

**N
A
U
K
A
+
P
R
A
K
S
A**



**Institut za građevinarstvo i
arhitekturu – GAF
Univerziteta u Nišu**

16/2013



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.

PREVOD SA NEMAČKOG JEZIKA:

Prof. dr Tamara Nestorović, dipl. maš. inž., RUB

AUTORI NASLOVNE STRANE

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

Predrag Lukić, master inž. građ.

NA NASLOVNOJ STRANI

*„Drvena konstrukcija zvonare Saborne crkve u Nišu,
autor: D. Stojić“*

Nauka + Praksa

Časopis Instituta za građevinarstvo i arhitekturu

Građevinsko-arhitektonskog fakulteta Univerziteta u Nišu

Broj 16, 2013., ISSN 1451-8341

IZDAVAČ

**GRAĐEVINSKO-ARHITEKTONSKI FAKULTET
UNIVERZITET U NIŠU**

Štampa Unigraf

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 2013. godinu, časopis Nauka + praksa je svrstan u kategoriju časopisa M52.

Ovaj šesnaesti broj časopisa sadrži petnaest 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>Radovan Cvetković, Nemanja Marković, Dragoslav Stojić</i>	1
DRVENA SKELETNA KONSTRUKCIJA OBJEKTA CENTRA ZA RAZVOJ PEŠTERA U SJENICI	
2. <i>Milan Gocić, Mladen Milanović, Slaviša Trajković</i>	7
SOFTVERSKI PAKET ZA PRORAČUN INDEKSA SUŠA	
3. <i>Borislava Blagojević</i>	13
RASPOLOŽIVE PODLOGE I MOGUĆNOSTI ZA OCENU UTICAJA KLIMATSKIH PROMENA NA HIDROLOŠKE KARAKTERISTIKE OD ZNAČAJA ZA PROJEKTOVANJE PLOVNOG PUTA „MORAVA-VARDAR“ NA DEONICI REKE JUŽNE MORAVE	
4. <i>Ljiljana Vasilevska, Aleksandar Milojković, Marko Nikolić, Danijela Milanović</i>	21
IDEJNO PROGRAMSKO REŠENJE REKONSTRUKCIJE DOMA VOJSKE U NIŠU	
5. <i>Nenad Jovanović</i>	29
PRINCIPI BIOKLIMATSKE ARHITEKTURE I PASIVNIH SOLARNIH SISTEMA NA PRIMERU STAMBENOG OBJEKTA NA BRDU VINIK	
6. <i>Predrag Blagojević, Darko Živković, Vladimir Cvetković, Aleksandar Šutanovac</i>	35
GLAVNI PROJEKAT STAMBENO – POSLOVNOG OBJEKTA U MOSKVI	
7. <i>Jasmina Tamburić, Predrag Lukić</i>	41
UPOTREBNI VEK I TRAJNOST ARHITEKTONSKIH KONSTRUKCIJA	
8. <i>Dorđe Dorđević, Biljana Avramović, Dragoslav Stojić</i>	51
STOREPET – EVROPSKI PROJEKAT KLASTERA „DUNDJER“	
9. <i>Vuk Milošević, Dragan Kostić</i>	63
ARHITEKTONSKO DEFINISANJE PROSTORA U DVORIŠTU ZGRADE BANOVINE U NIŠU	

10. <i>Predrag Blagojević, Miljan Milenković</i>	71
GLAVNI PROJEKAT TUNELA NA PUTU GUSAR – LAZA U AZERBEJDŽANU	
11. <i>Bojana Anđelković</i>	79
ANALIZA, MOGUĆNOST UNAPREĐENJA I REKONSTRUKCIJA AERODROMA KONSTANTIN VELIKI U NIŠU	
12. <i>Bogdan Stefanović, Milorad Janić, Vjačeslava Matić, Dušan Stojnić</i>	87
MOGUĆNOST PRIMENE GEO-SINTETIČKIH MATERIJALA U ŠUMSKOM PUTNOM INŽENJERSTVU	
13. <i>Miloš Trajković, Dragan Milićević, Dejan Dimitrijević</i>	95
ULOGA MODELIRANJA KANALIZACIONIH SISTEMA U ANALIZI SISTEMA NA PRIMERU GRADA VRANJA	
14. <i>Aleksandra Kostić, Danica Stanković, Ivana Stanković, Milun Rančić</i>	103
URBANISTIČKO – ARHITEKTONSKO REŠENJE UREĐENJA CENTRALNE ZONE LESKOVAC	
15. <i>Günther Schmid</i>	111
RAVNOPRAVNO PARTNERSTVO U JUGOISTOČNOJ EVROPI, SEĆANJE NA PRIJATELJA IZ SARAJEVA	

UDK 624.011.1(497.11 Sjenica)

DRVENA SKELETNA KONSTRUKCIJA OBJEKTA CENTRA ZA RAZVOJ PEŠTERA U SJENICI

Radovan Cvetković¹, Nemanja Marković², Dragoslav Stojić³

Rezime: U Sjenici, na gotovo 1000m nadmorske visine, izgrađen je objekat Centra za razvoj Peštera. Pomalo neuobičajeno za naše građevinske prilike, investitor je zahtevao da konstrukcija bude od drveta. Objekat je projektovan u konstrukcijskom rasteru 5x5m i izveden je u skeletnom sistemu formiranom od stubova i greda od lepljenog lameliranog drveta I klase. Zidovi koji u ovom sistemu imaju samo funkciju ispune i omeđavanja funkcionalnih celina izvedeni su od drvenih elemenata i odgovarajućih obložnih ploča na bazi drveta. Međuspratne konstrukcije su projektovane i izvedene na sličan način, kao i zidovi, upotrebom drvenih greda postavljenih na 60cm rastera i obložnih slojeva od drveta i gipsa u skladu sa određenim arhitektonskim zahtevima i standardima. Posebna pažnja posvećena je proračunu i projekto-vanju veza između stubova i greda i obezbeđenju prostorne stabilnosti konstrukcije. O svemu napred navedenom rad daje, kroz opise, grafičke priloge i slike, više informacija.

Ključne reči: drvena skeletna konstrukcija, projektovanje i proračun, veze, lepljeno lamelirano drvo.

SKELETON TIMBER STRUCTURE OF THE PESTER DEVELOPMENT CENTER BUILDING IN SJENICA

Abstract: In Sjenica, at almost 1000m above sea level, was built facility of the Center for the development of Pester. A bit unusual for our special occasions, the investor is required to be of timber construction. The building is designed in the structural grid of 5x5m and was performed in the skeletal system formed by columns and beams of glued laminated timber. The walls in this system have a function of filling and the delimitation of functional units. The walls are made of timber elements and the corresponding cladding slab of timber. The floors are designed and constructed in a similar manner as the walls using timber beams set on 60cm distance and cladding layers of timber and plaster in accordance with certain architectural requirements and standards. Special attention was paid to the calculation and design of connections between columns and beams and the stability of spatial structures. About all the above mentioned paper provides, through descriptions, illustrations and images for more information.

Key words: timber skeleton construction, design and calculation, connections, glued laminated timber.

¹ Asistent, mr, dipl. građ. Inž.

² Saradnik, dipl. građ. inž.

³ Redovni profesor, dr, dipl. građ. inž.

1 UVOD

Izgradnja Centra za razvoj Peštera realizovana je se u Sjenici na nadmorskoj visini od, približno, 1000m, tokom proleća i leta 2013.

Objekat je je pravougaone osnove dimenzija 19,80 x 15,0m, spratnosti P+Pk, izveden u skeletnom sistemu u konstrukciji od lepljenog lameliranog drveta. Objekat ima specifičnu arhitektonsku formu koja se ogleda u viševodnom kosom krovu čije su sve krovne ravni pod različitim nagibom projektovane sto je za posledicu imalo i nestandardne oblike zidova, odnosno zidnih drvenih panela potkrovlja, netipiziranu speci-fikaciju konstrukcijskih elemenata skeleta (gotovo da ne postoje dva ista stuba i dve iste grede koje formiraju konstrukciju potkrovlja) i krovnu konstrukciju u kojoj ni jedan rog nema svog „blizanca“. U jednom delu gabarita predviđena je podstanica centralnog grejanja koja je u potpunosti izvedena kao klasična zidana kon-strukcija, u drugom delu konstrukcija se oslanja na čelični stub, koji ide kroz celu visinu obe etaže, ostalo je izvedeno u drvenoj konstrukciji, ulazna zona je u dominantnim staklenim površinama, tako da je mnogo toga trebalo isplanirati, prilagoditi i uklopiti kako bi se dobila jedna funkcionalna, stabilna i sigurna konstrukcija koja se izvodi i izvedena je u skladu sa odgo-varajućim standardima i propisima za proračun i projektovanje drvenih konstrukcija.

2 KONSTRUKCIJA

Konstrukcija objekta je formirana u drvenom skeletnom sistemu od lepljenog lameliranog drveta četinarina I klase.

Skeletna konstrukcija je formirana od:

- unutrašnjih centralnih stubova složenog porečnog preseka dimenzija 2x12/33cm,
- perifernih stubova prostog poprečnog preseka dimenzija b/h=18/20cm,
- ugaonih stubova dimenzija b/h=20/20cm, izuzev u jugozapadnom uglu gde je planirana ugradnja čeličnog stuba kružnog poprečnog preseka 140...6...1,
- greda u zoni centralnog dela konstrukcije, u ravni međuspratne konstrukcije, dimenzija b/h=14/33cm,
- zakošenih greda u zoni centralnog dela konstrukcije, u ravni iznad prostora potkrovlja, dimenzija b/h=14/33cm,

- greda po obodu konstrukcije u nivou međuspratne konstrukcije dimenzija poprečnog preseka b/h=14/33cm,
- zakošenih greda po obodu konstrukcije u ravni iznad prostora potkrovlja dimenzija poprečnog preseka b/h=14/33cm,
- greda po obodu konstrukcije u nivou međuspratne konstrukcije dimenzija poprečnog preseka b/h=14/33cm,
- rogova b/h=12/20cm,
- elemenata za ukrućenje veza između stubova i greda dimenzija b/d=14/14cm. (veza sa gredama i stubovima se ostvaruje izradom zaseka i ugradnjom zavrtnjeva bez navrtke M10...200.

Kosnici su postavljeni u oba nivoa objekta, tj. u svim fasadnim ravnima i ostalim unutrašnjim vertikalnim ravnima koje se poklapaju sa konstrukcijskim pravcima tako da ne remete funkcionalnost objekta. Položaj kosnika definisan je u statičko-proračunskom modelu konstrukcije.

Veze između konstrukcijskih elemenata, greda i stubova, realizuju se ugradnjom zavrtnjeva sa navrtkom (M12, M14, M16) postavljenom preko odgovarajućih, standardima definisanih podložnih pločica, kružnog oblika, u kombinaciji sa odgovarajućim čeličnim elementima (ugaonicima, papučama, profilisanim trakama, pločama), čija je geometrija precizno definisana u priloženim izvođačkim detaljima. U spojevima stubova i greda izvedeni su zaseci u stubovima kako bi se grede precizno oslonile o njih pre ugradnje čeličnih ugaonika i spojnih sredstava. Ovi zaseci delom prihvataju opterećenje od greda i direktno prenose na stubove tako da stvaraju određenu rezervu nosivosti spojnih sredstava, sto je veoma značajno za oblikovanje izvođačkih detalja.

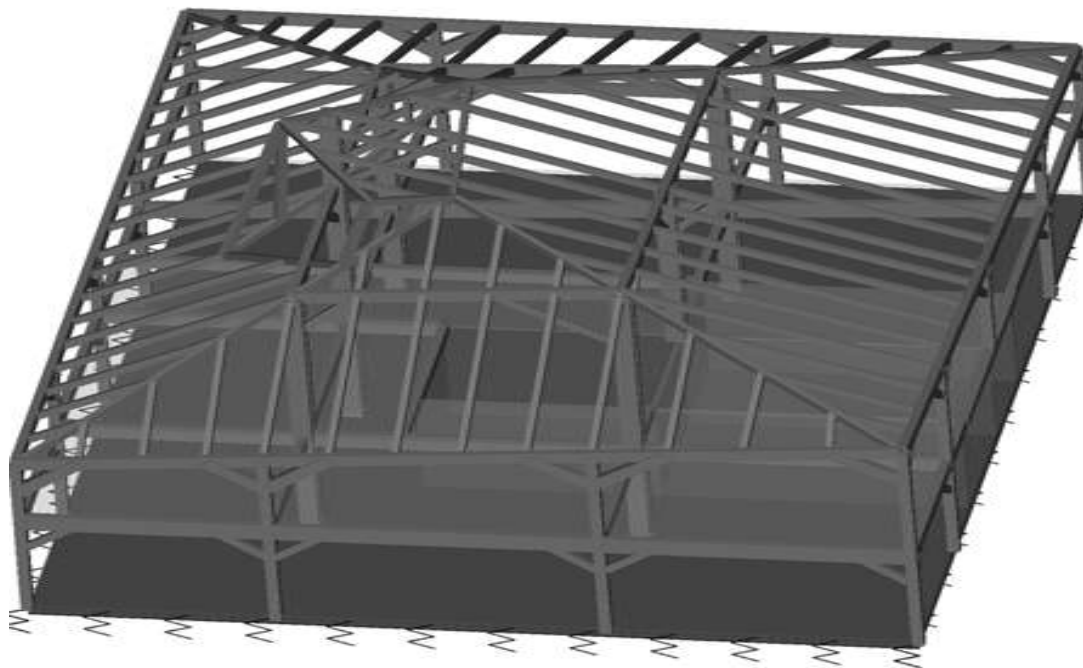
Konstrukcija zidnih panela, opisanih u arhitektonskim detaljima sastoji se od drvene podkonstrukcije sastavljene od stubova dimenzija b/h=8/20/h cm na međusobnom rastojanju od 60cm i okvirnih greda sa gornje i donje strane dimenzija 8/20/L cm. Ovako formirani drveni „kostur“ povezuje se sa stubovima i gredama drvene skeletne konstrukcije (zavrtnjima, čeličnim ugaonicima i čeličnim trakama), popunjava se termoizolacijom u debljini d=20cm i oblaže određeni slojevima materijala definisanim u arhitektonskim detaljima

(OSB ploče, gipsne ploče, enterijerske završne obloge, noseća podkonstrukcija fasade, fasadna obloga od lima).

Međuspratne drvene konstrukcije se sastoje od greda dimenzija 12/24cm, 8/24cm i 8/16cm raspoređenih na međusobnom rastojanju od 60 i 40cm i odgovarajućih obložnih slojeva definisanih arhitektonskim detaljima. MSK grede se oslanjaju na obodne grede noseće drvene, skeletne konstrukcije i na betonske elemente zidanog segmenta konstrukcije objekta (podstanica centralnog grejanja) preko profilisanih čeličnih papuča čija je geometrija data u odgovarajućem prilogu, na osnovu proračuna.

Dokazana je upotrebljivost drvenih međuspratnih konstrukcija ovog objekta u odnosu na kriterijume nivoa vibracija koje se mogu očekivati, a koji su definisani u Evrokodu 5.

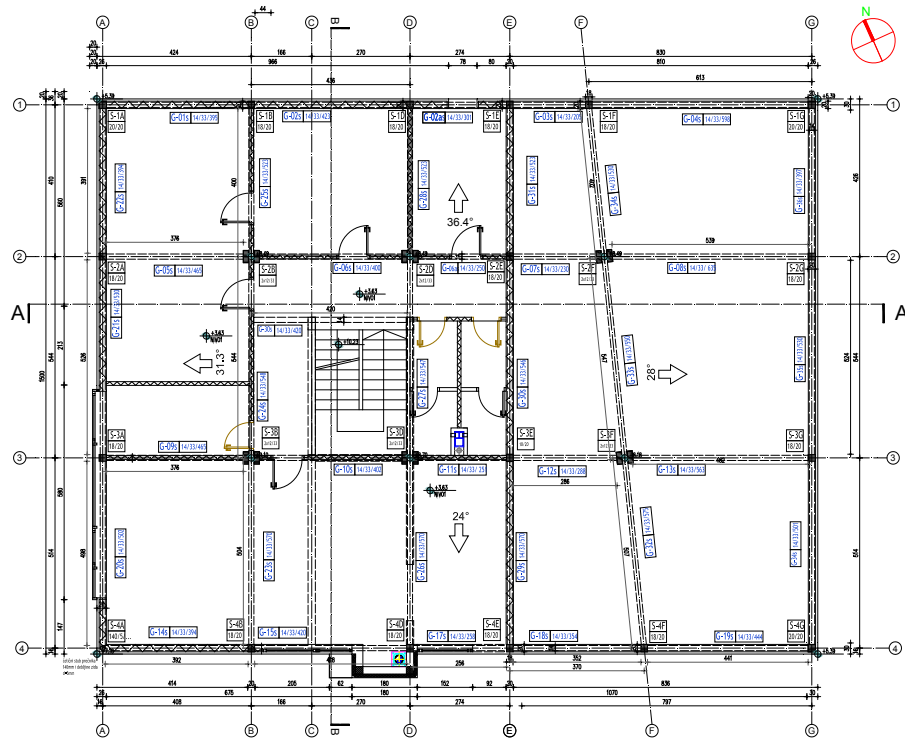
Krovnna konstrukcija objekta je slobodne, četvorovodne forme sa različitim nagibima svake od krovnih ravni što uslovljava definisanje specifične geometrije svakog pojedinog konstrukcijskog elementa. Ta različitost uslovljava i specifično oblikovanje veza između elemenata krovne konstrukcije, elemenata nivoa potkrovlja i centralnih stubova koji se protežu celom visinom objekta. Sve te veze su rešene pomoću čeličnih profilisanih ugaonika i zavrtnjeva. Nad krovnom formom izdiže se konstrukcija svetlarnika naglašenog gabarita koja se oslanja na same elemente krovne konstrukcije. Uklapanje tog konstrukcijskog kubusa u niži konstruktivni sklop tretiran je kao poseban problem i uspešno je sagledavan kroz proces gradnje objekta.



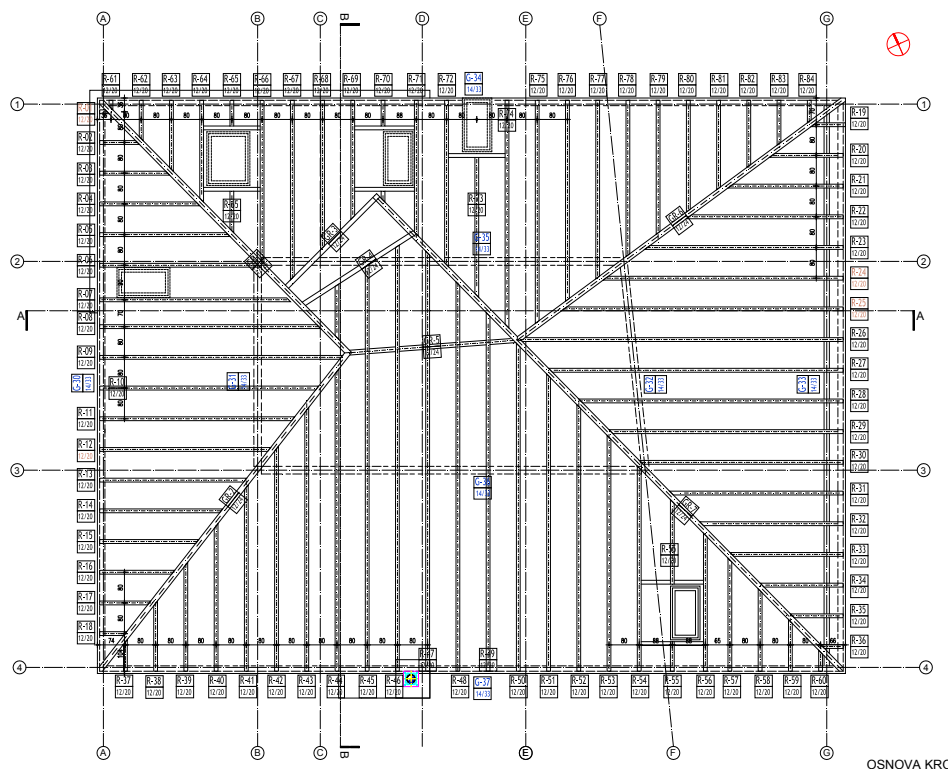
Slika 1. Skeletna drvena konstrukcija –računski model

Konstrukcijski elementi od lepljenog lameliranog drveta (LLD) izrađuje se od četinarske građe I klase i lepi rezorcinskim lepkovima, u svemu prema zahtevanoj tehnologiji. Drvo se štiti od insekata, gljivica i vlage transparentnim premazima na bazi „sadolina“ u tonu koji odredi projektant. Dopunska zaštita drveta se sprovodi protivpožarnim transparentnim premazima atestiranim sredstvom POFEX-W, koje se nanosi na drvo pre drugih zaštitnih premaza.

Okov za vezu elemenata konstrukcije i drvene konstrukcije sa AB temeljnim stopama izvodi se od građevinskog čelika Č-0361 i štiti osnovnom bojom. Okov je, uglavnom, projektovan od čeličnog lima debljine $d=6\text{mm}$, osim okova kojim se stubovi povezuju sa temeljnom konstrukcijom, a koji je debljine $d=10\text{mm}$.



