilne stambene

strukture definišu se dva različita prostorna okvira. Na prvom, konstruktivnom nivou, definišu se elementi koji su fiksni i nepromenljivi i na koje se ne može uticati u fazi eksploatacije prostora. Zbog toga je neophodno da se u najranijoj fazi projektovanja usvoji takvo konstruktivno i oblikovno rešenje koje će podržati kasniju fleksibilnu nadgradnju stambene jedinice. Na nivou enterijera stana, omogućuje se funkcionalna i prostorna varijabilnost jedinice kroz primenu pomerljivih i sklapajućih pregrada i delova nameštaja kao i promenljivom dispozicijom pregradnih panela. Različitim pozicioniranjem i transformacijom pregrada omogućeno je povezivanje i predvajanje pojedinih prostora unutar stambene jedinice kao i redefinisane funkcionalnih sadržaja sklopa.



osnova sprata - konfiguracija 1



osnova sprata - konfiguracija 2

Slika 2 – Osnova sprata – prostorne konfiguracije

U tom smislu formiran je fleksibilni model porodičnog stambenog objekta, koji u istom gabaritu, uz manje izmene u organizaciji unutrašnjeg prostora, podržava razvoj porodice od dvočlane do petočlane.

Na nivou konstruktivnog sklopa usvojeni su konstruktivni moduli od 750cm i 330cm, koji omogućavaju jednostavnu promenu organizacije i namene prostora pomeranjem i formiranjem novih pregrada u poprečnom pravcu. U modulu od 330cm smešten je prostor dnevnog boravka u prizemlju, čija širina varira od 378 do 456cm, i roditeljske sobe na spratu, širine 325 do 364cm, zavisno od usvojene prostorne konfiguracije (slike 1 i 2).

U sklopu konstruktivnog modula od 750cm u okviru prizemlja projektovane su kuhinja i trpezarija (prostorna konfiguracija 1) ili kuhinja, trpezarija i radna soba (prostorna konfiguracija 2). Radna soba je samo jedna od mogućih namena novoformirane prostorije, pri čemu ona može da primi i funkciju gostinjske sobe, ili sobe za starije roditelje, čime je ostvarena potpuna fleksibilnost u planu i mogućnost da se zadovolje različite moguće potrebe porodice. Na spratu je, u sklopu modula od 750cm, moguće smestiti dve ili tri prostorije, u zavisnosti od potreba, čija širina varira od 210 do 333cm, koje mogu da prime funkciju dečije, radne ili sobe za goste.

U svim mogućim prostornim konfiguracijama ostvarene su minimalne dimenzije prostorija koje su u potpunosti u skladu sa odredbama Pravilnika o uslovima i normativima za projektovanje stambenih zgrada i stanova (Službeni glasnik RS, br. 58/2012).

2.2 DNEVNO OSVETLJENJE

Važeća regulativa u Republici Srbiji definiše zahteve za minimalnim dnevnim osvetljenjem kroz standard SRPS U.C9.100:1963 [3]. Minimalne vrednosti osvetljaja, u zavisnosti od namene prostorije i veličine zahteva kod stambenih objekata, koje su definisane ovim standardom, date su u Tabeli 1.

Tabela 1- Minimalni osvetljaj u zavisnosti od namene prostorije prema SRPS U.C9.100:1963.

Mali (50-80 lux)	Srednji (80-150 lux)	Veliki (150-300 lux)	Veoma veliki (300-600 lux)
Opšte osvetljenje sobe za spavanje i kupatila	Opšte osvetljenje dnevne i dečije sobe. Iznad radnih površina u kuhinji.	Iznad ogledala u kupatilu i sobi za spavanje. Mesta za čitanje i učenje u dnevnoj i dečijoj sobi.	Biblioteka, atelje, sobe za ručni rad, šivenje i sl.

Pored ovog standarda, minimalni zahtevi za prirodnim osvetljenjem kod stambenih odjekata definisani su i Pravilnikom o uslovima i normativima za projektovanje stambenih zgrada i stanova (Službeni glasnik RS, br. 58/2012). Članom 13. definisano je sledeće: „Neposredno osvetljenje je postignuto ako ukupna zastakljena površina fasadnih odnosno krovnih otvora namenjenih osvetljenju određenog prostora dostiže najmanje 15% njegove neto površine u osnovi.“, kao i „Maksimalna dubina jednostrano osvetljenog prostora stana, bilo da je neposredno osvetljen, ili sadrži i posredno osvetljene prostore, ne može iznositi više od tri svetle visine prostora koji je neposredno osvetljen.“ [5]

Tabela 2- Odnos dimenzija otvora za dnevno osvetljenje i neto površina prostorija u različitim prostornim konfiguracijama

Namena prostorije	Neto površina prostorije (m ²)	Površina otvora za dnevno osvetljenje (m ²)	Procentalni odnos površine otvora i površine prostorije
Prizemlje – prostona konfiguracija 1			
Dnevni boravak	19.40	3.36	17.32%
Trpezarija	15.24	3.48	22.83%
Kuhinja	10.20	1.75	17.16%
Prizemlje – prostorna konfiguracija 2			
Dnevni boravak	16.04	3.36	20.95%
Trpezarija	8.59	2.24	26.07%
Kuhinja	8.08	1.24	15.35%
Radna soba	11.62	1.75	15.06%
Sprat – prostorna konfiguracija 1			
Roditeljska soba	15.47	2.40	15.51%
Dečija soba 1	14.17	2.70	19.05%
Dečija soba 2	14.17	2.25	15.88%
Sprat – prostorna konfiguracija 2			
Roditeljska soba	13.83	2.40	17.35%
Dečija soba 1	8.93	1.35	15.12%
Dečija soba 2	8.93	1.35	15.12%
Dečija soba 3	11.62	2.25	19.36%

Primenom ova dva parametra, koji su u svakodnevnoj praksi mnogo primenljiviji i bliskiji projektantima, neophodno je postići minimalne vrednosti osvetljaja iz Tabele 1. Potrebno je sprovesti posebnu analizu kako bi se utvrdilo da li su u svim potencijalnim prostornim konfiguracijama i odnosima stambenih prostorija i otvora za dnevno osvetljenje (dimenzije i geometrija prostorije, otvora, kao i pozicija ispoštovani zahtevi za minimalnim osvetljajem.

Prilikom određivanja veličine i dispozicije otvora za dnevno osvetljenje, neophodno je voditi računa o tome da je potrebno da oni zadovolje odredbe Pravilnika u svim mogućim prostornim konfiguracijama. Tako je dimenzija otvora određena na osnovu uslova od minimum 15% neto površine prostorije u relevantnoj varijanti organizacije prostora, na osnovu Tabele 2. Kako bi se minimizovali toplotni gubici usvojene su približno minimalne dozvoljene dimenzije otvora.

2.3 ENERGETSKA EFIKASNOST

Energetska efikasnost predstavlja jedan od najbitnijih principa savremenog arhitektonskog projektovanja. Analiza dispozicije i veličine otvora za dnevno osvetljenje ima za krajnji cilj i formulisanje optimalnog modela sa aspekta energetske efikasnosti, koji bi obezbedio dovoljnu količinu dnevnog osvetljenja.

Međutim, pored dnevnog osvetljenja, koncept optimalnog modela energetske efikasnosti objekta mora da integriše i druge principe energetske efikasnosti, kao što su pasivno i aktivno korišćenje solarne energije, kao i zaštita od prekomernog osunčanja u letnjim mesecima. U tom smislu, gabarit objekta je razvijen i dominantno orijentisan ka južnoj strani, na koju su orijentisani i svi otvori prostorija za boravak i odmor. Krov je projektovan kao dvovodni, asimetričan, sa dominantnom krovnom ravni postavljenom pod uglom od 33 stepena i orijentisanom prema jugu (slika 3). Ovaj nagib omogućava postavljanje fotonaponskih i termalnih solarnih panela pod optimalnim uglom za zahvat solarne energije za naše područje, bez dodatne podkonstrukcije [2].

Pored toga, sa južne strane formirani su konzolni ispusti dubine 60cm, koji natkrivaju prozore i sprečavaju prekomerni upad sunčevih zraka i pregrevanje prostorija leti, na taj način minimizirajući utrošak energije za hlađenje objekta. U zimskim

mesecima, dimenzija ispusta omogućava nesmetani upad sunčevih zraka u prostoriju i njeno zagrevanje.



Slika 3 – Presek

2.4 FLEKSIBILNI OBLIKOVNI KONCEPT

Pored funkcije i konstrukcije, oblikovanje predstavlja jedan od tri osnovna konstitutivna aspekta u arhitektonskom projektovanju. U savremenim istraživanjima vezanim za energetska efikasnost arhitektonskih objekata arhitektonski aspekti se često u potpunosti zanemaruju i istraživanja se koncentrišu isključivo na energetske parametre. Ovakav parcijalan pristup ne može da da dobar rezultat jer ne uvažava psiho-sociološke i estetske potrebe čoveka, već se fokusira isključivo na tehnički aspekt. Kvalitetno istraživanje u ovoj oblasti zahteva multidisciplinarni pristup koji bi uvažio sve tehničko-tehnološke, kao i društveno-humanističke aspekte problema, koje arhitektura kao multidisciplinarna oblast objedinjuje.



Slika 4 – Izgled - jug

U konkretnom slučaju porodičnog stambenog objekta, koji bi predstavljao model za analizu dispozicije i veličine otvora za dnevno osvetljenje, potrebno je formirati koncept oblikovnog rešenja koji

bi omogućavao izmene veličine i dispozicije otvora pri tome ne ugrožavajući estetske kvalitete objekta.



Slika 5 – 3d model objekta

Tako, konzolni ispusti iznad prizemlja i sprata, koji imaju funkciju nadstrešnice za zaštitu od prekomernog osunčanja, u kombinaciji sa bočnim zidovima formiraju ram na južnoj fasadi koji je iskorišćen kao oblikovni motiv koji uokviruje fasadne ravni prizemlja i sprata, prekidajući neposrednu vizuelnu vezu među njima i čineći ih oblikovno nezavisnim jednu od druge (slike 4 i 5).

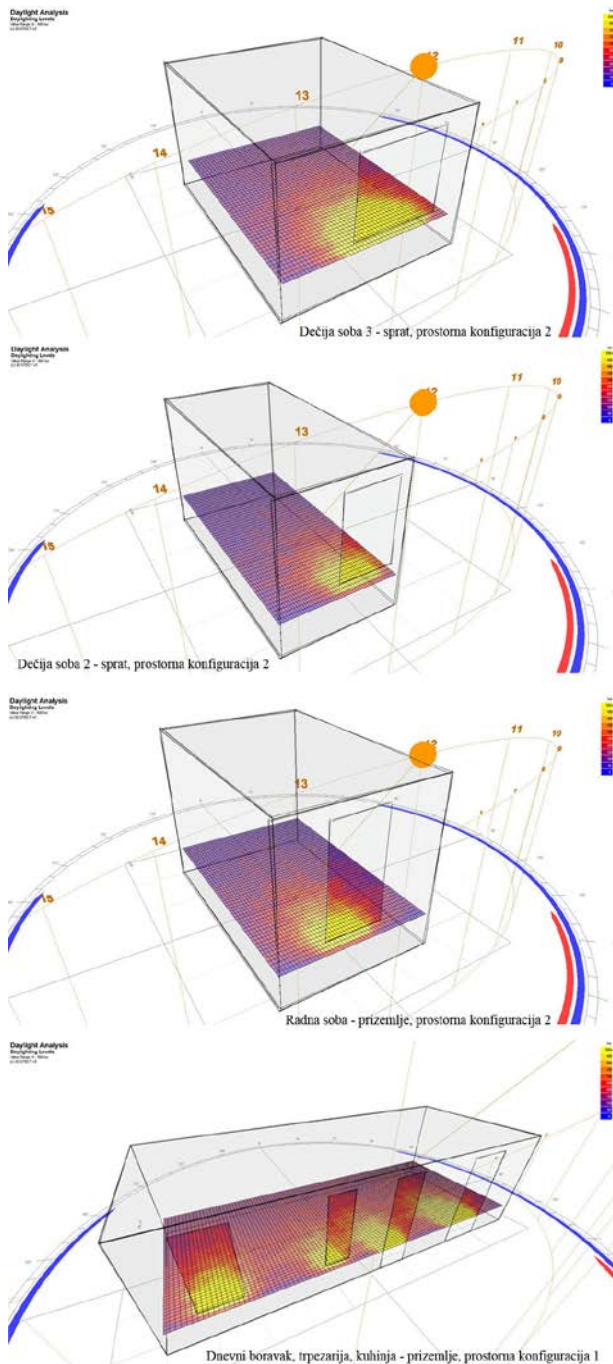
Delovi fasadnih ravni ispod i iznad otvora (parapeti, natprozornici, nadvratnici) obrađeni su panelima od tamnog drveta. Ovi paneli, zajedno sa otvorima, sačinjavaju vertikalne oblikovne elemente koji se protežu kroz celu spratnu visinu i nasumično su raspoređeni po fasadi. Na taj način dobijena je dinamična forma, savremenog arhitektonskog izraza. Promenom veličine i dispozicije otvora menja se širina i pozicija vertikale koja ga prati pri čemu se ne narušava osnovni oblikovni koncept i estetika objekta.

3 REZULTATI ANALIZE

Preliminarna analiza dnevnog osvetljenja prostorija izvršena je u softveru Autodesk Ecotect Analysis 2011. Usvojeni su sledeći parametri:

- lokacija – Beograd, Srbija
- datum - 01.04., 12:00h
- oblačno nebo
- prosečan nivo čistoće prozora
- urbano okruženje
- simulacija je rađena za radnu ravan postavljenu na visini od 75cm od poda.

Prema ovim parametrima sprovedena je analiza za sve prostorije. Na slici 6. dati su rezultati simulacije dnevnog osvetljenja za neke od karakterističnih prostorija, prema usvojenim parametrima. Uočljiva je zavisnost osvetljenja prostorije od dimenzija i proporcije otvora, njegove pozicije, ali i od proporcije same prostorije.



Slika 6 – Rezultati simulacije

4 ZAKLJUČAK

Primenom principa funkcionalne fleksibilnosti, obezbeđivanjem adekvatnog dnevnog osvetljenja, energetske efikasnosti i fleksibilnog oblikovnog koncepta, a na osnovu standardnog porodičnog stambenog objekta kao polaznog, formiran je model na kome je moguće sprovesti dalje istraživanje dimenzija, dispozicije i optimizacije otvora za dnevno osvetljenje kod porodičnih stambenih objekata.

Na osnovu preliminarne simulacije, sprovedene u softveru Autodesk Ecotect Analysis 2011 moguće je odrediti smernice za dalje istraživanje.

Evidentan je uticaj geometrije, dimenzija i pozicije otvora, ali i geometrije i proporcija prostorije. Pored toga, potrebno je kroz dalje istraživanje utvrditi uticaj postojanja ili odsustva parapeta kod otvora, odnosa visine otvora i dubine prostorije, kao i međuzavisnosti namene prostorije i parametra iz Pravilnika (površina otvora min. 15% površine prostorije).

ZAHVALNOST

Istraživanja prezentovana u ovom radu finansirana su od strane Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije, u okviru projekta “ Optimizacija arhitektonskog i urbanističkog planiranja i projektovanja u funkciji održivog razvoja Srbije“, ev. broj TR36042.

LITERATURA

- [1] *Bioklimatska arhitektura – zastakljeni prostori i pasivni solarni sistemi*, Pucar M., IAUS, 2006., Beograd
- [2] *Determining Optimum Tilt Angles of Photovoltaic Panels*, Mikulović J., Đurišić Ž., Kostić R., Infotech, Jahorina, March 2013., Vol. 12, pp. 243-248
- [3] Dnevno i električno osvetljenje prostorija u zgradama; SRPS U.C9.100:1963.
- [4] *in Detail - Solar architecture, strategies, visions, concepts*, Schittich C., Birkhäuser – Publishers for Architecture, 2003., Basel
- [5] Pravilnik o uslovima i normativima za projektovanje stambenih zgrada i stanova (Službeni glasnik RS, br. 58/2012)
- [6] *Solarna arhitektura*, Lukić M., IDP „Naučna knjiga“, 1994., Beograd
- [7] *Zdravo stanovanje*, Popović-Jovanović M., „Arhitektonika“, Arhitektonski fakultet, 1991., Beograd

UDK 725.75:728.5(497.113)

IDEJNO URBANISTIČKO- ARHITEKTONSKO REŠENJE UREĐENJA BANJSKO- HOTELSKOG KOMPLEKSA UZ ISTOČNU OBALU JEZERA PALIĆ

Milan Tanić¹, Aleksandar Keković², Milja Penić³, Petar Mitković⁴, Slaviša Kondić⁵, Marjan Petrović⁶, Vojislav Nikolić⁷, Milan Brzaković⁸, Miloš Petrović⁹, Milica Stojković¹⁰

Rezime: U radu je prikazan koncept idejnog urbanističko-arhitektonskog rešenja uređenja banjsko-hotelskog kompleksa na obali jezera Palić, koje je realizovano u sklopu konkursa koji je raspisan od strane Parka Palić d.o.o. u saradnji sa Inženjerskom komorom Srbije novembra 2013-te godine. Specifičnosti projektnog programa i ambijentalnih uslova lokacije, uticale su na definisanje koncepta u kome su svi nivoi i elementi urbanističko-arhitektonske postavke zasnovani na poštovanju nasleđenih prirodnih resursa. Krajnji rezultat oglada se u potpunom sadejstvu, kako celine tako i pojedinih delova formiranog arhitektonskog sklopa i postojećih ambijentalnih kvaliteta kompleksa.

Ključne reči: konkurs, jezero, banja, hotel, organska arhitektura, zelenilo.

URBAN AND ARCHITECTURAL CONCEPTUAL DESIGN OF SPA & HOTEL COMPLEX AT THE EAST COAST OF PALIĆ LAKE

Abstract: The paper presents the preliminary design of urban and architectural concept of spa and hotel complex on the shore of Palić Lake, that was conducted as part of a competition organized by Park Palić in cooperation with Serbian Chamber of Engineers in November 2013. The specifics of project programme and ambiental conditions of the site, have influenced the definition of the concept, in which all levels and elements of urban and architectural setting are based on the respect for the legacy of natural resources. The final result is reflected in complete synergy of the whole architectural structure and its parts, and existing environmental qualities of the complex.

Keywords: competition, lake, spa, hotel, organic architecture, greenery

¹ dr Milan Tanić, docent, tanicmilan@yahoo.com, Građevinsko-arhitektonski fakultet Univerziteta u Nišu

² dr Aleksandar Keković, vanredni profesor, kekovic.aleksandar@gmail.com, Građevinsko-arhitektonski fakultet Univ. u Nišu

³ Milja Penić, student, milja.penic@gmail.com, Građevinsko-arhitektonski fakultet Univerziteta u Nišu

⁴ Petar Mitković, redovni profesor, petar.mitkovic@gaf.ni.ac.rs, Građevinsko-arhitektonski fakultet Univerziteta u Nišu

⁵ Slaviša Kondić, asistent, skondic555@yahoo.com, Građevinsko-arhitektonski fakultet Univerziteta u Nišu

⁶ Marjan Petrović, PhD student, petrovicmarjan77@gmail.com, Građevinsko-arhitektonski fakultet Univerziteta u Nišu

⁷ Vojislav Nikolić, PhD student, vojislavn@gmail.com, Građevinsko-arhitektonski fakultet Univerziteta u Nišu

⁸ Milan Brzaković, PhD student, milan.b23@hotmail.com, Građevinsko-arhitektonski fakultet Univerziteta u Nišu

⁹ Miloš Petrović, student, milos.petrovicgaf@gmail.com, Građevinsko-arhitektonski fakultet Univerziteta u Nišu

¹⁰ Milica Stojković, student, mycika@hotmail.com, Građevinsko-arhitektonski fakultet Univerziteta u Nišu

1 UVOD

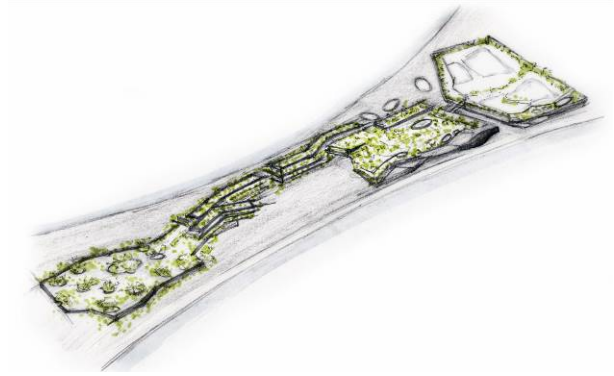
Prema raspisu konkursa, od strane Parka Palić d.o.o. u saradnji sa Inženjerskom komorom Srbije, trebalo je projektovati urbanističko-arhitektonsko idejno rešenje banjsko-hotelskog kompleksa na obali jezera Palić. Prema lokalnim turističkim potencijalima, pojavila se potreba za uvođenjem novih sadržaja koji će pratiti trendove u ugostiteljstvu. Iz tog razloga konkurs predstavlja nameru da jedan od ključnih sadržaja i atrakcija rizorta Palić bude novi banjsko-hotelski kompleks sa banjskim sadržajima, velnesom, vodenim zabavama i pratećim smeštajnim jedinicama, i time bude magnet za lokalno ugostiteljsko tržište. [1]

S obzirom na specifičnost projektnog programa i pre svega ambijentalnih uslova lokacije, prednost je data urbanističko-arhitektonskom konceptu koji se zasniva na poštovanju nasleđenih prirodnih resursa i uopšte, u širem kontekstu, ambijentalnih kvaliteta ovog "bisera" na severu Bačke.

2 URBANISTIČKO REŠENJE

Predmetna lokacija predstavljala zemljouž, izdužene forme sa relativno malom širinom, koji razdvaja dva jezera: Krvavo i Palićko. Banjsko-hotelski kompleks koji u svom sklopu sadrži mnoštvo ugostiteljskih, hotelskih, rekreativnih i drugih sadržaja, proteže se od severa ka jugu na potezu od gotovo jednog kilometra.

U skladu sa uslovima lokacije, izduženi potez (slika 1) predstavlja jedan od osnovnih oblikovnih elemenata u arhitektonskom rešenju, koji se mestimično prekida prodorima u nivou prizemlja kako bi se postigla funkcionalna i vizuelna povezanost sadržaja na obalama oba jezera. Ta prirodna i zadata izduženost zajedno sa već stečenom predstavom o izduženim vojvođanskim šorovima bila je i osnovni motiv koji je primenjen pri formiranju banjsko-hotelskog kompleksa i njegovom oblikovanju.



Slika 1 – Konceptualni prikaz kompleksa u skici

Potreba da se rešenjem kompleksa ne naruši prirodno okruženje, a naročito postojeća vegetacija u južnom delu kompleksa, uticala je da se kroz artikulaciju novoprojektovanih sadržaja zadrži veći deo parka na jugu u kome su smešteni zatvoreni spa&velnes centar i otvoreni termalni bazeni. U severnoj i centralnoj zoni kompleksa, delovi zatvorenog akva parka i hotela pokriveni su zelenim površinama. Ovakav koncept osim oblikovne ima i upotrebnu vrednost, odnosno definiše prostor po kojem se pešaci i biciklisti kreću i sa kojeg se za posetioce otvaraju nove vizure koje sada nisu dostupne.