Slika 2. Osnova konstrukcije prizemlja i potkrovlja



Slika 3. Osnova krovne konstrukcije



Slike 3 i 4. Detalj veze greda iz četiri različita pravca i unutraš njeg stuba pomoću čelčnih ugaonih veza (levo) i detalj veze unutrašnjeg stuba složenog poprečnog preseka sa temeljnom konstrukcijom (desno).



Slike 5 i 6. Detalj veze greda prizemlja i potkrovlja sa stubom u fasdnoj ravni (levo) i detalj osnovnih elemenata drvene međuspratne konstrukcije (desno).



Slika 7. Objekt u izgradnji: skeletna konstrukcija od LLD na južnoj strani objekta.



Slika 8. Izgled objekta nakon završetka gradnje

3 ZAKLJUČAK

Na osnovu tekstualnog opisa i niza fotografija nekih detalja i celina drvene konstrukcije, napred pokazanih, jasno je da se radi o objektu, koji je sa izvođačkog i projektantskog aspekta bio određeni izazov. Doslednom procedurom definisanom propisima i standardima za drvene konstrukcije i inženjerskom primenom istih, lako su rešeni neki veoma složeni detalji povezivanja različitih elemenata konstrukcije. Proračunski koraci veza, spojnih sredstava, dimenzija poprečnih preseka konstrukcijskih elemenata nisu dati ovde i deo su originalne projektne dokumentacije. U prvoj fazi formirani drveni skelet, dovoljno verno modeliran u odnosu na realan rad konstrukcije i sračunat u softverskom paketu „Tower“, „ispunjen“ je drvenim zidnim panelima i drvenim međuspratnim konstrukcijama, u drugoj fazi. Na žalost, drvena konstrukcija je arhitektonskim rešenjima enetrijera i eksterijera u dobroj meri „sakrivena“ i, na sreću, zaštićena, tako da će ovaj objekat, uprkos našoj lošoj navici da nedovoljno brinemo i održavamo izvedene objekte, imati dug eksploatacioni vek.

4 LITERATURA

- [1] Glavni projekat konstrukcije Centra za razvoj Peštera, 2012.
- [2] Drvene konstrukcije *Gojković Milan, Stojić Dragoslav Grosknjiga, Beograd, 1996.*
- [3] Rešeni primeri iz teorije i prakse drvenih konstrukcija, *Gojković Milan, Stevanović Boško, Komnenović Milorad, Kuzmanović Sreto, Stojić Dragoslav, Građevinski fakultet, Beograd, 2001.*
- [4] Evrokod 1-EC-1: Osnove proračuna i dejstva na konstrukcije, *Građevinski fakultet, Beograd, 1991.*
- [5] Evrokod 5-EC-5: Proračun drvenih konstrukcija, *Građevinski fakultet Beograd, Građevinsko-arhitektonski fakultet Niš, 1995.*
- [6] Zbirka standarda i propisa drvenih konstrukcija, *Dragoslav Stojić.*

UDC 632.112:004.4

SOFTVERSKI PAKET ZA PRORAČUN INDEKSA SUŠA

Milan Gocić¹, Mladen Milanović², Slaviša Trajković³

Rezime: Suša je hazard i rezultat je nedostatka padavina. Ona umanjuje poljoprivrednu proizvodnju, dovodi do degradacije zemljišta i zahteva intervencije ljudi u oblasti rečnog sliva. Stoga je neophodno pronaći način za njenu efikasnu predikciju proračunom indeksa suša. Razvoj informatičkih tehnologija u velikoj meri omogućio je nesmetan prelazak na automatizovano izračunavanje neophodnih klimatskih parametara za procenu suše. U radu je predstavljeno softversko rešenje koje omogućava da se na efikasan način dobiju proračuni indeksa suša.

Ključne reči: proračun indeksa suše, suša, softverski paket, indeksi suše

SOFTWARE PACKAGE FOR DROUGHT INDEX CALCULATION

Abstract: Drought is a hazard and a result of the lack of precipitation. It decreases agricultural production, makes land degradation and requires human interventions in the river basin. Therefore it is necessary to find a way for its efficient prediction by estimating of drought indices. The development of informatics technologies greatly improved transition to the automated calculation of the needed climatic parameters for the evaluation of drought. This paper presents a software solution that enables to efficiently obtain the estimations of drought indices.

Keywords: estimation of drought indices, drought, software package, drought indices

¹ mr Milan Lj. Gocić, mgocic@yahoo.com, Građevinsko-arhitektonski fakultet Univerziteta u Nišu

² dipl. inž. Mladen Milanović, mmsmladen@gmail.com, Građevinsko-arhitektonski fakultet Univerziteta u Nišu

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

1 UVOD

Praćenje, analiza i ocena vremenskih i klimatskih uslova, kao i sušnih i vlažnih perioda zasniva se na vrednostima brojnih indeksa suša i rezultatima primene klimatskih modela. Posebna pažnja se poklanja praćenju uslova vlažnosti, odnosno monitoringu i predikciji suša.

Indeksom suša se određuje intenzitet, trajanje i učestalost suše [1]. Kako bi se dobila veća sigurnost u proceni suše preporučuje se istovremeno korišćenje više indeksa suše.

Shodno [2] usvojena je klasifikacija suše na: hidrološku, meteorološku, poljoprivrednu i socio-ekonomsku.

Danas je neophodno da se tradicionalno računanje zameni upotrebom automatizovanih rešenja u obliku softverskih paketa koji treba pored brzine u radu da omoguće i besprekornu preciznost izračunavanja. Osim toga, softverska rešenja moraju da prate svetske inovacione procese u oblasti informatičkih tehnologija i u sebi obuhvatiti nova i pouzdana rešenja na polju definisanja aplikacija.

Pošto je predloženi softverski paket prevashodno namenjen edukaciji stručnjaka iz oblasti praćenja klimatskih promena, može se pokazati da upotreba informatičkih tehnologija u obrazovanju i nastavi predstavlja potencijalni ključ za rešavanje brojnih problema.

Osnovni cilj rada je predstavljanje softverskog paketa za proračun indeksa suša koji je nastavak ideje koja ističe značaj proračuna klimatskih parametara kao što je na primer referentna evapotranspiracija [3, 4] za predikciju suša.

2 RAZVOJNO OKRUŽENJE PAKETA

Predstavljeni softverski paket je desktop aplikacija namenjena za korišćenje pod Windows operativnim sistemom. Kao razvojno okruženje korišćen je programski jezik C# [5, 6] specijalno dizajniran za .NET platformu.

Podsećanja radi, to je jednostavan, komponentno i objektno orijentisan programski jezik s nasleđenom podrškom za kapsulaciju, nasleđivanje, polimorfizam, interfejse, svojstva, indekse, delegate i attribute, nastao iz potrebe za povećanjem produktivnosti u razvoju softvera.

Za potrebe čuvanja izmerenih klimatskih parametara koji se koriste za proračun indeksa suša korišćena je Microsoft Access baza podataka.

3 ZAHTEVI ZA UVOĐENJEM PAKETA

Iz analize trenutnog stanja u oblasti procene suše, moguće je identifikovati osnovne zahteve koje treba da ispuni softversko rešenje:

- **Iskorišćenost:** Ovaj zahtev se odnosi na stepen lakoće sa kojom korisnici mogu da rade sa paketom. Ona obuhvata nekoliko aspekata:

- jednostavna instalacija i konfiguracija,
- laka integracija sa postojećim aplikacijama,
- prilagođavanje funkcionalnosti.

- **Modularnost:** Označava da funkcionalnosti paketa moraju da se obezbede preko nezavisnih modula, što omogućava:

- lako prilagođavanje paketa rešavanju specifičnih problema dodavanjem novih metoda,
- postojanje inkrementalnog pristupa pri održavanju paketa, pri čemu se ne menja drastično prethodna struktura paketa,
- izbegavanje komplikovanih instalacija i dodavanje beskorisnih komponenti ili funkcionalnosti.

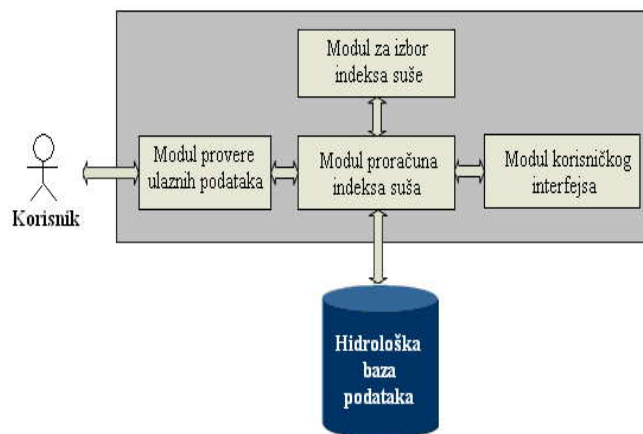
- **Jednostavnost pri održavanju i nadogradnji (proširenju):** Paket se bazira na dinamičnim promenama i specifikacijama koje neprestano rastu, tako da je neophodno realizovati dosta verzija. Ovaj aspekt omogućava efikasan i brz razvoj potrebnih komponenti i njihovo lako širenje među krajnjim korisnicima.

- **Jednostavnost pri povezivanju sa drugim paketima:** Rešenje koje se nudi predloženim paketom ne sme biti izolovano, već ga treba testirati i povezivati sa drugim sličnim rešenjima.

4 IMPLEMENTACIJA REŠENJA

Softverski paket za proračun indeksa suše se sastoji iz četiri modula (slika 1):

- **Modul za izbor indeksa suše:** Omogućava izbor indeksa suše prema definisanoj klasifikaciji suše (hidrološk, meteorološka, poljoprivredna i socio-ekonomska).
- **Modul provere ulaznih podataka:** Koristi se za proveru unosa podataka od strane korisnika.
- **Modul proračuna indeksa suša:** Predstavlja logiku softverskog paketa i obuhvata metode za proračun indeksa suša.
- **Modul korisničkog interfejsa:** Omogućava korisniku da na ekranu vidi rezultate postupka proračuna izabranog indeksa suše.



Slika 1 – Pojednostavljen arhitekturni prikaz softverskog paketa za proračun indeksa suše

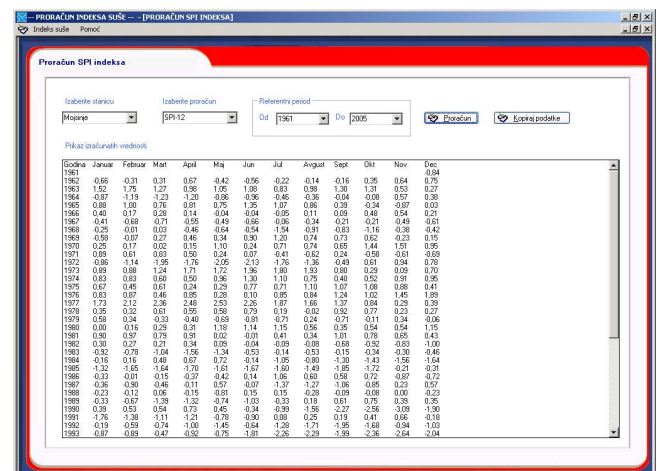
Pored navedenih modula treba istaći postojanje hidrološke baze podataka. Hidrološka baza podataka mora biti u stanju da akumulira podatke i pruži usluge pristupa podacima brzo i tačno. Takođe, trebalo bi da omogući kreiranje automatizovanih izveštaja.

U toku procesa skladištenja podataka u hidrološku bazu podataka najpre se vrši pristup datotekama sa podacima smeštenim na fajl server putem akvizicionog veb servisa. Nakon toga obavlja se proces pribavljanja podataka na osnovu definisanih specifikacija (na primer, ETSpec za pribavljanje podataka koji se odnose na evapotranspiraciju [7-9]) i standarda. Zatim se vrši provera (kontrola) pribavljenih podataka. Ukoliko su podaci ispravno izmereni i preneti, kreira se model podataka i smeštaju podaci u hidrološku bazu podataka. U suprotnom se dati podatak ne upisuje u bazi podataka.

Modul korisničkog interfejsa se sastoji iz dve celine. Prvu celinu čini teorijska osnova za

odgovarajući proračun indeksa suša, dok drugu celinu čine proračuni indeksa suša.

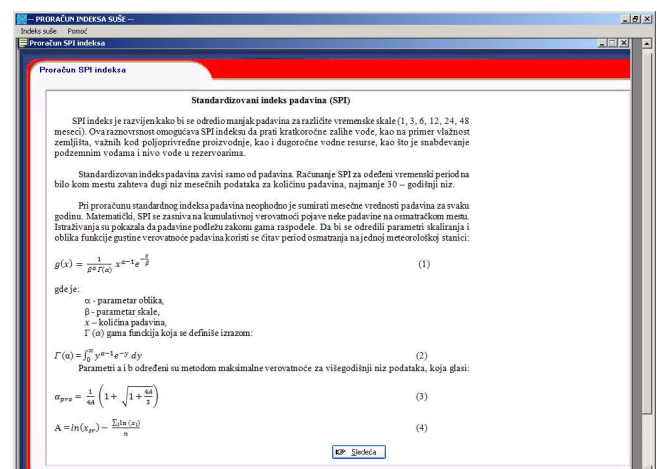
Trenutno su obrađena tri meteorološka indeksa (standardizovani indeks suše (SPI) prikazanog na slici 2, standardizovani indeks zasnovan na evapotranspiraciji i padavinama (SPEI) i rekultivacija indeksa suše (RDI)) i dva hidrološka indeksa suša (indeks smanjenja proticaja (SDI) i standardizovani indeks proticaja (SSFI)). Navedeni indeksi se izračunavaju za 1, 3, 6, 9 i 12 meseci pri čemu je korak u proračunu kalendarski mesec. Vrednosti indeksa suša određene u različitim vremenskim skalama pogodno su za ocenu uslova vlažnosti i analizu njihovih kolebanja i promene.



Slika 2 - Prikaz prozora za proračun SPI indeksa suša

Karakteristična je upotreba referentnog perioda za izračunavanje SPI i SDI indeksa.

Da bi se proračuni uspešno izvršavali, neophodno je voditi računa o ispravnom unosu podataka. Zato je implementiran mehanizam za obradu izuzetaka.



Slika 3 - Prikaz prozora sa teorijskom pripremom proračuna SPI indeksa

Nakon dobijanja rezultata proračuna, podaci se mogu iskopirati i upotrebom npr. Microsoft Excela mogu se dobiti grafički prikazi indeksa suša u funkciji posmatranog perioda.

Izgled prozora aplikacije sa teorijskom pripremom proračuna SPI indeksa prikazan je na slici 3. Korisniku je omogućeno da pre proračuna indeksa suše proveri ili utvrdi svoje znanje iz oblasti proračuna indeksa suše.

Softverski paket poseduje sledeće karakteristike:

1. Objektno orijentisano programiranje: Moderne platforme, među kojima spada .NET, nude moćne karakteristike za generisanje kôda. Objektno orijentisano programiranje (OOP) preko .NET platforme čini razvoj lakšim i omogućava izdvajanje interfejsa od podataka.

Implementacijom softverskog rešenja u programskom jeziku C# omogućeno je jednostavno dodavanje novih funkcionalnosti ili implementiranje novih metoda proračuna indeksa suše. Ovakav dizajn aplikacije odlikuje se kreiranjem kôda koji je transparentan, proširiv i ponovo upotrebljiv.

2. Hvatanje izuzetaka: Koncept hvatanja izuzetaka je dizajniran da hvata probleme koji nastaju tokom izvršavanja aplikacije. To je važna karakteristika objektno orijentisanih programskih jezika koja je korišćena u ovoj aplikaciji čime se korisniku šalje poruka o pogrešno popunjenoj komponenti. Ugradnja mehanizma hvatanja izuzetaka treba da poboljša rad aplikacije, kako bi se predvideli sistemski nedostaci.

3. Grafički korisnički interfejs: Grafički korisnički interfejs obezbeđuje vezu između podataka i korisnika.

4. Jednostavnost korišćenja: Grafički korisnički interfejs je prilagođen upotrebi bez neophodne prethodne obuke sa ciljem da pruži elementarne informacije o indeksima suše kao i rezultate proračuna.

Paket je namenjen studentima tehničkih nauka, istraživačima iz oblasti hidrologije, inženjerima, projektantima melioracionih sistema i drugim tehničkim licima.

5 MINIMALNI HARDVERSKI ZAHTEVI

Softverski paket je namenjen radu na Windows platformi i uspešno je testiran u Windows XP i Windows 7 okruženju.

Za instalaciju softvera neophodan je CD-ROM i najmanje 50 MB slobodnog prostora na hard disku. Preporučena konfiguracija je bilo koji Pentium™ računar.

6 BUDUĆNOST SOFTVERSKOG PAKETA

Data verzija softverskog paketa spada u red perspektivnih programa, zbog mogućnosti lake nadogradnje u skladu sa potrebama korisnika.

U planu je proširenje softvera unosom proračuna drugih indeksa suša a pre svega poljoprivrednih. Takođe, planira se da kompletan izvorni kôd postane dostupan korisnicima.

Buduće verzije softvera treba da poboljšaju automatizovanost u proračunu neophodnih parametara. Takođe, predviđa se povezivanje sa Internetom i omogućavanje ažuriranja softvera. Predviđena je ugradnja novih funkcionalnosti u pogledu komunikacije sa softverom putem Interneta i unosa novih metoda proračuna čime bi se mogao uključiti daleko veći broj korisnika.

7 ZAKLJUČAK

U ovom radu prikazana je mogućnost korišćenja softverskog paketa za proračun indeksa suše namenjenog studentima tehničkih fakulteta. Korišćenjem predloženog softverskog paketa se u velikoj meri otklanjaju nedostaci klasičnog izračunavanja indeksa suše.

Kreiranjem ovakvog interaktivnog softvera studentima je omogućeno da na lak i zanimljiv način, sopstvenim tempom i sa stalnom povratnom informacijom savladavaju sadržaje iz oblasti praćenja klimatskih promena.

Predstavljena verzija softverskog rešenja a i sve buduće obuhvataće sve veći broj indeksa suša.

ZAHVALNOST

Istraživanja prezentovana u ovom radu finansirana su od strane Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije, u okviru projekta "Razvoj hidroinformacionog sistema za praćenje i ranu najavu suša", ev. broj TR37003.

LITERATURA

- [1] *A review of drought concepts*, Mishra, A.K., Singh, V.P., Journal of Hydrology 354 (1–2), 202–216, 2010.
- [2] *Understanding the drought phenomenon: The role of definitions*, Wilhite, D.A., Glantz, M.H., Water International 10 (3), 111–120, 1985.
- [3] *Software for estimating reference evapotranspiration using limited weather data*, Gocic, M., Trajkovic, S., Computers and Electronics in Agriculture 71(2), 158–162, 2010.
- [4] *Service-Oriented Approach for Modeling and Estimating Reference Evapotranspiration*, Gocic, M., Trajkovic, S., Computers and Electronics in Agriculture 79(2), 153–158, 2011.
- [5] *C# and .NET Platform*, Troelsen, A., Apress, Berkley, 2002.
- [6] *Programski jezik C#: pitanja, odgovori i rešeni zadaci*, Gocić, M., Mikro knjiga, Beograd, 2013.
- [7] *An Approach to Specify Reference Evapotranspiration*, Gocic, M., Trajkovic, S., Proceedings of the International Conference „Innovation as a Function of Engineering Development“ – IDE 2011, Faculty of Civil Engineering and Architecture, University of Nis, Nis, Serbia, 25–26 November 2011, 133–138, 2011.
- [8] *Querying Hydrologic Information with Web Services and ETSpec*, Gocic, M., Trajkovic, S., Milicevic, D., Sixth International Conference BALWOIS 2012, Ohrid, Republic of Macedonia, 2012.
- [9] *Service-oriented paradigm for analyzing hydrological processes*, Gocic, M., Stojanovic, D., Proceedings of the 27th Annual ACM Symposium on Applied Computing 2012, Riva del Garda, Trento, Italy, March 26–30, 2012, Vol. 2, 1994–1995, 2012.

UDK 711.76:551.583(497.11 Južna Morava)

RASPOLOŽIVE PODLOGE I MOGUĆNOSTI ZA OCENU UTICAJA KLIMATSKIH PROMENA NA HIDROLOŠKE KARAKTERISTIKE OD ZNAČAJA ZA PROJEKTOVANJE PLOVNOG PUTA 'MORAVA-VARDAR' NA DEONICI REKE JUŽNE MORAVE

Borislava Blagojević¹

Rezime

U radu se navode karakteristike hidroloških režima srednjih, velikih, malih voda i termičkog režim reke, koje su od značaja za projektovanje plovnih puteva i pristaništa. Razmatra se obim raspoloživih podataka i mogućnost za ocenu karakteristika režima, kao i za ocenu uticaja klimatskih promena na karakteristike. Prethodna istraživanja ukazuju na postojanje donjih ekstrema u serijama godišnjih ekstrema i prosečnih godišnjih protoka na pojedinim hidrološkim stanicama. Kao najkritičniji režim za ocenu na celoj rečnoj deonici je izdvojen termički režim reke. Ukazano je na potencijalne probleme i dileme koje se moraju razrešiti pre nego što se počne ocena uticaja klimatskih promena na režime površinskih voda na reci Južnoj Moravi.

Ključne reči: Južna Morava, klimatske promene, srednje vode, velike vode, male vode, termički režim reke

AVAILABLE DOCUMENTS AND POTENTIAL FOR EVALUATION OF CLIMATE CHANGE IMPACT ON HYDROLOGICAL CHARACTERISTICS RELEVANT FOR DESIGNING THE NAVIGABLE CANAL MORAVA-VARDAR, ON THE SECTION OF THE JUZNA MORAVA RIVER

Summary

This paper lists the characteristics of the mean flow, flood flow, low flow and water temperature hydrologic regimes that are recommended for the design of waterways and docks. The available data is considered with both their potential for evaluating the characteristics of the regimes, and for the assessment of climate change impacts on the characteristics. Previous studies indicate the existence of low outliers in a series of annual extremes and the average annual flow at some hydrological stations. The water temperature regime along the entire river reach is singled out as the most difficult regime for evaluation. The potential problems and dilemmas that should be resolved prior to the climate change impact assesment on surface water regime in the Južna Morava River are highlighted.

Key words: Hydrologic drought, Flood, Soil erosion, Regional spatial plan

¹ dr Borislava Blagojević, D.I.G., docent, borislava.blagojevic@gaf.ni.ac.rs, b.blagojevic@eunet.rs, Građevinsko-arhitektonski fakultet Univerziteta u Nišu

1 UVOD

Ideja o izgradnji plovnog puta od Dunava do Egejskog mora, stara je skoro jedan vek. Pre 40 godina, Projektantski zavod "Ivan Milutinović" (PIM) uradio je studiju, prema kojoj bi plovni put Dunav-Morava-Vardar-Egejsko more bio dug 850 km, a visinska razlika 812 m. Danas je pitanje izgradnje kanala aktuelizovano i u oktobru 2013. godine, Vlada Republike Srbije je započela razgovore sa kineskim investitorima o koncesiji [1]. Razgovori se vode na osnovu pozitivne studije izvodljivosti koju je uradila kineska projektantska kuća (China Gezhuba Cooperation). U okviru posete ove kineske korporacije Srbiji u junu 2013. godine na Građevinsko-arhitektonskom fakultetu u Nišu, u saradnji sa Republičkom agencijom za prostorno planiranje, organizovana je prezentacija, radni sastanak i obilazak terena. Timu kineskih stručnjaka su predstavljeni relevantni podaci za sagledavanje stanja na sektoru reke Južne Morave, od ušća do izvora, u pogledu: hidroloških podloga i vodnog bilansa, kvaliteta voda, rečnog nanosa, kao i planerskog okvira za projektovanje.

Pored prikaza hidroloških podloga koje su kao rezultat postojećih analiza i proračuna predstavljeni na radnom sastanku, cilj ovog rada je i analiza stanja u pogledu raspoloživih podataka za ocenu uticaja klimatskih promena prilikom projektovanja plovnog puta i pristaništa na sektoru reke Južne Morave.

2 METODOLOGIJA

Metodologija istraživanja obuhvata prikupljanje, analizu i izučavanje raspoloživih podataka, dokumenata i drugog pisanog materijala.

Sadržaj rada je organizovan prema celinama koje predstavljaju hidrološke režime površinskih voda. Karakteristike hidroloških režima neophodne za projektovanje plovnih puteva i pristaništa su [2]: 1) Srednje vode (Određivanje serija mesečnih i godišnjih protoka vode i njihovih statističkih parametara; Funkcije raspodele verovatnoća mesečnih i godišnjih protoka; Prosečne krive trajanja i učestanosti protoka – vodostaja.); 2) Velike vode (Funkcija raspodele verovatnoća i granice intervala poverenja metodom godišnjih maksimuma; Hidrogrami velikih voda, forma i zapremina; Analiza velikih voda metodom prekoračenja preko praga.); 3) Male vode (Funkcije raspodele verovatnoća minimalnih proticaja različitih trajanja i dijagram Qtp; Analiza vremena pojave i trajanja malih voda.); 4) Rečni nanos (Karakteristike nanosa (granulometrija); Funkcije raspodele godišnjih

vrednosti pronosa suspendovanog nanosa; Prosečni pronos suspendovanog i vučenog nanosa i njihova raspodela unutar godine.); 5) Termički režim reka (Trajanje i učestanost pojave leda; Datumi pojave i prestanka ledenih pojava; Karakteristike leda i ledenih pojava na kritičnim deonicama reka; Raspored temperatura vode u godini.). U radu su sagledani svi hidrološki režimi osim režima rečnog nanosa.

Promene hidroloških režima su posledica promena u slivu i promena ulaza u sliv. Klimatske promene koje su rezultat globalnog zagrevanja, predstavljaju glavnu promenu ulaza u sliv kao sistem, mada posredno utiču i na promene u slivu [3]. Uslovi za otkrivanje uticaja klimatskih promena u hidrološkim podacima su težište ovog rada.

3. PODACI MERENJA I OSMATRANJA HIDROLOŠKIH POJAVA

Referentna ustanova za prikupljanje hidrometeoroloških podataka kod nas je Republički hidrometeorološki zavod Srbije (RHMZS). Osmotreni hidrološki podaci se objavljuju u Hidrološkom godišnjaku, koji je od 1975. godine organizovan u tri dela: 1- Površinske vode, 2- Podzemne vode, 3- Kvalitet voda. Za ovo istraživanje, od značaja su podaci koji se objavljuju u delu godišnjaka koji se odnosi na površinske vode i sadrži: 1) Osnovne podatke o hidrološkim stanicama; 2) Vodostaje reka i jezera, kao i pojave leda; 3) Protoke vode; 4) Temperature vode; 5) Pronos lebdećeg nanosa. Kao što je već izneto, za rad se ne razmatraju podaci koji se odnose na nanos.

U slivu Južne Morave postoji 38 trenutno aktivnih stanica u osmatračkoj mreži površinskih voda (Slika 1), od čega je njih 6 na samom toku reke. Stanice na toku Južne Morave su sa periodom osmatranja dužim od 60 godina. U slivu radi 14 izveštajnih stanica, što znači da se podaci dostavljaju u realnom vremenu. Od 6 stanica na toku Južne Morave, samo Vladičin Han nije izveštajna stanica. Na glavnom toku postoje hidrološki podaci i sa dve neaktivne-ugašene stanice (Ristovac, Stalać), sa osmatranjima dužim od 50 godina. Stanica Stalać (0.4 km od ušća) radila je u periodu 1922-1978, a Ristovac (237 km od ušća) u periodu 1922-1990.

U tabeli 1 je prikazano stanje raspoloživih osmotrenih podataka o površinskim vodama na stanicama koje se nalaze na reci Južnoj Moravi, u smislu perioda osmatranja i merenja. Tabela je sastavljena na osnovu podataka objavljenih na internet stranici RHMZS (www.hidmet.gov.rs) i uvida u Hidrološke godišnjake u periodu 1983-2012.



Слика 1 Просторни распоред хидролошких станица у сливу реке Јужне Мораве (извор: www.hidmet.gov.rs)

Табела 1 Периоди мерења и осматрања хидролошких појава на станицама на току Јужне Мораве. Легенда: H-водостај, Q-proticaj, T-temperature воде, L- ledene појаве; (k година) – година од које се мерење водостаја обавља региструјућим instrumentом; x – не мери се; * - постоје подаци за период 2009-2012.

Станица	Km од ушћа	Period рада	Period мерења и осматрања			
			H	Q	T	L
Mojsinje	16.4	1950-	1950- (k 1950-)	1952-	1955-	1951-
Aleksinac	55.1	1926-	1926- (k 1960-)	1926-2004	x*	1948-
Korvingrad	105.7	1922-	1923- (k 1961-)	1922-	1972-	1948-
Grdelica	155	1922-	1923- (k 1958-)	1923-	1935-	1952-
Vladičin Han	187.8	1937-	1937- (k 1961-)	1954-	x	1948-
Vranjski Priboj	202.8	1945-	1940- (k 1981-)	1954-	x	1948-

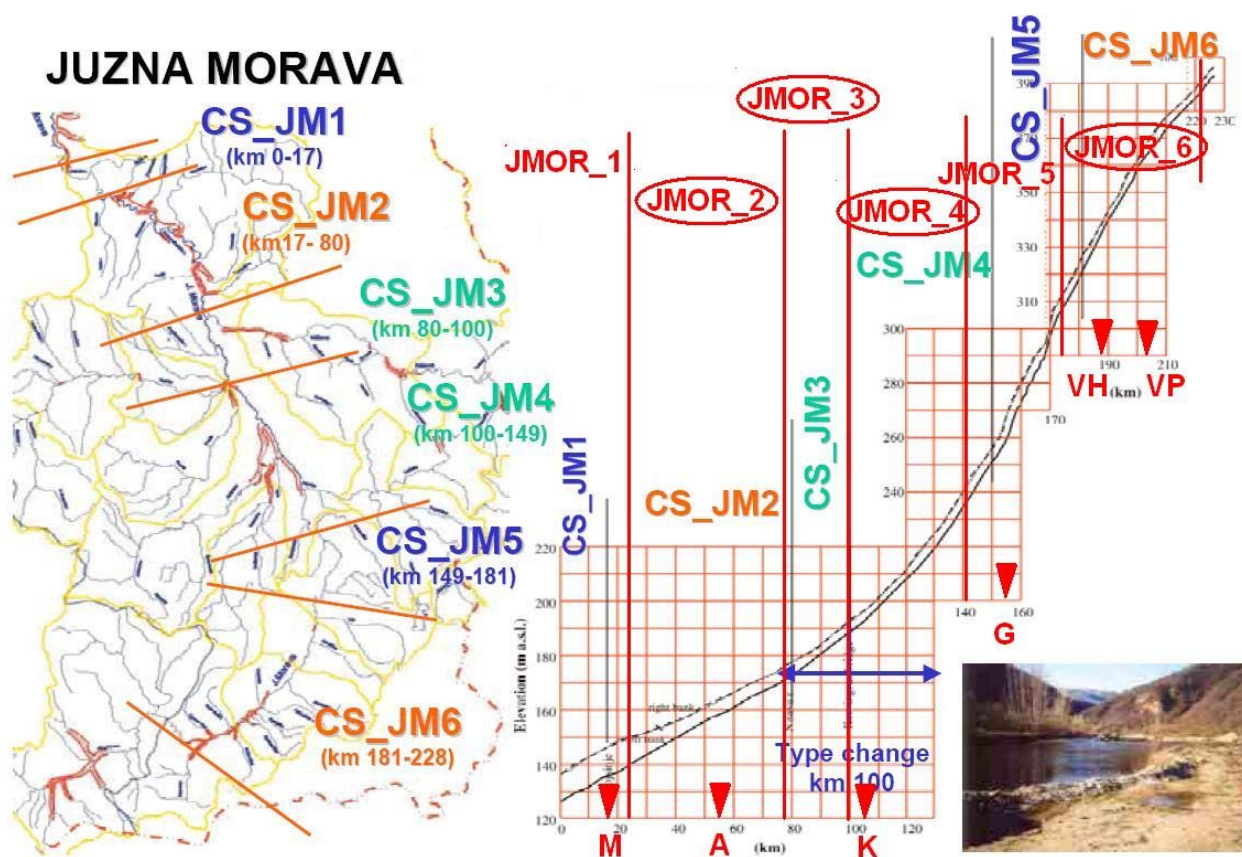
4. REZULTATI OBJAVLJENIH ANALIZA I ISTRAŽIVANJA

Utvrđeno je da postoje izmene na glavnom toku reke Južne Morave u odnosu na prirodno stanje, što je predmet i podzakonskog akta [4]. Prema podacima iz tabele 2, Glavni tok Južne Morave je kategorisan kao

značajno izmenjeno vodno telo od 23.15 km do 141.29 km i od 174.64 km do 220.52 km od ušća. U zonama značajno izmenjenih vodnih tela, nalaze se хидролошке станице Aleksinac (JMOR_2), Korvingrad (JMOR_4), Vladičin Han i Vranjski Priboj (JMOR_6). Na slici 2, na podužnom profilu glavnog toka, obeležene su deonice pripadajućih vodnih tela i položaji хидролошких станица. Sлика 2 prikazuje i preliminarnu podelu glavnog toka Južne Morave na vodna tela [5].

Tabela 2 Kategorizacija vodnih tela površinskih voda na glavnom toku reke Južne Morave. Preuzeto iz [4].

Редни број	Назив водног тела	Назив водотока	Категорија водног тела	Дужина водног тела (km)	Шифра водног тела	Водно подучје
311	Јужна Морава од састава са Западном Моравом до ушћа Рибарске реке	Јужна Морава	река	23,15	JMOR_1	Морава
312	Јужна Морава од ушћа Рибарске реке до ушћа Нишаве	Јужна Морава	значајно измењено водно тело	55,11	JMOR_2	Морава
313	Јужна Морава од ушћа Нишаве до ушћа Топлице	Јужна Морава	значајно измењено водно тело	20,37	JMOR_3	Морава
314	Јужна Морава од ушћа Топлице до ушћа Копашничке реке	Јужна Морава	значајно измењено водно тело	42,76	JMOR_4	Морава
315	Грделичка клисура (од ушћа Копашничке реке до ушћа Врле)	Јужна Морава	река	33,35	JMOR_5	Морава
316	Јужна Морава од ушћа Врле до састана Биначке Мораве и Моравице	Јужна Морава	значајно измењено водно тело	45,88	JMOR_6	Морава



Slika 2 Preliminarna podela glavnog toka Južne Morave na vodna tela površinskih voda sa prikazom konačne kategorizacije sa šiframa vodnih tela na podužnom profilu desno i položajima hidroloških stanica (Modifikovano na osnovu [5]). Hidrološke stanice: M-Mojsinje, A-Aleksinac, K-Korvingrad, G-Grdelica, VH-Vladičin Han, VP-Vranjski Priboj. Zaokružene šifre označavaju značajno izmenjena vodna tela.

Periodi osmatranja prikazani u tabeli 1, pokazuju da se protoci za tri stanice mere od 1952, odnosno 1954 godine, dok se prilikom analiza obično uzimaju podaci o merenjima posle II Svetskog rata koji su

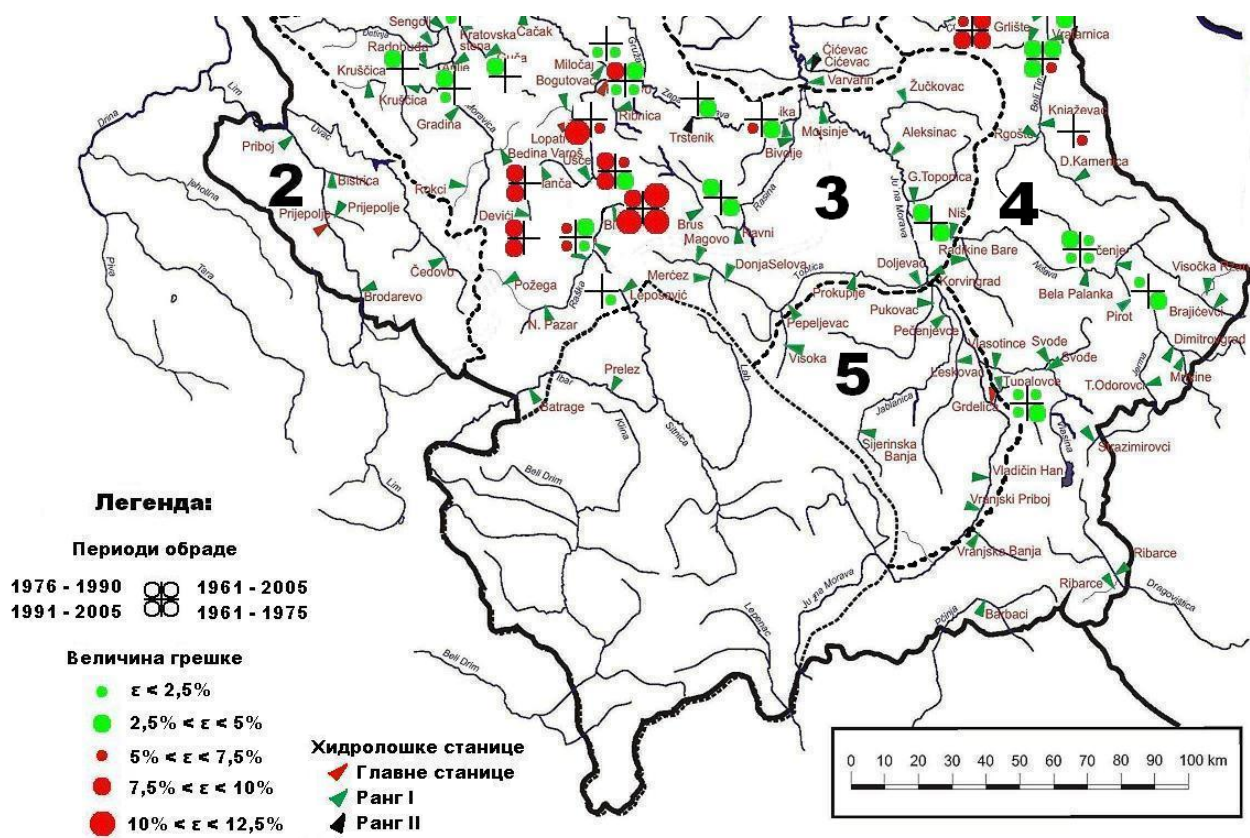
uglavnom u neprekidnom nizu osmatranja. Uvidom u pojedinačne Hidrološke godišnjake od 1983 godine do danas, utvrđeno je da je 2004. godina poslednja u kojoj su objavljeni podaci o izmerenim protocima na

stanici Aleksinac, da za Vladičin Han nedostaju podaci za 1983, 2011 i 2012 godinu, a za Vranjski Priboj za 2005 i 2006.

Za testiranje vremenskih serija protoka na trend i druge promene u hidrološkim podacima, kao manifestaciju klimatskih promena, potrebni su vremenski nizovi duži od 40 godina [6], što je za Južnu Moravu ispunjeno. Kako su 4 stanice u zoni značajno izmenjenih vodnih tela, potrebno je u dobijenim rezultatima razgraničiti promene u slivu i u samom rečnom toku, koje dovode do pojave trenda, u odnosu na eventualne posledice klimatskih promena. Takođe je potrebno razlikovati klimatske promene od klimatskih anomalija koje su posledice varijacije klime [6].

4.1 SREDNJE VODE

U pogledu srednjih ili prosečnih voda, tražene karakteristike hidrološkog režima obuhvataju obradu i analizu podataka o prosečnim mesečnim i godišnjim protocima za i) Određivanje serija mesečnih i godišnjih protoka vode i njihovih statističkih parametara, i ii) Funkcije raspodele verovatnoća mesečnih i godišnjih protoka; Za analizu ovih podataka postoji potreban obim, a na svim stanicama se mogu vršiti analize za period 1961-1990, kao što je preporučeno [6]. Dodatnu pažnju za ove dve vrste analiza zavređuju i identifikovani donji izuzeci u serijama prosečnih godišnjih protoka, koji su utvrđeni na stanicama Mojsinje, Grdelica i Vladičin Han [7].



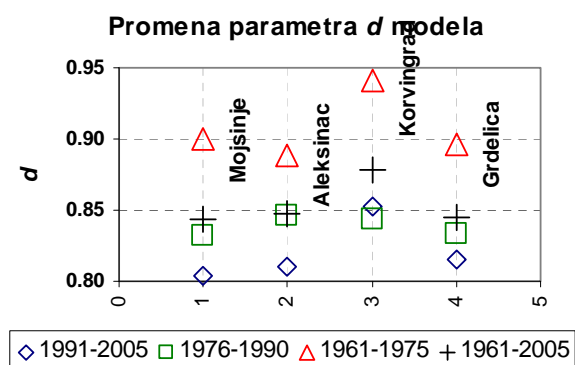
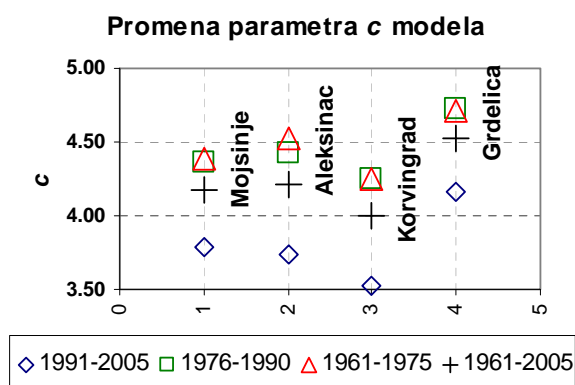
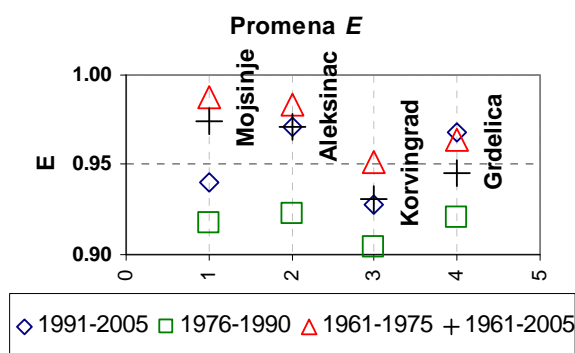
Slika 3 Odstupanja krivih trajanja dnevnih proticaja u profilima hidroloških stanica u odnosu na krive iz [9]. Srednje kvadratna greška ϵ [%] prikazana srazmerno veličini, za sve periode obrade. (Preuzeto iz [8])

Prosečne krive trajanja i učestanosti protoka – vodostaja, su treća karakteristika režima prosečnih voda. Krive trajanja se rade na osnovu dnevnih podataka. Istraživanje [8] je pokazalo da zbog prekida u osmotrenim dnevnim podacima u periodu 1961-2005 nije moguće konstruisati krive trajanja

srednednevnih protoka na stanicama duž toka Južne Morave bez popunjavanja nizova. Prema regionalizaciji krivih trajanja dnevnih proticaja [9] stanice pripadaju regionu 3 (Mojsinje, Aleksinac i Korvinograd) i regionu 5 (Grdelica, Vladičin Han i Vranjski Priboj). U regionu 3, na nekolicini stanica,

došlo je do odstupanja tipskih krivih trajanja [9] u odnosu na period 1961- 2005 u celini, ili podeljeno u tri podperioda od po 15 godina (Slika 3).