Parterno uređenje javnih prostora definisano je kroz različite nivoe odnosa zelenih i popločanih površina, koje prema potrebi prate funkcionalni i prostorni tok objekata u sklopu kompleksa. U tom kontekstu, šetalište uz Palićko jezero je koncipirano kao niz mikroprostora prožetih lokalima i pozornicom na samoj obali jezera.

Pored javne garaže koja se nalazi u krajnjem severnom delu lokacije, banjsko-hotelski kompleks sadrži 5 međusobno povezanih prostorno-funkcionalnih celina:

- Celina 1: otvoreni akva park,
- Celina 2: zatvoreni akva park,
- Celina 3: otvoreni termalni bazeni,
- Celina 4: spa&velnes centar,
- Celina 5: hotel:
 - podcelina 1: porodični blok hotela,
 - podcelina 2: apartmanski blok hotela,
 - podcelina 3: velnes blok hotela.

Predviđenom dispozicijom i načinom grupisanja navedenih prostorno-funkcionalnih celina i podcelina, u potpunosti je obezbeđena mogućnost fazne izgradnje objekata u kompleksu.

3 FUNKCIJA

Kompleks se razvija longitudinalno iz pravca severa gde je smeštena javna garaža. U produžetku kompleksa lociran je otvoreni akva park koji je na nivou partera delimično otvoren sa svih strana, a povezan je sa zatvorenim akva parkom preko pasarela na višim nivoima kompleksa. Na slici 2 dat je prikaz rasporeda funkcionalnih celina.

U nastavku, a na delu koji predstavlja početak zemljouza koji razdvaja dva jezera, počinje apartmanski hotel koji je orijentisan prema Palićkom jezeru, dok je deo koji je orijentisan prema Krvavom jezeru iskorišćen za lociranje zatvorenog akva parka. Apartmanski hotel ima 42 smeštajne jedinice (apartmana).

U ovom delu se formira i trg koji povezuje šetalište uz obalu Palićkog jezera sa potezom formiranim na krovu zatvorenog akva parka kao i sa pešačkom zonom uz Krvavo jezero.

Kompleks se nastavlja drugim delom koji čini porodični hotel sa konferencijskim centrom, čije su sobe dominantno orijentisane ka Palićkom jezeru. Deo ovog prostora koji je orijentisan prema Krvavom jezeru je iskorišćen za kolski pristup hotelu sa parkingom i formiranje glavnog ulaza. Porodični hotel sadrži 83 smeštajne jedinice, pri čemu je predviđena mogućnost međusobnog povezivanja dvokrevetnih soba. U ovom bloku hotela, u nivou prvog sprata, nalazi se restoran sa terasom i pripadajućom glavnom kuhinjom.

Ovim delom lokacije prolazi kanal koji povezuje Palićko i Krvavo jezero. Poštujući zadate uslove, formiran je još jedan pešački koridor koji u nivou partera razdvaja ovaj deo hotelskog kompleksa, dok se povezanost celine formira na nivou viših etaža.

Kompleks se nastavlja u delu hotela sa spa&velnes centrom čije su sobe orijentisane

prema Palićkom i Krvavom jezeru. Velnes hotel sadrži 109 smeštajnih jedinica (dvokrevetne sobe i apartmani).



Slika 2 – Osnova prizemlja sa elementima parternog uređenja

Kod hotelskog dela kompleksa, terasastom postavkom smeštajnih jedinica kao i smicanjem terasa, koje su dominantno okrenute prema Palićkom jezeru, stvara se intimizacija prostora

hotelskih soba koja svaka za sebe dobija komfornu terasu – baštu, a sve zajedno u celokupnoj vizuri hotelskog kompleksa dopunjuje sliku uklopljenosti u prirodu.

Velnes hotel prostorno i funkcionalno nadovezuje zatvoreni spa&velnes centar koji je u javnoj upotrebi. Ovaj deo kompleksa već zalazi u deo predmetne celine koja prema situaciji ima dosta visokog zelenila i u kojoj su, nastojeći da se u najmanjoj meri naruši prirodno okruženje, intropolovani objekti zatvorenog spa centra i otvorenih termalnih bazena. Prodori elipsastog oblika u planu spa&velnes centra predstavljaju atrijumske jedinice koje prate položaj postojećeg visokog zelenila.

Kompleks se završava otvorenim termalnim bazenima koji su u potpunosti integrisani u prirodno okruženje male šume u južnom delu lokacije.

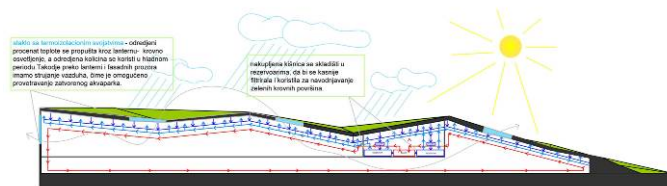
4 KONSTRUKCIJA

Racionalnost predloženog arhitektonskog rešenja ogleda se u tipiziranom konstruktivnom rasteru od 720 cm, u pravcu pružanja smeštajnih jedinica. Konstruktivni sistem je projektovan sa AB stubovima, dimenzija od 25.0x50.0cm, u određenim delovima i 25.0x80.0cm, i AB gredama, dimenzija 25.0x60.0cm. Međuspratna konstrukcija je AB ploča, debljine 20.0cm. Zidovi između smeštajnih jedinica su od opekarskog bloka, debljine 25.0cm. Pregradni zidovi su od opeke, debljine 12.0 i 7.0cm. Podna obloga u smeštajnim jedinicama je parket, a u kupatilima, sanitarnim čvorovima, lokalima granitna keramika. Podne obloge u akva parkovima i spa&velnes centru su od granitne keramike, mozaik pločica, VP kompozita. Fasadni zidovi su projektovani sa ventilirajućim slojem. Fasadna obloga je od kompozitnih ploča, postavljenih na podkonstrukciju. Konstruktivni rasteri su prilagođeni funkciji i nameni objekata. Krovni pokrivač je hidroizolaciona elastična membrana i u sistemu zelenih ekstezivnih krovnih površina.

5 PRIMENA PRINCIPA BIOKLIMATSKE I EKOLOŠKE ARHITEKTURE

Arhitektonski koncept objekata u kompleksu u velikoj meri prati postojeće prirodne tokove, predstavlja integralni deo prirodne sredine, uvažavajući na taj način nasleđenu ekološku ravnotežu i visok nivo ambijentalnih kvaliteta.

Kada je u pitanju iskorišćenje resursa prirodne, klimatske sredine, projektovani su aktivni sistemi korišćenja sunčeve energije, termalni i fotovoltaični solarni prijemnici, čiji je položaj na krovnim ravnama. Pozicioniranjem termalnih solarnih prijemnika na krovne površine postiže se optimalno rešenje sa aspekta zahvata i visokog stepena iskorišćenja solarne energije. Imajući u vidu funkciju i namenu objekata u kompleksu, odnosno stalnu potrebu za sanitarnom toplom vodom, primena termalnih kolektora u ovom slučaju predstavljalo bi veoma ekonomično rešenje (slika 3).



Slika 3 – Presek kroz zatvoreni akva park- šema provetravanja prostora i skladištenja i filtriranja kišnice

6 OBLIKOVANJE I MATERIJALIZACIJA

Novoprojektovana fizička struktura banjsko-hotelskog kompleksa ne narušava postojeće ambijentalne kvalitete sredine, već postaje sastavni deo svog prirodnog okruženja (slika 4). Ceo kompleks reflektuje koncept organske arhitekture proistekle iz okruženja, koja svojom formom ne konkuriše ni prirodnim ni stvorenim fizičkim celinama, već ih naprotiv na adekvatan način upotpunjuje i stavlja u prvi plan.

Dominantan horizontalni volumen objekta proizašao je iz većeg broja faktora u vezi sa zadatim kontekstom. Pri tome su polazni motivi bili postojeća vegetacija, visoko zelenilo, koji su integralni deo arhitekture objekta, ali i sugestivni karakter okružujućih jezera kao linearnih likovnih elemenata.



Slika 4 – Trodimenzionalni prikaz kompleksa

Osnovni arhitektonski izraz karakteriše svedena dinamika forme objekata u kompleksu, koji svojom linearnom dispozicijom i u sadejstvu sa prirodnim okruženjem određuju vizuelnu harmoničnost kompleksa.

Različite funkcionalne zone, homogene materijalizacije (slika 5), integrisane su u jedinstvenu i skladnu prostornu celinu, formirajući novu, autentičnu scenografiju priobalnog pojasa Paličkog jezera.



Slika 5 – Trodimenzionalni prikaz kompleksa

Materijalizacija objekata je krajnje jednostavna i svedena, sa završnom obradom spoljne opne od cement-kompozitnih panela u beloj boji, u sistemu ventilisane fasade. Monohromatski karakter primenjenih materijala ima za cilj da pre svega potencira sve kvalitete prirodne sredine lokaliteta, koji su u odnosu na zatečeno stanje i programske zahteve konkursa u velikoj meri očuvani (slika 6).



Slika 6 – Trodimenzionalni prikaz kompleksa

7 ZAKLJUČAK

Glavni projektantski izazov pri davanju odgovora na temu zadatu konkursom, bio je sačuvati sve specifičnosti lokacije i ne narušiti prirodni ambijent lokacije okružene jezerima i zelenilom. Ponuđeno rešenje je u potpunosti podređeno vizuelnom identitetu lokacije, i na adekvatan način pravi simbiozu između prirodnih i stvorenih celina. Princip zadržavanja velikog dela visokog zelenila koje je zatečeno na lokaciji odgovara motivima organske arhitekture, i ovde je upotrebljeno kao oruđe u stvaranju 'oaze' koja će unaprediti turistički karakter Palića.

Imajući u vidu sve kontekstualne elemente, krajnji rezultat predstavlja urbanističko-arhitektonski koncept zasnovan na potpunom sadejstvu, kako celine tako i pojedinih delova formiranog arhitektonskog sklopa i nasleđenih ambijentalnih kvaliteta kompleksa.

LITERATURA

- [1] I. Bogdanović: "Uticaj mikroklimе i orijentacije na energetske potrebe zgrada", Zbornik radova Građevinsko-arhitektonskog fakulteta broj 21, Niš, 2006, str 195-204
- [2] Lj. Kosar: "Hotelijerstvo. Teorija i praksa", Viša hotelijerska škola, Beograd, 2002.
- [3] M. Dinić: "Urbanističko- arhitektonski tretman slobodnih prostora u neposrednoj okolini stana kod Posmatranjem istorijskih objekata, kao i analizom

višeporodičnog stanovanja", Zbornik radova Građevinsko- arhitektonskog fakulteta broj 21, Niš, 2006, str 169-182

[4] M. Pucar, M. Pejović, M. Jovanović Popović: "Bioklimatsko planiranje i projektovanje- urbanistički parametri", IP "Zavet", Beograd, 1994.

[5] <http://www.subotica.com/vesti/konkurs-za-idejno-resenje-uredjenja-turistickog-kompleksa-uz-obalu-jezera-palica-id17531.html>

UDK 692.232.4

OTKONSTRUKCIJSKI NOSEĆI SISTEMI FASADNIH ZIDOVA OD STAKLA

Nikola Srbinoski¹, Danijela Đurić-Mijović², Miomir Vasov³

Rezime: Staklo spada u atraktivne i izazovne materijale za primenu na fasadama savremenih objekata. Potkonstrukcija staklenog fasadnog zida jeste konstrukcija koja treba da prenese sve spoljašnje uticaje sa fasade na noseću konstrukciju objekta. U radu je dat pregled sledećih savremenih potkonstrukcijskih sistema: linijski rešetkasti nosači, nosač sa pilonom, kablovski nosači, kablovske konstrukcije i kablovske mreže.

Ključne reči: fasada, staklo, panel, stakleni zid, potkonstrukcija, pilon, kablovi.

SUBSTRUCTURE SYSTEMS OF GLASS FACADE WALLS

Summary: Glass is attractive and challenging material for application on modern building facades. Substructure of glass wall is a structure which has to transfer all external loads from facade to building bearing structure. In the paper the state-of-the-art of the following contemporary substructure systems is given: simple trusses, mast trusses, cable trusses, cable hung structures, cable nets.

Key words: facade, glass, pane, glass wall, substructure, pylon, cables

¹ Inženjer arhitekture, BSc, Građevinsko-arhitektonski fakultet u Nišu, Srbija

² Asistent, Građevinsko-arhitektonski fakultet u Nišu, Srbija

³ Docent, Građevinsko-arhitektonski fakultet u Nišu, Srbija

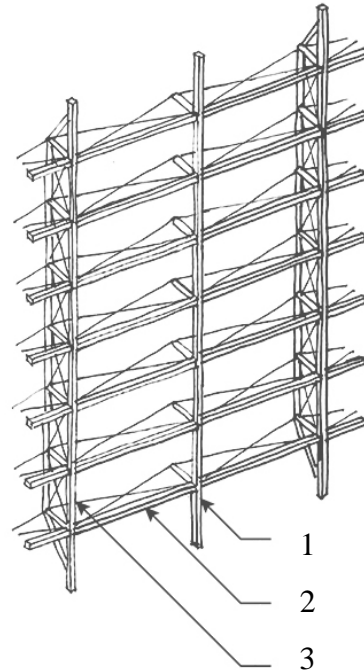
1 UVOD

Fasada predstavlja multifunkcionalni omotač objekta koji treba da zadovolji mnoge kriterijume. Raznovrsnost savremenih fasadnih sistema se ogleda i u činjenici da one mogu biti projektovane sa akcentom na ekološki aspekt [1], kao interaktivni omotač zgrade [2], ali i kao sistem za proizvodnju električne energije [3,4]. Obzirom na veliki izbor kako savremenih tako i tradicionalnih materijala [5] koji se koriste na fasadama, objekti plene svojom atraktivnošću i funkcionalnošću. Današnje objekte je teško zamisliti bez stakla. Staklo kao transparentan materijal [6] poslužio je da se u objekte unese svetlost i da se unutrašnjost objekta poveže sa okolinom [6,7]. Prelaskom sa masivnog na skeletni noseći sistem stvorili su se uslovi za realizaciju velikih transparentnih površina na fasadama objekata. Ove staklene površine predstavljaju izazov kako za projektovanje tako i za izvođenje. Stakleni zid (window wall) je definisan standardom DIN 18056 [8] i mora biti površine veće od 9 m². Velike staklene površine bilo da su ravne ili zakrivljene zahtevaju i adekvatnu potkonstrukciju koja će sve uticaje sa fasade preneti na noseću konstrukciju objekta (vetar, sopstvena težina fasade, seizmički uticaji i dr). U radu je dat pregled sledećih potkonstrukcijskih sistema: linijski rešetkasti nosači, nosač sa pilonom, kablovski nosači, kablovske konstrukcije i kablovske mreže.

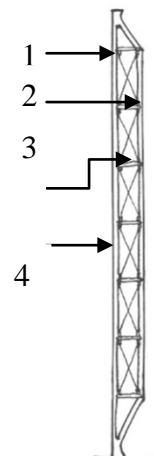
2 LINIJSKI REŠETKASTI NOSAČI

Kao potkonstrukcija koja prenosi opterećenje sa fasade na noseću konstrukciju objekta mogu se pojaviti različiti tipovi linijskih rešetki. Najčešće primenjivani tip rešetke postavlja se upravno na ravan stakla (Slika 1,2). Raspored rešetki odnosno njihov razmak definisan je veličinom staklenih panela. Rešetkasti sistem u svom sastavu pored nosećih vertikalnih rešetki može da poseduje i druge elemente: na primer između nosećih rešetki postavljaju se vertikalni aluminijumski ili čelični profili (Slika 1) koji služe za prihvatanje fasadnog panela a izvode se u cilju smanjenja njegove dužine [9]. Između nosećih, linijskih rešetki mogu se postavljati kablovske rešetke koje omogućavaju povećanje transparentnosti fasade. Kod ovakvog rešetkastog sistema jedna vertikalna

noseća rešetka sastoji se od (Slika 2) prednjeg i zadnjeg pojasa koji su sačinjeni od čeličnih ili aluminijumskih profila, kao i horizontalnih štapova ispunje koji su upravni na pojasne štapove, dok se između horizontalnih štapova postavljaju zategnuti



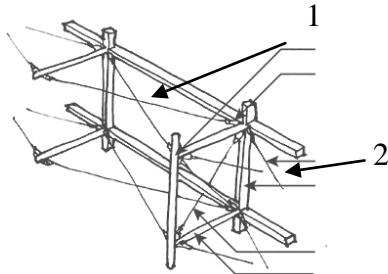
Slika 1- Elementi nosećeg sistema: 1. Vertikalna noseća rešetka; 2. Horizontalni profil; 3. Vertikalni profil



Slika 2- Elementi nosaće rešetke: 1. Prednji pojas; 2. Zadnji pojas; 3. Horizontalni štap ispunje; 4. Spreg

kablovi, koji deluju poput spregova u cilju smanjenja uticaja vetra na fasadu. Veza kablova sa profilima ostvaruje se pomoću zavrtnjeva. Kako bi se sprečilo bočno izvijanje vertikalnih rešetki u horizontalnom ravcu postavljaju se kablovski spregovi, a sa prednje fasade nalaze se profili za

prihvatanje panela (Slika 3). Mogu se postaviti i lakše horizontalne rešetke. Ovakvi sistemi se mogu koristiti kako u slučaju ravnih fasadnih površina tako i kada se one zakrivljene. U tom slučaju noseći sistem prilagođava se zakrivljenosti fasade.



Slika 3- Segment nosećeg sistema: 1. Horizontalni spreg; 2. Horizontalni profil za prihvatanje panela

3 NOSAČI SA PILONOM

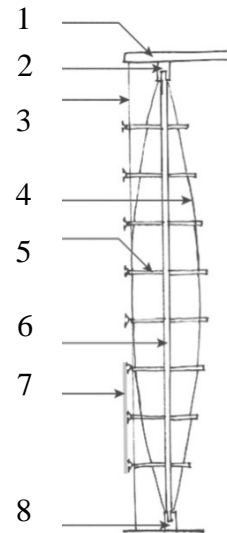
Ovi nosači (Slika 4) koriste zategnute kablove kako bi se stabilizovao centralni pritisnuti element „pilon“. Najčešće je to čelični profil kružnog oblika.



Slika 4- Nosač sa centralnim pilonom

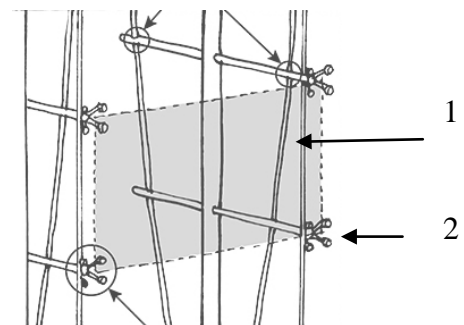
Kablovi se kače za krajeve pilona, a po svojoj dužini vezani su za čelične podupirače koji se postavljaju duž pilona. Čelični podupirači promjenljive su dužine i to na krajevima pilona su najkraći, a u sredini pilona najduži (Slika 5). Na ovaj način dobijamo kablovske lukove. Dva, tri ili više ovakvih kablovskih lukova mogu se postaviti oko pilona [9] i na taj način se povećava otpornost pilona na izvijanje i smanjuje se njegov poprečni presek. Nosač sa pilonom koji se formira od dva kablovska luka, koji su postavljeni pod uglom od 180° , može se upotrebiti kao primarni noseći

element kod strukturalnih fasada od stakla. Staklena površina može biti pozicionirana u ravni pilona ili u ravni kablovskih lukova sa spoljašnje ili



Slika 5- Elementi nosača: 1. Konzolni nosač; 2. Gornji oslonac; 3. Dead load cable; 4. Zategnuti kabl; 5. Podupirači; 6. Pilon; 7. Stakleni paneli; 8. Donji oslonac

unutrašnje strane nosača. U slučaju pomeranja staklene ravni u odnosu na pylon, potrebno je postaviti kabl koji služi za prihvatanje opterećenja od sopstvene težine (dead load cable). Kabl se vezuje na vrhu za konzolni nosač, vertikalno se spušta nadole iza staklene površine, a vezan je za čelične podupirače po svojoj dužini. Na vrhovima čeličnih podupirača nalaze se tačkasti oslonci za prihvatanje staklenih panela, preko kojih se opterećenje prenosi na rešetku.

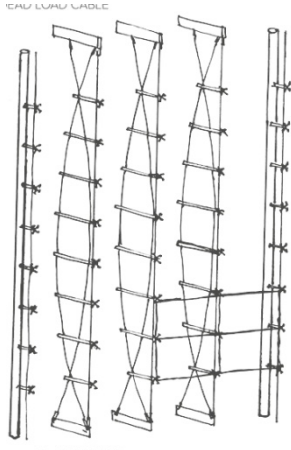


Slika 6- Segment nosećeg sistema: 1. Stakleni paneli; 2. Tačkasti oslonac

4 NOSAČI OD ČELIČNIH KABLOVA

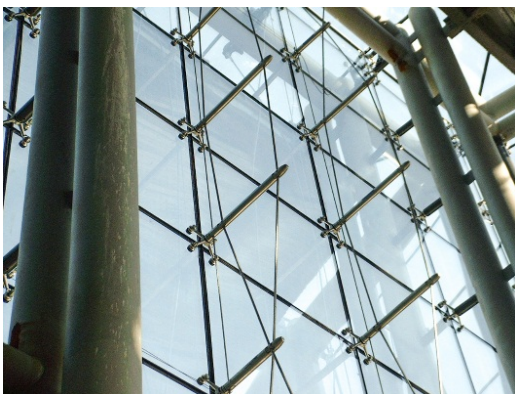
Razvojem sistema rešetki došlo se do naprednijih rešenja (Slika 7), a jedno od njih je podrazmevalo uklanjanje centralnog pritisnutog pilona (Slika 8). Posledica uklanjanja pritisnutog pilona jeste da su jedini pritisnuti elementi ovog sistema horizontalni podupirači. Ovakav način nošenja fasade postignut je zatezanjem kablova o noseću konstrukciju samog objekta i često se definiše kao kao „otvoreni sistem“.

Prethodno opisani sistem je bio zatvoren: da bi se



Slika 7- Nosaći sistem dobijen uklanjanjem centralnog pilona

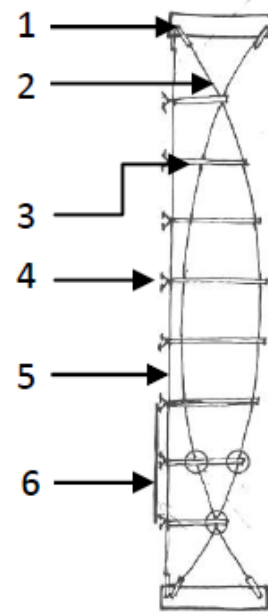
postigla stabilnost sistema nije potrebna interakcija sa nosećom konstrukcijom objekta, već se stabilnost postiže uz pomoć same konstrukcije sistema. Važno je napomenuti da kod ovakvog sistema sile prednaprezanja moraju biti u ravnoteži sa reakcionim silama koje se javljaju u oslanačkoj konstrukciji.



Slika 8.