Analiza pogodnosti dvoparametarskog eksponencijalnog modela za prenošenje prostornih podataka u svrhu otkrivanja promene u podacima, obavljena na nizovima srednjemesečnih modula oticaja u periodu 1961-2005, pokazala je da na 4 stanice na Južnoj Moravi nema ni naglih promena u pogledu parametara modela c i d [10] u tri podperioda od po 15 godina.



Slika 4 Promena Neš-Satklifovog indeksa efikasnosti (E) osmotrenih srednjemesečnih modula oticajaa i dvoparametarskog eksponencijalnog modela, parametra modela (c) i parametra (d) u tri jednaka podperioda 1961-2005, u odnosu na ceo period. Na osnovu [10].

Parametri modela (c i d) su ocene srednje vrednosti i koeficijenta varijacije. Prilagođavanje modela osmotrenim podacima je ocenjeno Neš-Satklifovim indeksom efikasnosti modela (E). Za sve 4 stanice na Južnoj Moravi su za seriju srednjemesečnih modula oticaja dobijena vrlo dobra slaganja (Slika 4). Ovakav rezultat posredno ukazuje da se podaci prilagođavaju logaritamsko normalnoj raspodeli.

4.2 VELIKE VODE

Za određivanje i analizu i) Funkcije raspodele verovatnoća i granice intervala poverenja, raspolaže se dovoljno dugim nizom osmotrenih podataka o godišnjim maksimumima. U razmatranje funkcija raspodele verovatnoća, preporuka je da se uključi i opšta raspodela ekstremnih vrednosti [11]. Metodom Grubsa i Beka, u seriji godišnjih maksimuma na stanici Mojsinje, otkriven je donji izuzetak, čiji je povratni period procenjen na $T=583$ godine [7].

Ukoliko se želi finija analiza karakteristika hidrološkog režima ii) Hidrogrami velikih voda, forma i zapremina; kao i iii) Analiza velikih voda metodom parcijalnih serija, poželjno je preći na zapise sa registrujućih instrumenata. Dovoljan obim podataka za ovakvu analizu imaju sve stanice osim Vranjskog Priboja, na kome je instrument za kontinualno merenje uveden 1981. godine (Tabela 1).

Za ocenu uticaja klimatskih promena na režim velikih voda, pogodnija je metoda parcijalnih serija, zato što pruža mogućnost poređenja broja javljanja pikova i uvid u promenu učestanosti u odabranim podnizovima razmatranog perioda.

4.3 MALE VODE

Analiza malih voda za potrebe projektovanja plovnih puta i pristaništa, obuhvata sledeće karakteristike: i) Funkcije raspodele verovatnoća minimalnih proticaja različitih trajanja i dijagram $Q-t_p$; ii) Analiza vremena i pojave i trajanja malih voda. Ova analiza se može vršiti pošto se dodatno obrade publikovani podaci u Hidrološkim godišnjacima. Za analizu malih voda takođe je pogodna metoda parcijalnih serija, koja daje bolji uvid u karakteristike malovodnih perioda.

U serijama tridesetodnevni minimalnih protoka na stanicama Grdelica i Vladičin Han, identifikovani su donji izuzeci. Njihovi povratni periodi procenjeni su na 203 i 126 godina na stanici Grdelica i 563 godine na stanici Vladičin Han [7].

4.4 TERMIČKI REŽIM REKE

Osmatranje ledenih pojava se na svim stanicama na Južnoj Moravi vrši u periodu dužem od 60 godina (Tabela 1). Podaci se beleže uz osmotrene vodostaje, koji imaju najkompletniju seriju podataka od svih osmatranja i merenja na stanicama. Prema tome, na osnovu dnevnih osmatranja, mogu se dobiti i analizirati sledeće karakteristike: i) Trajanje i učestanost pojave leda; ii) Datumi pojave i prestanka ledenih pojava; dok iii) Karakteristike leda i ledenih pojava na kritičnim deonicama reke; nije moguće analizirati na osnovu podatka iz Hidroloških godišnjaka. Poslednja karakteristika iv) Raspored temperatura vode u godini, može se analizirati na mesečnom nivou, na stanicama Mojsinje, Grdelica i Korvingrad, na kojima se temperatura meri. Do 1990 godine, publikovani su podaci o mesečnim minimalnim, srednjim i maksimalnim temperaturama vode u profilima stanica, a od 1991 godine se raspolaze i dnevnim vrednostima. Za stanicu Mojsinje u periodu posle 1983 godine, nedostaju podaci za 1985, 2010 i 2011 godinu, a na stanici Grdelica za 2009, 2010 i 2012. godinu.

5. ZAKLJUČAK

Na hidrološkim stanicama na toku Južne Morave, raspolaze se dovoljno dugim nizovima osmatranja hidroloških pojava, koji predstavljaju dobru polaznu osnovu za utvrđivanje postojanja trenda i drugih promena u hidrološkim podacima. Kako je utvrđeno da su određeni sektori reke u u zoni značajno izmenjenih vodnih tela, potrebno je dodatno analizirati poreklo nastalih promena i razgraničiti promene u slivu i u samom rečnom toku, u odnosu na eventualne posledice klimatskih promena. Takođe je potrebno razlikovati klimatske promene od klimatskih anomalija koje su posledice varijacije klime.

Problemi koji mogu da se jave u analizi određenih karakteristika potrebnih za sagledavanje hidroloških režima za potrebe projektovanja plovnog puta i pristaništa, mogu biti povezane sa dnevnim podacima o protocima, u slučajevima kada je na stanicama dolazilo do prekida u osmatranjima. U postojećem istraživanju izuzetaka u nizovima ekstremnih i prosečnih godišnjih vrednosti protoka [7] identifikovani su donji izuzeci u serijama na tri stanice. U ovim slučajevima, potrebno je razrešiti pitanje poređenja statistika serija podnizova radi ocene značaja promena. Načini postupanja sa

izuzecima, tema su istraživanja [11] i mogu se koristiti kao smernice za ocenu u daljem radu.

Najkritičniji za sagledavanje je segment termičkog režima reke koji se odnosi na raspored temperatura vode u godini, zato što se ova merenja ne vrše na svim stanicama. Merenja se ne vrše na dve najuzvodnije stanice, gde su protoci najmanji i moguće je očekivati značajne varijacije temperature vode.

IZJAVA

Rezultati istraživanja prikazani u radu su finansirani u okviru projekata Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije TR37005 "Ocena uticaja klimatskih promena na vodne resurse u Srbiji".

LITERATURA

- [1] Vest na internet portalu Biznis i Finansije od 11.10.2013. dostupna na: <http://bif.rs/2013/10/pocinju-zvanicni-razgovori-o-izgradnji-kanala-dunav-morava-varadar/>
- [2] Petković T., Janković D.(1986) Minimalni obim hidroloških analiza i proračuna za potrebe projektovanja hidrotehničkih i vodoprivrednih objekata, Zbornik radova sa IX savetovanja JDHI i redovnog godišnjeg savetovanja JDH, Split 1986, str. 59-65
- [3] Arnell, N. (2002). *Hydrology and Global Environmental Change*. Prentice Hall.
- [4] Pravilnik o utvrđivanju vodnih tela površinskih i podzemnih voda, Broj:110-00-299/2010-07, od 10.12.2010. Službeni Glasnik RS 2010
- [5] Petković S., Babić-Mladenović M., Jurak B., Ninković D. (2004) *Activites related to the WFD implementation in Serbia and Montenegro- WB, HMWB and AWB- preliminary identification*. http://www.inbo-news.org/IMG/pdf/Mr_Slobodan_PETKOVIC.pdf
- [6] WMO (1988) *Analyzing Long Time Series of Hydrological Data with respect to climate variability and change*, WCAP-3, WMO/TD-No 224.
- [7] Blagojević B., Ilić A., Prohaska S. (2010) *Interrelation of droughts and floods through outlier detection on rivers in Serbia*, The BALWOIS 2010 Conference on Water Observation and Information Systems for Decision Support, (May 2010, Ohrid, FYRM), BALWOIS 2010 Conference e-papers
- [8] Blagojević B., Bogdanović N., Potić O. (2012) *Analiza krivih trajanja proticaja na odabranim hidrološkim stanicama u Srbiji*, 16. naučno savetovanje Srpskog društva za hidraulička istraživanja (SDHI) i Srpskog društva za hidrologiju (SDH) (22. - 23. oktobar 2012., Donji Milanovac), Zbornik radova u digitalnom formatu, str. 560-569.
- [9] – (1987), *Katastar malih hidroelektrana na teritoriji SR Srbije van SAP*, Knjiga 1 – Opšti deo, SOUR Združena elektroprivreda – Beograd Hidroelektrane, Beograd
- [10] Blagojević B. and Plavšić J. (2012) *Change detection using a regional model for ungauged basins*, 3rd International Interdisciplinary conference on Predictions for Hydrology, Ecology and Water Resources Management: Water Resources and Changing Global Environment, (24-27 September 2012, Vienna, Austria), Volume of Abstracts, Abstract no.235, pp.77-78. Prezentacija dostupna na:

http://web.natur.cuni.cz/hydropredict2012/download/Session_M/AUTHOR_%23235_Blagojevic-Change_detection_using_regional_model-EXTENDED.pdf

[11] Blagojević, B., Mihailović, V., Plavšić, J. (2013). *New Guidelines for Flood Flow Assessment at Hydrologic Stations in Serbia. Electronic Proceedings of the International Conference on Flood Resilience: Experiences in Asia and Europe 5-7 September 2013, Exeter, United Kingdom.* Djordjević, S., Butler, D., Chen, A. (Eds.). ISBN: 978-0-9926529-0-6. E1_298_Blagojevic, 10 p.

UDK 725.181(497.11 Niš)

IDEJNO PROGRAMSKO REŠENJE REKONSTRUKCIJE DOMA VOJSKE U NIŠU

Ljiljana Vasilevska¹, Aleksandar Milojković², Marko Nikolić³, Danijela Milanović⁴

Rezime: Rad prikazuje rešenje rekonstrukcije Doma Vojske Srbije koje je realizovano u sklopu pozivnog konkursa 2012. godine. Poštujući konkursne uslove, idejno programsko rešenje rekonstrukcije Doma Vojske u Nišu i njegova funkcionalna transformacija u Kongresni centar, zasnovani su na formiranju višeslojnog arhitektonskog sklopa u kome svoju oblikovnu i ambijentalnu autonomnost imaju i postojeći objekat i novoprojektovani sadržaji, ali su istovremeno i delovi nove, harmonične celine, kojoj su podređeni. U radu je dat prikaz urbanističkog rešenja, kao i funkcionalnog i oblikovnog rešenja samog objekta.

Ključne reči: rekonstrukcija, transformacija, prenamena, kongresni centar

CONCEPTUAL DESIGN OF RECONSTRUCTION OF THE SERBIAN ARMY HALL IN NIS

Abstract: This paper presents the competition solution of reconstruction of the Serbian Army Center, which was conducted as part of the invitation contest in 2012. Respecting the tender conditions, the preliminary program of reconstruction of the Army Center in Niš and its functional transformation into the Convention Center are based on forming the multi-layered architectural structure in which its formal autonomy and background are implemented both in the existing facility and the newly designed facilities, but they are at the same time parts of new, harmonious units, to which they are subordinated. This paper presents an urban solution as well as functional and design solutions of the building.

Key words: reconstruction, transformation, redevelopment, Convention Center

¹ Vanredni profesor Građevinsko-arhitektonskog fakulteta u Nišu

² Docent Građevinsko-arhitektonskog fakulteta u Nišu

³ Asistent Građevinsko-arhitektonskog fakulteta u Nišu

⁴ Asistent Građevinsko-arhitektonskog fakulteta u Nišu

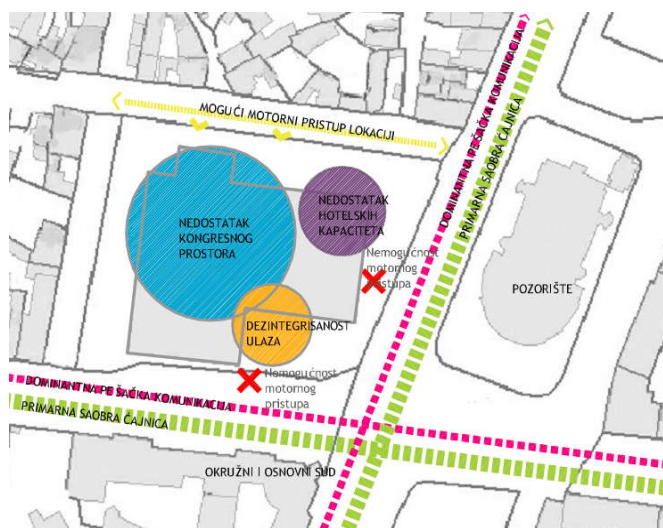
1 UVOD

U radu je dat prikaz idejnog programskog rešenja rekonstrukcije Doma Vojske Srbije, u cilju njegovog funkcionalnog transformisanja u Kongresni centar sa svim potrebnim sadržajima (restoran, multifunkcionalne sale, hotelski i drugi sadržaji), a na osnovu projektnog zadatka koji je definisan pozivnim konkursom. Raspisivač pozivnog konkursa je Grad Niš u saradnji sa Društvom arhitekata Niša. Konkurs je realizovan aprila 2012. godine.

Rad sadrži analizu lokacije, obrazloženje urbanističkog koncepta, funkcionalnog i oblikovnog rešenja.

2 LOKACIJA I URBANISTIČKI TRETMAN

Lokacija Doma Vojske Srbije, koji predstavlja jedan od značajnijih vizuelnih repera Niša, se nalazi u centralnom gradskom tkivu, na uglu primarnih gradskih saobraćajnica - Voždove ulice i Sindelićevog Trga. To je područje koje je svojom slojevitošću, karakteristikama urbane matrice i arhitektonskog sklopa jedno od ključnih za formiranje identiteta grada i kvaliteta centralnog gradskog prostora.



Slika 1 – Analiza potencijala i ograničenja

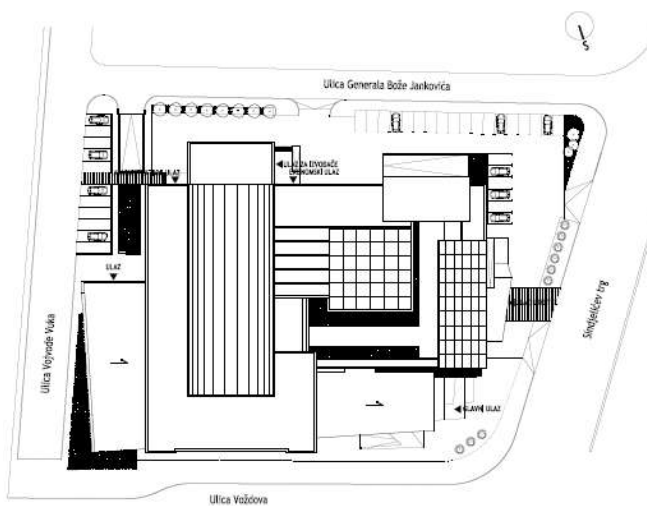
Pored istorijskog i spomeničkog karaktera samog objekta Doma Vojske, postojeći prostorni kontekst i značaj okruženja predstavljaju dodatni izazov i odgovornost pri rekonstrukciji i transformaciji objekta.



Slika 2 – Postojeće stanje

Način rešavanja pešačkog i motornog saobraćaja i pristupa u okviru lokacije, kao i način rešavanja stacionarnog saobraćaja određen je karakterom i režimom odvijanja saobraćaja u primarnim ulicama i postojećim arhitektonsko-funkcionalnim sklopom objekta. Dodatnu, otežavajuću okolnost prilikom rešavanja pristupa i komunikacija u okviru lokacije, a posebno rešavanja stacionarnog saobraćaja, predstavlja njen visok stepen zauzetosti i izgrađenosti.

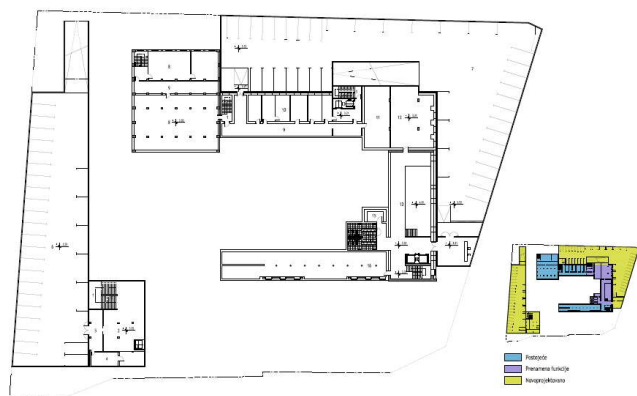
Generalno, rešenjem je predviđeno zadržavanje pozicija postojećih ulaza za posetioce i korisnike, ulaza za zaposlene i ekonomskih ulaza u objekat, uz različit stepen njihove funkcionalne, dimenzionalne i oblikovne transformacije i reorganizacije u cilju rešavanja prethodno uočenih problema.



Slika 3 – Situacioni plan

Rešenjem je predviđeno i formiranje dva nova ulaza za posetioce u novoprojektovanom podzemskom delu radi omogućavanja tople veze između novoprojektovanih parking prostora i kongresnih i hotelskih sadržaja.

Stacionarni saobraćaj je rešen nadzemno i podzemno. U oba slučaja, pristupi parking prostorima su iz pravca Ulice Generala Bože Jankovića (samo je manjem broju parking mesta obezbeđen pristup iz pravca Ulice Vojvode Vuka). Ovakvo pozicioniranje pristupa i stacionarnog saobraćaja je određeno značajem i režimom korišćenja prometnih primarnih ulica, Voždove ulice i Sindelićevog Trga, koji ne dozvoljava mogućnost motornog pristupa (jedino se iz pravca Sindelićevog Trga daje mogućnost motornog pristupa taksi vozilima do ulaza u hotel, u postojećem režimu kretanja vozila). Sa tim u vezi, preporučuje se ispitivanje mogućnosti proširenja postojeće regulacione širine kao i promena režima saobraćaja Ulice Generala Bože Jankovića na potezu lokacije, posebno zbog očekivanog povećanja intenziteta saobraćaja do koga bi došlo funkcionalnim transformisanjem objekta u Kongresni centar.



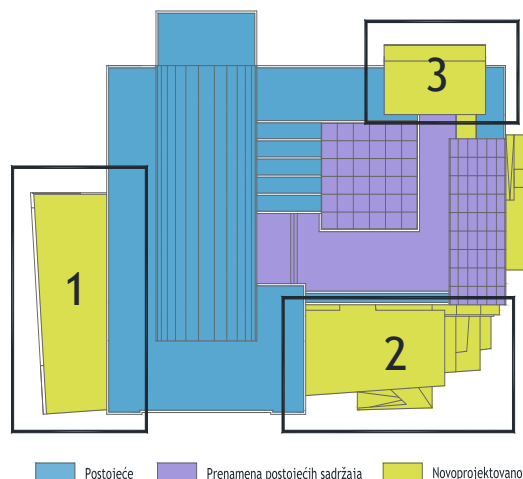
Slika 4 – Osnova podruma-novoprojektovana podzemna garaža

Podzemno parkiranje je rešeno formiranjem dve zasebne podzemne garaže za potrebe kongresnih sadržaja i hotela, uz obezbeđenje direktnih pristupa i toplih veza. Kapacitet podzemnih garaža iznosi 70 parking mesta (30+40). U slučaju da ekonomske prilike dozvoljavaju, moguće je njihovo rešavanje u dva nivoa, pa time i dupliranje broja parking mesta. Na površini je predviđeno 40 parking mesta. Ukupan broj parking mesta iznosi 110 (opciono 180). Obezbeđenje dodatnog parkiranja za potrebe Kongresnog centra se može sagledati u sklopu planskih aktivnosti za izgradnju niza javnih garaža, od kojih je jedna planirana u neposrednoj blizini.

Rešenjem je predviđena jasna diferencijacija pešačkog i motornog saobraćaja, čime je obezbeđen potreban stepen bezbednosti kretanja pešaka/korisnika.