Što je veći dozvoljeni ugib, veća sila prednaprezanja je potrebna i veće su reakcione sile koje se javljaju u oslanačkoj konstrukciji. Dozvoljeni

ugib kod ovog sistema iznosi $L/140$ ili više. Veoma je bitno da se pri proraračunu i konstruisanju nosećeg sistema objekta uzme u obzir uticaj sila reakcija koje će se javiti i manifestovati na samoj nosećoj konstrukciji usled prednaprezanja kablovske konstrukcije. Drugi izazov je da se odgovarajuće sile prednaprezanja unesu u sam kablovski sistem. Kod sistema sa velikim rasponom jedini način prednaprezanja je uz pomoć hidraulične prese. Kablovske rešetke mogu se postaviti i horizontalno između vertikalnih nosača.



Slika 9- Elementi nosača: 1. Konstrukcija objekta; 2. Zategnuti kabl; 3. Pritisnuti element; 4. Tačkasti oslonac; 5. Dead load cable; 6. Stakleni paneli;

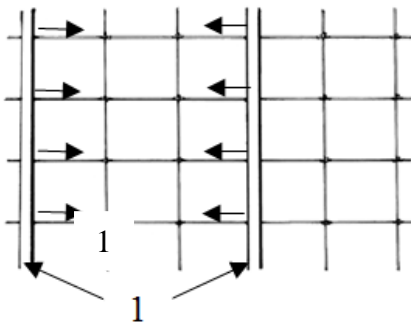
5 KABLOVSKE KONSTRUKCIJE

Sledeći korak u povećanju transparentnosti fasada (Slika 10) jeste smanjenje upotrebe rešetkastih sistema tako što se pritisnuti elementi isključuju iz upotrebe. Ovo dovodi do stvaranja novog sistema za nošenje fasada koji se bazira na činjenici da se fasade podržavaju isključivo kablovima za razliku od prethodnih sistema gde su se za prihvatanje fasade koristile određene vrste nosača.



Slika 10- Transparentna fasada od staklenih panela

To dovodi do formiranja sistema koji se sastoji samo od vertikalnih ili horizontalnih zategnutih kablova koji se vešaju za konstrukciju samog objekta [10]. Kada se postignu adekvatne sile prednaprezanja u kablovima oni sada mogu nositi i staklene panele. Staklena fasada može biti ravna ili zakrivljena. Tanji stakleni elementi traže i veću



Slika 10- Sistem vešane fasadne konstrukcije, gdje se prednaprežu horizontalni kablovi: 1. Konstrukcija za vešanje kablova

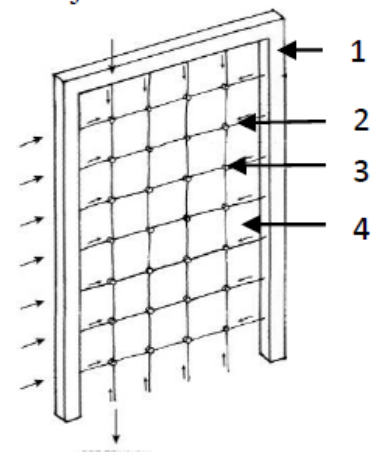
gustinu kablova što dovodi do manje sile prednaprezanja u svakom pojedinačnom kablov. Velike sile prednaprezanja služe za suprotavljanje ugibu na staklenoj fasadi, a najčešće dozvoljeni ugibi iznose $L/45$ ili $L/50$, što dovodi do stvaranja jedne fleksibilne mreže koja je veoma otporna na opterećenje od vetra.

6 KABLOVSKE MREŽE

Kablovske mreže [9,10] dobijaju se kada se pored vertikalnih ili horizontalnih nosećih, zategnutih kablova dodaju i noseći zategnuti kablovi upravni na postojeće kablove. Na ovaj način dobijamo ravanski, kablovski mrežni sistem. Razmak kablova zavisi od veličine fasadnih panela i od sile



Slika 11- Kablovki mrežni sistem za podršku staklenih panela



Slika 12- Kablovski mrežni sistem sa silama u kablovima: 1. Noseća konstrukcija objekta; 2. Zategnuti kabl; 3. Tačka vezivanja horizontalnog i vertikalnog kabla; 4. Stakleni panel

prednaprezanja koju unosimo u kablove. Zbog toga što u ovakvom sistemu imamo noseće kablove u dva upravna pravca kontrola ugiba koji se javlja je jednostavnija. Uzimajući u obzir da je efektivni razmak između kablova manji veličina sile prednaprezanja koja se aplicira u svakom kablov je manja.

7 ZAKLJUČAK

Tendencija arhitekata da stvore što je moguće transparentniju konstrukciju koja će omogućiti gotovo nesmetan pogled iz unutrašnjosti objekta prema spoljašnjosti dovodi do usavršavanja fasadnih sistema pa uz razvoj tehnologije stakla, ali i lepkova i sredstava za zaptivanje kao rezultat imamo objekte koji plene svojim atraktivnim izgledom. Staklo kao transparentan materijal koji se često koristi kao završna obloga na savremenim objektima zahteva odgovarajuću potkonstrukciju obzirom na činjenicu da

spada u krte materijale čijim oštećenjem i konačno lomom, bi osim narušene fasade objekta potencijalno bili ugroženi kako korisnici objekta tako i prolaznici. Iz tih razloga ovi fasadni sistemi podrazumevaju veliku pažnju kako projekatnata tako i izvodjača. U radu je dat razvojni put potkonstrukcijskih sistema staklenih fasadnih zidova koji je za cilj imao postizanje maksimalne transparentnosti.

LITERATURA

[1] *Ekološko oblikovanje fasada*, Nikola Cekić, Miloš Dačić, Aleksandar Jovanović, *Facta Universitatis, Univerzitet u Nišu*, 2011.

[2] *Posebni problemi projektovanja medija fasada*, Jasna Čikić, Nenad Šekularac, Jelena Ivanović-Šekularac, *Facta Universitatis, Univerzitet u Nišu*, 2011.

[3] *Integracija fotonaponskih modula u fasadni omotač zgrade*, D. Jovanović, D. Đurić-Mijović, *Nauka+Praksa, br. 14, Građevinsko-arhitektonski fakultet, Niš, 2011., str. 9-14.*

[4] *Fotonaponske ćelije kao deo krovne konstrukcije*, M. Nedeljković, *Zbornik radova Građevinsko-arhitektonskog fakulteta, Niš, 2013., br. 28, str. 173-184.*

[5] *Tradicionalni materijali u projektovanju savremenih fasada*, J. Prolović, *Zbornik radova Građevinsko-arhitektonskog fakulteta, Niš, 2008., br. 23, str. 311-321.*

[6] *Architectural glass: types, performance and legislation*, J. Savić, D. Đurić-Mijović, V. Bogdanović, *Facta Universitatis: Architecture and Civil Engineering, 2013., Vol. 11, No. 1, str. 35-45.*

[7] *Staklo i konstruktivna primena u arhitekturi*, J. Čikić, *Građevinska knjiga, Beograd, 2007.*

[8] *DIN 18056:1966-06 window walls; design and construction.*

[9] *Structural glass facades: a unique building technology*, Ed by Michael R. Patterson, *Faculty of the School of Architecture University of Southern California, 2008.*

[10] <http://www.enclos.com/>

UDK 621.315.61

IZORETEX – RECIKLIRANI NOVI TERMIČKI I AKUSTIČKI IZOLACIONI GREDJEVINSKI MATERIJAL

Đorđe Đorđević¹, Biljana Avramović²

Rezime: Građevinski klaster „DUNDJER“, zajedno sa većim brojem svojih članica, učestvuje na nacionalnom projektu sufinansiranom od strane Nacionalne agencije za regionalni razvoj. IZORETEX je projekat čiji je cilj da razvije jedan novi termički i akustički gredjevinski izolacioni materijal, baziran na reciklaži otpadaka od autoindustrije, konkretno autotekstilnog otpada. IZORETEX je posebno aktuelan izolacioni materijal za lake građevinske konstrukcije koje zahtevaju dodatnu akustičku, termo i vibro-izolaciju. Procena je da će ovaj izolacioni proizvod oslobadjanjem velikih proizvođača od viška otpada, stvoriti uštede u iznosu od 100 miliona €. Trenutno su u toku testiranja materijala koja treba da potvrde njegove toplotne, akustične i vibro performanse. Građevinski klaster „DUNDJER“ će unutar svojih članica obezbediti iprobnu proizvodnju i plasman ovog materijala u regionu.

Ključne reči: industrijski otpad, tekstilni otpad, auto-tekstilni otpad, reciklaža tekstilnog otpada, toplotna izolacija zgrada, zvučna izolacija zgrada, vibro-izolacija, energetska efikasnost.

IZOTEX - NEW RECYCLED THERMAL AND ACOUSTIC INSULATING BUILDING MATERIALS

Abstract: The Construction Cluster „DUNDJER“, together with a large number of its members, is participating, as a leading partner, in a national project co-financed by the National Agency for Regional Development, named IZORETEX. IZORETEX is a project which aims to develop a new thermal and acoustic insulation building material based on the recycling of waste from the automotive industry, specifically auto-textile waste. IZORETEX is especially important insulation material for light building structures that require additional acoustic, thermal and vibration-isolation. It is estimated that this insulation product releases large producers of surplus textile waste, and create savings in the amount of €100 million on the European scale. Currently, testings of this material are in progress that will hopefully confirm its thermal, acoustic and vibration performances. Construction Cluster „DUNDJER“ will ensure within its members the test production and marketing of this material in the region.

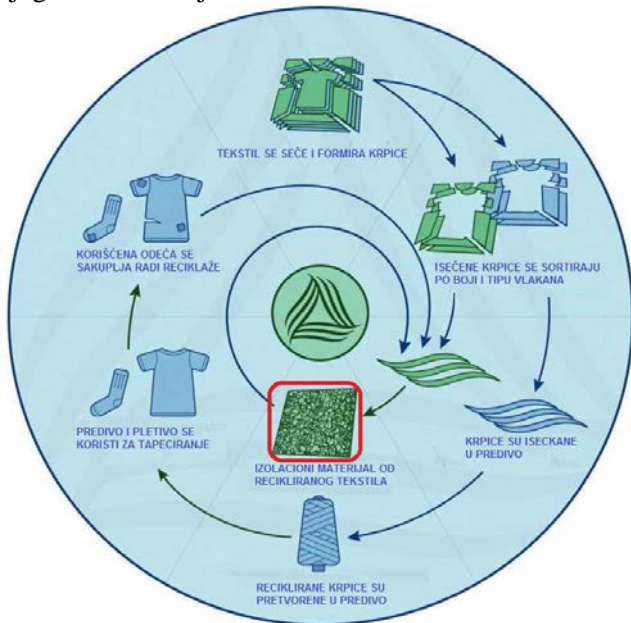
Key words: industrial waste, textile waste, auto-textile waste, recycling of textile waste, building thermal building insulation, acoustic building insulation, vibration insulation of buildings, energy efficiency.

¹ Građevinsko-arhitektonski fakultet u Nišu, ul. A. Medvedeva 14, Niš, Srbija; Construction Cluster “Dundjer”, Niš, Srbija

² Construction Cluster “Dundjer”, Niš, Srbija

1 UVOD

U poslednjih više od 10 godina, "prljava" tekstilna industrija je prešla iz EU u Srbiju, i to uglavnom u južnu Srbiju. Uprkos poboljšanju stope zaposlenosti životnog standarda, postoje neke ekološke posledice zbog tekstilnog industrijskog otpada i teškoće sa njegovim tretiranjem.

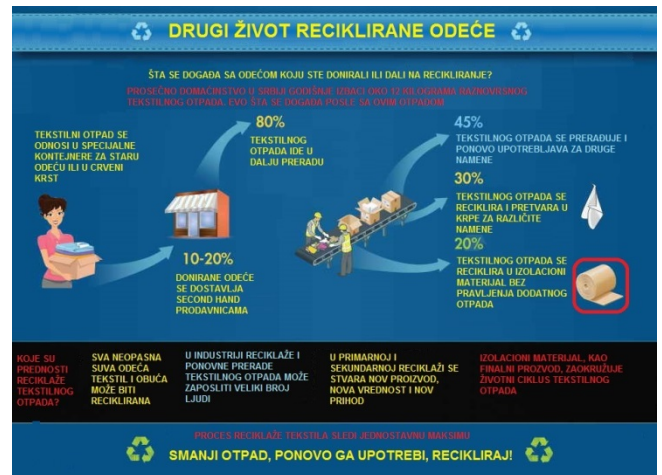


Slika 1-

Ukoliko se ne reciklira, preostaju dva standardna načina njegovog tretiranja: ili odlaganje na deponije ili spaljivanje, međutim, oba su najčešće nepogodna ili čak i zakonom zabranjena. Prvi treba izbeći, zbog proizvodnje otrovnih gasova i emisije CO₂, a drugi zbog zagađenja zemljišta i prenosa zagađujućih materija u životnu sredinu, posebno poljoprivredne proizvode, sa mogućnošću da uđe u ljudski lanac ishrane. Četvrta, poslednja i najskuplja solucija je izvoz otpada u drugu zemlju. Kod nas, međutim, još uvek ne postoji rigorozna kontrola rešavanja pitanja opasnog tekstilnog otpada. Samo u jugoistočnoj Srbiji postoje hiljade tona otpada tekstilne industrije, sa, manje ili više, nepoznatom krajnjom destinacijom. Pri tome tekstilni otpad koji je tretiran hlorom ili sličnim opasnim materijama ne sme da se odlaze na deponije.

Izvori tekstilnog otpada su: kućni tekstil od stanovništva i industrijski tekstilni otpad. On prvo ide na razvrstavanje na upotrebljivu finalnu odeću, tipa second hand, i na ostalu od koje se izrađuju finalni proizvodi tipa vreća, strunjača, papuča, jastuka i sličnih proizvoda. Kako ova proizvodnja takođe stvara

sekundarni tekstilni otpad, on se dalje koristi kao punilo za jastuke, taburete, vreće za boks i ne ostavlja iza sebe tercijarni tekstilni otpad



Slika 2-

Postoji međutim i automobilski tekstil, tj. tekstilni otpad koji nastaje u automobilskoj industriji, koji iz tih razloga mora posedovati neka svojstva koja ga razlikuju od običnog tekstilnog otpada, a to je rezistentnost na vatru. Zašto je ovaj materijal interesantan građevinskoj industriji?

Novi standardi u gradnji koji se bave efektima klimatskih promena i smanjenjem toplotne energije i energije hlađenja su dva osnovna pitanja na nivou EU. 10% svetske energije koja se koristi samo za grejanje objekata, predstavlja brigu za građane Evrope i novo zakonodavstvo EU. Nove stroge Direktive EU, zajedno sa ekonomskom krizom u građevinskom sektoru su postavili izuzetno visoke izazove već oslabljenim preduzećima u građevinskom sektoru, posebno malim i srednjim preduzećima. Potrebe tržišta i nova prilika za opstanak MSP u građevinskom sektoru je istraživanje konkurentskih rešenja za toplotnu i zvučnu izolaciju lakih građevinskih konstrukcija, kroz traženje izolacionih materijala koji bi bili ekološki prihvatljivi, jeftini i napravljeni od recikliranih materijala.

Predloženi projekat ima za cilj da donese na tržište kao novi proizvod građevinski izolacioni materijal, napravljen od recikliranog tekstilnog industrijski otpada. To je **IZORETEX** - nova jeftina termički poboljšana i "spremna za upotrebu" kompozitna izolacija, koja kombinuje u jednom proizvodu 3 glavne osobine: toplotnu izolacionu sposobnost i izvanrednu vazдушnu kontrolu zvuka, kao i otpornost na vibracije. Raznovrsnost koncepta će ovaj materijal učiniti prilagodljivim za potrebe grejanja i hlađenja.

omogućavajući ovom proizvodu da se dobro ponaša u različitim klimatskim obrascima i na različitim geografskim tržištima samo prilagođavanjem svog sastava, dimenzije, gustine i debljine.

Iskustva u reciklaži otpada tekstilne industrije, u zemljama u okruženju, dovela su do industrijske proizvodnje sličnog visokokvalitetnog izolacionog materijala. Ova zaokružena tehnologija za zaštitu životne sredine i ekonomski tretman tekstilnog otpada, uz neke modifikacije može da se prenese na naše prostore, odnosno Jugoistočnu Srbiju. U tom smislu Građevinski klaster "Dunder", sa nekoliko svojih članica, a naročito među njima "Vagres Inženjering" i "PINTER-ODPLAST", iz Niša, koje su izrazile spremnost da ulože u ovaj poduhvat, ima potencijal da u ovom delu Srbije počne sa reciklažom auto- tekstilnog otpada u svrhe proizvodnje novog ekološkog izolacionog materijala visokih performansi.



Slika 3-

IZORETEX - granulati je izolacioni materijal u obliku pahuljica od tekstilnih ostataka koje preostaju od krojenja automobilskih pokrivača nakon rezanja **oblika** za sedista i naslona za glavu. U ovaj tekstil se dodaju aditivi, inhibitori plamena, koji će osigurati bolju trajnost proizvoda i povećati izdržljivost i zaštitu od insekata i parazita.



Slika 4-

IZORETEX - granulati, izolacija tekstilnih vlakana se aplikuju injektiranjem u otvore zidova.

IZORETEX - zrnasta izolacija u obliku pahuljica namenjen je otvorima u međuprostorima zidova, što je rezultiralo izolacijom u jednom komadu, bez dodira, toplote i zvučnih mostova, dakle, kao izolacioni sloj može ravnomerno da prekriva cevi i ostatak instalacija.

Važna osobina **IZORETEX** granulata, osim, naravno, najvažnije, kao što su toplotna i zvučna nepropustljivost, ovaj materijal je **neosetljiv na vodenu paru ili vlagu** kao primarni materijal visokog kvaliteta poliester i poliuretan, od kojeg su napravljene sedišta i nasloni za glavu za automobile.



Slika 5-

Ovi materijali su pravljani po vrlo visokim evropskim i američkim automobilskim standardima, koji su u ovoj grani vrlo rigoroznisa niskim stepenom upaljivosti I strogim testom gorljivosti... (cigareta pušača, vatra u automobilu). Takođe, zahteva se visoka otpornost tekstila na vremenske uslove: vlažnost, temperatura, otpornost na UV zračenje.

Elastičnost je drugo vrlo važno svojstvo **IZORETEX** granulata. Budući da se punjenje šupljina odvija uz blagi pritisak, volumen materijala (slično djelovanju opruge) ostaje stisnut.

Aktivnosti koje treba sprovesti u okviru ovog projekta, orijentisane su prvenstveno na **IZORETEX** dizajn proizvoda i specifikacije za mogućnost industrijske proizvodnje, kao i laboratorijske testove radi detaljnog ispitivanja karakteristika i svojstava i sposobnosti ovog izolacionog materijala.

2 EKOLOŠKI ASPEKT

Očekivani rezultati od reciklaže industrijskog tekstilnog otpada su pre svega značajni za celu lokalnu zajednicu u smislu rasterećivanja komunalnih preduzeća ovom vrstom otpada, pa samim tim i smanjivanjem pritiska na deponije, a sa druge strane otvaranjem mogućnosti za LON poslove kompanijama koje imaju veliki otpad, kao i rasterećivanje punktova Crvenog krsta viškovima garderobe.

Ekološki aspekt se takođe ogleda i u tome što će se smanjiti загадивачи okoline, kao što je nedavno bio incident sa bacanjem velikih količina tekstila u Kragujevcu.

3 DETALJAN OPIS AKTIVNOSTI NA PROJEKTU

Principi sortiranja i recikliranja specifičnog industrijskog tekstilnog otpada u cilju pravljenja novog izolacionog materijala:

1. Mapiranje i analiza najvećih proizvođača neopasnog tekstilnog industrijskog otpada i problemisanje njihovi m čuvanje i odlaganje,
2. Vrste neopasnog tekstilnog industrijskog otpada, tehnike čuvanja i skladištenja, pravila upravljanja ovim otpadom, spaljivanje, izvoz otpada, obavezni propisi (ISO 14001) ,
3. Razvrstavanje i tipologizacija tekstilnog industrijskog otpada na otpad sa mogućnošću recikliranja u građevinski izolacioni materijal bez

dotatne produkcije sekundarnog otpada i na ostali tekstilni otpad,

4. Definisane izbora najboljeg načina obrade tekstilnog otpada autoindustrije od proizvodnje presvlaka i uzglavlja u automobilima (kidanje, seckanje ili mlevenje) u zavisnosti od tražene finoće, gustine, debljine i teksture izolacionog materijala,
5. Definisane tipova izolacionog materijala u zavisnosti od izbora lepkova i mase za ispunu pre presovanja: tehnologija proizvodnje, sirovine, dizajn i svojstva proizvoda ,
6. Presovanje bazične mase izolacionog materijala na različite ciljne gustine i dimenzije ,
7. Probna proizvodnja pilot količine izolacionog materijala različitih karakteristika ,
8. Plan za korišćenje i širenje znanja, kroz radionicu i demonstracione aktivnosti za predstavljanje izolacionog materijala od tekstilnog industrijskog otpada,
9. Promocija eksploatacije, analiza potencijalnih konkurenata iz zemalja iz okruženja,
10. Ispitivanje karakteristika kao što su otpornost na vlagu, vazduh i paropropusnost i mehanička otpornost proizvoda koja mora biti prihvatljiva i za druge geografske destinacije.

4 PRELIMINARNA LABORATORIJSKA TESTIRANJA TOPLOTNE, ZVUČNE I VIBRO IZOLACIJE, KAO I VATROOTPORNOŠTI I OTPORNOŠTI NA VLAGU

1. Numeričko modeliranje **termičkih** karakteristika izolacionog materijala,
2. Izrada softvera za podršku **termičkog** modela ,
3. Laboratorijsko testiranje **termičkih** karakteristika materijala,
4. Numeričko modeliranje **akustičnih** karakteristika izolacionog materijala,
5. Izrada softvera za podršku **akustičnih** modela
6. Laboratorijsko testiranje **akustičnih** karakteristika materijala,
7. Numeričko modeliranje **vibracionih** karakteristika izolacionog materijala,
8. Izrada softvera za podršku **vibracionih** modela,

9. Laboratorijsko testiranje **vibracionih** karakteristika materijala,
10. Numeričko modeliranje **vatrootpornih** karakteristika izolacionog materijala,
11. Izrada softvera za podršku **vatrootpornih** modela,
12. Laboratorijsko testiranje **vatrootpornih** karakteristika materijala.

4 LITERATURA

- [1] EN 15459 : Energy performance of buildings – Economic evaluation procedure for energy systems in buildings.
- [2] EN ISO 15686-5 :Buildings and constructed assets - Service life planning - Part 5: Life cycle costing.
- [3] EN ISO 15686-9 :Buildings and constructed assets – Part 8 Reference service life and service life information.
- [4] Eurostat, Statistics in Focus, 7/2010. The EU-27 construction sector: from boom to gloom.
- [5] EP and EC DirectiveEU2000/53regarding old cars recycling
- [6] World Insulation Report – Freedonia Group Inc, February 1, 2009 – Publ. ID: FG2703472.
- [7] GuidelinesEPand EC 2008/98 onwaste
- [8] EU and EC Directive 2003/10 on noise
- [9] *Upgrading the flexibility of buildings*, Rob P. Geraedts, CIB World Congress, April 2001.
- [10] Recommendation SIA 112/1, 2004: *Sustainable Building –Building Construction*; Swiss Society of Engineers and Architects.
- [11] *Six steps resulting in a flexibility index of the building*. Source: LEnSE: Methodology Development towards a Label for Environmental, Social, and Economic Buildings, Indicator: Increase Ease of Building Adaptability.

UDK 556.3:628.81/.84 (497.11 Niš)

ANALIZA IZVORIŠTA PODZEMNIH VODA ZA POTREBE NAVODNJAVANJA POLJOPRIVREDNIH POVRŠINA U OKOLINI NIŠA

Miloš Trajković¹, Dragan Milićević², Slaviša Trajković³

Rezime: Na poljoprivrednim površinama u atarima sela Hum, Gornja Trnava i Vele Polje, koja se nalaze u gradskoj opštini Crveni Krst na području grada Niša, poljoprivrednici se trenutno bave biljnom proizvodnjom, voćarstvom i vinogradarstvom bez navodnjavanja. Obzirom da, zbog relativno malih količina padavina i velikih gubitaka vode usled evaporacije i proceđivanja u tlo, vode nema dovoljno za zadovoljenje potreba poljoprivrednih kultura, neophodno je uvesti sistem navodnjavanja u cilju stvaranja boljih uslova i efikasnije proizvodnje poljoprivrednih kultura. U neposrednom okruženju ovih sela, nema značajnijih vodotoka koji bi mogli da se koriste kao izvorišta vode za navodnjavanje, pa su izvršena hidrogeološka istraživanja u okviru kojih su izvedena četiri istražna bunara, jedan u ataru sela Hum, dva u ataru sela Gornja Trnava i jedan u ataru sela Vele Polje.

U ovom radu je dat prikaz hidrogeoloških istražnih radova izvršenih za potrebe analize količina i kvaliteta podzemnih voda za navodnjavanje poljoprivrednih površina u atarima sela Hum, Gornja Trnava i Vele Polje i postupak određivanja značajnih hidrodinamičkih parametara koji definišu karakteristike vodonosne sredine i izdašnost bunara. Dobijeni rezultati ukazuju na relativno skromne količine i kvalitet podzemnih voda iz izvedenih bunara, koje samo delimično mogu da zadovolje potrebe za navodnjavanjem poljoprivrednih površina u atarima navedenih sela i na neophodnost obezbeđenja dodatnih količina vode za navodnjavanje iz novih bunara.

Cljučne reči: izvorišta podzemnih voda, hidrogeološka istraživanja, navodnjavanje

ANALYSIS OF GROUND WATER WELLS FOR THE IRRIGATION OF FARMING LAND IN THE AREA OF NIS

Abstract: On agricultural land in the villages Hum, Gornja Trnava and Vele Polje, located in the city municipality Crveni Krst in the city of Niš, farmers are currently engaged in crop production, horticulture and viticulture without irrigation. Considering that, because of the relatively small quantities of rainfall and high water losses due to evaporation and decantation into the ground, the water is not enough to satisfy the needs of agricultural crops, it is necessary to introduce a system of irrigation in order to create better conditions and more efficient production of agricultural crops. In the directly environment of these villages, there is no significant water streams which could be used as a water sources for irrigation, so that the hydrogeological investigations carried out in the framework of which they are derived four exploratory wells, one in the village Hum, two in the village of Gornja Trnava and one in the village of Vele Polje.

This paper provides an overview of hydrogeological exploratory works carried out for the purposes of analyzing the quantity and quality of groundwater for irrigation of agricultural areas in the villages Hum, Gornja Trnava and Vele Polje and the procedure for the determination of significant hydrodynamic parameters that define the characteristics of the aquifer environment and well yield. The results indicate a relatively modest quantity and quality of groundwater from derived wells, which can only partially satisfy the need for irrigation of agricultural areas in domains of mentioned villages and the necessary provision of additional water for irrigation from new wells.

Keywords: groundwater sources, hydrogeological explorations, irrigation

¹ mast.inž.građ.Miloš Trajković, mr.milostrajkovic@gmail.com, Građevinsko-arhitektonski fakultet Univerziteta u Nišu

² dr Dragan Milićević, drgara@gaf.ni.ac.rs, Građevinsko-arhitektonski fakultet Univerziteta u Nišu

³ dr Slaviša Trajković, slavisa@gaf.ni.ac.rs, Građevinsko-arhitektonski fakultet Univerziteta u Nišu

1. UVOD

Poljoprivreda grada Niša, po zvaničnim podacima doprinosi sa 8 % nacionalnom dohotku odnosno sa 1% ukupnoj zaposlenosti u Republici Srbiji. Osim toga, poljoprivreda obezbeđuje dovoljno hrane za lokalno stanovništvo kao i sirovine za lokalnu prehrambenu industriju i osnov je ruralnog razvoja u regionu.

Obzirom na umereno kontinentalne prilike, koje u zadnjih desetak godina karakterišu duži sušni periodi, naročito u letnjim mesecima potrebe za navodnjavanjem sve više dolaze do izražaja. Trenutno, navodnjavanje se vrši sporadično, malim motornim pumpama, bez rasprskavanja, a oko 15.000 ha poljoprivrednih površina prve, druge i treće bonitetne klase nalazi se na mestima pogodnim za navodnjavanje.

Hum, Gornja Trnava i Vele Polje su sela u gradskoj opštini Crveni Krst na području grada Niša. Šire područje sela Hum, Gornja Trnava i Vele Polje karakterizuju u najvećem delu poljoprivredne površine sa mestimičnim šumskim površinama. Pogodan položaj ovih sela na dodiru dveju različitih proizvodnih sredina (kotlinsko dno i kotlinski obod) orijentisalo je delatnost stanovništva prema ratarstvu i stočarstvu. Danas su u ovim selima uglavnom poljoprivredna ili mešovita domaćinstva. Prema popisu iz 2002. godine u Humu je živelo 1450 stanovnika, u Gornjoj Trnavi 309 stanovnika i u Vele Polju 537 stanovnika.

Na poljoprivrednim površinama u atarima sela Hum, Gornja Trnava i Vele Polje, poljoprivrednici se trenutno bave biljnom proizvodnjom, voćarstvom i vinogradarstvom bez navodnjavanja. Obzirom da, zbog relativno malih količina padavina i velikih gubitaka vode usled evaporacije i proceđivanja u tlo, vode nema dovoljno za zadovoljenje potreba poljoprivrednih kultura, potrebno je uvesti sistem navodnjavanja vodom iz bušenih bunara i cevovoda pod pritiskom u cilju stvaranja boljih uslova i efikasnije proizvodnje poljoprivrednih kultura.

Uvođenjem navodnjavanja i primenom novih tehnologija u poljoprivrednoj proizvodnji, ostvariće se naprednija i unosnija poljoprivreda, sa orijentacijom ka kvalitetu i bezbednosti hrane, čiji će proizvodi biti konkurentniji na tržištu. Osnovni ciljevi su da se područje orijentiše tržišnoj ekonomiji i proizvodnji visoko profitabilnih kultura, da se poveća ponuda domaćeg voća i grožđa na tržištu, kao i da se poveća zaposlenost i spreči odlazak stanovništva sa ovog područja.

U tom smislu meštani sela Hum, Gornja Trnava i Vele Polje u saradnji sa Upravom za poljoprivredu i razvoj sela grada Niša su preduzeli odgovarajuće

aktivnosti na pronalaženju adekvatnih izvorišta vode za navodnjavanje i na izradi tehničke dokumentacije sistema za navodnjavanje kap po kap za površine od oko 50 ha u atarima ovih sela na kojima će se gajiti voćarske (jabuka, šljiva, breskva, kajsija, trešnja, višnja) i vinogradarske kulture.

U neposrednom okruženju sela Hum, Gornja Trnava i Vele Polje, nema značajnijih vodotoka koji bi mogli da se koriste kao izvorišta vode za navodnjavanje, pa su izvršena hidrogeološka istraživanja u okviru kojih su izvedena četiri istražna bunara, jedan u ataru sela Hum, dva u ataru sela Gornja Trnava i jedan u ataru sela Vele Polje.

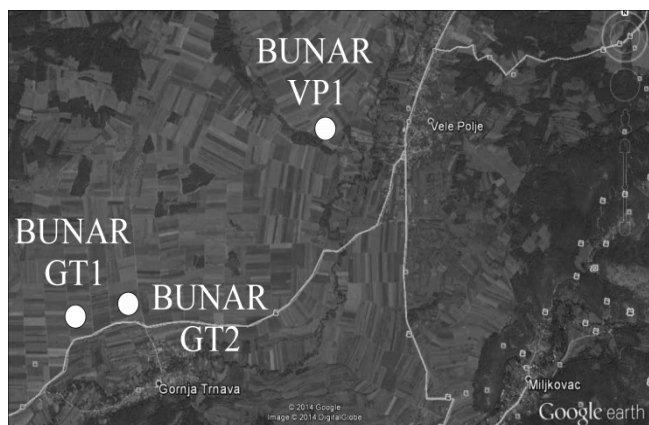
U ovom radu je dat prikaz hidrogeoloških istražnih radova izvršenih za potrebe analize količina i kvaliteta podzemnih voda za navodnjavanje poljoprivrednih površina u atarima sela Hum, Gornja Trnava i Vele Polje, deo dobijenih rezultata i postupak određivanja značajnih hidrodinamičkih parametara koji definišu karakteristike vodonosne sredine i izdašnost bunara. Ostali rezultati, prilozi, analize i proračuni se zbog obimnosti ne prilažu, a nalaze se u arhivi Laboratorije za Sanitarnu tehniku Građevinsko-arhitektonskog fakulteta u Nišu.

2. ISTRAŽIVANJE IZVORIŠTA PODZEMNIH VODA ZA POTREBE NAVODNJAVANJA NALOKALITETU GORNJA TRNAVA, VELE POLJE I HUM

2.1. LOKACIJA BUNARA

Sela Gornja Trnava i Vele Polje se nalaze u južnom delu Aleksinačke kotline na 16, odnosno 24 km severozapadno od centra Niša, a selo Hum se nalazi na rubu Niške kotline na oko 6.5 km severno od centra Niša.

Izvedeni bunari za potrebe navodnjavanja se nalaze u atarima sela Gornja Trnava (2 bunara), Vele Polje (1 bunar) i Hum (1 bunar), a njihova lokacija se može videti na slikama 1 i 2.



Slika 1 –Satelitski snimak položaja bunara GT-1 i GT-2 u ataru sela Gornja Trnava i bunara VP-1 u ataru sela Vele Polje („Google Earth“ 2014.)



Slika 2–Satelitski snimak položaja bunara BH-1 u ataru sela Hum („Google Earth“ 2014.)

2.2. IZVEDENI ISTRAŽNI RADOVI

Istražni radovi na bunarima GT-1 i GT-2 u Gornjoj Trnavi, VP-1 u Vele Polju i BH-1 u Humusu izvedeni u dve faze:

- Prva faza, izrada istražne bušotine sa karotažnim merenjima,
- Druga faza, pretvaranje istražne bušotine u eksploatacioni bunar.

Radove na izradi istražne bušotine i pretvaranju istražne bušotine u eksploatacioni bunar je izvelo preduzeće Geosonda - istražno busenje d.o.o iz Beograda. Bušenje je izvedeno sa dve bušaće garniture Geo-500, direktnim bušenjem, rotacionom metodom uz upotrebu čiste vode kao ispirnog fluida za bušenje.

Cilj karotažnih ispitivanja je bio litološko raščlanjavanje stuba bušotine, sa posebnim osvrtom na izdvajanje potencijalnih vodonosnih intervala. Primenjene su sledeće metode karotažnih ispitivanja: metoda specifične električne otpornosti, metoda tačkastog otpora, metoda sopstvenog potencijala, metoda prirodne radioaktivnosti i merenje temperature.

Karotažna ispitivanja istražnih bušotina izvedena su od strane „GEOING GROUP“ d.o.o. iz Beograda.

2.2.1. Istražni radovi na lokalitetu Gornja Trnava

Na lokalitetu Gornja Trnava izvedene su dve istražne bušotine IEBGT-1 i IEBGT-2, koje su pretvorene u eksploatacione bunare GT-1 i GT-2 (slika 1).

Bušotina IEBGT-1

Bušenje bušotine IEBGT-1 je izvedeno u periodu od 09.10.2013 - 17.10.2013 godine, do dubine od 94m sa prečnikom bušenja od 150 mm.

Po završetku bušenja istražne bušotine u njoj su izvedena geofizička karotažna merenja sa pet metoda. Na osnovu dobijenih podataka sačinjen je litološki profili bušotine (tabela 1) i izdvojeni su šljunkovito-peskoviti slojevi sa slobodnom vodom, u intervalima dubina 57.00 m do 62,20 m i od 82,40 m do 88,80 m.

Analizom rezultata dobljenih bušenjem i karotažnim merenjima odlučeno je da se može preći na izvođenje radova po drugoj fazi istraživanja odnosno bušenju istražno eksploatacionog bunara dubine 94m.

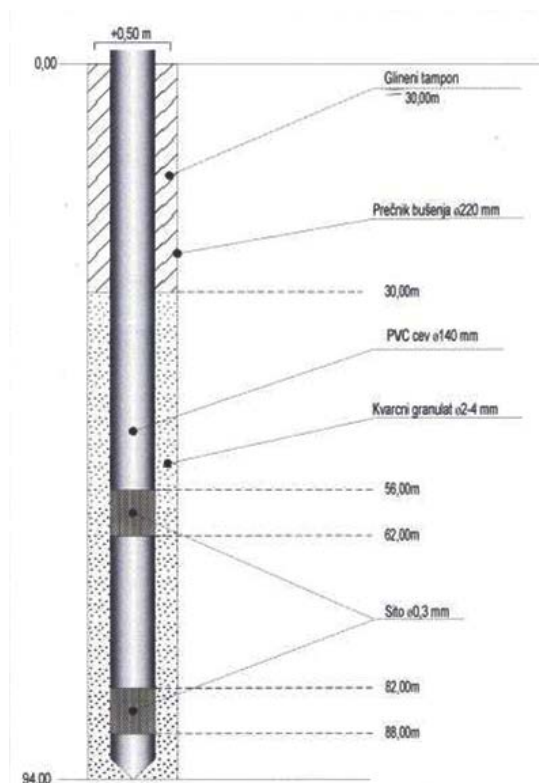
Tabela 1- Litološki profili bušotine IEBGT-1

Od	Do	Litološki opis
0.00	6.00	Nije mereno
8.00	16.60	Glina
16.60	20.00	Pesak šljunkovit
20.00	23.80	Glina
23.80	29.80	Šljunak peskovit
29.80	47.00	Glina
47.00	52.80	Glina peskovita
62.80	57.00	Glina
57.00	62.20	Pesak
62.20	82.40	Glina
82.40	88.80	Pesak
88.80	93.40	Glina

U drugoj fazi istraživanja bušenje bunara je izvedeno direktnim bušenjem, rotacionom metodom uz upotrebu čiste vode kao ispirnog fluida, proširenjem istražne bušotine na prečnik 250 mm do dubine od 94 m.

Nakon završetka bušenja izvršena je ugradnja bunarske konstrukcije od PVC cevi (rumaplast 12,5 bara) prečnika 140 mm i to (Slika 3):

- 94,00 - 88,00 taložnik
- 88,00 - 82,00 filter
- 82,00 - 62,00 nadfilterske cevi
- 62,00 - 56,00 filter
- 56,00 - +0,50 nadfilterske cevi



Slika 3–Bunarska konstrukcija bunara GT-1

Po završetku ugradnje bunarske konstrukcije pristupilo se zasipnju međuprostora između zida bušotine i bunarske cevi, kvarcnim granulatom 2-4 mm, uz istovremeno ispiranje bušotine, garniturskom pumpom, čistom vodom. Ispiranje garniturskom pumpom vršeno je sve dok bunar nije zasut kvarcnim granulatom u intervalu od 94,00 do 30,00m. Od 30,00m pa do površine terena bunar je zasut glinenim tamponom i priručnim materijalom.

Po završetku ugradnje zasipa u bunar je ugrađena potapajuća pumpa na dubini od 55m, kako bi se pristupilo ispiranju i razradi bunara.

Testiranjem bunara je utvrđeno da je izdašnost bunara $Q = 1,3$ l/sec sa sniženjem od 4 m. Utvrđeni statički nivo podzemne vode je na 33 m.

Potapajuća pumpa ukupno je radila 9h, a na kraju rada pumpe uzet je uzorak vode za skraćenu hemijsku analizu.

Bunar je završen 20.10.2013 god.

Bušotina IEBGT-2

Bušenje bušotine IEBGT-2 je izvedeno u periodu 09.10.2013 - 17.10.2013 godine do dubine od 92 m sa prečnikom bušenja od 150 mm.

Po završetku bušenja istražne bušotine u istoj su izvedena geofizička karotažna merenjasa pet operacija. Na osnovu dobijenih podataka sačinjen je litološki profili i izdvojeni su u plićem delu bušotine, šljunkovito-peskoviti slojevi, slabih filtracionih karakteristika, sloj peščara sa mogućim prisustvom prslina i kolektorskim karakteristikama i slojevi zaglinjenih peskova u najdubljem delu bušotine, sa umanjenim filtracionim karakteristikama.

Tabela 2- Litološki profili bušotine IEBGT-2

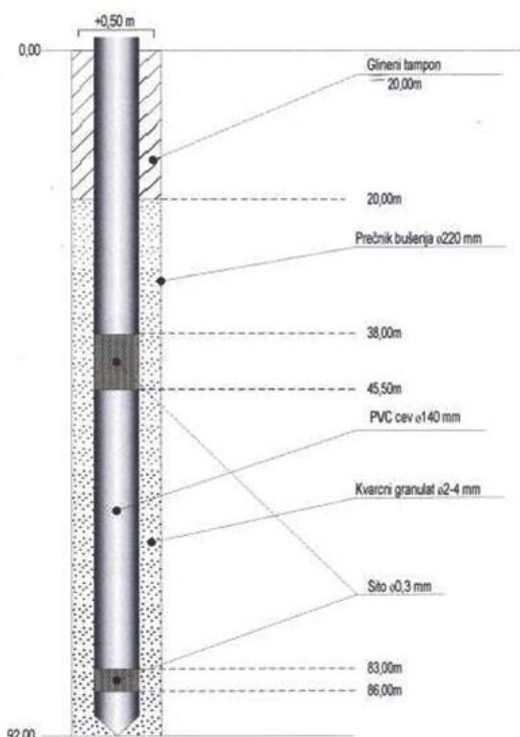
Od	Do	Litološki opis
0.00	8.00	Nije mereno
8.00	10.00	Glina
10.00	14.50	Pesak šljunkovit
14.50	24.20	Glina
24.20	29.80	Šljunak peskovit
29.80	38.50	Glina
38.50	44.50	Peščar
44.50	76.50	Glina peskovita
76.50	79.80	Pesak glinovit
79.80	82.70	Glina
82.70	86.30	Pesak glinovit
86.30	94.00	Glina

Analizom rezultata dobijenih bušenjem i karotažnim merenjima odlučeno je da se može preći na izvođenje radova po drugoj fazi istraživanja, odnosno bušenju istražno eksploatacionog bunara do dubine od 92m.

U drugoj fazi istraživanja bušenje bunara je izvedeno direktnim bušenjem rotacionom metodom uz upotrebu čiste vode kao ispirnog fluida, proširenjem istražne bušotine na prečnik 220 mm do dubine od 92,00 m.

Nakon završetka bušenja izvršena je ugradnja bunarske konstrukcije od PVC cevi (rumaplast 12,5 bara) prečnika 140 mm i to (Slika 5):

- 92,00 - 86,00 taložnik
- 86,00 - 83,00 filter
- 83,00 - 45,50 nadfilterske cevi
- 45,00 - 38,00 filter
- 38,00 - +0,50 nadfilterske cevi



Slika 4 – Bunarska konstrukcija bunara GT-2

Po završetku ugradnje bunarske konstrukcije pristupilo se rasipanju međuprostora između zida bušotine i bunarske cevi kvarcnim granulatom 2-4 mm, uz istovremeno ispiranje bušotine garniturskom pumpom, čistom vodom. Ispiranje garniturskom pumpom vršeno je sve dok bunar nije zasut kvarcnim granulatom od 92,00 do 20,00 m. Od 20 m pa do površine terena bunar je zasut glinenim tamponom i priručnim materijalom.

Po završetku zasipanja bunara, u bunar je ugrađena potapajuća pumpa na dubini od 56m, kako bi se pristupilo ispiranju i razradi bunara.

Testiranjem bunara je utvrđeno da je izdašnost bunara $Q = 0,6$ l/sec sa sniženjem nivoa od 7,00 m. Utvrđeni statički nivo podzemne vode je 46,00 m.

Potapajuća pumpa ukupno je radila 12h, a na kraju rada pumpe uzet je uzorak vode za skraćenu hemijsku analizu vode.

Bunar završen 23.10.2013 god.

2.2.2. Istražni radovi na lokalitetu Vele Polje

Na lokalitetu Vele Polje izvedena je jedna istražna bušotina IEBVP-1, koja je pretvorena u istražni bunar VP-1 (slika 1).

Bušotina IEBVP-1

Bušenje bušotine IEBVP-1 je izvedeno u periodu od 24.10.2013 – 02.11.2013. godine do dubine od 91 m sa prečnikom bušenja od 150 mm.

Po završetku bušenja istražne bušotine u istoj su izvedena geofizička karotažna merenja sa pet operacija. Na osnovu dobijenih karotažnih podataka sačinjen je litološki profil (tabela 4).

Teren kroz koji prolazi bušotina, prema prikazanom litološkom profilu, izgrađen je od: glinoviti i peskoviti tvorevina. Do dubine od 8,0 m nije vršeno registrovanje podataka. Od 8,0 m do 69,00 m registrovano je naizmenično smenjivanje glinoviti i peskoviti sedimenata. Slojevi peskova su pretežno glinoviti i slabijih filtracionih karakteristika ali je moguća pojava slobodne vode u ovim intervalima. Od 69,00 m do 75,00 m konstatovan je sloj peska koji se indicira visokim vrednostima električne otpornosti i otpora i nižim intenzitetom prirodne radioaktivnosti u odnosu na okolnu sredinu. Prema granulometrijskom sastavu ovaj interval ima postupan prelaz od sitnozrnim ka srednjezrnim frakcijama. Ispod 75,00 m do konačne dubine bušenja, konstatovani su glinoviti sedimenti.

Tabela 3- Litološki profili bušotine IEBVP-1

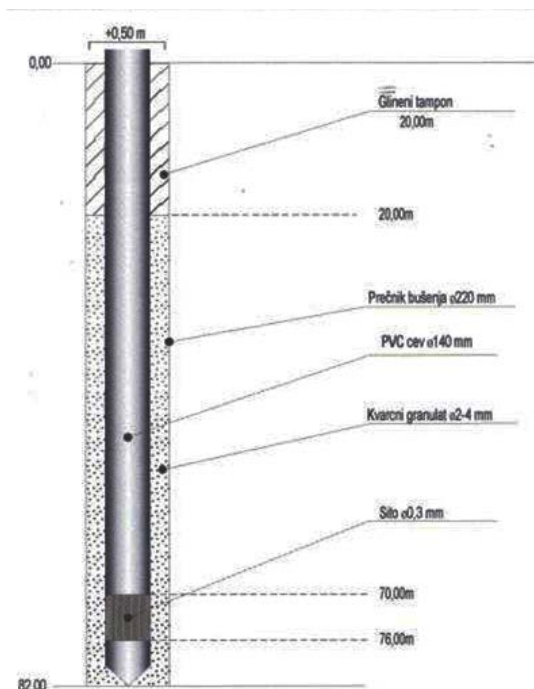
Od	Do	Litološki opis
0.00	8.00	Nile mereno
8.00	12.40	Glina
12.40	15.10	Pesak šljunkovit
15.10	20.10	Glina
20.10	22.00	Pesak glinovit
22.00	30.00	Glina
30.00	31.00	Pesak glinovit
31.00	34.00	Glina
34.00	35.20	Pesak glinovit
35.20	36.80	Glina
36.80	37.80	Pesak šljunkovit
37.80	45.00	Glina
45.00	47.30	Pesak glinovit
47.30	49.10	Glina peskovita
49.10	69.00	Glina
69.00	75.00	Pesak
75.00	91.00	Glina

Analizom rezultata dobijenih bušenjem i karotažnim merenjima odlučeno je da se može preći na izvođenje radova po drugoj fazi istraživanja, odnosno pristupiti bušenju istražno eksploatacionog bunara dubine 82 m.