3 FUNKCIONALNO REŠENJE

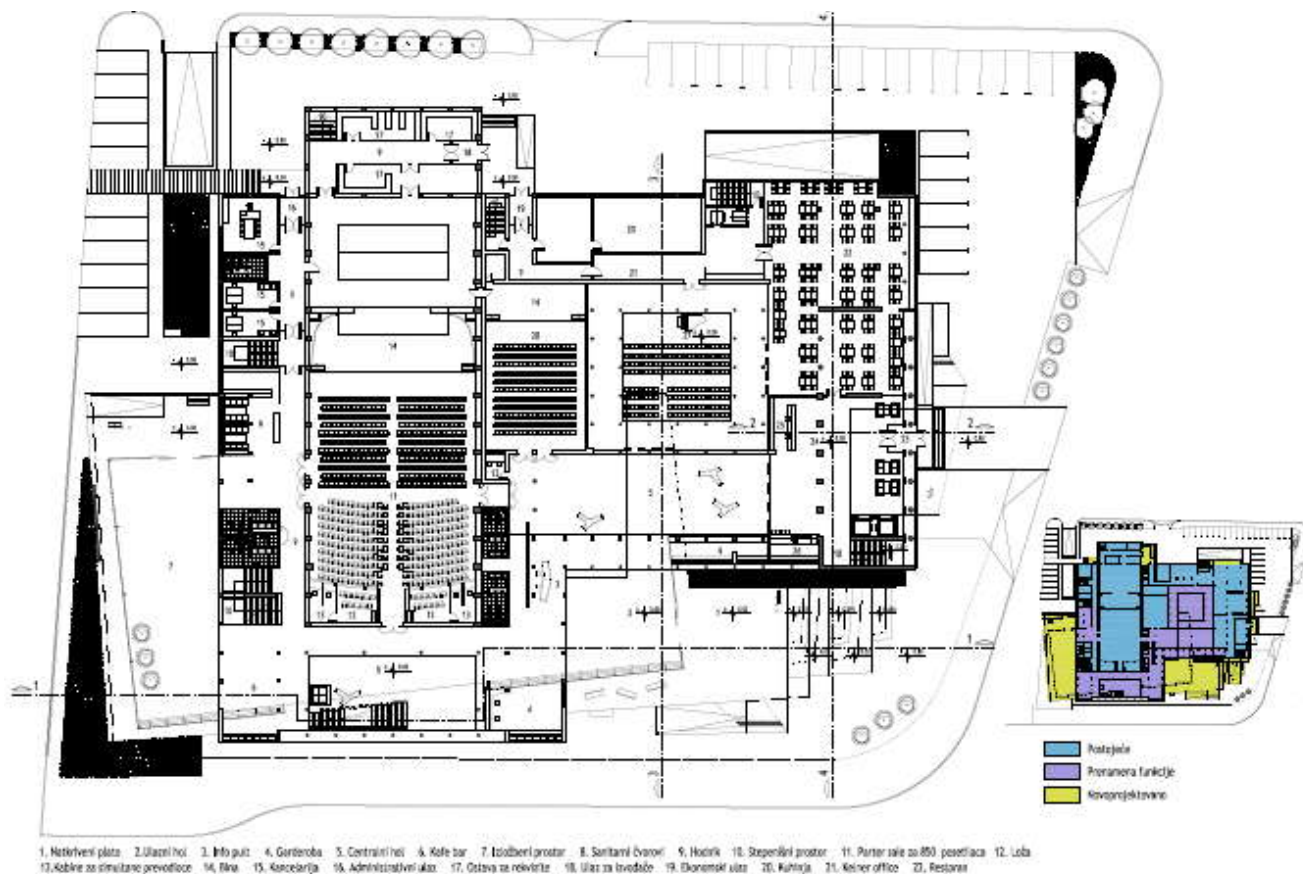
U funkcionalnom smislu, prostorni koncept je zasnovan na formiranju tri nove (pod)celine i na nizu parcijalnih intervencija u pojedinim delovima postojećeg objekta, čime se omogućava uvođenje novih sadržaja od značaja za funkcionalnu transformaciju objekta.



Slika 5 – Šema novih (pod)celina: 1. Multifunkcionalni prostor; 2. Plato i centralni ulazni hol; 3. "Nova" kula

Multifunkcionalni prostor u istočnom delu objekta, je povezan u jedinstvenu celinu sa postojećim holom ispred velike sale. Prostor se, osim u funkciji dešavanja u velikoj sali, po potrebi može koristiti i kao zasebna celina za održavanje manifestacija različitog karaktera (kongresi, izložbe, promocije, tribine, radionice itd.), ili kao prostor za neformalne vidove okupljanja. U odnosu na karakter manifestacija, kapacitet multifunkcionalnog prostora se kreće od 150 do 300 mesta. Autonomnost njegovog korišćenja omogućena je i formiranjem zasebnog ulaza/pristupa iz pravca Ulice Vojvode Vuka.

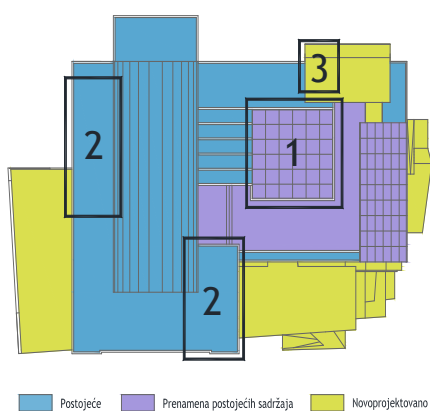
Platoom i centralnim ulaznim holom se rešava problem funkcionalne i fizičke dezintegrisanosti prostora, nastale kao posledica dva postojeća nezavisna glavna ulaza na uglu Voždove ulice i Sindelićevog trga. Formiranjem i pozicioniranjem centralnog ulaznog hola omogućena je celovitost holskih partija, efikasno povezivanje primarnih i pratećih sadržaja na nivou prizemlja i mezanina, kao i kontinuitet unutrašnjih komunikacija i tokova kretanja. Plato ispred ulaznog hola je natkriven i, osim zaštite od atmosferilija, pruža mogućnost formalnog i neformalnog okupljanja posetilaca, kao i različitih vidova dešavanja i socijalnih interakcija.



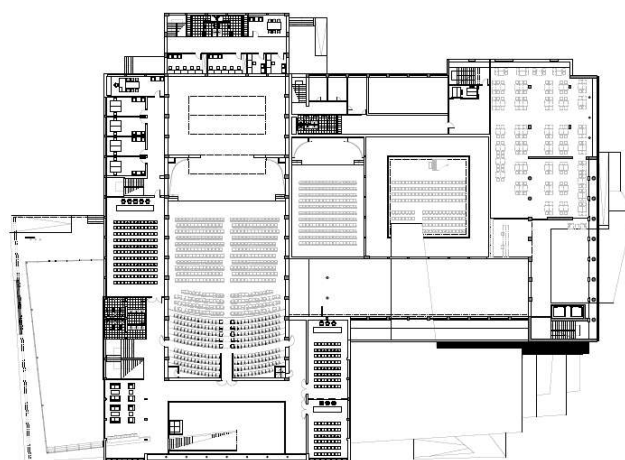
Slika 6 – Osnova prizemlja

Natkrivanjem postojećeg atrijuma formira se nova kongresna, višefunkcionalna sala, kapaciteta do 250 mesta. Pristup sali je omogućen iz centralnog hola i iz foajea hotela. Obezbeđena je mogućnost povezivanja kongresne sale sa centralnim holom i restoranom u prizemlju hotela, odnosno proširenje kapaciteta restorana u slučaju kada je to potrebno.

Prenamonom postojeće sale za muzičare i dela administrativnih prostorija na mezaninu u centralnom delu objekta, formiraju se tri kongresne sale kapaciteta 150, 65 i 50 mesta. Predviđena je mogućnost fizičkog povezivanja poslednje dve sale u salu kapaciteta 115 mesta.



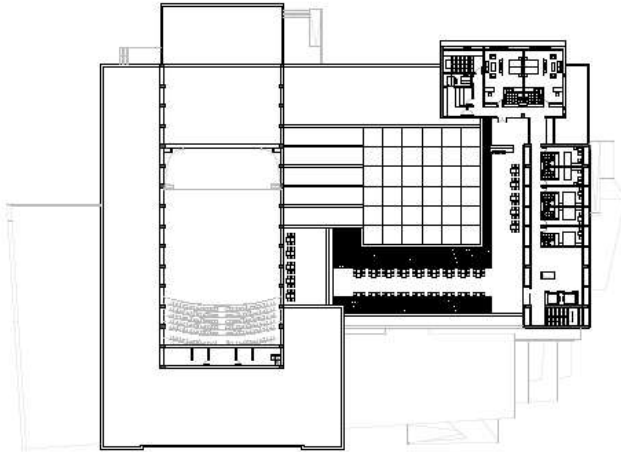
Slika 7 – Šema prenamene postojećih sadržaja: 1. Natkrivanje atrijuma; 2. Prenamena na mezaninu; 3. Prenamena u prizemlju



Slika 8 – Osnova mezanina

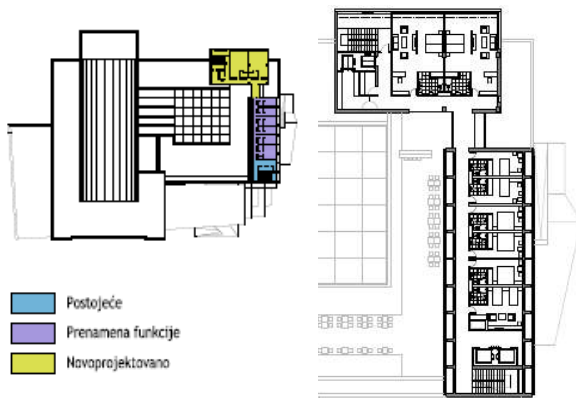
Administrativne prostorije na mezaninu u istočnom delu objekta se u funkcionalnom i oblikovnom smislu transformišu u kafe-bar. Svi novoplanirani sadržaji na mezaninu su orijentisani ka galeriji i direktno povezani sa holom u prizemlju objekta (stepeništa, lift) i podzemnim parkingom, čime se omogućava efikasan pristup i dostupnost.

Na prvom spratu hotela uspostavlja se veza sa novoprojektovanim terasom iznad postojećeg hola i dela natkrivenog atrijuma.



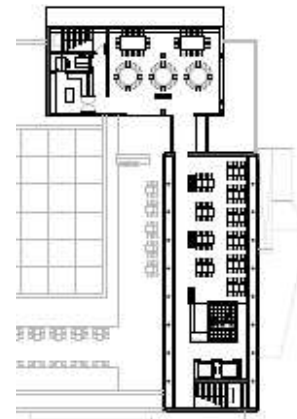
Slika 9 – Osnova prvog sprata

Postojeća kula se u funkcionalnom smislu transformiše u hotel visoke kategorije. Reorganizacijom prostora u prizemlju povećana je površina ulaznog hola, kapacitet postojećeg restorana i korekcija vertikalnih komunikacija. "Nova" kula, na uglu Ulice Generala Bože Jankovića i Sindelićevog trga, formirana je za potrebe novih hotelskih smeštajnih kapaciteta, kao i za uspostavljanje fizičkih i funkcionalnih veza postojećih servisnih sadržaja u prizemlju i podrumu objekta. Postojeća kula se u funkcionalnom smislu takođe transformiše u hotel, sa novoprojektovanim hotelskim jedinicama.



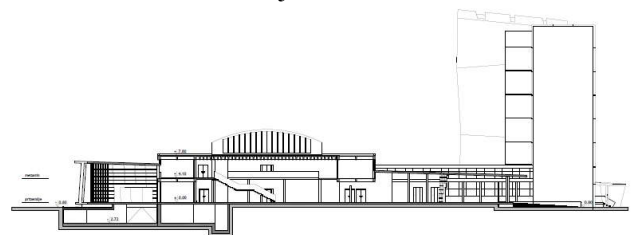
Slika 10 – Osnova tipskog sprata

Primenom analogije u odnosu na postojeći arhitektonski i konstruktivni tretman prostora, na spratovima se formiraju sobe različite strukture – jednokrevetne, dvokrevetne, studija i apartmani. Ukupan broj soba u postojećoj i novoprojektovanoj "kuli", koje su u funkcionalnom i fizičkom smislu jedinstvene, iznosi 40 soba, odnosno 70 do 80 ležajeva. U delu kuhinjskog bloka, u gabaritu novoprojektovane "kule", formira se vertikalna servisna komunikacija i veza sa spratovima. U podrumskom delu objekta formiraju se novoprojektovani sadržaji: ulazni hol sa potrebnim vertikalnim komunikacijama i toplom vezom sa parkingom za goste hotela, sanitarni čvor, niz potrebnih komercijalnih sadržaja, kafe-bilijar i velnes centar. Zadržava se postojeća kuglana (uz mogućnost njene prenamene, ukoliko se javi potreba za dodatnim tehničkim sadržajima).



Slika 11 – Osnova šestog sprata

Postojeća terasa na poslednjem spratu se natkriva i transformiše u koktel salon, dok se na poslednjem spratu novoprojektovane "kule" javlja VIP salon. Oba sadržaja su u funkcionalnom i fizičkom smislu međusobno povezana i omogućen im je direktan pristup iz prizemlja hotela, tako da osim u funkciji korisnika hotela, mogu da egzistiraju i nezavisno. Bitno je napomenuti da se prilikom funkcionalne transformacije objekta u potpunosti zadržava postojeći konstruktivni sklop, čime je podržan kriterijum racionalnosti intervencija.



Slika 12 – Presek

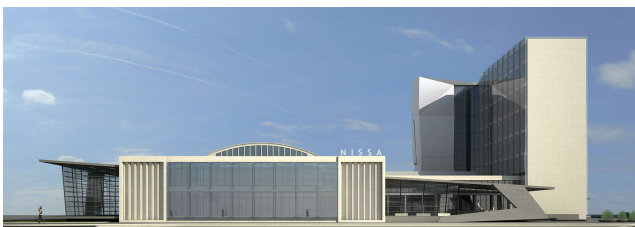
Osim navedenih prenamena, izvršen je čitav niz parcijalnih intervencija, rekonstrukcija postojećih i uvođenje novih pratećih sadržaja - uređenje velike sale, sanitarni čvorovi, garderobe, pomoćne prostorije, ugostiteljski sadržaji, administrativni blok, ekonomski blok itd.



Slika 13 – Prikaz rekonstrukcije postojećeg hola ispred velike sale

4 OBLIKOVNO REŠENJE

U skladu sa zahtevom za rekonstrukciju Doma Vojske u Kongresni centar predviđene su intervencije u okviru sveukupnog plana transformacije i pretvaranja postojeće strukture u novi urbani, arhitektonski i kreativni fokus. U to, za grad značajno arhitektonsko ostvarenje, predviđene su dve upadljivo savremene strukture: pokrenuti volumen na potezu Voždove ulice i kubus aneksa uz postojeću kulu. U oblikovnom tretmanu izabran je neomodernistički (dekonstruktivistički) pristup kao način postizanja jasne razlike između starog i novog u okviru istorijski slojevitog šireg konteksta (pozorište, sud, pošta). Očekivani efekat ovakvog pristupa je integrisanje pridodatih, vizuelno upadljivih volumena u sveukupnu kompoziciju, a time i u postojeću arhitekturu.

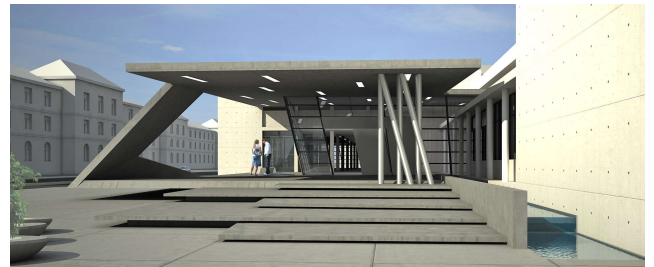


Slika 14 –Voždova ulica, pogled



Slika 15 – Sindjelićev trg, pogled

Dominantna namera je privlačenje gradskih dešavanja u foaje, a potom i u ostale sadržaje preko novoprojektovanog partera. U tu svrhu, kreiran je „urbani tepih“, betonski pod, koji se proteže od trotoara kroz holove i prati novoformirani potez.



Slika 15 – Oblikovna transformacija ulazne partije

Višeznačno orkestrirani volumeni zgrade prekriveni su izlivenim betonskim pločama koji čine dinamičnu masu preklapajućih i ukrštenih korpusa koji je ističu u okruženju.

Umesto izbora jednog ili nekoliko potencijalnih načina percepcije prostora, izabrano je „kolebanje“ kroz prostor ili „preplitanje cirkulacije sa urbanim kontekstom“. Jasnim rečnikom, neobični oblik odgovara programu koji teži ka novom promišljanju.

Daleko od pravougaonog modela postojeće strukture, razmatralo se odstupanje od jasno izražene ortogonalnosti postojeće arhitektonske celine, formiranjem pokrenutih volumena koji svojom formom i materijalizacijom (reflektujući omotač ispresecan transparentnim particijama) čine jedinstvo novoformiranog arhitektonskog sklopa. U ovom projektu, naglašen je kontinualni, gotovo „fluidni“ pristup volumenima i formama, implicirajući izazov ustanovljenom poretku.

5 ZAKLJUČAK

Analizom lokacije, šireg urbanog konteksta i postojećeg objekta, identifikovani su sledeći problemi, odnosno izazovi:

- Nedostatak potrebnih sadržaja od značaja za održavanje širokog spektra kongresnih aktivnosti i manifestacija.
- Nedostatak hotelskih kapaciteta sa pratećim sadržajima primerenih novoj nameni objekta i potrebama grada.
- Nedostatak parking prostora i otežan motorni pristup lokaciji.
- Dezintegrisanost postojećih pristupnih i ulaznih partija za potrebe nove namene objekta.

Na osnovu prethodne analize, u toku projektantskog procesa definisani su sledeći kriterijumi:

- Uvažavanje postojećeg konteksta i arhitektonskog izraza u funkcionalnom, oblikovnom i ambijentalnom smislu.
- Racionalnost i održivost rešenja sa funkcionalnog, arhitektonsko-konstruktivnog, ekonomskog i envajronmentalnog aspekta.
- Primena važeće doktrine aktivne zaštite graditeljskog nasleđa – savremeni autorski tretman intervencija i jasna distinkcija između postojećeg i novoprojektovanog.
- Formiranje identiteta i prepoznatljivosti arhitektonskog sklopa u cilju povećanja ponude i oblikovnog potencijala gradske scene.

Osnovni cilj idejnog programskog rešenja rekonstrukcije Doma Vojske Srbije i njegova funkcionalna transformacija u Kongresni centar, zasnovano je na formiranju višeslojnog

arhitektonskog sklopa u kome svoju oblikovnu i ambijentalnu autonomnost imaju i postojeći objekat i novoprojektovani sadržaji, ali su istovremeno i delovi nove, harmonične celine, kojoj su podređeni.

LITERATURA

- [1.] *Urban Regeneration: A Handbook*, Ed. by P. Roberts, and H. Sykes, SAGE publications Ltd, 2010.
- [2.] *Urban Regeneration in Europe*, C. Couch, C. Fraser, and S. Percy, Wiley, 2003.
- [3.] *Urban Transformation: Understanding City Form and Design*, P. Bosselmann, Island Press, 2008.
- [4.] *Architectural Thought: the design process and the expectant eye*, M. Brawne, Architectural Press, Oxford, 2003.
- [5.] *Conference Center Planning and Design: "A Guide for Architects, Designers, Meeting Planners and Facility Managers"*, R. H. Penner, Watson-Guptill, 1991.
- [6.] *Graditelji Niša - nepoznato o poznatom*, M. Živković, Gradina Niš, 1993.



UDK 728.98:624.012.6(497.11 Vinik)

PRINCIPI BIOKLIMATSKE ARHITEKTURE I PASIVNIH SOLARNIH SISTEMA NA PRIMERU STAMBENOG OBJEKTA NA BRDU VINIK

Nenad Jovanović¹

Rezime: Na primeru projekta stambenog objekta na brdu Vinik, nadomak Niša, predstavljeni su osnovni principi bioklimatske arhitekture. Obrazložen je način oblikovanja i materijalizacije objekta koji ne narušava izgled okruženja i teži da se uklopi u prirodno stvoreni pejisaž. Na primeru ovog objekta pokazan je način funkcionisanja sva tri tipa sistema pasivnog zahvata sunčeve energije za grejanje objekta, odnosno sistem direktnih, indirektnih i izolovanih dobitaka.

Ključne reči: Bioklimatska arhitektura, pasivna i niskoenergetska arhitektura, pasivni solarni sistemi, Trombov zid, staklenik.

PRINCIPLES OF BIOCLIMATIC ARCHITECTURE AND PASSIVE SOLAR SYSTEMS AT THE EXAMPLE OF THE HOUSING BUILDING ON VINIK HILL

Abstract: At the example of the project for a house situated on the hill near Niš, Vinik, the basic principles of bioclimatic architecture are demonstrated. It is explained how the design and materialization of the structure does not distort the appearance of the environment and tends to blend into the natural landscape. On this project it is demonstrated the functioning of all three types of systems for passive solar heating of the building, the system of direct, indirect and isolated gains.

Keywords: bioclimatic architecture, passive and low energy architecture, passive solar systems, Tromb wall, greenhouse

¹ Inženjer arhitekture (BSc. Arch.)

1 UVOD

Značaj bioklimatske arhitekture u današnje vreme sve više postaje aktuelna tema, sa poskupljenjima energenata za grejanje i klimatizaciju i evidentnim klimatskim promenama, izazvanim emisijom gasova koji stvaraju efekat staklene bašte. Na primeru projekta stambenog objekta na brdu Vinik nadomak Niša, predstavljeni su osnovni principi bioklimatske arhitekture. Obrazložen je način oblikovanja i materijalizacije objekta koji ne narušava izgled okruženja i teži da se uklopi u prirodno stvoreni pejzaž. Na primeru ovog objekta pokazan je način funkcionisanja sva tri tipa sistema pasovnog zahvata sunčeve energije za grejanje objekta, odnosno sistem direktnih, indirektnih i izolovanih dobitaka.