U drugoj fazi istraživanja bušenje bunara je izvedeno direktnim bušenjem, rotacionom metodom uz upotrebu čiste vode kao ispirnog fluida, proširenjem istražne bušotine na prečnik 250 mm do dubine od 82 m.

Nakon završetka bušenja, izvršena je ugradnja bunarske konstrukcije od PVC cevi (rumaplast 12,5 bara) prečnika 140 mm (slika 5) i to:

- 82,00 - 76,00 taložnik
- 76,00 - 70,00 filter
- 70,00 - +0,50 nadfilterske cevi



Slika 5–Bunarska konstrukcija IEBVP-1

Po završetku ugradnje bunarske konstrukcije pristupilo se zasipnju međuprostora između zida bušotine i bunarske cevi, kvarcnim granulatom 2 - 4 mm, uz istovremeno ispiranje bušotine, garniturskom pumpom, čistom vodom. Ispiranje garniturskom pumpom vršeno je sve dok bunar nije zasut kvarcnim granulatom u intervalu od 82,00 do 20,00 m. Od 20,00 m pa do površine terena bunar je zasut glinenim tamponom i priručnim materijalom.

Po završetku ugradnje zasipa u bunar je ugrađena potapajuća pumpa na dubini od 55 m, kako bi se pristupilo ispiranju i razradi bunara.

Testiranjem bunara je utvrđeno da je izdašnost bunara $Q = 0,6$ l/sec sa sniženjem od 7 m. Utvrđeni statički nivo podzemne vode je 50 m.

Potapajuća pumpa je ukupno radila 19 h, a na kraju rada pumpe uzet je uzorak vode za skraćenu hemijsku analizu.

Bunar je završen 02.11.2013 god.

2.2.3. Istražni radovi na lokalitetu Hum

Na lokalitetu Hum izvedena je jedna istražna bušotina IEBH-1, koja je pretvorena u istražni bunar BH-1 (slika 2).

Bušotina IEBH-1

Bušenje bušotine IEBH-1 je izvedeno u periodu od 21.10.2013 – 25.10.2013 godine do dubine od 98 m, sa prečnikom bušenja od 150 mm.

Po završetku bušenja istražne bušotine u istoj su izvedena geofizička karotažna merenja sa pet operacija. Na osnovu dobijenih podataka sačinjen je litološki profili bušotine i izdvojeni su peskoviti slojevi sa različitim filtracionim karakteristikama, od kojih najpovoljnije filtracione karakteristike ima interval od 69.80 m do 77.50 m.

Tabela 4- Litološki profili bušotine IEBH-1

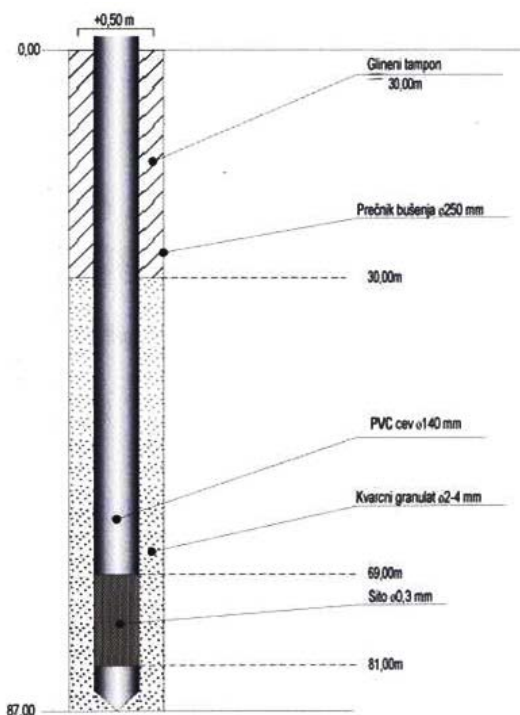
Od	Do	Litološki opis
0.00	8.00	Nije mereno
8.00	14.20	Glina peskovita
14.20	15.20	Glina
15.20	16.20	Pesak
16.20	20.20	Glina
20.20	21.20	Pesak
21.20	26.30	Glina
26.30	30.30	Pesak
30.30	69.80	Glina peskovita
69.80	77.50	Pesak
77.50	80.10	Glina
80.10	81.60	Pesak
81.60	86.00	Glina
86.00	90.40	Pesak
90.40		Glina peskovita

Analizom rezultata dobijenih bušenjem i karotažnim merenjima odlučeno je da se može preći na izvođenje radova po drugoj fazi istraživanja, odnosno pristupiti bušenju istražno eksploatacionog bunara dubine 87 m.

U drugoj fazi istraživanja bušenje bunara je izvedeno direktnim bušenjem, rotacionom metodom uz upotrebu čiste vode kao ispirnog fluida, proširenjem istražne bušotine na prečnik 250 mm do dubine od 87 m.

Nakon završetka bušenja, izvršena je ugradnja bunarske konstrukcije od PVC cevi (rumaplast 12,5 bara) prečnika 140 mm (slika 6) i to:

- 87,00 - 81,00 taložmk
- 81,00 - 69,00 filter
- 69,00 - +0,50 nadfilterske cevi



Slika 6 – Bunarska konstrukcija IEBH-1

Po završetku ugradnje bunarske konstrukcije pristupilo se zasipnju međuprostora između zida bušotine i bunarske cevi, kvarcnim granulatom 2 - 4 mm, uz istovremeno ispiranje bušotine, garniturskom pumpom, čistom vodom. Ispiranje garniturskom pumpom vršeno je sve dok bunar nije zasut kvarcnim granulatom u intervalu od 87,00 do 30,00 m. Od 30,00 m pa do površine terena bunar je zasut glinenim tamponom i priručnim materijalom.

Po završetku ugradnje zasipa u bunar je ugrađena potapajuća pumpa na dubini od 55 m, kako bi se pristupilo ispiranju i razradi bunara.

Testiranjem bunara je utvrđeno da je izdašnost bunara $Q = 0,8$ l/sec sa sniženjem od 15 m. Utvrđeni statički nivo podzemne vode je na 34 m.

Potapajuća pumpa je ukupno radila 19 h, a na kraju rada pumpe uzet je uzorak vode za skraćenu hemijsku analizu.

Bunar je završen 01.11.2013 god.

2.3. KVALITET VODE IZ BUNARA ZA NAVODNJAVANJE NA LOKALITETU GORNJA TRNAVA, VELE POLJE I HUM

Na osnovu raspoloživih skraćenih hemijskih analiza vode iz bunara, koje je uradio Rudarsko-geološki fakultet iz Beograda - Hidrohemijska laboratorija, izračunate su vrednosti SAR i EC i na osnovu Dijagrama za klasifikaciju voda je izvršena klasifikacija voda za navodnjavanje (Tabela 9). Raspoložive podatke o kvalitetu vode treba uzeti sa određenom rezervom s obzirom na uslove i period uzimanja uzorka.

Tabela 5- Klasifikacija podzemnih voda iz bunara za navodnjavanje

	Gornja Trnava GT-1	Gornja Trnava GT-2	Hum BH-1	Vele Polje VP-1
pHc	7	7.5	7.5	7.1
SAR _{KOR}	12.94	14.59	12.28	15.68
EC	400	790	780	590
Klasa	C2-S2	C3-S3	C3-S3	C2-S3

Gornja Trnava (bunar GT-1) – klasa C2-S2 - Srednji kvalitet vode za navodnjavanje. Korišćenje vode je sa predostrožnošću. potrebno je odvodnjavati i ispirati zemljište i/ili dodavati gips.

Gornja Trnava (bunar GT-2) – klasa C3-S3 - Loš kvalitet vode za navodnjavanje. Može se koristiti samo sa velikom predostrožnošću na lakim i dobro dreniranim zemljištima. Potrebno je neizostavno ispiranje i unošenje gipsa.

Hum (bunar BH-1) – klasa C3-S3 - Loš kvalitet vode za navodnjavanje. Može se koristiti samo sa velikom predostrožnošću na lakim i dobro dreniranim zemljištima. potrebno je neizostavno ispiranje i unošenje gipsa.

Vele Polje (bunar VP-1) – klasa C2-S3 - Osrednji do loš kvalitet vode za navodnjavanje. Isključuju se osetljive biljke i teška zemljišta. Korišćenje vode je sa velikom predostrožnošću na lakim i dobro dreniranim zemljištima sa ispiranjem i/ili unošenjem gipsa.

2.4. ANALIZA REZULTATA IZVRŠENIH ISTRAŽNIH RADOVA NA LOKALITETU GORNJA TRNAVA, VELE POLJE I HUM

U okviru izvršenih hidrogeoloških istraživanja izvedena su četiri eksploataciona bunara, jedan u ataru

sela Hum (optimalni režim rada sa kapacitetom 0.3 l/s), dva u ataru sela Gornja Trnava (optimalni režim rada sa kapacitetom 1.4 i 0.9 l/s) i jedan u ataru sela Vele Polje (optimalni režim rada sa kapacitetom 0.3 l/s).

Obzirom da se u atarima sela Hum, Gornja Trnava i Vele Polje planirane za navodnjavanje značajne poljoprivredne površine od od cca 50 ha (atar sela Hum cca 7.7 ha, atar sela Gornja Trnava cca 17.1 ha, atar sela Vele Polje cca 25 ha), relativno skromne količine (ukupno 2.9 l/s) i kvalitet podzemnih voda iz izvedenih eksploatacionih bunara samo delimično mogu da zadovolje potrebe za navodnjavanjem planiranih površina.

Iz tih razloga pre izrade tehničke dokumentacije sistema za navodnjavanje planiranih poljoprivrednih površina u atarima sela Hum, Gornja Trnava i Vele Polje predloženi su dopunski istražni radovi kojima bi se izvršila provera, pre svega, kapaciteta izvedenih eksploatacionih bunara.

3. DOPUNSKA ISTRAŽIVANJA IZVORIŠTA PODZEMNIH VODA ZA POTREBE NAVODNJAVANJANA LOKALITETU GORNJA TRNAVA, VELE POLJE I HUM

3.1. PROBNO CRPLJENJE NA LOKALITETU GORNJA TRNAVA, VELE POLJE I HUM

Jedna od osnovnih karakteristika eksploatacionog bunara je njegova izdašnost, odnosno kapacitet. To je količina podzemne vode koja se može crpeti u jedinici vremena. Izdašnost bunara zavisi od konstrukcije bunara, karakteristika vodonosnog sloja i od opštih hidrogeoloških uslova vodonosne sredine.

U cilju provere rezultata dobijenih istražnim radovima i definisanja optimalnog kapaciteta izvedenih eksploatacionih bunara GT-1 i GT-2 u Gornjoj Trnavi, VP-1 u Vele Polju i BH-1 u Humu izvršena su naknadna testiranja, odnosno dopunski istražni radovi na bunarima. Dopunske istražne radove je izvelo preduzeće „Hidrogeocentar“ d.o.o. u periodu od 10.03.2014. godine do 24.03.2014. godine.

Na izvedenim eksploatacionim bunarima su izvedeni testovi probnog crpljenja, koji predstavljaju kontrolisane terenske eksperimente u cilju utvrđivanja hidrauličkih karakteristika toka vode u vodonosnom sloju.

Na osnovu analize rezultata prikupljenih tokom izvođenja kratkotrajnog opita crpenja proračunom se

određuju hidrogeološke karakteristike vodonosne sredine, kao i hidrogeološki parametri bunara i optimalni režim eksploatacije, dok se na osnovu rezultata prikupljenih tokom izvođenja dugotrajnog testa, vrši provera karakteristika dobijenim putem proračuna.

Za definisanje optimalnog kapaciteta eksploatacije podzemnih voda sa 4 izvedena eksploataciona bunara u atarima sela Hum, Gornja Trnava i Vele Polje, izvedenasu ukupno 4 kratkotrajna i 3 dugotrajna testa crpenja na bunarima.

Rezultati prikupljeni tokom izvođenja opita probnog crpenja obrađeni su grafoanalitičkim postupkom. Metoda obrade podataka opitnog crpenja u obliku dijagrama $S = f(\log t)$ poznata je u literaturi kao metoda Džekoba (Jacob) i primenjuje se na podatke opitnog crpenja sa konstantnim proticajem iz usamljenog savršenog bunara. Ovom metodom mogu se obraditi podaci koji se odnose na bunar i pijezometre koji se nalaze u tranzitnoj zoni strujnog polja.

Na osnovu rezultata opita probnog crpenja, metodom $S = f(\log t)$, određuju su filtracione karakteristike vodonosne sredine: koeficijent vodoprovodnosti (transmisibilnost) T (m^2/s) i koeficijent filtracije K (m/s), prema izrazima:

$$T = \frac{0,183 \cdot Q}{S_2 - S_1} \cdot \log \frac{t_2}{t_1} \quad [m^2/s] \quad (1)$$

$$K = \frac{T}{M} \quad [m/s] \quad (2)$$

Pri određivanju maksimalnog proticaja pri eksploataciji bunara prevashodno je potrebno voditi računa o obezbeđenju filtracione stabilnosti prifilterske zone bunara i obezbeđenju laminarnog režima strujanja. Na osnovu prvog uslova određuje se dozvoljena ulazna brzina po kriterijumu modifikovanog Ziharta, koji glasi:

$$V_d = \frac{\sqrt{K}}{30} \quad (3)$$

Maksimalna količina vode koja se može zahvatiti, a da se ne naruši filtraciona stabilnost iznosi:

$$Q_{\max ul. brz.} = V_d \cdot M \cdot D_b \cdot \pi \quad (4)$$

Pored navedenih parametara, poseban značaj pri lociranju probno – eksploatacionih bunara ima radijus depresije R , koji se određuje preko formule Ziharta:

$$R = 3000 \cdot S \cdot \sqrt{K} \quad (5)$$

3.1.1. Testiranje bunara GT-1

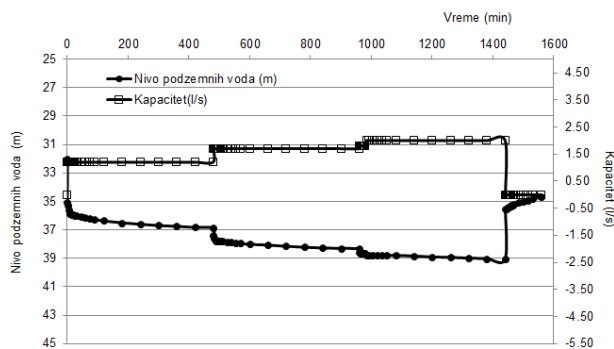
Crpenje je izvedeno električnom potapajućom pumpom koja se nalazila na dubini od 45 m. Pre izvođenja testa, izmeren je statički nivo podzemnih voda koji se nalazio na 32,00 m ispod površine terena.

Testiranje bunara izvedeno je sa tri kapaciteta $Q_1 = 1,17$ l/s, $Q_2 = 1,66$ l/s i $Q_3 = 2,00$ l/s. Crpenje je započelo dana 10.03.2014. godine u 1800 i ukupno je trajalo 24 časa. Kapacitet pumpe je određen i kontrolisan zapreminskom metodom. U tabeli 5 su prikazani podaci o kapacitetu crpenja, dužini trajanja opita i zabeleženoj depresiji.

Tabela 6- Kapacitet crpenja sa dužinom trajanja i zabeleženoj depresiji na bunaru GT-1

Sniženje	Q (l/s)	S (m)	t (min)	q (l/s/m)
Q ₁	1.17	4.87	480	0.240
Q ₂	1.66	6.33	480	0.262
Q ₃	2.00	7.06	480	0.283

Po prestanku crpljenja pristupilo se praćenju povratka nivoa vode u bunaru. Povratak nivoa je praćen ukupno 2 časa.



Slika 7 - Rezultati kratkotrajnog opita probnog crpljenja na bunaru GT-1

Na osnovu rezultata opita probnog crpenja, prema izrazima (1) i (2), određene su filtracione karakteristike vodonosne sredine: koeficijent vodoprovodnosti (transmisibilnost) T i koeficijent filtracije K:

$$T = 3,6 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 / \text{s}$$

$$K = 3,43 \cdot 10^{-5} \text{ m} / \text{s}$$

gde je:

prvo sniženje $Q_1 = 1,17$ l/s ($0,00117 \text{ m}^3/\text{s}$)

$S_1 = 3,8$ m

$S_2 = 4,8$ m

$$t_1 = 10 \text{ min}$$

$$t_2 = 480 \text{ min}$$

$$M = 10,5 \text{ m (ukupna debljina vodonosnog sloja)}$$

Dobijena vrednost kritične (dozvoljene) brzine, prema izrazu (3) iznosi:

$$V_d = 1,95 \cdot 10^{-4} \text{ m} / \text{s}$$

Maksimalna količina vode koja se može zahvatiti, a da se ne naruši filtraciona stabilnost, prema izrazu (4) iznosi:

$$Q_{\text{max ul. brz.}} = 1,4 \text{ l/s}$$

gde je:

M - debljina kaptiranog sloja (10,5 m)

D_b - prečnik bušenja (220 mm)

Nakon određivanja maksimalne količine vode potapajuća pumpa je nameštena za kapacitet $Q = 1,3$ l/s i dana 11.03.2014. godine u 20⁰⁰ je započet test u trajanju 45 časa. Nakon prestanka crpenja meren je povraćaj nivoa. Nakon 45 časa eksploatacije sa 1,3 l/s nivo podzemnih voda se nalazio na $H_d = 37,93$ m dubine, pri čemu je depresija iznosila $S = 5,93$ m.,

Radius depresije R, prema izrazu (5) iznosi:

$$R = 104,19 \text{ m}$$

3.1.2. Testiranje bunara GT-2

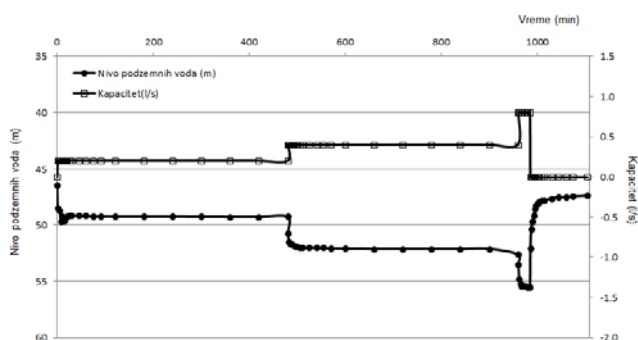
Crpenje je izvedeno električnom potapajućom pumpom koja se nalazila na dubini od 60 m. Pre izvođenja testa, izmeren je statički nivo podzemnih voda koji se nalazio na 46,43 m ispod površine terena.

Testiranje bunara izvedeno je sa tri kapaciteta $Q_1 = 0,19$ l/s, $Q_2 = 0,43$ l/s i $Q_3 = 0,80$ l/s. Crpenje je započelo dana 18.03.2014. godine u 17⁰⁰ i ukupno je trajalo 16 časa i 25 minuta. Kapacitet pumpe je određen i kontrolisan zapreminskom metodom. Nakon 16 časa i 25 minuta kratkotrajnog testa, tj. prelaskom na $Q_3 = 0,8$ l/s došlo je do naglog zamućenja podzemnih voda. Ustanovljeno je da bunar nije ispran (i razrađen) od nečistoća. Iz bezbednosnih razloga test je prekinut. Treba napomenuti da je tokom prvog i drugog sniženja dolazilo do malog zamućenja podzemnih voda što nije smetalo eksploataciji podzemnih voda. U tabeli su prikazani podaci o kapacitetu crpenja, dužini trajanja opita i zabeleženoj depresiji.

Tabela 7- Kapacitet crpenja sa dužinom trajanja i zabeleženoj depresiji na bunaru GT-2

Sniženje	Q (l/s)	S (m)	t (min)	q (l/s/m)
Q ₁	0,19	2,82	480	0,067
Q ₂	0,43	5,63	480	0,076
Q ₃	0,80	-	25	-

Po prestanku crpljenja pristupilo se praćenju povratka nivoa vode u bunaru. Povratak nivoa je praćen ukupno 2 časa.



Slika 8- Rezultati kratkotrajnog opita probnog crpljenja na bunaru GT-2

Na osnovu rezultata opita probnog crpenja, prema izrazima (1) i (2), određene su filtracione karakteristike vodonosne sredine: koeficijent vodoprovodnosti (transmisibilnost) T i koeficijent filtracije K:

$$T = 3,9 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 / \text{s}$$

$$K = 1,3 \cdot 10^{-4} \text{ m} / \text{s}$$

gde je:

prvo sniženje Q₁ = 0,19 l/s (0,00019 m³/s)

S₁ = 2,7 m

S₂ = 2,85 m

t₁ = 10 min

t₂ = 480 min

M = 3 m (ukupna debljina vodonosnog sloja)

Dobijena vrednost kritične (dozvoljene) brzine, prema izrazu (3) iznosi:

$$V_d = 3,80 \cdot 10^{-4} \text{ m} / \text{s}$$

Maksimalna količina vode koja se može zahvatiti, a da se ne naruši filtraciona stabilnost, prema izrazu (4) iznosi:

$$Q_{\text{max. ul. brz.}} = 0,9 \text{ l/s}$$

gde je:

M - debljina kaptiranog sloja (3,0 m)

D_b – prečnik bušenja (250 mm)

3.1.3. Testiranje bunara VP-1

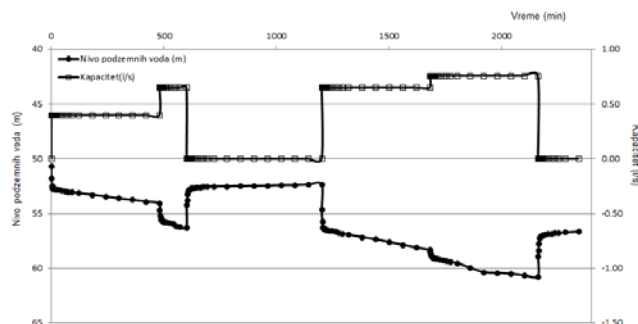
Crpenje je izvedeno električnom potapajućom pumpom koja se nalazila na dubini od 65 m. Pre izvođenja testa, izmeren je statički nivo podzemnih voda koji se nalazio na 50,64 m ispod površine terena.

Testiranje bunara izvedeno je sa tri kapaciteta Q₁ = 0,40 l/s, Q₂ = 0,65 l/s i Q₃ = 0,76 l/s. Crpenje je započelo dana 14.03.2014. godine u 11⁰⁰ i ukupno je trajalo 26 časova, a po njegovom prestanku praćen je povratak nivoa vode u trajanju 13 časova. Kapacitet pumpe je određen i kontrolisan zapreminskom metodom. U tabeli su prikazani podaci o kapacitetu crpenja, dužini trajanja opita i zabeleženoj depresiji.