2 BIOKLIMATSKA ARHITEKTURA

Bioklimatska arhitektura je arhitektura koja je kontekstualna, odnosno prilagođena svim karakteristikama lokacije budućeg objekta. Kako svaka lokacija ima svoje specifičnosti, tako se i svaki objekat bioklimatske arhitekture razlikuje i potrebno je posvetiti se svakom objektu ponaosob kako bi se najbolje iskoristili potencijali svake lokacije. Objekat u bioklimatskoj arhitekturi postaje integralni deo svog prirodnog okruženja.



Slika 1 - 3D prikaz stambenog objekta na brdu Vinik

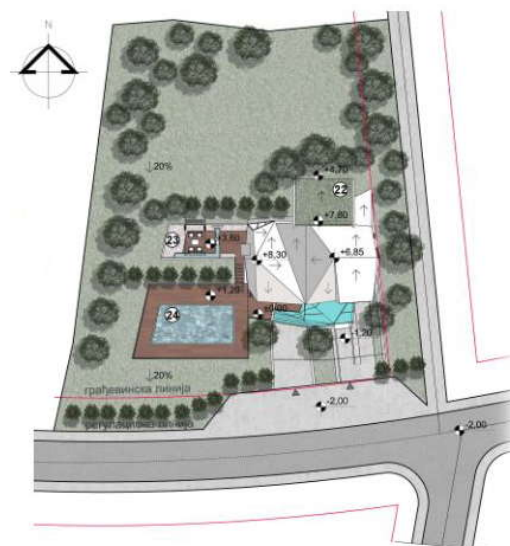
Pri projektovanju neophodno je istražiti sve prirodne i stvorene uslove lokacije i njihov uticaj na kvalitet života ljudi. Osnovni ciljevi bioklimatske arhitekture su integracija zgrade sa prirodnim okruženjem i prirodnim energetskim tokovima i njihovo korišćenje radi postizanja višeg komfora, bez narušavanja prirodne ekološke ravnoteže. [1]

3 ODABIR LOKACIJE

Odabir lokacije objekta je izuzetno značajan proces i uključuje celovitu analizu stvorenih i prirodnih uslova. Pri izboru lokacije u obzir se uzimaju sledeći parametri: oblik lokacije, konfiguracija terena, orijentacija, izloženost vetru, vegetacija i međusobni odnosi zgrada. [2] Brdo Vinik u okolini grada Niša, koje smo predložili kao lokaciju buduće bioklimatske kuće ima povoljne klimatske uslove koji se mogu iskoristiti za povećanje komfora u objektu i smanjenje energetske potrošnje za grejanje i hlađenje.

3.1 OBLIK LOKACIJE

Najpovoljniji oblik lokacije bio bi pravougaonik sa užom stranom u pravcu sever–jug, a širom stranom u pravcu istok–zapad i ulicu postavljenu u pravcu istok–zapad. [3]



Slika 2 – Situacioni plan

Odabrana lokacija pokazala se kao optimalna za izgradnju objekta koji će za grejanje koristiti sunčevu energiju jer odgovara pomenutim uslovima oblika, a dodatnu pogodnost čini to što je strana lokacije okrenuta ka jugu šira od severne ivice lokacije, te je moguće projektovanje šire južne fasade objekta za prikupljanje što veće količine sunčevog zračenja.

3.2 KONFIGURACIJA TERENA

Konfiguracija terena u velikoj meri određuje mikroklimu, a posebno temperaturni nivo, pravac i

brzinu vetrova. Nekoliko metara u visinu ili stotinak metara u stranu može činiti značajnu razliku u mikroklimatskim uslovima. U dolinama i nezaštićenim položajima na vrhu brda, prosečne temperature su po pravilu niže, a pri južnim orijentacijama padina više nego u okolnom području. [4] Zbog toga je južna padina brda Vinik izuzetno povoljna lokacija za izgradnju bioklimatske kuće. Ova lokacija ima nagib terena od 20%, što omogućava dužu, neometenu izloženost Suncu i veću temperaturu zbog većeg ugla između tla i sunčevog zračenja.



Slika 3 – Presek objekta, ukapanje objekta u teren terasastim rasporedom masa i ukopavanjem

Južna padina je povoljna i zbog mogućnosti lakšeg ukopavanja objekta u teren i korišćenja termalne inertnosti tla kao toplotne izolacije i termalnog skladišta. Stalna temperatura pod zemljom utiče na velike uštede u zagrevanju i hlađenju stambenog prostora. Slobodni zid ka jugu može imati velike zastakljene površine za ostvarivanje solarnih dobitaka. Objekat na brdu Vinik je tako oblikovan da je njegov veliki deo ukopan u teren, sa potpuno ukopanom severnom stranom objekta, a južna fasada je projektovana terasasto tako da ostvaruje maksimalne toplotne dobitke od Sunca i vizuelno prati pad terena. Pri oblikovanju i materijalizaciji objekta korišćene su forme i materijali koji odgovaraju kontekstu lokacije. Fasada objekta je u velikoj meri od natur betona, koji predstavlja asocijaciju po teksturi i oblikovanju na stenu koja izranja iz padine, dok je južna fasada u potpunosti izrađena od stakla zbog što većeg iskorišćenja sunčeve energije. Ovakav pristup oblikovanju i materijalizaciji ima nameru da ne narušava izgled prirodne sredine, već da se utapa u teren i prirodu.

3.3 ORIJENTACIJA

Orijentacija zgrade predstavlja bitan faktor kojim se u fazi urbanističkog planiranja stvaraju uslovi za racionalno korišćenje energije. Ciljevi optimalne

orijentacije su dovođenje do maksimuma solarne akumulacije u toku zime i svodenje na minimum pregrevanja u toku leta. [5] Orijentacija prostorija u okviru stambenog objekta na Viniku izvršena je tako da su prostorije za dnevni boravak i spavanje orijentisane ka jugu, a kuhinja, toaleti i komunikacije su postavljene na severnoj strani. Ovim se postiže optimalno osunčanje prostorija u kojima se duže boravi, a prostorije koje se kraće koriste orijentisane su ka severu. Ka jugu je orijentisan i staklenik za pasivno korišćenje sunčevog zračenja za grejanje.

3.4 IZLOŽENOST VETRU

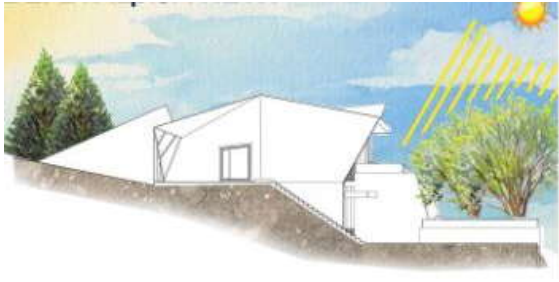
Tokom leta izloženost vetru ima povoljan efekat, hlađenja i smanjuje potrebu za veštačkom ventilacijom. U periodu grejne sezone potrebno je sprečiti uticaj vetra na fasadu objekta jer se pod dejstvom vetra povećavaju gubici toplote objekta zbog veće brzine infiltracije kroz otvore i omotač zgrade. Južna padina na kojoj se nalazi objekat predstavlja idealnu lokaciju zato što prirodni reljef lokacije omogućava zaštitu od severnih vetrova koji su dominantni na teritoriji Niša. Objekat je na severnoj strani u potpunosti ukopan u teren i zaštićen od vetrova vegetacijom.



Slika 4 – Prikaz severne strane objekta koja je u potpunosti ukopana u teren i delimično pokrivena zelenim krovom

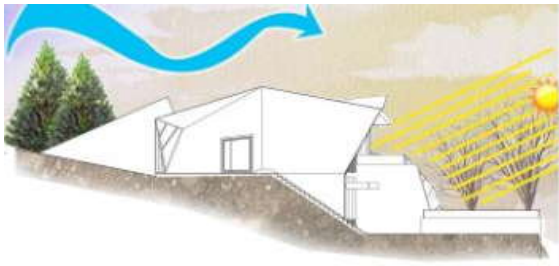
3.5 VEGETACIJA

Površine sa vegetacijom stvaraju povoljnu mikroklimu jer utiču na smanjenje temperature vazduha u letnjem periodu, predstavljaju zaštitu od preteranog osunčanja i zaštitu od vetra. Na šematskom prikazu na slikama 5 i 6 prikazan je raspored zimzelene i listopadne vegetacije oko objekta.



Slika 5 – Prikaz zaštite objekta od preteranog osunčanja u letnjem periodu putem listopadne vegetacije

Vegetacija je raspoređena tako da u letnjem periodu listopadno drveće na južnoj strani lokacije štiti objekat i staklenu baštu od pregrevavanja, dok u zimskom periodu, kada lišće opadne, sunčevi zraci slobodno mogu dopreti do objekta.



Slika 6 – Prikaz zaštite objekta od vetra zimzelenom vegetacijom tokom zime i osunčanja južnih prostorija

Zimzeleno drveće je raspoređeno na severnoj strani lokacije tako da u periodu grejne sezone štiti objekat od dejstva severnih vetrova i time smanjuje toplotne gubitke objekta i negativne uticaje vetra na objekat.

4 PASIVNI SISTEMI ZAHVATA SUNČEVE ENERGIJE

Grejanje i hlađenje zgrada delimično se može rešiti korišćenjem pasivnih, aktivnih i mešovitih solarnih sistema. Solarni sistemi mogu se podeliti na aktivne i pasivne. Aktivni solarni sistemi koriste prijemnike solarnog zračenja kao što su vakuumski cevni prijemnici i pločasti prijemnici koji predaju toplotu radnoj tečnosti, koja dalje preko izmenjivača toplote ubacuje toplotu u prostorije objekta. Pasivni solarni sistemi, koji su primenjeni na ovom objektu, ne sadrže posebne sisteme uređaja, već se čitav objekat koristi kao kolektor sunčevog zračenja, sve funkcije elemenata aktivnog sistema ovde preuzimaju delovi i elementi objekta. Kuća koja zahvata sunčevu energiju

može da je koristi skoro svakog dana, čak i po oblačnom vremenu [6]. Prednost pasivnog zahvata su te što koristi konvencionalne elemente zgrade, koji preuzimaju ulogu sakupljanja, skladištenja i raspodele sunčeve energije. Osnovni elementi pasivnog solarnog sistema su:

- solarni otvori
- skladište toplote
- grejani prostor

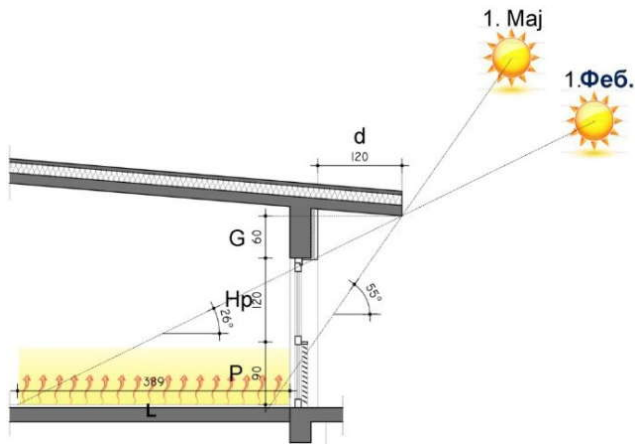
Solarni otvor određuje koju količinu solarne energije koju prenose pasivne solarne komponente. U većini slučajeva solarni otvori se sastoje iz različitih vrsta prozora, čiji nagib, orijentacija i materijali treba da omoguće maksimalan dobitak toplote u toku zimskog perioda i minimalno pregrevanje u letnjem periodu. Pored prozora, u pasivnim objektima se koriste i staklenici, trombovi zidovi, vodeni zidovi itd.

4.1 PODELA PASIVNIH SISTEMA ZAHVATA SUNČEVE ENERGIJE

Pasivni sistemi se po mestu skladištenja toplote dele na sisteme direktnog dobitka, sisteme indirektnog dobitka i sisteme izolovanog dobitka. U sistemima direktnog dobitka primarno toplotno skladište je unutar životnog prostora. Sistem indirektnog dobitka za primarno skladište ima deo omotača zgrade, tako da se sunčevo zračenje direktno apsorbira u skladištu i ne ulazi u životni prostor. Toplotno skladište deluje kao posrednički element između površine kolektora i unutrašnjeg prostora zgrade. Sistem izolovanog dobitka površina kolektora odvojena je od toplotnog skladišta i mora se uspostaviti mehanizam prenosa između njih, ili od kolektora direktno u životni prostor. [7] Na objektu je primenjen direktan sistem dobitka preko južno orijentisanih prozora i staklenika i sistem indirektnog dobitka u obliku Trombovog zida.

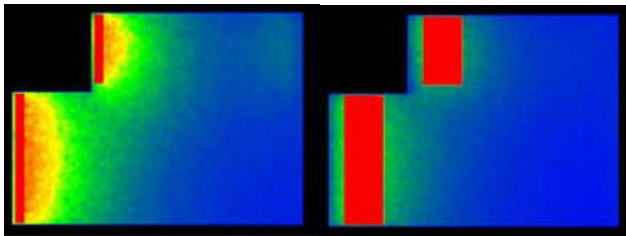
4.1.1. Sistem direktnog dobitka preko prozora

U okviru pasivne solarne arhitekture najčešće se koristi koncepcija direktnog dobitka. U projektu stambenog objekta na viniku projektovane su velike zastakljene površine orijentisane ka jugu kako bi se zahvatilo što više sunčevog zračenja, a kao akumulacija toplote iskorišćena je međuspratna konstrukcija, koja je predviđena da se izradi kao masivna AB ploča sa završnom obradom od tamno obojene keramike, zbog što bolje apsorpcije i emisije toplote.



Slika 7 – Prikaz parametara za dimenzionisanje prozora, nadstrešnice i natprozornika

Kako bi se ostvario optimalan odnos osunčanja u zimskom periodu i zaštite od Sunca u ljetnjem periodu analitički su određeni parametri (slika 7) dužine nadstrešnice (d), visine natprozornika (G), visine prozora (H_p) za usvojenu visinu parapeta od 90cm. Ove dimenzije su određene na osnovu podataka upadnih uglova svetlosnog zraka za 1. februar koji iznosi 26° i 1. maj kada je upadni ugao 55° . Izvršena je i provera analitički dobijenih rezultata u programu za vizuelizaciju dnevne svetlosti “Velux Daylight visualiser” (slika 8).

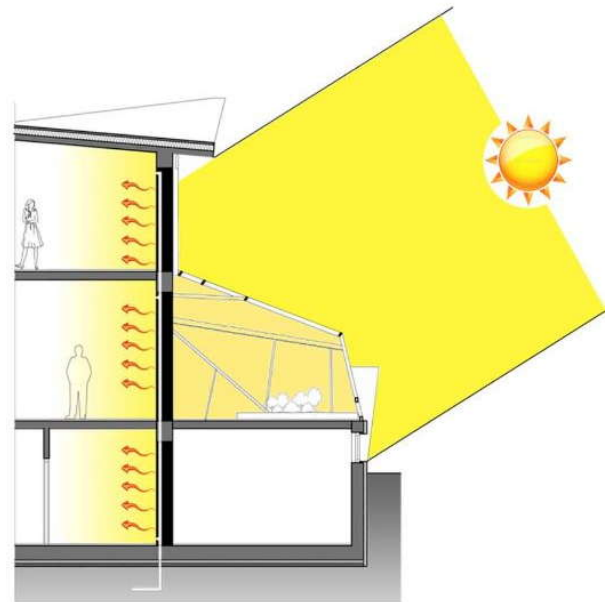


Slika 8 – Analiza direktnog upada svetlosti u dnevnom boravku za 1. maj (gore) i 1. februar (dole)

4.1.2 Zajednički rad Trombovog zida i staklene bašte

Trombov zid spada u sisteme sa indirektnim dobitkom, gde spoljni elementi objekta primaju zračenje, apsorbuju ga i prenose do prostora koji treba zagrevati. Kod ovog sistema imamo masivan spoljašnji zid debljine 40-60cm, velike toplotne mase, tamno obojen. Toplotni gubici su smanjeni korišćenjem dvostrukog zastakljenja koje se postavlja

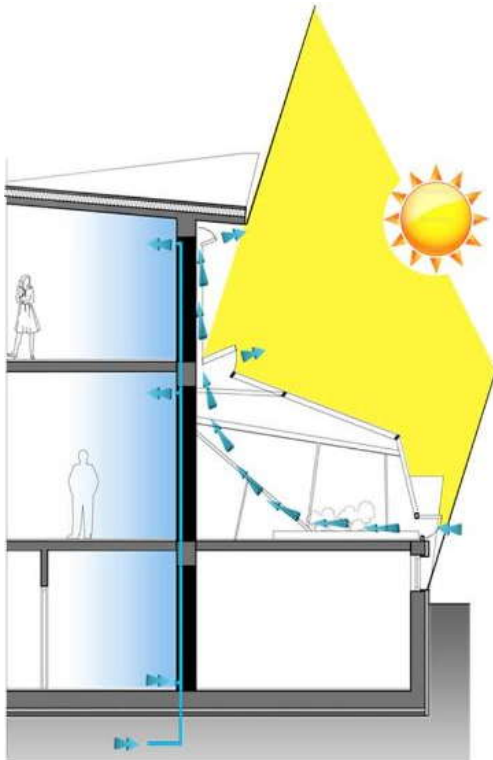
ispred zida. Staklo propušta sunnčeve zrake koji zagrevaju zid i u njemu se apsorbuju i postepeno se oslobađa toplota sa unutrašnje strane zida. Takođe se mogu napraviti otvori na gornjoj i donjoj strani zida za cirkulaciju vazduha i bržeg zagrevanja prostorije. [8]



Slika 9 – Prikaz zajedničkog rada Trombovog zida i staklenika tokom zime

Trombov zid na južnoj fasadi objekta projektovan je da bude izveden od betona, debljine 40cm, ofarbanog u crnu boju, sa kanalima za cirkulaciju vazduha i dvostrukim staklom sa spoljašnje strane zida. Na staklenoj oblozi tokom ljetnjeg perioda ventusi su otvoreni kako ne bi došlo do pregrevanja zida.

U prizemnoj etaži betonska masa trombovog zida na spratu služi za akumulaciju energije staklenika prizemlja. Staklenik sa termalnom akumulacijom spada u sistem izolovanog dobitka, jer se toplota proizvedena u stakleniku delimično predaje unutrašnjem prostoru zračenjem, a delimično konvekcijom. Prostor staklenika se može koristiti i kao dodatni stambeni prostor. Tokom leta ventusi na stakleniku su otvoreni i vazduh slobodno cirkuliše. U trombovom zidu su ugrađeni kanali koji dovode hladniji vazduh iz podruma objekta i koriste ga za rashlađivanje prostorija tokom leta.



Slika 10 – Prikaz zajedničkog rada Trombovog zida i staklenika tokom leta kada su ventusi otvoreni

5 ZAKLJUČAK

Jedan od načina da se smanji potrošnja energije za grejanje i hlađenje zgrada je primena bioklimatskih principa u urbanističkom planiranju i arhitektonskom projektovanju, kao i primena obnovljivih izvora energije, među kojima posebno mesto pripada sunčevoj energiji. Zastakljeni prostor kao element pasivne arhitekture, u formi prozora, Trombovog zida ili staklenika, može značajno uticati na štednju energije potrebne za grejanje i klimatizaciju, a najbolji efekat se postiže udruženim radom više vrsta sistema pasivnog zahvata.

LITERATURA

- [1],[6] *Bioklimatska arhitektura – zastakljeni prostori i pasivni solarni sistemi*, M. Pucar, IAUS, Beograd, 2006.
- [2],[3],[4] *Bioklimatsko planiranje i projektovanje-urbanistički parametri*, M. Pucar, M. Pejović i M. Jovanović Popović, IP „Zavet“, Beograd, 1994.
- [5] *Solarna energetika i održivi razvoj*, J. Radosavljević, T. Pavlović, M. Lambrić, Građevinska knjiga, Beograd, 2004.
- [7],[8] *Solarna arhitektura*, M. Lukić, Naučna knjiga, Beograd, 1994.

UDK 728:725.2(470.311)

GLAVNI PROJEKAT STAMBENO – POSLOVNOG OBJEKTA U MOSKVI

Predrag Blagojević¹, Darko Živković², Vladimir Cvetković³, Aleksandar Šutanovac⁴

Rezime: U radu je opisan projekat i proračun konstrukcije stambeno-poslovnog objekta koji se trenutno gradi u gradu Rjzanj u Moskovskoj oblasti - Rusija. Ceo kompleks je površine oko 160 000 m² bruto površine. Sastoji se od četiri stambena objekta spratnosti 2Po+Pr+25, tržnog centra i posebne spratne auto garaže na šest spratova. Analiziran je uticaj dimenzija vertikalnih konstrukcijskih elemenata na ukupnu neto površinu visokih stambenih objekata i mogućnost organizacije parkiranja automobila u podzemnim spratovima. Osnovni kriterijum investitora pri usvajanju konstrukcijskog sistema stambenih objekata je bio obezbeđenje što većeg broja auto garaža u podzemnim spratovima.

Ključne reči: armiranobetonske konstrukcije, tržni centar, spratna autogaraža, stambeni objekat

MASTER DESIGN OF A RESIDENTIAL-OFFICE BUILDING IN MOSCOW

Summary: The paper describes the design and calculation of residential and commercial building structure currently under construction in the city of Rjzanj in the Moscow region - Russia. The entire complex has a gross area of approximately 160 000 m². It consists of four 28 level residential buildings with 2 underground levels, the shopping mall, and a separate six level garage. The influence of the dimensions of vertical structural elements on the total net area of high residential buildings is analyzed, as well as the options for underground parking. The main criterion for investors in the adoption of the structural system of the residential buildings was provision of the maximum parking places in the underground levels.

Key words: Reinforced concrete structures, the shopping mall, multi-level garage, residential building

¹ dr Predrag Blagojević, D.I.G., docent, predrag.blagojevic@gaf.ni.ac.rs, predragb@eunet.rs, Građevinsko-arhitektonski fakultet Univerziteta u Nišu

² mr Darko Živković, D.I.G., darko.zivkovic@gaf.ni.ac.rs, Građevinsko-arhitektonski fakultet Univerziteta u Nišu

³ Vladimir Cvetković, D.I.G.,

⁴ Aleksandar Šutanovac, D.I.G., aleksandar.sutanovac@gaf.ni.ac.rs, Građevinsko-arhitektonski fakultet Univerziteta u Nišu

1 UVOD

Kompleks objekata koji su prikazani u radu trenutno se grade u Moskovskoj oblasti - Rusija. Autori ovog rada su projektanti konstrukcije svih objekata i izradili su kompletnu projektну dokumentaciju konstrukcijskog dela (glavne i izvođačke projekte). Kompletna projektна dokumentacija je urađena u skladu sa trenutno važećim ruskim propisima (SNiP). Četiri stambena objekta su spratnosti 2Po+25, spratna garaža je Pr+6, tržni centar Po+Pr+2(5). Nosilac celog projekta je kompanija "MS ARH" iz Moskve. Objekat se gradi na adresi **г.Рязань, ул. Московское шоссе, 33.**

Po Idejnom rešenju ruskih arhitekata, glavni projekat arhitektonskog dela je urađen od strane projektноg biroa "ALTERNO" iz Niša.

2 ARHITEKTONSKO REŠENJE

Kompleks se sastoji od tržnog centra sa podzemnom garažom u dva nivoa, slobodnostojećom autogaražom od šest spratova i četiri stambena objekta sa po dva sprata ispod zemlje i dvadeset pet spratova iznad kote terena. Ukupna bruto površina kompleksa je oko 160000m².

Tržni centar pored dva podzemna nivoa ima od 2 do 5 spratova iznad gde su smešteni različiti sadržaji namenjeni zabavi i trgovinama. Na krovu tržnog centra su projektovani teniski tereni sa zelenim krovovima i šetalištem za panoramsko razgledanje okoline.

U podzemnim spratovima stambenih objekata su projektovane auto garaže, a u prizemlju i nekoliko nižih etaža poslovni prostori. Iznad poslovnih prostora su projektovani stanovi na svim spratovima do vrha.

Različita namena po spratovima je definisala i konstrukcijski sistem stambeno-poslovnih kula.

3. KONSTRUKCIJA TRŽNOG CENTRA

Gabarit objekta tržnog centra je nepravilne osnove i iznosi oko 260x45m. Površina objekta u osnovi je oko 12000m², dok je procenjena ukupna bruto površina oko 60000m², organizovana u četiri glavne etaže (podzemna garaža u dva nivoa i nadzemni deo takođe u dva nivoa). Tržni centar je podeljen dilatacionim razdelnicama na četiri celine od

kojih se kod dve lokalno pojavljuje spratnos od pet etaža iznad kote terena. Fundiranje objekta je izvedeno na zajedničkoj temeljnoj ploči debljine 70cm, sa kontra kapitelima na pojedinim mestima i ukopanim kontinualnim armiranobetonskim zidovima u ravni fasada.

Konstrukcija objekta je monolitna armiranobetonska ramovska na tipičnom rasteru od 8.0x6.0m. Tavanice su pečurkaste sa pločom debljine 20cm u tržnom centru i 30cm u garaži. Koncipirana je kao ramovski prostorni sistem sa jezgri za ukrućenje i prijem horizontalnih dejstava usled vetra ili zemljotresa. Stubovi su dimenzija 60/80cm u podzemnim spratovima i 60/60cm u nadzemnim. Da bi se povećala i izbalansirala prostorna krutost sistema neophodna za kontrolu deformacija pri horizontalnim dejstvima iskorišćeni su armiranobetonski zidovi u stepenišnim prostorima.

4 KONSTRUKCIJA SPOLJAŠNJE VIŠESPRATNE GARAŽE

Konstrukcija spoljašnje višespratne garaže je u osnovi dimenzija 73x62m i ima šest nivoa, pri čemu su u poprečnom pravcu tavanice smaknute visinski za polovinu spratne visine. Mala spratna visina je uslovlila izbor nosećeg sistema koji se sastoji od krutih armiranobetonskih ramova u oba pravca izvedenih na licu mesta. Armiranobetonski zidovi su smešteni tako da pružaju najmanji mogući otpor deformacijama konstrukcije usled temperaturnih promena. Tavanice su izvedene od monolitne pečurkaste ploče debljine 30cm i kapitela debljine 60cm.

Otvorene višespratne garaže pripadaju specijalnoj vrsti konstrukcija koje imaju posebne zahteve u odnosu na uobičajene objekte visokogradnje, koji uglavnom proizilaze iz funkcije i izloženosti spoljašnjim iticajima. Kako su to otvoreni objekti, u toku čitavog eksploatacionog veka izloženi su promenama spoljašnje temperature kao i agresivnoj sredini, što je zahtevalo upotrebu betona visokog kvaliteta, velikih zaštitnih slojeva.



Slika 1. Stambeno poslovni kompleks u Moskovskoj oblasti - Rusija



Slika 2. Osnova prizemlja

5. KONSTRUKCIJA STAMBENIH OBJEKATA

Osnovna noseća konstrukcija stambenih objekata, koji imaju dva sprata ispod kote terena i 25 spratova iznad terena, je rešena u armiranom betonu. Stambenih objekata ima četiri pri čemu po dva čine dve celine.

Konstrukcija je projektovana u globalnom rasteru od 6.9m. Osnovni noseći sistem konstrukcije su

armiranobetonski zidovi u oba pravca. Debljine zidova su promenljive i kreću se od 50cm do 20cm.

Međuspratna konstrukcija je projektovana kao puna monolitna armiranobetonska ploča debljine 20cm, koja se pruža približno u jednom pravcu.

Objekti su fundirani na temeljnim pločama debljine 120cm.



Slika 3 .Izgled objekta sa glavne saobraćajnice.

6. PRORAČUN KONSTRUKCIJE

U proračunskim modelima objekti su tretirani kao prostorni sistem sa površinskim i linijskim elementima kruto ili zglobno povezanim između sebe.

Proračun konstrukcije je urađen uz pomoć programa za statičku i dinamičku analizu prostornih konstrukcija **“Tower 7”© „Radimpex,, – Beograd.**

Utjecaji u poprečnim preseccima su dobijeni simulacijom opterećenja u skladu sa trenutno vazećom regulativom za ovu vrstu objekata i lokaciju na kojoj se objekat nalazi.

U globalnom 3D modelu nisu obuhvaćeni instalacioni otvori koji su manjih dimenzija. Razlog

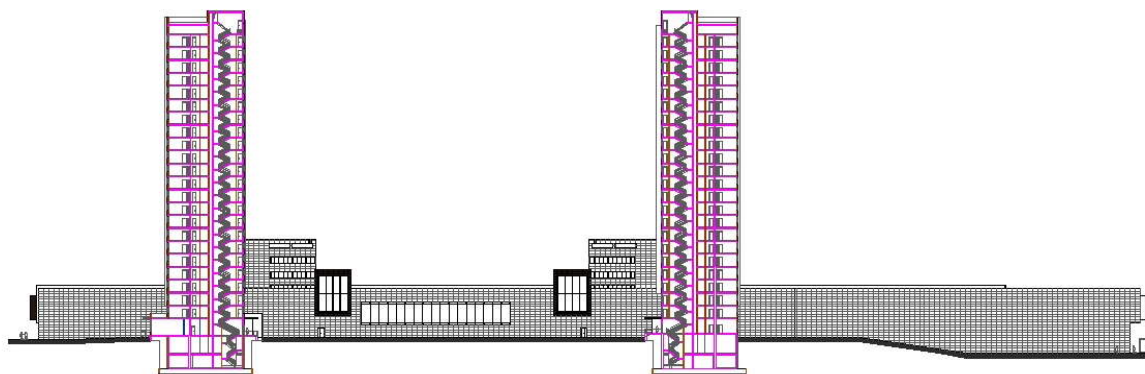
za ovu aproksimaciju je praktične prirode. Ova činjenica nije zanemarena prilikom izrade planova armiranja.

U toku projektovanja su ispoštovani svi zahtevi iz trenutno vazeće regulative za ovu vrstu objekata . Za armiranje svih konstrukcijskih elemenata je usvojen čelik AIII i beton kvaliteta B30 u skladu sa SNiP-om.

Proračun temeljne konstrukcije je urađen simulacijom tla kao elastične podloge preko modula reakcije tla za vertikalni pravac, a u skladu sa elaboratom o geotehničkim uslovima temeljenja koji je sastavni deo projektne dokumentacije.



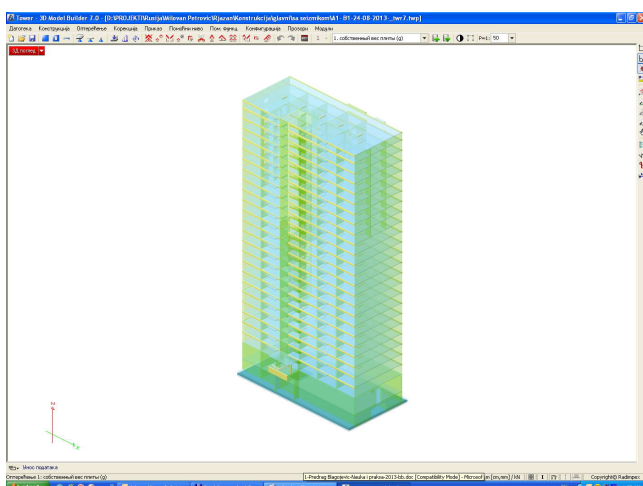
Slika 4. Izgled kompleksa iz ptičije perspektive.



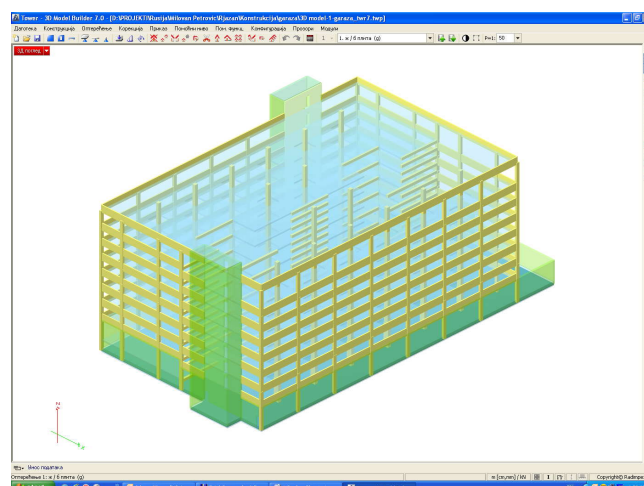
Slika 5. Poprečni presek kroz stambene objekte.



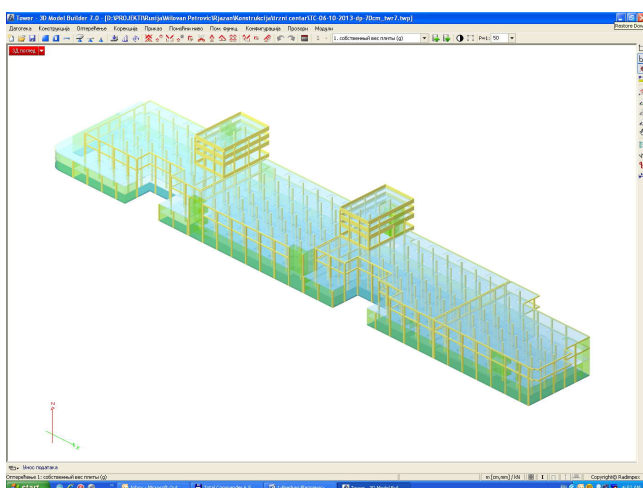
Slika 6. Poprečni presek kroz tržišni centar.



Slika 7. Proračunski model stambenog objekta



Slika 9. Proračunski model auto garaže



Slika 8. Proračunski model tržnog centra

LITERATURA

- [1] Idejni projekat stambeno-poslovnog kompleksa Rjzanj.
- [2] Glavni projekat stambeno-poslovnog kompleksa Rjzanj.
- [3] Izvođački projekat stambeno-poslovnog kompleksa Rjzanj.

UDK 69:69.059.4:691

UPOTREBNI VEK I TRAJNOST ARHITEKTONSKIH KONSTRUKCIJA¹

Jasmina Tamburić², Predrag Lukić³

Rezime: Rad je baziran na analizi nosećih arhitektonskih konstrukcija i mogućim negativnim uticajima koji na njih utiču. Istraživanje je usmereno ka definisanju metoda produženja upotrebnog veka i trajnosti arhitektonskih konstrukcija. Oštećenje koncepta noseće konstrukcije, značilo bi i povredu funkcionalnosti, forme i estetike objekta. Izbor materijala i sistema noseće konstrukcije je važan sa aspekta arhitektonskog projektovanja, oblikovanja i funkcionalnosti, ali i sigurnosti i pouzdanosti. U tom smislu, trajnost konstrukcije višestruko je važna, kako za arhitektonsku formu tako i za značaj objekta. Izbor materijala, koji se smatra krucijalnim u smislu trjnosti konstrukcije, a izabran prema funkcionalnoj nameni je energetska održiv. Upravo u radu se ističe značaj životne sredine i njihov uticaj na trajnost materijala i konstrukcija sa ciljem da se i projektantima konstrukcija nametne kao input u modeliranju proračunskih modela.

Ključne reči: arhitektonske konstrukcije, trajnost, savremeni materijali, sanacija

SERVICE LIFE AND DURABILITY OF ARCHITECTONIC STRUCTURES

Abstract: The paper is based on the analysis of bearing architectonic structures and possible negative impacts affecting them. The research strives to define a method of extension of service life and durability of architectonic structures. Damage to the concept of the bearing structure would mean compromising functionality, form and esthetics of the structures. The choice of the material and system of bearing structure is very important from the aspect of architectonic designing, formation and functionality but also of safety and reliability. In this sense, the durability of the structure is important both for architectonic form and for the importance of the structure. The choice of the material, which is considered crucial in terms of structural durability, and chosen according to the functional purpose is energy sustainable. The paper emphasizes the importance of the living environment and its impact on the durability of material and structures with the goals to impose the structure as an input in modeling of calculation models.

Key words: architectonic structures, durability, contemporary materials, remediation

¹ Ovaj rad je nastao kao rezultat istraživanja na Naučnom projektu Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije broj TR 36045

² Jasmina Tamburić, dipl. inž. arh. asistent, Građevinsko-arhitektonski fakultet Univerziteta u Nišu

³ Predrag Lukić, master inž. građ., pedjoni87@hotmail.com, student doktorskih studija, Građevinsko-arhitektonski fakultet Univerziteta u Nišu

1 UVOD

U arhitekturi značajno mesto imaju noseće strukture ili arhitektonske konstrukcije objekata. Narušavanje koncepta strukture značilo bi i povredu funkcionalnosti, forme i estetike objekta. Izbor materijala i sistema noseće konstrukcije je važan kako sa aspekta arhitektonskog projektovanja, oblikovanja i funkcionalnosti, tako i sa aspekta sigurnosti i pouzdanosti. Novija istraživanja, praćena tehničkom regulativom, sve više ističe značaj trajnosti konstrukcija, tako da se izbor materijala, statičkog sistema projektovane konstrukcije vrši u zavisnosti od izabrane trajnosti i značaja objekta. Uveden je i novi termin projektovanja konstrukcija prema trajnosti odnosno projektovanje prema upotrebnom veku konstrukcije.

Proučavanje trajnosti materijala u konstrukcijama vezano je za proučavanje životne sredine i dejstava te sredine na konstrukciju. Građenjem objekata troše se veliki prirodni resursi, kao i energija, pa je i to jedan veoma važan faktor u ovoj analizi.

Projektovanje *prema upotrebnom veku* ili *trajnost* je specificirano u savremenoj tehničkoj regulativi, sa jasnim definicijama, procedurom i terminologijom. *Trajnost* konstrukcije podrazumeva pre svega proučavanje mogućih oštećenja materijala konstrukcije u zavisnosti od namene i životnog okruženja, odnosno klimatskog ambijenta konstrukcije. Prema analizi agenasa bira se i material i sistem noseće konstrukcije, za projektovani vek konstrukcije. Agensi mogu biti fizički hemijski, biološki i mehanički. Pre svega rad se bavi analizom da li je konstrukcija zaštićena ili je izložena atmosferilijama, da li je konstrukcija izložena dejstvima hemijski agresivnih materija, UV zračenja, kao i opasnosti od udaranog opterećenja od vozila, aviona i sl. i da li je konstrukcija u zemlji, vodi ili vazduhu.

Kvalitetna analiza faktora oštećenja u projektovanju može produžiti vek konstrukcije, konstruisanjem detalja sa parvilnim odvodnjavanjem, zaštitnim premazima i izolacijama, pravilnim oblikovanjem detalja radi provetranja, čišćenja, pristupačnosti pri pregledu i intervenciji.

U eksploataciji objekta tokom vremena nastaju oštećenja, zato je neophodno nadgledanje-monitoring objekta kako bi se blagovremeno reagovalo i izvršile potrebne reparacije. Po pravilu trebalo bi da postoji uređen sistem monitoring za praćenja svih promena na konstrukciji, identifikaciji oštećenja kako bi troškovi održavanja bili optimalni.

Troškovi održavanja tokom životnog veka konstrukcije su veoma važni u opštoj ceni objekta, jer ovi troškovi mogu da premaše vrednost novostvorenog objekta, pa je često ekomičnije srušiti stari i napraviti novi objekat. Pregledom oštećenja, najčešće vizuelnim, identifikuju se oštećenja. Kod velikih objekata postoji elektronsko praćenje ponašanja konstrukcija kao i identifikacija oštećenja. Identifikuju se najčešće površinska oštećenja u vidu prslina, trošenja materijala, ispiranja i sl. Karakter oštećenja, odnosno prsline (morfologija prsline) često ukazuje na mogući uzrok oštećenja. Veoma je važno praćenje prsline kroz duži vremenski period. Kod većih oštećenja potrebno je izvršiti laboratorijska ispitivanja. Na osnovu te analize potrebno je izraditi dijagnostiku stanja noseće konstrukcije i konačno *sanaciju*.

Sanacijom se obično zahteva da konstrukcija ima istu nosivost kao što je i projektovana, ali često se zahteva i veća nosivost pa je potrebno projektovati pojačanje. Vremenom opadaju karakteristike materijala, ali se često propisima tokom vremena zahteva povećanje opterećenja, pa je problem još složeniji. Pojačanje konstrukcije može biti promenom statičkog sistema dodavanjem novog nosećeg elementa, sprežanjem-povezivanjem postojećeg elementa sa pridodatim, povećanjem dimenzija poprečnog preseka, kao i primenom savremenih karbonskih i fiber-glas materijala za sanaciju.

2 OSNOVNI POJMOVI I DEFINICIJE

Prema zahtevima evropske tehničke regulative novina u projektovanju nosećih struktura objekata je projektovanje prema trajnosti. Trajnost se u odredbama ove regulative tretira jednako kao nosivost- mehanička otpornost ili stabilnost konstrukcije. Pod upotrebnim vekom se podrazumeva vremenski period tokom koga se održavaju planirana svojstva i ponašanje građevine. Pitanju trajnosti konstrukcija danas se u svetu posvećuje veoma velika pažnja, jer nedovoljna trajnost objekata direktno zahteva velika finansijskih ulaganja. Posledice nedostataka tokom izvođenja radova sa materijalima koji ne odgovaraju projektovanim svojstvima, neredovno i neodgovarajuće održavanje, kao i nedovoljna pažnja pitanjima trajnosti u projektu konstrukcije, dovode do smanjenja trajnosti. Danas

se sve više govori o novom pojmu kao što je *projektovanje konstrukcija prema upotrebnom veku (service life design)*

2.1. UPOTREBNI VEK

Proračunski upotrebnii vek se određuje:

- Definisanjem relevantnog graničnog stanja,
- Vremenskim periodom izraženim u godinama,
- Stepenom pouzdanosti da se neće dostići granično stanje tokom tog perioda.
- **Tehnički upotrebnii vek (*technical service life*)** – vreme tokom koga je konstrukcija u upotrebi dok se ne dostigne određeni tip graničnog stanja, odnosno dok se ne ispune zahtevi vezani za nosivost i upotrebljivost,
- **Funkcionalni upotrebnii vek (*functional service life*)** – vreme tokom koga je konstrukcija u upotrebi dok ne postane funkcionalno zastarela usled promena u zahtevima (promena namene prostora, potreba za drugačijim prilazima...),
- **Ekonomski upotrebnii vek (*economic service life*)** – vreme tokom koga je konstrukcija u upotrebi dok njena zamena ne postane ekonomski isplativija od troškova održavanja.