Tabela 8- Kapacitet crpenja sa dužinom trajanja i zabeleženoj depresiji na bunaru VP-1

Sniženje	Q (l/s)	S (m)	t (min)	q (l/s/m)
Q ₁	0,40	3,41	480	0,117
Q ₂	0,65	5,65	600	0,085
Q ₃	0,76	10,11	480	0,075

Po prestanku crpljenja pristupilo se praćenju povratka nivoa vode u bunaru. Povratak nivoa je praćen ukupno 13 časova.



Slika 9- Rezultati kratkotrajnog opita probnog crpljenja na bunaru VP-1

Na osnovu rezultata opita probnog crpenja, prema izrazima (1) i (2), određene su filtracione karakteristike vodonosne sredine: koeficijent vodoprovodnosti (transmisibilnost) T i koeficijent filtracije K:

$$T = 3,09 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2 / \text{s}$$

$$K = 5,73 \cdot 10^{-6} \text{ m} / \text{s}$$

gde je:

prvo sniženje Q₁ = 0,4 l/s (0,0004 m³/s)

$S_1 = 2,5 \text{ m}$
 $S_2 = 3,4 \text{ m}$
 $t_1 = 200 \text{ min}$
 $t_2 = 480 \text{ min}$
 $M = 5,4 \text{ m}$ (ukupna debljina vodonosnog sloja)

Dobijena vrednost kritične (dozvoljene) brzine, prema izrazu (3) iznosi:

$$V_d = 7,98 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}$$

Maksimalna količina vode koja se može zahvatiti, a da se ne naruši filtraciona stabilnost, prema izrazu (4) iznosi:

$$Q_{\text{max ul. brz.}} = 0,31 \text{ l/s}$$

gde je:

M - debljina kaptiranog sloja (5,4 m)
 D_b – prečnik bušenja (220 mm)

Nakon određivanja maksimalne količine vode potapajuća pumpa je nameštena za kapacitet $Q=0,44 \text{ l/s}$ i dana 16.03.2014. godine u 09⁰⁰ je započeo test u trajanju 48 časova. Posle 24 sati eksploatacije, nivo podzemnih voda je imao tendenciju opadanja, i usled toga je kapacitet smanjen na 0,22 l/s. Nakon prestanka crpenja meren je povraćaj nivoa. Nakon 24 časa eksploatacije sa 0,2 l/s nivo podzemnih voda se nije ustalio.

3.1.4. Testiranje bunara BH-1

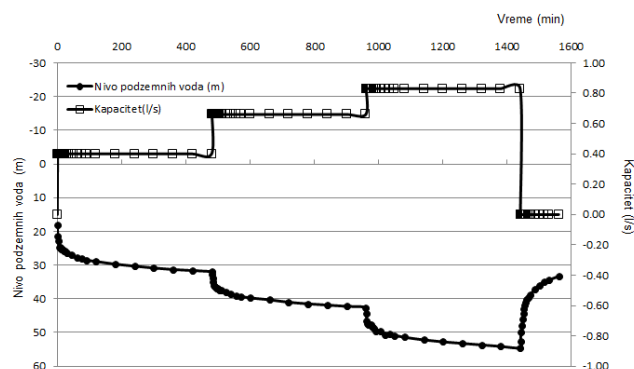
Crpenje je izvedeno električnom potapajućom pumpom koja se nalazila na dubini od 50 m. Pre izvođenja testa, izmeren je statički nivo podzemnih voda koji se nalazio na 18,20 m ispod površine terena.

Testiranje bunara izvedeno je sa tri kapaciteta $Q_1 = 0,40 \text{ l/s}$, $Q_2 = 0,66 \text{ l/s}$ i $Q_3 = 0,86 \text{ l/s}$. Crpenje je započelo dana 19.03.2014. godine u 19⁰⁰ i ukupno je trajalo 24 časova. Kapacitet pumpe je određen i kontrolisan zapreminskom metodom. U tabeli su prikazani podaci o kapacitetu crpenja, dužini trajanja opita i zabeleženoj depresiji.

Tabela 9- Kapacitet crpenja sa dužinom trajanja i zabeleženoj depresiji na bunaru BH-1

Sniženje	Q (l/s)	S (m)	t (min)	q (l/s/m)
Q ₁	0,40	13,75	480	0,029
Q ₂	0,66	24,35	480	0,027
Q ₃	0,83	36,30	480	0,023

Po prestanku crpljenja pristupilo se praćenju povratka nivoa vode u bunaru. Povratak nivoa je praćen ukupno 2 časa.



Slika 10–Rezultati kratkotrajnog opita probnog crpljenja na bunaru BH-1

Na osnovu rezultata opita probnog crpenja, prema izrazima (1) i (2), određene su filtracione karakteristike vodonosne sredine: koeficijent vodoprovodnosti (transmisibilnost) T i koeficijent filtracije K :

$$T = 1,76 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2 / \text{s}$$

$$K = 1,93 \cdot 10^{-6} \text{ m/s}$$

gde je:

prvo sniženje $Q_1 = 0,40 \text{ l/s}$ (0,0004 m³/s)

$S_1 = 6,4 \text{ m}$

$S_2 = 13,4 \text{ m}$

$t_1 = 10 \text{ min}$

$t_2 = 480 \text{ min}$

$M = 9,1 \text{ m}$ (ukupna debljina vodonosnog sloja)

Dobijena vrednost kritične (dozvoljene) brzine, prema izrazu (3) iznosi:

$$V_d = 4,63 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}$$

Maksimalna količina vode koja se može zahvatiti, a da se ne naruši filtraciona stabilnost, prema izrazu (4) iznosi:

$$Q_{\text{max ul. brz.}} = 0,31 \text{ l/s}$$

gde je:

M - debljina kaptiranog sloja (9,1 m)

D_b – prečnik bušenja (250 mm)

Nakon određivanja maksimalne količine vode potapajuća pumpa je nameštena za kapacitet $Q=0,30 \text{ l/s}$ i dana 20.03.2014. godine u 21⁰⁰ je započeo test. Nakon 10 sati utvrđeno je da se nivo tokom eksploatacije vraća, tj. ne opada. Pumpa je ugašena na 1 sat radi povratka, a u 8⁰⁰ povećan kapacitet na 0,5 l/s. Nakon prestanka crpenja, tj. 36 časova, meren je

povraćaj nivoa. Nakon 36 časova eksploatacije sa 0,5 l/s nivo podzemnih voda se nalazio na $H_d = 44,33$ m dubine, pri čemu je depresija iznosila $S = 26,13$ m.

Radijus depresije R , prema izrazu (5) iznosi:

$$R = 109,74 \text{ m}$$

3.2. ANALIZA REZULTATA DOPUNSKIH ISTRAŽNIH RADOVA NA LOKALITETU GORNJA TRNAVA, VELE POLJE I HUM

Obradom podataka za 4 kratkotrajna i 3 dugotrajna testa crpenja dobijeni su sledeći podaci:

Tabela 10- Kratkotrajni test crpenja

Oznaka bunara	T (m ² /s)	K (m/s)	V _d (m/s)	Q _{max} (l/s)
GT-1	3,60 * 10 ⁻⁴	3,43 * 10 ⁻⁵	1,95 * 10 ⁻⁴	1,40
GT-2	3,90 * 10 ⁻⁴	1,30 * 10 ⁻⁴	3,80 * 10 ⁻⁴	0,90
VP-1	3,09 * 10 ⁻⁵	5,73 * 10 ⁻⁶	7,98 * 10 ⁻⁵	0,30
BH-1	1,76 * 10 ⁻⁵	1,93 * 10 ⁻⁶	4,63 * 10 ⁻⁵	0,30

Tabela 11- Dugotrajni test crpenja

Oznaka bunara	Q (l/s)	H _d (m)	S (m)	R (m)
GT-1	1,3	37,93	5,93	104,19
VP-1	0,2	62,02	-	-
BH-1	0,5	44,33	26,13	109,74

Dopunska istraživanja su potvrdila relativno skromne količine (ukupno 2.9 l/s) podzemnih voda iz izvedenih eksploatacionih bunara, ali su ukazala na određene probleme u eksploataciji bunara (zamućenje bunara, nivo vode se ne ustaljuje posle dužeg vremenskog perioda, značajna depresija pri dugotrajnom testu crpljenja), posebno bunara GT-2 i VP-1, što ukazuje na neadekvatnu razradu bunara, pa se preporučuje da se izvrši adekvatna razrada bunara, pre njihovog puštanja u eksploataciju.

Dobijeni rezultati dopunskih istraživanja su potvrdili da se radio relativno skromnim količinama podzemnih voda iz izvedenih bunara, koje samo delimično mogu da zadovolje potrebe za navodnjavanjem poljoprivrednih površina u atarima sela Gornja Trnava, Vele Polje i Hum (cca 50 ha) i ukazali na neophodnost obezbeđenja dodatnih količina vode za navodnjavanje poljoprivrednih površina iz novih izvorišta u budućnosti.

4. ZAKLJUČAK

U ovom radu je dat prikaz hidrogeoloških istražnih radova izvršenih za potrebe navodnjavanja poljoprivrednih površina u atarima sela Hum, Gornja Trnava i Vele Polje i postupak određivanja značajnih hidrodinamičkih parametara koji definišu karakteristike vodonosne sredine i izdašnost bunara i analizirane su količine i kvalitet podzemnih voda za navodnjavanje navedenih poljoprivrednih površina.

Dobijeni rezultati predstavljaju dobru osnovu i putokaz za dalja istraživanja neophodna za projektovanje sistema navodnjavanja na poljoprivrednim površinama u atarima sela Gornja Trnava, Vele Polje i Hum. U cilju dalje realizacije projekta navodnjavanja poljoprivrednih površina potrebno je izvršiti dodatne istražne radove kako bi se osigurali podaci o stanju tla (poroznost, mehanicki sastav zemljišta, vodne konstante potrebne za proračun norme zalivanja: poljski vodni kapacitet, lentokapilarna tačka, tačka trajnog venuca) i podzemnih voda (kapacitet bunara, pokazatelji kvaliteta vode za navodnjavanje) kao osnovnih elemenata za sprovođenje navodnjavanja, kao i podaci potrebni za hidrotehničko rešenje i projektovanje objekata.

Uzimajući u obzir dobijene rezultate istražnih radova i dopunskih istražnih radova, iako se oni moraju shvatiti kao preliminarni i kao putokaz za dalja istraživanja, može se zaključiti da su količina i kvalitet podzemnih voda iz izvedenih eksploatacionih bunara skromne i da samo delimično mogu da zadovolje potrebe za navodnjavanjem predmetnih poljoprivrednih površina i da je u budućnosti neophodno obezbediti dodatne količine vode za navodnjavanje iz novih izvorišta.

ZAHVALNOST

Istraživanja prezentovana u ovom radu finansirana su od strane Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije, u okviru projekta "Razvojsistemapodrškeodlučivanjuzapotrebeintegralnogupravljanjavodnimresursimanaslivu", ev. Broj TR37018.

LITERATURA

[1] *Generalni projekat sa prethodnom studijom opravdanosti eksploatacije identifikovanih podzemnih voda za potrebe navodnjavanja poljoprivrednih parcela na*

lokaciji sela Gornja Trnava, Hum i Vele Polje, PSG INŽENJERING“ NIŠ, 2014.

[2] *Izveštaj o izvedenim radovima na testiranju bunara na lokalitetu Gornja Trnava, Vele Polje i Hum za potrebe Uprave za poljoprivredu i razvoj sela iz Niša*, doo Hidrogeocentar Beograd, 2014.

[3] *Izveštaj o karotažnim ispitivanjima bušotine IEB-GT1 u selu Gornja Trnava kod Niša*, GEOING GRUP d.o.o., 2013.

[4] *Izveštaj o karotažnim ispitivanjima bušotine IEB-GT2 u selu Gornja Trnava kod Niša*, GEOING GRUP d.o.o., 2013.

[5] *Studija: Analiza mogućnosti korišćenja površinskih i podzemnih voda pogodnih za navodnjavanje poljoprivrednih kultura na teritoriji grada Niša*, Institut za vodoprivredu “Jaroslav Černi”, 2013.

[6] *Tehnički izveštaj o izvedenim radovima na bušenju istražnih bunara na lokalitetu Gornja Trnava*, GEOSONDA – Istražno bušenje d.o.o., 2013.

[7] *Tehnički izveštaj o izvedenim radovima na bušenju istražnog bunara na lokalitetu Hum*, GEOSONDA – Istražno bušenje d.o.o., 2013.

[8] *Tehnički izveštaj o izvedenim radovima na bušenju istražnog bunara na lokalitetu Vele Polje*, GEOSONDA – Istražno bušenje d.o.o., 2013.

[9] Trajković, M.: *Seminarski rad: Analiza izvorišta podzemnih voda za potrebe navodnjavanja*, Građevinsko-arhitektonski fakultet, Niš, 2014.

UDK 692.4:541.64

PRIMENA PTFE MEMBRANA ZA POKRIVANJE ATRAKTIVNIH OBJEKATA VELIKOG RASPONA

Dragana Krstić¹, Biserka Marković², Vuk Milošević³

Rezime: U ovom radu dat je prikaz najupečatljivijih objekata, i u konstruktivnom i u arhitektonskom smislu, izgrađenih primenom tekstilnih materijala i to primenom PTFE membrana. Dat je uvid u osnovne karakteristike ovog tekstilnog materijala koji se sve više upotrebljava u svetu za objekte kao što su stadioni kao i za objekte druge namene. Način na koji se ovaj materijal mora obraditi, tj. kakvi mu se premazi treba staviti da bi u finalnom obliku mogao da se koristi kao pokrivni, konstruktivni materijal koji je otporan na atmosferske uticaje. Prikazan je sklop različitih konstrukcija koji imaju glavnu zajedničku crtu a to su PTFE membrane kao pokrivni i konstruktivni elementi. Prikazan je način na koji su oni primenjeni na objektu, i kakve sve forme se mogu dobiti primenom ovog materijala.

Ključne reči: Stadion, PTFE, Membrane, Krovna konstrukcija, Konstruktivni sistem, Tekstil

THE APPLICATION OF PTFE MEMBRANE FOR COVERING THE STADIUM

Abstract: This paper provides an overview of the most impressive buildings, both in constructive and in terms of architecture, constructed using the textile materials by applying PTFE membrane. It has been given an insight into the basic features of the textile material which is increasingly used worldwide for facilities such as stadiums and facilities for other purposes. The manner in which this material must be processed, which coatings should be put, with the view that the final form could be used as roofing, construction material that is resistant to weathering. It has been presented a complex of various structures that have a major thing in common which is PTFE membrane as roofing and structural elements. Moreover, it is shown the way in which they are applied on an object, and what other forms can be obtained by using this material.

Key words: Stadium, PTFE, Membrane, Roof structure, Constructive system, Textil

¹Student master studija, konstruktivnog oseka, Građevinsko-arhitektonski fakultet Univerziteta u Nišu, gaga-krstic@live.com

²Pedovni profesor, dr, dipl.inž.arh. Građevinsko-arhitektonski fakultet Univerziteta u Nišu

³Student doktorskih studija, Građevinsko-arhitektonski fakultet Univerziteta u Nišu, vukamer@yahoo.com

1 MEMBRANSKE STRUKTURE

Membranski konstruktivni sistem je onaj sistem koji kao osnovni konstruktivni materijal za pokrivanje i prihvatanje opterećenja ima tekstil [1]. Membranske strukture, gledano po njihovoj formi i njihovoj maloj težini, spadaju u grupu lakih struktura. Što se tiče njihovog ponašanja kao konstruktivnog materijala, ove membrane se razlikuju od konvencionalnih struktura u tome što se spoljašnje sile prenose naprezanjem cele površine membrane. Zato se ove membrane često opisuju kao „aktivni sistem“ [2]. Ove tekstilne membrane se koriste kao spoljašnji elementi koji su otporni na zatezanje ali nisu otporni na pritisak i savijanje [6]. Da bi se poboljšale osobine ovog materijala često se dodaju i drugi materijali koji poboljšavaju njegove karakteristike. Membrane predstavljaju površinske elemente koji pored noseće uloge imaju i ulogu pregrađivanja tj. zatvaranja prostora pa imaju utoliko više zahteva koje treba ispuniti.

Membranske strukture, koje svojim zategnutim materijalom predstavljaju noseću strukturu, mogu premostiti raspone od 3 metara do raspona koji se kreću preko 200 metara. Za raspone veće od 200 metara, membrane se podupiru mrežom čeličnih užadi koja imaju funkciju da smanje raspon membrana. Nekoliko je usvojenih sistema za zategnute membranske sisteme [3].

Dve najbitnije karakteristike membranskih struktura su njihova dvostruka zakrivljenost sa negativnom Gausovom krivinom, i stalno zatezanje u membrani [9]. Da bi se osiguralo da membrana i pod najnepovoljnijim opterećenjem bude zategnuta moraju se uneti sile prednaprezanja. Od zakrivljenosti membrane i intenziteta prednaprezanja u mnogome zavisi odgovor konstrukcije na spoljašnja opterećenja [5, 7]. On se pre svega ogleda u promeni intenziteta sila u membrani i promeni geometrije same membrane. Najveći problem kod projektovanja membranskih struktura je nalaženje njihove geometrije i predviđanje promene te geometrije pod spoljašnjim opterećenjem [10, 8].

Kao tekstilni materijali koji se najčešće koriste kod stadiona su: PVC i PTFE membrane [11]. Ove membrane imaju sličnosti ali se i razlikuju na osnovu različitih mehaničkih karakteristika, različite nosivosti, cene materijala, pa se shodno zahtevima koje treba da ispunjavaju bira određena vrsta materijala. Sličnosti sa ovim materijalima imaju i ETFE membrane [4] koje se razlikuju po svojoj hemiskoj strukturi jer više spadaju u čvršće tj. plastične

materijale. U ovom radu će se najviše govoriti o stadionima od PTFE membrana.

1.1 PTFE MEMBRANE

Politetrafluoretilen (PTFE), membranski materijal je tekstilni materijal koji je sačinjen od vlakana fiberglasa obloženim PTFE-om i određenim dodatcima. Ovaj materijal je prvi put nastao 1969. godine kada je materijal fiberglas obložen teflonskom smolom. Tada je PTFE materijal smatran boljim od PVC materijala tj. membranskog materijala koji je sačinjen od vlakana poliestera zaštićenih PVC-om sa dodatkom aditiva. Ovakav stav je zasnovan na osnovu dužeg veka tarajanja PTFE materijala koji je bio i otporan na prljanje. Međutim, onaj materijal je bio veoma skup i malo otporan na pucanje i lomljenje u odnosu na PVC material, stoga su u upotrebi ostala oba materijala a PTFE materijal se primenjivao za dugotrajne originalne objekte.

Ispitivanjima je utvrđeno da Politetrafluoretilen (PTFE) membrane obložene fiberglasom imaju vek trajanja preko 30 godina. Nekoliko slojeva PTFE tkanine čine je skoro neosetljivom na bilo kakvu štetu od UV zračenja kao i od hemijskih uticaja i velikih temperaturnih varijacija. Postoje i negativni aspekti ovog materijala. Kako PTFE materijal ima malu snagu pri cepanju, njegova ostljivost na cepanje prilikom preopterećenja bitno raste. Cena PTFE materijala obloženog fiberglasom je velika. Za punu izradu krovne strukture od PTFE materijala sa fiberglasom potrebno je od 500 do 1000 dolara po metru kvadratnom, što je pet

do deset puta više nego izrada od poliesterskih niti premazanih PVC-om [3].

2 PRIMERI IZVEDENIH OBJEKATA

2.1 STADION U PORTO ALEGREU

Stadion u Porto Alegreu prvobitno je bio sagrađen 1969. godine da bi nakon više od 40 godina, 2010. godine, došlo do potrebe za renoviranjem ovog stadiona za svrhu svetskog prvenstva u fudbalu. 2010. godine počela je izgradnja novog stadiona za čiji je dizajn zaslužna firma „Hupe studio architecture“. Površina koju zauzima stadion je 44.000 kvadratnih

metara. U sklopu stadiona ulaze i neki od pratećih objekata kao što su maloprodajne prodavnice, muzej, restoran, vip prostor i ceo nivo apartmana [4]. Konstruktivni sistem se sastoji od čeličnih rešetki, koje okružuju arenu i formiraju elipsasti oblik, a obložene su PTFE membranama. Originalni pristup dizajnu ovog stadiona omogućuje posmatračima sagledavanje forme na neobičan i upadljiv način, a najzanimljiviji deo objekta je fasada u obliku palminih listova.



Slika1 - Prikaz konstrukcije stadiona

Nova krovna konstrukcija ovog stadiona sastoji se iz 65 čeličnih rešetki koje su dužine 42 metara. PTFE-fiberglas membrane zategnute između rešetki štite od atmosferskih uticaja 51000 sedišta, rampe, ulaze i izlaze ka golovima [5]. Specifični elementi fiberglas membrana, po uzoru na palmino lišće, okružuju krov stadiona i formiraju venac. Površina krova obuhvata oko 57.000 kvadratnih metara, a sastoji se iz elemenata koje pokrivaju PTFE membrane, razvučene preko konopca, i visoko providne plastične lamelirane ispune koje svetle noću a nalaze se između ovih membrana. Ove membrane su proizvedene u Nemačkoj. Premaz materijala visokih performansi (Dineon PTFE) štiti fiberglas tkaninu i daje joj veću jačinu pod pritiskom, takođe materijal je veoma otporan i na istezanje. Stoga membrane mogu izdržati čak i velika opterećenja od vetra bez ikakvih šteta [5]. Premaz štiti tkaninu od starenja izazvanog sunčevim zracima i sprečava vlagu da dopre do vlakana. Pokazalo se da ova kombinacija materijala predstavlja jednu otpornu konstrukciju u širokom spektru klimatskih zona, za više od 40 godina. U vreme instalacija membrane su blede braon boje, međutim ta boja se brzo izbeljuje do blistavo bele boje i takva

nadalje ostaje. Zahvalne su i sa aspekta održavanja jer u kišnom periodu membrane ostaju znatno čistije.



Slika2–Izgled stadiona

Membrane su pričvršćene za čelične rešetke. Čelična konstrukcija se sastoji od tri čelična pojasa koji su povezani i koji svojom zakrivljenom formom omogućavaju formiranje oblika zatvorenog lista drveta koji formiraju membrane. Između pojaseva rešetke postavljene su unakrsne čelične šipke koje se na kraju nosača stapaju u jednu tačku. Svaki od ovih elemenata je posebno fundiran na temeljima samcima, ima ih ukupno 65 i postavljeni su sa spoljašnje strane stadiona. Sa svojom samo-nosećom strukturom dužine 60 metara formiraju krov stadiona. Svi ovi nosači su na svojim krajevima povezani čeličnim prstenom koji prihvata sile pritiska i doprinosi stabilnosti ove konstrukcije [6].

2.2 STADION U LONDONU

Milenium dome ili samo „dome“ je izložbeni objekat izgrađen 2000. godine u Londonu u znaku obeležavanja početka novog (trećeg) milenijuma. Nalazi se na poluostrvu Grinič u jugoistočnom Londonu u Engleskoj. Izgradnja objekta je završena 1999—te godine, izložbeni prostor je otvoren 1. Januara 2000. godine a zatvoren iste te godine 31-og Decembra. Izložba kao i projekat objekta bili su predmet velikih političkih rasprava, iz razloga što nije privučelo broj posetilaca koji je bio predviđen, što je izazvalo veliki finansijski problem pa je ovaj objekat prestao sa radom. Objekat je ponovo otvoren 2007.godine kada je rekonstruisan, tada je dobio novi naziv „The O2“ [9]. Rekonstrukcija objekta je počela 2003.godine a objekat je krenuo sa radom 2007. godine. Novi objekat je zadržao istu konstrukciju, koju je imao i pre rekonstrukcije a promene koje su izvršene bile su u unutrašnjosti objekta (u smislu

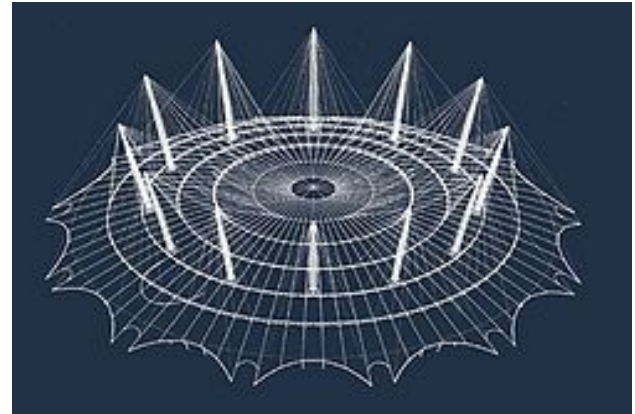
promene prostorija), u predelu glavnog ulaza kao i promene okruženja na parceli. Objekat je dobio funkciju višenamenske hale u kojoj su se održavale razne svečanosti, kao što su izložbe i sportski događaji. Sadašnja hala ima kapacitet 20.000 gledalaca a druga je najveća arena u Velikoj Britaniji (posle Mančester arene) i jedna od najvećih u Evropi.



Slika3–Millenium dome

Lokacija na kojoj je situiran objekat je bila na mestu na kome se nekada nalazila najveća rafinerija gasa u Evropi. Prostor na kome je predviđena izgradnja objekta, je bio zagađen otpadnim produktima procesa gasifikacije uglja pa se pre građenja objekta morao prvo očistiti prostor. Geotehničkim istraživanjima zemlje otkriveno je da je prvih 8 do 10 metara lošijeg kvaliteta, od otpadnog kreča iz fabrike gasa koji se nalazio iznad muljevite gline. Zbog lošeg geomehničkog profila terena za izgradnju objekta izvršeno je temeljenje na šipovima u sloju šljunka koji se nalazio ispod mulja [10].

Stadion Milenium doum je jedan od najvećih te vrste u svetu. Konstrukcija krova se sastoji od 12 žutih metalnih stubova dugačkih po 90 metara, koji simbolično predstavljaju svaki mesec u godini. Arena je prečnika dužine 365 metara. Postala je jedan od najprepoznatljivih znamenitosti u Velikoj Britaniji. Krovna konstrukcija iako je u obliku kupole nije klasična kupola jer ne nosi samu sebe već je poduprta visokim, metalnim stubovima koji pomoću kablovske mreže nose kupolu. Nadkrivena je membranama PTFE, presvučenim platnom od staklenih vlakana, izdržljiva na sve vremenske uticaje. U sredini dostiže visinu do 52 m, a simetrija cele strukture je prekinuta velikom rupom koja se koristi radi regulisanja ventilacije.



Slika4 - Model konstrukcije

Koncept konstrukcije je vrlo jednostavan. Zategnuti čelični kablovi su radialno raspoređeni na površini kupole i povezani su u čvorovima kablovima na intervalima od 25 m, koji polaze iz gornjih tačaka visokih stubova. Svaki od 12 stubova je dug 90 m i težak oko 95 tona. U preseku stub formira osmougaonu formu, a sačinjen je od čeličnih, kružnih, šupljih profila [10]. Prilikom montaže objekta prvo su postavljeni stubovi, nakon toga je počelo postavljanje kablovske mreže koja je montirana na mestu građenja objekta a potom podignuta na određenu visinu bez korišćenja kranova. Ovi kablovi su podignuti specijalnim uređajima koji su se nalazili na samoj konstrukciji. Sledeći korak je bila postavka pokrivača od PTFE membrana.



Slika5 - Ventilaciona rupa

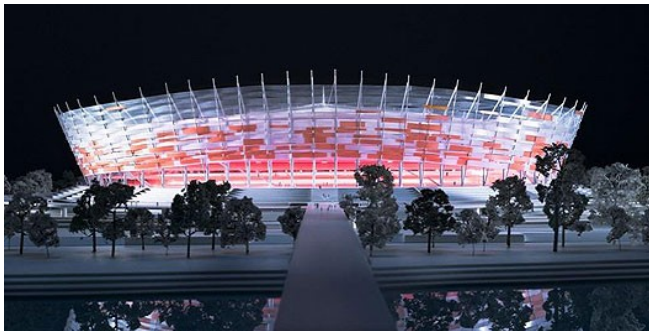
Raspoloživi materijali za oblaganje ove kupole su bile PTFE membrane i PVC membrane. Prvobitno rešenje je bilo zamišljeno primenom PVC poliester. Razlog za to je bilo postizanje što veće providnosti, odnosno prodora prirodne svetlosti u dvoranu, odakle je došla i prvobitna ideja za oblaganje kupole tekstilnim materijalom. Kasnije je ovaj plan promenjen pa je objekat završen primenom PTFE

membrana. Ovakva promena plana je rezultat mnogobrojnih prednosti mehaničkih karakteristika ovog materijala. PTFE materijal je mnogo otporniji i duže traje od PVC materijala, otporniji je na atmosferske uticaje, zračenje od sunca, a pritom, iako u manjem intenzitetu, omogućuje osvetljenje prirodnom svetlošću.

Na krovu se nalazi velika ventilaciona rupa prečnika 50 m. Rupa je obložena mrežom kablova na rastojanju od 1 m, koji na neki način zamenjuju pokrivnu tkaninu a opet omogućuju nesmetanu ventilaciju prostora. Mreža je vezana za tkaninu lučnim šipkama na obodu rupe.

2.3 STADION U VARŠAVI

Nacionalni stadion u varšavi, takođe poznat kao stadion „Narodowy“ u Poljskoj nalazi se u parku Skarizevski, istočno od centra grada, na obali reke Visle. Ovo je stadion poljskog nacionalnog fudbalskog tima. Stadion je rekonstruisan 2012 godine, za potrebe evropskog prvenstva u fudbalu, na mestu postojećeg stadiona. Stadion je zvanično otvoren 29.januara 2012.godine. Ima kapacitet od oko 58.000 sedišta za sport i 72.900 sedišta za koncerte. Ovaj stadion služi takođe i kao višenamenski objekat.Ovde se održavaju koncerti i kulturni programi osim održavanja sportskih utakmica. Fasada podseća na zastavu poljske, crvene i svetlo sive boje, što je primenjeno i u unutrašnjosti objekta.



Slika6 - Izgled stadiona



Slika7–Izgled otvorenog krova

Dimenzije stadiona su 310x280 metara a zapremina iznosi milion kubnih metara, dok površina iznosi 204.000 metara kvadratnih. Ovaj stadion ima jedan od najvećih pokretnih krovova na svetu [7]. Krov ima nezavisnu strukturu od ostalog dela stadiona a sastoji se iz mreže zategnutih kablova obloženih PTFE membranama i to je fiksni deo krova površine 55.000 m², i pokretni deo krova koji je obložen PVC poliesterom, površine od 11.000 m². Između ova dva segmenta nalazi se stakleni deo krova površine 4000 m², širine 8 m. Najzanimljiviji segment ovog stadiona je upravo taj pokretni krov koji se otvara iz malog gnezda koji se nalazi u centralnom delu iznad terena.

Fasada stadiona sastoji se od žičanih, obojenih elemenata od epoksiranog metala. Korišćenje ovakvih žičanih elemenata, čini dizajn fasade ekološki održivim dozvoljavajući upad sunčeve svetlosti i prirodnu ventilaciju stadiona, što pomaže održavanju optimalne toplote unutra, naročito kada je pokretni deo krova zatvoren [7].



Slika8 - Izgled pokretnog krova

Na krovnoj konstrukciji su primenjene obe vrste osnovnih membranskih tkanina. Na fiksnom delu krova postavljene su PTFE membrane sa nosećim slojem vlakana od fiberglasa i PVC membrane sa nosećim slojem vlakana od poliestera. Ovaj stadion predstavlja jedan od retkih objekta na kome su dva, ovako slična materijala primenjena. PTFE membrane su na osnovu mehaničkih karakteristika bolje od PVC membrana. Imaju znatno duži vek trajanja od PVC membrana kao i veću otpornost na sile zatezanja koje joj se poveravaju, takođe je i zahvalan u pogledu održavanja jer se manje prlja pogotovo u kišnim periodima. Otporniji je i na razne hemijske uticaje kao i na negativne uticaje sunčevog zračenja. Za razliku od njih, PVC membrane su u prednosti na osnovu

njihove cene koštanja koja je znatno manja od cene PTFE membrana. Savitljivije su i elastičnije pa ih je lakše transportovati i montirati. Stoga se može zaključiti da je raspored materijala na krovu predstavlja racionalnost i u ekonomskom i u konstruktivnom smislu. Skuplji materijal je postavljen na fiksnom delu krova ali je njegova trajnost znatno veća što je ekonomski opravdano, kao i primena PVC materijala koja je izvršena na pokretnom dalu krova gde bi neprikladno bilo korišćenje PTFE materijala koji je malo otporan na sklapanje i rasklapanje.

Konstrukcija stadiona sastoji se iz dva dela: tribina koje su sastavljene od prefabrikovanih elemenata i mreže čeličnih šipki na krovu sa rasklapnom membranom, koji se oslanjaju na nezavisnim čeličnim stubovima i zategama [7]. Postoje 72 oslonjačka elementa raspoređena eliptično po obodu objekta. Svaki od ovih elemenata sačinjen je od 3 štapa koji formiraju trougao [8]. Stubovi koji prenose opterećenje sa krova nalaze se između unutrašnje i spoljašnje fasade. Nisu u vertikalnom već u blago zakošenom položaju a iz njihovih temena polaze dve glavne zatege koje održavaju stabilnost. Pritisnuti prsten na krovu sastoji se od kružnih, šupljih čeličnih profila. Za njega su pričvršćeni horizontalni kablovi koji se šire od prstena ka spoljnim tačkama. Membrana je vezana za zategnute šipke sa radijalnim kablovima. Forma membrana je sedlasta, odnosno forma hipara, a ona se postiže dodavanjem lučnih elemenata preko kablova, pa se takva forma ponavlja deset puta između svaka dva kabla [8].

Čelični leteći stub, poznat i kao „igla“ postavljen je centralno u objektu. Sa njegovog gornjeg dela polazi 60 kablova manjeg poprečnog preseka koji se vezuju za zategnuti unutrašnji element. Ovi kablovi služe kao oslonac za mehanizam koji otvara i zatvara pokretni krov [8].

3 ZAKLJUČAK

Membranski konstruktivni sistem, od PTFE membrana kao glavnih konstruktivnih elemenata membranskog konstruktivnog sistema, karakterišu veliki rasponi premošćavanja, dvostruka zakrivljenost, zatežuće sile i mala težina. Imajući u vidu sve te prednosti PTFE membrane su se pokazale kao veoma dobar materijal za pokrivanje ovakvih arhitektonskih objekata-stadiona. Može se primetiti da ove membrane pored svoje noseće i pokrivačke funkcije, kod stadiona stavljaju u prvi plan i arhitektonsko-oblikovnu, tj. estetsku funkciju. Ovaj materijal se zadnjih godina sve više istražuje i sve više koristi na

objektima kao što su stadioni, ali i na drugim vrstama objekta. Zbog svojih dobrih mehaničkih karakteristika: trajnosti, otpornosti na različite uticaje, svojoj maloj zapreminskoj težini, velikom rasponu koji može da premosti i mogućnosti raznolikih formi i raznovrsnog oblikovanja, ovaj materijal se veoma dobro pokazao za izgradnju stadiona. Stadioni kao objekti koji nemaju izraženu potrebu za termičkim zahtevima, ne ističu veliku manu ovog materijala, a to su veoma slabe termičke karakteristike. Tekstilni materijal kao materijal koji je relativno skoro počeo da se koristi u konstruktivne svrhe, doneo je veliki broj prednosti u odnosu na neke klasičnije pristupe rešavanja konstrukcija stadiona. Njegova sve veća primena kao i brojne pogodnosti dovoljan razlog da se on još više istražuje i da se otkriju sve veće mogućnosti njegove primene i u konstruktivnom i arhitektonskom pogledu.

LITERATURA

- [1] *Primena tekstilnih konstruktivnih materijala u arhitekturi*, V. Milošević, Tekstilna industrija, 2013, broj 2, str. 33-39
- [2] *Tensile Surface Structures: A Practical Guide to Cable and Membrane Construction*, Seidel M., Ernst & Sohn, 2009, Berlin, 1 str.
- [3] *The design and analysis of tenion Fabric structures*, Miriam E., S., Civil & Environmental Engineering University of California, 2007, Berkeley, str. 9
- [4] *ETFE Technology and Design*, Annette LeCuyer, Birkhauser, 2008, Basel, str. 160
- [5] *Zavisnost membranskih sila od prednaprezanja i graničnih uslova membranskih konstrukcija*, V. Milošević, D. Kostić, Zbornik radova Građevinsko-arhitektonskog fakulteta, 2012, broj 27, str. 59-70
- [6] *Forster, B., & Mollaert, M. (2004). European Design Guide for Tensile Surface Structures*, Forster, B., & Mollaert, M., 2004, Brussels: Tensinet, str. 354
- [7] *Form and Function: The significance of material properties in the design of tensile fabric structures*. Bridgens, B., & Birchall, M., 2012, Engineering Structures(44), 1-12
- [8] *Analysis and design of membrane structures: Results of a round robin exercise*. Gosling, P. D., 2013, Engineering Structures(48), 313-328.
- [9] *The form-force relation in membrane structures*, V. Milošević, V. Nikolić, 3rd International Scientific Conference on Geometrija, 2012, Novi Sad, Faculty of Technical Sciences Novi Sad, str. 271-278

- [10] *Structural optimization and form finding of light weight structures*, Bletzinger, K.-U., & Ramm, E., 2001, *Computers and Structures*(79), 2053-2062
- [11] *Expansion of Madrid Stadium: Foundation and Grandstands*, J.Martinez-Calzon, J.Gomez-Hermoso, G.Landron de Gnevara, D.Rodriguez-Munos, F.Rodriguez-Ballesteros, L.Rubin-Fierro. *Structural Engineering International*, 2014, str.45-48.

UDK 628.1:627.51(497.11)

VELIKE POPLAVE MAJA 2014. I VODOPRIVREDNA INFRASTRUKTURA SRBIJE

Slavko Zdravković¹, Biljana Mladenović², Predrag Petronijević³, Miloš Keković⁴

Rezime: U radu se potencira da izgradnja i održavanje sistema za zaštitu od poplava, regulacija reka, odvodnjavanje, antieroziona zaštita i uređenje bujica nije bilo adekvatno pa su velike kiše izazvale katastrofalne posledice u pojedinim od 126 poplavljenih opština u Srbiji od 14-26-og maja 2014. godine. Ukupna šteta je procenjena na 1,53 milijarde evra, što će izazvati ekonomske, socijalne i političke posledice koje će se osetiti u svim delovima Republike Srbije. Navedeni su najznačajniji regionalni sistemi vodosnabdevanja, tj. brane i akumulacije koje nisu u potpunosti odgovorili svojim namenama. Pored ogromne materijalne štete izazvane i pojavom mnogih klizišta, stradalo je 57 ljudi od kojih se 23 utopilo.

Ključne reči: vodoprivredna infrastruktura, poplave, klizišta, posledice.

MAJOR FLOODING IN MAY 2014. AND WATER INFRASTRUCTURE OF SERBIA

Abstract: The paper emphasizes that the construction and maintenance of systems for protection against floods, regulation of rivers, drainage, anti-erosion protection and Runoff was inadequate but heavy rains caused catastrophic consequences in some of the flooded 126 municipalities in Serbia from 14-26 th May 2014. Total damage was estimated at 1.53 billion euros, which will cause economic, social and political consequences that will be felt in all parts of the Republic of Serbia. The above are the most important regional water supply systems, ie. dams and reservoirs which are not fully answer their purposes. In addition to the enormous material damage caused and the emergence of many landslides killed 57 people, of which 23 drowned.

Keywords: water infrastructure, flood, landslide, consequences

¹Prof. dr Akademik Srpske Kraljevske asocijacije akademika, inovatora i naučnika – SKAIN, Ekspert bivšeg Saveznog ministarstva za nauku, tehnologiju i razvoj u oblasti: 1221 građevinsko inženjerstvo, aseizmičko građevinarstvo, stabilnost mostova, Građevinsko-arhitektonski fakultet Univerziteta u Nišu, ul. Aleksandra Medvedeva 14, Niš, Srbija

²mr. asistent Građevinsko-arhitektonski fakultet Univerziteta u Nišu, ul. Aleksandra Medvedeva 14, Niš, Srbija

³dipl.građ.ing. student doktorskih studija na Građevinsko-arhitektonskom fakultetu Univerziteta u Nišu, ul. Aleksandra Medvedeva 14, Niš, Srbija

⁴dipl.građ.ing. student doktorskih studija na Građevinsko-arhitektonskom fakultetu Univerziteta u Nišu, ul. Aleksandra Medvedeva 14, Niš, Srbija

1 UVOD

Voda je najvažniji resurs XXI veka“ (International Conference: Development issues for 21st. centuries, Dublin, Ireland, 1992.). Vodopriveda gradi gradi, održava i koristi integralne vodoprivredne sisteme za : 1) korišćenje voda, 2) zaštitu od štetnog dejstva vode i uređenje voda, 3) zaštite kvaliteta vode i 4) upravljanje vodoprivrednim sistemima i njihovo održavanje. Obzirom na štetu od 1,53 milijarde evra koliko su izazvale poplave u Srbiji polovinom maja 2014. godine, izgradnja i održavanje sistema za zaštitu od poplava; regulacija reka; odvodnjavanje; antieroziona zaštita i uređenje bujica; kanalizacija u urbanim sistemima; uređenje slivova i kanalizacija zemljišta predstavljaju zavate kojim bi navedena šteta bila mnogo manja.

Srbija spada u vodom siromašne regije Evrope, jer su vodom najsiromašniji upravo najnaseljeniji, privredno najrazvijeniji delovi Republike. Potrebno je graditi regionalne sisteme, sa višenamenskim akumulacijama, kojima se jedino može uspešno obezbediti porast potrošnje i neophodno poboljšanje vodnih režima – smanjivanjem velikih i povećavanjem malih voda. Problemi vodosnabdevanja stanovništva postaju centralni problemi vodoprivrede Srbije. Građeni su, ili se grade veliki regionalni sistemi, kojima se voda najpre zadržava u akumulacijama u zonama zaštićenih izvorišta, da bi se nakon prerade u fabrikama vode prebacivala na što veća rastojanja, kao na primer: V. Rzava, Barje, Selova, Ravni i dr. Koliko je to ozbiljan posao govori i činjenica da je od 2005. do 2010. godine bilo potrebno povećati kapacitete vodovodnih sistema za „Skroman razvoj“ za oko $29\text{m}^3/\text{s}$, a specifične investicije samo za „fabrike vode“ od 75000-150000 dinara (u to vreme) po 1 L/s instalisanog kapaciteta.

Iz višenamenskih akumulacija za potrebe vodosnabdevanja je trebalo obezbediti godišnje zahvatanje iz akumulacija od 44 miliona m^3 , a za druge svrhe još oko 66 miliona m^3 godišnje. Država učestvuje sa podsticajnim sredstvima sa prosekom oko 50%, a za to su potrebna ogromna sredstva, a lokalne zajednice su siromašne pa nikada nije urađeno onoliko koliko je planirano.

Zašto kvalitet voda nije više uobičajen problem ekologije, već postaje jedan od centralnih socijalnih i društvenih problema Republike. Naime, zagađenje površinskih i podzemnih voda pretilo da trajno uništi brojna izvorišta, a bolesti hidričnog porekla postaju sve rasprostranjenije i opasnije. Takođe neki od

vodotoka su u takvom stanju kvaliteta da se vode ne smeju da koriste ni za vodosnabdevanje, da ne bi došlo do dugotrajnog zagađivanja degradacije zemljišta [1]. Analize su pokazale da je do 2010. godine bilo neophodno izgraditi postrojenja za prečišćavanje za ok 19 miliona ES (ES- ekvivalentni stanovnik, u šta se uračunavaju i industrije čije se otpadne vode prečišćavaju, nakon predtretmana). U Srbiji je maja 2014. godine bilo poplavljeno 126 opština, pri čemu su neke najrazvijenije i najnaseljenije zone (Bačka, Banat, Pomoravlje), bukvalno egzistencijlno zavisile od dobrog funkcionisanja svojih zaštitnih sistema. Te sisteme je potrebno stalno dograđivati i održavati, kako bi odgovarali potrebama sve naseljenijih skupljih sadržaja koji se razvijaju u branjenim područjima. Za neizbežne radove na zaštiti od poplava (izgradnja novih i održavanje postojećih sistema) neophodno je ulagati velika sredstva, samo za „Skroman razvoj“ od 2005.-2010. godine 500 miliona evra i toliko do maja 2014, što je manja suma od štete koje su izazvale poplave koje su su aktivirale mnoga klizišta, te je pojedina sela (Rebelj) potrebno potpuno iseliti. Znači moraju se obezbediti stalni izvori finansiranja, namenskim izdvajanjem sredstava za te potrebe, kao što se radi u praktično svim drugim zemljama. Takođe moraju se stvoriti takvi sistemski uslovi da se održavanje sistema za, koji su u eksploataciji, može obezbediti kroz neprofitno formiranje realnih cena vode i vodoprivrednih usluga. Neadekvatna zaštita od poplava i zaštita voda lansirano se prenosi na čitavo socijalno, političko i ekonomsko tkivo zemlje, izazivajući u njemu ozbiljne potrebe. Poznato je svetsko iskustvo da razvoj vodoprivredne infrastrukture ima ulogu „lokomotive opšteg privrednog razvoja“ države. Zato je neophodno donošenje i uvođenje u praksu sistemskih rešenja koja bi omogućila stalno funkcionisanje boljeg razvoja vodoprivrede a to je izgleda moguće samo formiranjem Ministarstva voda, kakva postoje u okruženju (Mađarska, Rumunija, Bugarska i dr.).

2 REGIONALNI SISTEMI VODOSNABDEVANJA

Izgradnjom regionalnog sistema vodosnabdevanja, tj brana rešavaju se dugotrajne potrebe za vodom i omogućuje se brži privredni i sveukupni razvoj, posebno većih gradova i područja jer su identifikovani korisnici vode. Zahteva se građevinska operativa, grade fabrike za preradu vode a u navedene objekte se uglavnom ugrađuje domaća oprema.

2.1. REGIONALNI VODOVODNI SISTEMI

Sistem „Prvonek“

Ovaj sistem je deo sistemsko dugoročnog rešenja Vranjanskog regiona (Vranje, Vladičin Han i Bujanovac) iz Vlasinskog jezera, koji obezbeđuje 400-600 L/s, a postrojenje za preradu vode je kapaciteta 2x250 L/s. Brana i akumulacija “Prvonek” gradi se na reci Banjštici, desnoj pritoci Južne Moravena oko 10km uzvodno od Vranjske Banje, a akumulacija ima ukupnu zapreminu 20,2 miliona m³.

Sistem „Barje“

Sistem “Barje” obuhvata akumulaciju “Barje” nareci Veternici, zapremine 40,7miliona m³, fabriku vode kapaciteta 840 L/s i magistralni cevovod u dužini od oko 30km. Obezbeđuje vodu za Leskovac, Vučje i Lebane. Namena brane (sl.1) pored vodosnabdevanja je i kontrola poplava u dolini Veternice, oplemenjivanje manjih voda i za proizvodnju hidroenergije.



Slika 1. Nasuta zemljana brana „Barje“ na reci Veternici

Sistem „Selova“

Sistem “Selova” se sastoji od brane i akumulacije “Selova” na reci Toplici, zapremine 70 miliona m³ vode, postrojenja za preradu sirove vode 3x900 L/s, magistralnog cevovoda dužine 75km za transport čiste vode, pribranske hidroelektrane i zahvata za obezbeđivanje 3 m³/s vode za navodnjavanje. Treba da obezbeđuje snabdevanje vodom: Kuršumliju, Blace, Prokuplje, Žitorađu i Niš, ali još nije završen.

Sistem „Rovni“

Sistem “Rovni” obuhvata branu i akumulaciju “Rovni” na reci Jablanici, uzvodno od Valjeva oko 12km, zapremine 51,5 miliona m³ vode, postrojenje za preradu vode kapaciteta 3x600 L/s, magistralni cevovod dužine 42km. Predviđeno je da obezbeđuje vodu za Valjevo, Ub, Lajkovac, Mionicu, Lazaravac i REIK “Kolubaru”, ali još nije završen.



Slika 2. Nasuta brana “Rovni” na reci Jablanici

Sistem „Rzav“

Sistem “Rzav” se realizuje fazno. Prva faza se zaniva na zahvatanju vode iz živog toka reke Rzav sa dovodom do fabrike vode, da bi magistralnim vodovodom dužine od oko 75km bila transportovana do gradova: Arilje, Požega, Lučani, Čačak i Gornji Milanovac. U drugoj fazi sistem upotpunjava brana i akumulacija “Svačkov” na reci Rzav uzvodno od Arilja zapremine 18,5 miliona m³ vode koja će pored vodosnabdevanja navedenih gradova i poboljšavanja režima voda služiti i za proizvodnju hidroenergije i biti u sklopu sa Elektroprivredom Srbije.



Slika 3. Brana “Sevelj” na reci Rzav, I-faza

Sistem „Batlava“

Ovaj sistem treba da snabdeva vodom Prištinu, Kosovo Polje, Obilić, Podujevo i Vučitrn (oko 250.000 stanovnika). Sastoji se od tri izvorišta: akumulacije “Gračanka” i “Batlava i izvorišta podzemne vode “Kuzmik”. “Gračanka” je priključena na sistem “Ibar-Lepenac”.

Sistem „Brestovac“

Ovaj vodovodni sistem čine akumulacija “Brestovac” sa namenom za vodosnabdevanje i navodnjavanje, gravitacioni cevovod sirove vode, postrojenje za preradu sirove vode kapaciteta 120 L/s i magistarlni cevovod Bojnik-Doljevac ukupne dužine 16 km. Pored navedenih snabdeva još 30 naselja ovih opština.

„Beograd“; Cevovod Makiš-Mladenovac

Završetkom izgradnje prve faze postrojenja za preradu vode “Makiš” obezbeđeno je snabdevanje potrošača u okviru vodovodnog sistema “Beograd” sa dodatnih 2m³/s. Ovaj cevovod je dužine 52km i obezbeđuje vodom i beogradske opštine: Čukaricu, Rakovicu, Grocku i Mladenovac.



Slika 4. Posledice velikih poplava i nesređene infrastructure (Krupanj 25.07.2014.)

4 REGIONALNI KANALSKI SISTEMI

Sistem „Tisa-Palić“

Izgradnjom ovog sistema obezbeđuje se voda za navodnjavanje oko 15000 ha u prvoj fazi, i u konačnoj izgrađenosti oko 40.000 ha. Izgradnjom kraka Orom-Čik-Krivaja obezbeđuje se navodnjavanje za još

12.500 ha. Sistem obezbeđuje deo vode za snabdevanje Subotice i uspitnih ribnjaka.

Sistem „Plazović“

Izgradnjom ovog sistema obezbeđuje se voda za navodnjavanje 13.000 ha u prvoj fazi, odnosno 28.000 ha u konačnoj fazi izgrađenosti.

Sve navedene, i druge akumulacije imaju ulogu, da između ostalog, i private poplavni talas za vreme poplava. Mada se često događa da nekvalitetnim upravljanjem regionalnim sistemima one baš, u tom trenutku ispuste veliku količinu vode (kada treba da je prihvate) pa time stvore poplavni talas nizvodno od akumulacije naglim ispuštanjem vode da bi spasili branu ili iz drugih razloga.

3 ZAKLJUČAK

Stanje i problem daljeg razvoja vodoprivredne infrastructure Srbije od strane fonda za vode Srbije, imajući u vidu skromne finansijske mogućnosti Republike Srbije već duže vreme, upozoravaju na važnost sledećeg:

- Ne sme se narušiti neophodna dinamika razvoja vodoprivredne infrastructure, jer se vreme kašnjenja kasnije ne može nadoknaditi;
- Jednom započete brane moraju se graditi prema planiranoj dinamici, kako se ne bi ugrozila bezbednost nizvodnih područja;
- Zaostajanje vodoprivrednih grana lančano se prenosi na čitavo ekonomsko, socijalno i političko tkivo zemlje, izazivajući u njemu ozbiljne posledice, a najbolji primer za to su majske poplave 2014. i njihove posledice koje će se tek u narednom period itekako osetiti u svim domenima naše zemlje;
- Sve poslove na razvoju, a u narednom periodu i na sanaciji šteta izazvanih prvenstveno poplavama, koje su pokrenule i mnoga klizišta koja su oštetila ili potpuno uništila mnogo kuća (na hiljade) koje moraju biti sanirane i nove izgrađene mogu da obave domaća preduzeća. Iz tih razloga ulaganja u vodoprivredu imaju karakter podsticanja ulaganja u ukupni privredni i socijalni razvoj zemlje, obzirom da je na Međunarodnoj donatorskoj konferenciji održanoj u Briselu 17.VI 1914. godine na kojoj je prikupljeno

blizu million evra namenjenih sanaciji šteta od poplava.

- Za vreme trajanja poplava stradalo je 57 ljudi, od kojih se 23 utopilo u poplavama. Kao što je već rečeno, na hiljade klizišta je proradilo, a selo Rebelj mora biti celokupno preseljeno na novu lokaciju, što lokalnom stanovništvu stvara velike probleme. Obzirom da je 126 opština bilo poplavljeno i više od 100.000 ljudi evakuisano iz svojih domova (za vreme poplave) a koji sada nemaju gde da se vrate, jasno je o kakvim ljudskim nevoljama se radi koje ne mogu biti tako brzo rešene. Kod mnogih ljudi će ostaviti neizbrisiv trag, koji se u ovom trenutku ne može ni sagledati, kao i kod svake velike elementarne nepogode posledice su dalekosežne.

ZAHVALNOST

Istraživanja prezentovana u ovom radu finansirana su od strane Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije u okviru projekta sa evidencionim brojem TR36016 za projektni cilus od 2011-2014 godine ,koji nosi naziv “Eksperimentalna i teorijska istraživanja linijskih i površinskih sistema sa polukrutim vezama sa aspekta teorije drugog reda i stabilnosti“, u organizaciji Građevinsko-arhitektonskog fakulteta Univerziteta u Nišu, i inovacionog projekta pod nazivom „Seismo-Safe 2G3-Goseb Building System“ (Project IF ID 476) koji je je finansiran od strane Inovacionog fonda republike Srbije, a koji je sproveden 2014. u „Projektinžinjerin Tim“d.o.o. u Nišu, Srbija.

LITERATURA

- [1] Fond za vode Srbije i Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu, *Stanje i problemi daljeg razvoja vodoprivredne infrastrukture Srbije*, Beograd, 1994.
- [2] M. Nešić, *Regulacija reka*, građevinska knjiga, Beograd, 1966.
- [3] D. Zlatkov, S. Zdravković, S.Šaković, *Education population to behave in natural disasters*, Međunarodno savetovanje Rizik i bezbednosti inžinjerin, VTS, Novi

Sad, ISBN 978-86-6211-057-2, cobiss.rs-ID 276609031, pp. 2008-2013, 2013.

[4] V. Babović, S.Bruk; *Radovi i mere smanjenja šteta od poplava*, građevinski kalendar, Beograd, 1982.

[5] S. Stevanović, H. Milošević; *Izgradnja energetskih objekata u kontekstu održivosti životne sredine i metodološke podrške*. Međunarodni naučno stručni skup Savremena teorija i praksa, Banja Luka, Republika Srpska, 2014, str. 119-127.

PRIKAZ ADAPTACIJE ENTERIJERA INSTITUTA ZA GRAĐEVINARSTVO I ARHITEKTURU GAF-A U NIŠU

Vladan Nikolić¹, Petar Mitković², Dragoslav Stojić³, Olivera Nikolić⁴, Jasmina Tamburić⁵

Rezime: U ovom radu prikazan je proces projektovanja i adaptacije enterijera Instituta za građevinarstvo i arhitekturu GAF-a u Nišu. Sagledani su osnovni principi i ideje primenjene u procesu projektovanja i dizajna, kao i postignuti efekti i funkcionalno i estetsko unapređenje prostora. Projekat se realizuje kroz dve faze adaptacije koje obuhvataju građevinsko-zanatske radove i radove na izradi opreme i nameštaja.

Ključne reči: enterijer, poslovni prostor, adaptacija, arhitektura.

DESCRIPTION OF ADAPTATION OF INTERIOR SPACE OF THE INSTITUTE OF CIVIL ENGINEERING AND ARCHITECTURE OF THE GAF IN NIS

Abstract: This paper presents the process of renovation and designing interior of the Institute of Civil Engineering and Architecture GAF in Nis. Basic principles and ideas applied in the design process are presented, as well as the achieved effects of functional and aesthetic improvement of the space. The project is implemented through two phases of adaptation, which include construction work and work on the development of equipment and furniture.

Key words: interior, working space, renovation, architecture.

¹ Asistent GAF u Nišu, dipl.inž.arh.

² Redovni profesor GAF u Nišu, dr, dipl.inž.arh.

³ Redovni profesor GAF u Nišu, dr, dipl.inž.grad.

⁴ Saradnik GAF u Nišu, dipl.inž.arh.

⁵ Saradnik GAF u Nišu, dipl.inž.arh.

1. UVOD

Institut za građevinarstvo i arhitekturu je organizaciona jedinica GAF-a u Nišu orijentisana ka realizaciji osnovnih, primenjenih i razvojnih naučnih istraživanja, saradnji sa ustanovama, preduzećima, institutima, kao i pružanju usluga trećim licima [11].



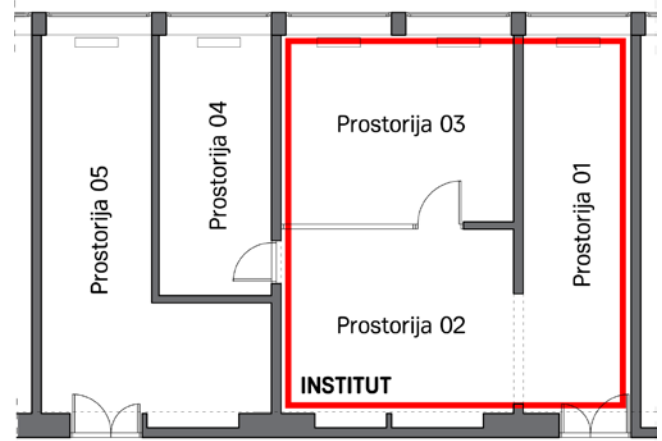
Slika 1 – Institut (perspektiva)

S obzirom na opisanu delatnost, prostorije Instituta treba da zadovolje kriterijume neophodne za nesmetano i kvalitetno funkcionisanje. To se pre svega odnosi na funkcionalne zahteve u smislu postojanja svih potrebnih celina, njihovu fleksibilnost, kao i na primenu savremenih korporativnih estetskih kvaliteta [10]. Ograničavajući faktori koji su predstavljali izazov i u funkcionalnom i estetskom smislu su prostor relativno male površine, mala svetla visina i ograničen budžet. Od projekta se očekivalo unapređenje prostora u funkcionalnom smislu, zaokruživanje logične estetske i vizuelne celine, kao i faznost u izvođenju.

2. STANJE PRE ADAPTACIJE

Enterijer Instituta nije bio renoviran duži niz godina, a većina intervencija u enterijeru nije izvedena sveobuhvatno. To se posebno odnosilo na opremu i nameštaj. Rezultat je bio funkcionalno neorganizovan i estetski nekvalitetan prostor, koji više nije odgovarao potrebama. Poseban problem bio je prodor vlage koja je oštetila podove i delove zidova u blizini vodovodnih i mašinskih instalacija, kao i prodor vlage u parapetnom delu zidova. Dotrajala oprema i nameštaj su bili neadekvatno postavljeni u prostoru i

narušavali su pravce kretanja i vizure, čime je funkcionalnost prostora bila bitno umanjena. Na slici 2 prikazana je osnova Instituta i susednih prostorija/kancelarija pre adaptacije. Prostorija 01 je kancelarija tehničkog sekretara i prijemni prostor, prostorija 02 je sala za održavanje sastanaka, a prostorija 03 kancelarija Direktora. Prostorije 04 i 05 su susedne kancelarije od kojih se do kancelarije 04 dolazi preko prostorija Instituta.



Slika 2 – Osnova Instituta pre adaptacije

Na slici 3 prikazan je enterijer Instituta nakon prodora vlage, a pre adaptacije, odnosno pogled na prostorije 01, 02 i 03.

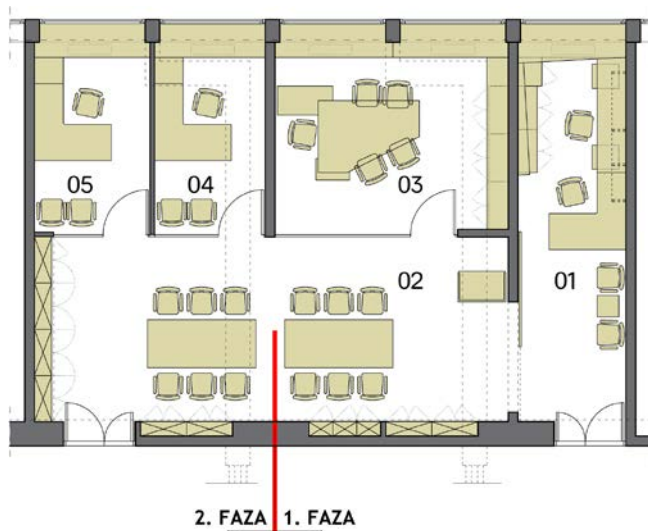


Slika 3 – Izgled enterijera Instituta pre adaptacije

3. ADAPTACIJA ENTERIJERA

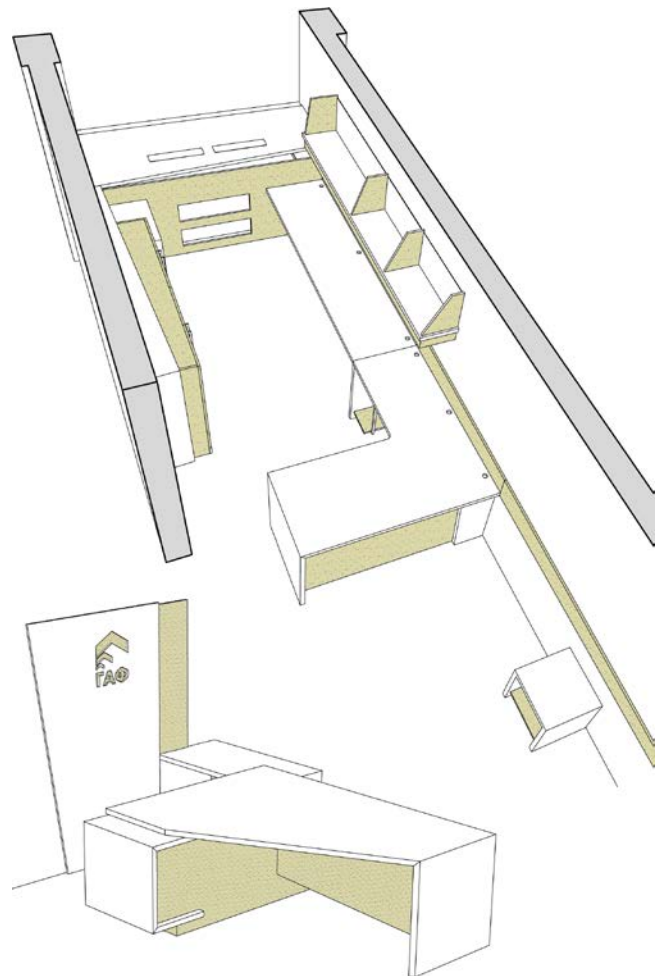
3.1 Osnovna koncepcija i projekat

Osnovna ideja prilikom projektovanja adaptacije enterijera Instituta je bila funkcionalno unapređenje prostora, savremen estetski i dizajnerski pristup [5], odnosno uklapanje u predviđeni budžet [6]. Shodno tome odlučeno je da se kompletan projekat realizuje u dve faze građevinsko-zanatskih radova i izrade opreme i nameštaja, gde bi se u prvoj fazi izvršila adaptacija prostorija 01, 02 i 03, a u drugoj fazi adaptacija prostorija 04 i 05, kao i njihovo prisajedinjavanje jedinstvenoj funkcionalnoj celini Instituta. Spajanjem prostorije 02 i delova prostorija 04 i 05 formirala bi se višenamenska radna sala [2, 4] sa posebnim ulazom nezavisnim od kancelarije tehničkog sekretara i prijemnog dela (prostorija 01), *slika 4*.



Slika 4 – Osnova Instituta - projekat adaptacije enterijera

Kako su sve prostorije relativno malih dimenzija i u dispoziciji i u elevaciji, sav nameštaj i oprema su projektovani sa ciljem maksimalnog uklapanja i iskorišćenja raspoloživog prostora [1]. Posebno je bilo važno predvideti prostor za arhivu koji ne bi vizuelno umanjio prostor i narušio komunikaciju i vizure [3, 8]. Nameštaj je predviđen za izradu po meri u kombimaciji dve vrste iverice: Fundermax Savana nature i Egger Wasabi. Na *slici 5* prikazani su crteži dela novopjektovanog nameštaja Instituta. Na *slici 5* gore je radni prostor tehničkog sekretara, a dole sklop radnog stola kancelarije Direktora. Deo postojećeg nameštaja (privremeno se i dalje koristi predviđen je za zamenu u 2. fazi adaptacije koja podrazumeva uklanjanje dela pregradnog zida i obradu enterijera u istom maniru i od istih materijala primenjenih u 1 fazi.



Slika 5 – Deo novopjektovanog nameštaj i opreme

3.2 Realizacija 1. faze adaptacije enterijera

Realizacija 1. faze adaptacije enterijera Instituta obuhvatala je prostorije 01 - 03 postojećeg stanja, *slika 2*. Izvršena je zamena podne obloge, postavljanje nove elektroinstalacije i rasvete kao i sanacija i finalna obrada zidova i plafona. Kao podna obloga primenjene su granitne keramičke pločice. Postojeće instalacije grejanja su opšivene gips-karton pločama, odnosno, obložene maskama projektovanim od istih materijala kao i nameštaj. Na *slici 6 i 7* prikazana je realizacija i pojedini detalji nakon izvedenih radova na adaptaciji enterijera.



Slika 6 – Gradjevinski i zanatski radovi



Slika 7 – Detalji enterijera nakon 1. faze adaptacije

Sve elemente enterijera odlikuje stroga geometričnost i izdužene, kontinualne forme [9]. U enterijeru je dominantna pastelno zelena boja u kombinaciji sa svetlim drvenim dezenom i nijansama sive boje, *slika 8*. Velike svetle i bele površine i tečne izdužene forme vizuelno otvaraju i "šire" porostor. Svedena geometrija [5] i kolorit naglašavaju poslovnu namenu prostora i u isto vreme formiraju optimalan balans između stroge radne i opuštene relaksirajuće atmosfere, s obzirom da postoji veza između dinamike ljudskih emocija i dinamike arhitektonskih formi [7].

4. ZAKLJUČAK

Nakon planiranja, projektovanja i pripreme izvedena je prva faza adaptacije enterijera Instituta za građevinarstvo i arhitekturu GAF-a u Nišu. Izvedeni su građevinsko-zanatski radovi i izrada dela opreme i nameštaja. Postojeće prostorije Instituta su funkcionalno organizovane u logične celine, vizuelno zaokružene u estetski kvalitetan poslovni prostor.

Predstojeća, druga faza adaptacije predviđa prisajedinjenje dve susedne kancelarije prostoru Instituta, čime se formira jedinstvena funkcionalna celina površine 97m², kao i fleksibilna radna sala površine 40m². Nakon druge faze postiže se planirano funkcionalno unapređenje prostora uz primenu principa savremenog, svedenog i ekonomičnog dizajna poslovnog prostora.

LITERATURA

- [1] Bureaux, P. Small Offices, Taschen, 2005.
- [2] Duffy, F. The New Office, Conran Octopus, 2007.
- [3] Jovanović, G. Prikaz stambeno poslovnog objekta u ulici Vojvode Tankosića u Nišu, Nauka + Praksa 9, 2006. str. 44-48.
- [4] Keković, A.; Petrović, M. Rekonstrukcija svečane sale Građevinsko-arhitektonskog fakulteta u Nišu, Nauka + Praksa 9, 2006. str. 66-69.
- [5] Krauel, J. Working Spaces Today, Links International, 2014.
- [6] Milojković, A.; Nikolić, M. Autonomija arhitekture i odnos investitor-projektant - interakcija ili konflikt, Zbornik radova Građevinsko-arhitektonskog fakulteta u Nišu, 26, 2011, str. 41-52.
- [7] Milosavljević, O. Dinamika arhitektonskog prostora i forme koje ga određuju, Nauka + Praksa 12.1, 2008, str. 127-130.

[8] Nikolić, V.; Milosavljević, O. Prikaz adaptacije i unutrašnjeg uređenja poslovnog prostora MOSS-a u Prokuplju, Nauka + Praksa 10, 2007, str. 67-71.

[9] Nikolić, V.; Milosavljević, O. Prikaz INFO centra u Knjaževcu, Nauka + Praksa 10, 2007, str. 51-55.

[10] Schleifer, S. Working Spaces, Taschen, 2005.

[11] Statut GAF-a u Nišu



Slika 8 – Institut za građevinarstvo i arhitekturu GAF-a u Nišu nakon 1. faze adaptacije enterijera

CIP - Каталогизација у публикацији
Народна библиотека Србије, Београд

624 + 72

NAUKA + praksa : časopis Instituta za građevinarstvo i arhitekturu
Građevinsko-arhitektonskog fakulteta

Univerziteta u Nišu / glavni i odgovorni urednik Dragoslav Stojić. – 1993, br. 1- . – Niš :
Građevinsko-arhitektonski fakultet, 1993 (Niš: Grafika Galeb). -24 cm

Godišnje

ISSN 1451-8341 = Nauka + praksa (Niš. 1993)

COBISS.SR-ID 48721676