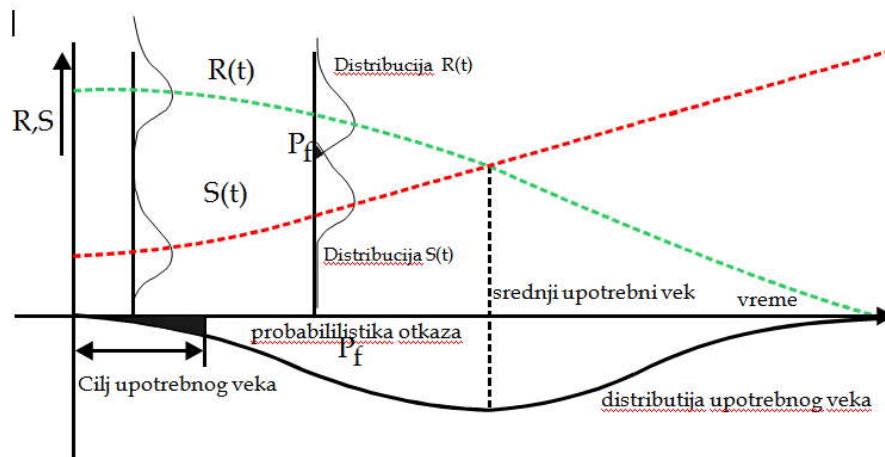
Ovde spada analiza troškova projektovanja i građenja, troškovi izazvani rizikom otakza konstrukcije, troškovi pregleda,upravljanja, kao i radovi na obnavljanju, održavanju i sl. Trenutak intervencije-popravke u smislu zaustavljanja procesa propadanja objekta, pa i po potrebi pojačanja konstrukcije, je veoma važan sa aspekte nosivosti, funkcionalnosti , ekonomičnosti i estetike. Preduslovi zahtevane trajnosti objekata su pravilno planiranje i projektovanje , izvođenje objekta, kao i redovno

održavanje. Za održanje trajnosti veoma je važno proučiti: namenu i funkciju objekta, mikro lokacijske uslove , analizu uticaja okoline i izbor dejstava na objekat, izbor nosećeg sistema konstrukcije, pravilan izbor materijala za građenje, kvalitet građenja i redovno i adekvatno održavanje. Evropske norme EN 1992-1-1:2008 navode da „*trajna konstrukcija mora zadovoljiti zahteve uporabljivosti, nosivosti i stabilnosti tokom projektovanog uporabnog veka, bez značajnog gubitka sposobnosti da služi svojoj nameni ili bez preterano velikih nepredviđenih troškova održavanja*“.

Metode istraživanja zasnovane na podacima vremenskog osmatranja oštećenja i starenja materijala noseće strukture objekata zasnivaju se na matematičkoj prognostici stanja za posmatrani vremenski period. Za projektovane, nove i konstrukcije koje su u dobrom stanju, sa poznatim karakteristikama materijala i geometrije, detaljno su obrađene probabilističke metode sigurnosti za konstrukcije , materijale i dejstva, zasnovane na stohastičkim modelima poznate u literaturi, a posebno su specificirana u dokumentima „*The Joint Committee on Structural Safety*“ (JCSS) [1].

Za procenu stanja noseće strukture objekata kod kojih, tokom vremena, nastaju promene u materijalu i geometriji usled oštećenja i starenja ne postoje stohastički modeli za procenu granične nosivosti konstrukcije. Procene stanja primenom vizuelnih metoda, koje se svuda u svetu koriste, su subjektivne i često nepouzdate, a zavise od iskustva i stručnosti inženjera-ispitivača. U cilju dobijanja što realnijih podataka kod vizuelnih metoda, moguće je razviti niz mera i postupaka za poboljšanje objektivnosti i kvaliteta rezultata [2].

Trajnost konstrukcija je definisana u tehničkoj regulativi kao element pouzdanosti konstrukcija, tako je defilisana pouzdanost u standardu EN 1990: 2002 [3]. Pouzdanost je sposobnost konstrukcije da zadovolji postavljene zahteve pod specifičnim uslovima tokom upotrebnog veka, prema kome je projektovana.



Slika 1. Upotrebnog veka u analizi probabilističkih vrednosti dejstava S i otpornosti materijala R

Slika 1. pokazuje upotrebnog veka u analizi probabilističkih vrednosti dejstava S i otpornosti materijala R. Tokom vremena vrednosti R opadaju a zahtevi za povećanje dejstava rastu. Linija preseka ove dve krive predstavlja srednji upotrebnog veka konstrukcije [4].

Pouzdanost se odnosi na kapacitet nosivosti, upotrebljivost i trajnost konstrukcije. Proračunski upotrebnog veka je dat u pet kategorija [4], u svemu prema tabeli 1.

Pouzdanost (reliability) obuhvata:

- **Nosivost (siurnost)** (za dejstva, naprezanja)
- **Upotrebljivost** (za deformacije, vibracije i oštećenja) i
- **Trajnost konstrukcije**

Osnovni zahtevi konstrukcija u skladu sa EN 1990: 2002 [3].

- Granična stanja sa parcijalnim koeficijentima sigurnosti
- Dejstva u skladu sa EC-1:EN 1991

- Proračun nosivosti, upotrebljivosti i trajnosti u skladu sa EC za konstrukcije.

Trajnost je u standardu ISO 2394 definisan preko proračunskog upotrebnog veka u pet kategorija, (tabela 1). Kategorizacija objekata s obzirom na upotrebnog veka konstrukcije je takođe data prema EN 1990: 2002 [3].

Tabela 1. proračunski upotrební vek

KATEGORIZACIJA	Proračunski upotrební vek (god)	Primeri
1	10	Privremeni objekti
2	10-25	Zamenjivi delovi konstr., nosači, ležišta
3	15-30	Poljoprivredni i drugi slični objekti
4	50	Zgrade i slične konstrukcije
5	100 i više	Monumentalne zgrade ili objekti, mostovi

3 INTERAKCIJA ŽIVOTNA SREDINA-KONSTRUKCIJA

Izbor materijala za građenje može se izvršiti na osnovu analize životnog veka konstrukcije, sa jedne strane uzimajući u obzir trajnost materijala, njegove mehaničke karakteristike, otpornost na agresivnu sredinu kao i odabirom materijala sa minimalnim negativnim uticajem na životnu sredinu. Sa druge strane utiču i cene materijala i kao socijalni zahtevi, kao što su toplotni komfor, estetske karakteristike i brzina gradnje. Izbor materijala se dobija optimizacijom ekoloških, ekonomskih i socijalnih faktora. Izbor materijala sa ciljem najmanjeg negativnog uticaja na životnu sredinu sadržan je u LEED sistemu (*Leadership in Energy and Environment Design*) [6], zahteva se obnovljiv materijal, da proizvodnja ima niske energetske zahteve i da izaziva malo zagađenje okoline odnosno da ima malu emisiju opasnih materija tokom proizvodnje i eksploatacije. Najvažniji aspekti okoline su:

3.1 Potrošnja materijala i energije

4.2 Njihova emisija u okolinu tokom celog ciklusa izrade i trajanja, što obuhvata:

- Iskorišćavanje i transport sirovina,

- Industrijsku obradu proizvoda,
- Transport do mesta upotrebe,
- Proces građenja ili montaže,
- Eksploataciju i održavanje konstrukcija i
- Upravljanje otpadom.

Proizvodnja građevinskih materijala i samo građenje zahteva visok nivo potrošnje energije i vode, stvaranje otpada, povećanje globalne emisije gasova i efekat staklene bašte, spoljno i unutrašnje zagađenje i iscrpljivanje prirodnih resursa. Godišnje, za izgradnju objekata u svetu se utroši: 25% posečenog drveća, 40% kamena, peska i šljunka i 16% vode. Usled njihovog dejstva nastaje 50% gasova staklene bašte i agenasa kiselih kiša. Za proizvodnju i izvođenje objekata potroši se skoro 3 milijarde tona sirovina.

Takođe, energija se koristi za eksploataciju, transport, preradu građevinskih materijala i izgradnju objekata.

Pri proizvodnji materijala nosećih konstrukcija potrošena energija se može predstaviti *indeksom relativne upotrebe energije* gde je potrošnja energije za proizvodnju drveta uzeta interaktivno kao:

- DRVO 1
- BETON 3
- KAMEN 3.1
- ČELIK 17
- ALUMINIJUM 70

Noseće strukture objekata, prema važećoj evropskoj regulativi za konstrukcije se projektuju tako da zadovolje zahteve:

- Graničnog stanja nosivosti,
- Graničnog stanja upotrebljivosti,
- Graničnog stanja trajnosti, u fazi projektovanja, građenja i eksploatacije.

Ovome bi trebalo pridodati i četvrti zahtev, a to je: *uticaj interakcije konstrukcije i životne sredine* koja treba da bude u okviru nekih zadatih kriterijuma koji bi važili za sve faze životnog ciklusa objekta. Ovi uticaji se izražavaju kroz kategorije [5]:

- Globalno otopljanje,
- Zakiseljavanje,
- Eutrofikacija,
- Fotohemijsko formiranje ozona,
- Smanjenje neobnovljivih sirovina (kamen, pesak, gvožđe),
- Smanjenje neobnovljivih izvora energije (nafta, ugalj),
- Odlaganje otpada,
- Buka, prašina, vibracije.

Količina štetnih uticaja od betona je u poređenju sa drugim građevinskim materijalima mala, ali zbog masovne proizvodnje, ukupni negativni uticaj betonskih konstrukcija na životnu sredinu je značajan. Posle vode je drugi najkorišćeniji materijal na planeti. Svake godine na svetu industrija betona utroši 1,6 milijardi tona cementa, 10 milijardi tona kamena i peska i 1 milijardu tona vode. Svaka tona cementa zahteva 1,5 tonu krečnjaka i upotrebu energije dobijene od fosilnih goriva. Osim toga, očekuje se da se njegova upotreba udvostruči u narednih 30 godina.

Danas se velika pažnja posvećuje projektovanju betonskih konstrukcija s obzirom na njihov uticaj na životnu sredinu, sa ciljem da se taj uticaj, u toku celog životnog ciklusa, smanji na najmanju moguću meru.

4 *SERVICE LIFE DESIGN* – PROJEKTOVANJE KONSTRUKCIJA PREMA UPOTREBNOM VEKU

Ovaj pojam obuhvata:

4.1 Kvantifikovanje mehanizma deterioracije

- Vrsta deterioracionog procesa,
- Definisane modele,
- Kvantifikovanje parametara iz modela.

4.2 Definisane graničnog stanja prema kome se projektuje

4.3 Definisane tipa graničnog stanja

- Granično stanje upotrebljivosti,
- Granično stanje nosivosti .

4.4 Proračunski dokaz graničnog stanja

- Potpuna probabilistička metoda,
- Metod parcijalnih koeficijenata sigurnosti
- Metoda bazirana na iskustvenim preporukama
- Sprečavanje deterioracionog procesa

5 TRAJNOST KONSTRUKCIJE

Osnova metodologije projektovanja prema trajnosti zasnovane na ponašanju konstrukcije (*performance based durability design methodology*).

Koncept trajnosti je povezan sa **funkcionalnim zahtevima** koji se izražavaju kao minimalna ili maksimalna vrednost određene karakteristike konstrukcije i grupe odgovarajućih **osnovnih parametara**, tabela 2.

Tabela 2. Minimalni kapaciteti nosivosti

Funkcionalni zahtev	Odgovarajući osnovni parametri
Minimalni kapacitet nosivosti	Čvrstoća betona i čelika, dubina korozije, dubina oljuskanog dela zaštitnog sloja
Maksimalna prihvatljiva deformacija	Moduo elastičnosti, skupljanje, tečenje, temperaturne promene, sleganja
Maksimalna propustljivost za gasove i tečne supstance	Propustljivost betona, kapilarnost, difuzija, veličina i položaj prslina

Osnovni parametri su vremenski zavisne veličine. Znači upotrební vek konstrukcije je *vreme* tokom koga konstrukcija ispunjava sve funkcionalne zahteve. Projektovanje, s obzirom na upotrební vek, podrazumeva da projektant bira osnovne parametre da bi ispunio funkcionalne zahteve za unapred definisani vremenski period. Time će biti obezbeđena odgovarajuća otpornost konstrukcije na štetna dejstva sredine. *Trajnost* se često definiše kao sposobnost materijala da se, tokom eksploatacije, odupre prodoru štetnih agenasa. Trajnost konstrukcije u njenom okruženju treba da bude takva da je njena upotreba moguća tokom proračunskog upotrebnog veka. To se može postići na jedan od sledećih načina ili kombinacijom nekih od njih:

- Projektovanjem zaštitnih sistema,
- Korišćenjem materijala koji, neće gubiti na kvalitetu tokom vremena,
- Davanjem takvih dimenzija da je trošenje materijala tokom projektnog upotrebnog veka kompenzovano (npr. usvajanje veće količine armature kako bi i nakon što deo poprečnog preseka korodira, ostalo dovoljno za obezbeđivanje nosivosti elementa, ili biranje većih dimenzija poprečnog preseka nosača od čalika ili drveta od proračunatih vrednosti),

- Biranjem kraćeg životnog veka elemenata konstrukcije.

5.1. Klase konstrukcija prema pouzdanosti

EN1990: 2002 definiše tri klase [3]:

- Klasa RC1,
- Klasa RC2,
- Klasa RC3.

Ciljni indeksi pouzdanosti za različite klase dat je u tabeli 3:

Tabela 3. Ciljni indeks pouzdanosti i minimalne vrednosti β

Granično stanje	Ciljni indeks pouzdanosti β	
	Referentni period 1 god.	Referentni period 50 god.
Nosivost	4.7	3.8
Upotrebljivost	2.9	1.5

Klasa prema pouzdanosti	Minimalne vrednosti β	
	Referentni period 1 god.	Referentni period 50 god.
RC1	5.2	4.3
RC2	4.7	3.8
RC3	5.3	3.3

Tabela 4. Klase posledica

Klase posledica	Posledice usled gubitka ljudskih života ili velike ekonomske socijalne i posledice po okolinu	Primeri zgrada ili građevinskih radova
CC3	Teške posledice	Velika stajališta, javne zgrade gde bi posledice loma bile teške (koncertne dvorane)
CC2	Prihvatljive posledice	Poslovne i stambene zgrade, javne zgrade gde su posledice loma srednje
CC1	Blage posledice	Poljoprivredni objekti gde ljudi obično ne ulaze (skladišta)

Ciljni indeksi pouzdanosti prema EN 1990 [3] pouzdanosti, za graničnostonanje nosivosti. Definicija klasa prema posledicama, tabela 4.

Zahtev *Evrokodova* je da se trajnost konstrukcija

osigurava na osnovu analiza namene konstrukcije, projektovanog upotrebnog veka i programa održavanja i dejstava na konstrukciju. Ta vrednost je najčešće 50 godina.

6 ZAKLJUČAK

Formiranje oblika objekta, očuvanje njegovih estetskih vrednosti i funkcije, očuvanje imovine i ljudskih života, u eksploataciji tokom upotrebnoeg veka, pripada nosećoj strukturi objekta. Godinama se u konstrukcijama u projektovanju uglavnom vodilo računa o nosivosti odnosno o pitanjima ravnoteže, naprezanja i stabilnosti sa jedne strane, i problemima deformacija ili vibracija, sa druge strane. Pojam trajnosti je novi koncept proračuna konstrukcija prema upotrebnom veku. Ovo je veliki napredak regulative, gde se pored dva spomenuta kriterijuma uvodi ponašanje i praćenje konstrukcija tokom vremena sve do ispunjenja upotrebnoeg veka. Ovim je omogućeno praćenje ponašanja i intervencije na objektu, da bi se očuvala osnovna namena i funkcija, a zadržala potrebna sigurnost objekta. Principi održive arhitekture postavljaju nove zahteve u pogledu primenjenih materijala, pre svega zahteva se da materijal za građenje bude obnovljiv material, a da proizvodnja tog materijala ima niske energetske zahteve i da izazivaju malo zagađenje okoline odnosno da imaju malu emisiju opasnih materija tokom proizvodnje i eksploatacije.

LITERATURA

- [1] Rüdiger Rackwitz, *Background Documents on Risk Assessment in Engineering*.
- [2] ISO 13822, 2010. *Bases for design of structures - Assessment of existing structures*, Geneve, Switzerland: ISO TC98/SC2.
- [3] EN 1990: 2002, EN 1990 (2002) (English): *Eurocode - Basis of structural design [Authority: The European Union Per Regulation 305/2011, Directive 98/34/EC, Directive 2004/18/EC] Brussels: CEN. Prevod: Evrokod 0: Osnove proračuna konstrukcija, str. 87, Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu, Beograd 2002.*
- [4] ISO 2394, 1998. *General principles on reliability for structures*. 2nd edn. Geneve, Switzerland.
- [5] Marinković, S., Ignjatović, I., 2008. *Savremeni koncept obezbeđivanja trajnosti betonskih konstrukcija - projektovanje prema upotrebnom veku*, Inženjerska komora Srbije, Beograd.
- [6] *Leadership in Energy and Environmental design (LEED)* Caroline Clevenger, PE, RA, CEE 115 / 215 2/14/08

UDK 621.315.6

STOREPET – EVROPSKI PROJEKAT KLASTERA „DUNDJER“¹

Dorđe Đorđević², Biljana Avramović³, Dragoslav Stojić²

Rezime: Građevinski klaster „DUNDJER“, zajedno sa većim brojem evropskih organizacija, učestvuje na evropskom projektu FP7 pod nazivom „STOREPET“ (FP7-SME-2011-2, Proposal 286730). STOREPET je projekat čiji je cilj da razvije jedan novi termički i akustički građevinski izolacioni materijal, baziran na građevinskim materijalima koji pri korišćenju menjaju svoje agregatno stanje. StorePET će biti posebno projektovan materijal za lake konstrukcije sa omotačem koji ima malu termičku masu (termički kapacitet), kao i za bilo koju drugu stambenu/poslovnu/javnu novu ili rekonstruisanu zgradu sa posebnim izolacionim i toplotno-kapacitetnim potrebama. Sa budžetom projekta od 2.4 miliona €, procenjeno je da će novi proizvod stvoriti novu vrednost u iznosu od 170 miliona € u uštedi u materijalu i 300 miliona € u energiji. Istraživanje je trenutno u toku. Jedan od završnih skupova, sa predstavljanjem rezultata istraživanja će biti održan u Nišu, u 2013. godini. Građevinski klaster „DUNDJER“ će imati sva prava i licencu, uključujući proizvodnju i plasman u regionu.

Ključne reči: Ocena građevina, održiva gradnja, evropske norme, ekološka gradnja, energetska efikasnost, lokacija

STOREPET – EUROPEAN CLUSTER PROJECT „DUNDJER“

Abstract: The Construction Cluster „DUNDJER“ participates in common with number of distinguished research and development organizations in EU, in the 7th FP European project entitled STOREPET (FP7-SME-2011-2, Proposal 286730). STOREPET is a project which goal is develop an innovative thermal and acoustic insulation solution based on phase change materials building sector. StorePET will be especially design for lightweight and low thermal mass building envelope structures, as well as for any other residential/commercial/governmental new or refurbishing building projects, with extra insulation and heat storage capacities needs. With a project budget of € 2.4 million, it has been estimated that the new product will produce new streams of revenue worth € 170 million in the materials and energy savings worth above € 300 million. The research is at a moment in progress. One of closing meetings, with presentation of final research results will take place in Niš, Serbia, in the year 2013. The Construction Cluster „DUNDJER“ will have all rights and royalties, including regional production and merchandise.

Key words: building materials, thermal insulation, accoustic insulation, light building constructions, energy efficiency, sustainable building.

¹ This work is in part supported by the EC funded Project, FP7-SME-2011-2, Proposal 286730, and Serbian Ministry of Education and Science (research projects TR37003 and III44006)

² Građevinsko-arhitektonski fakultet u Nišu, ul. A. Medvedeva 14, Niš, Srbija; Construction Cluster “Dundjer”, Niš, Srbija

³ Construction Cluster “Dundjer”, Niš, Srbija

1 UVOD

Nova strategija gradjenja koja se odnosi na posledice klimatskih promena i smanjenje energije za grejanje i hlađenje su dva osnovna cilja na nivou Evropske Unije. Brojke kao što je 35.000 incidentnih smrti usled toplotnog talasa na Kontinentu u 2003. godini, ili 10% svetske energije utrošene samo za zagrevanje zgrada zaokupljuju pažnju evropskih gradjana i pozivaju na novu EU legislativu. Nove nacionalne i komunalne stroge direktive zajedno sa ekonomskom recesijom u građevinskom sektoru (sa dvocifrenim padom) postavili su ekstremno visoke izazove i i onako oslabljenim kompanijama u građevinskom sektoru, posebno malim i srednjim preduzećima (MSP). Potrebe tržišta i nova šansa za njih je istraživanje konkurentnih rešenja za termičku i akustičnu izolaciju lakih konstrukcija, što je opšte prepoznat pokretač tržišta u narednoj dekadi. Lake konstrukcije predstavljaju ekonomsku alternativu tradicionalnim građevinama čiji je glavni nedostatak zahtev za velikom količinom energije da bi se održali konformni unutrašnji uslovi, pošto nisu u stanju da obuzdaju velike promene temperature. U poredjenju sa građevinama od težih materijala, procenjuje se da održanje termički konformne temperature u opsegu od 18-24°C, građevine od lakih materijala koriste između 2 i 3 puta više energije za grejanje i hlađenje.



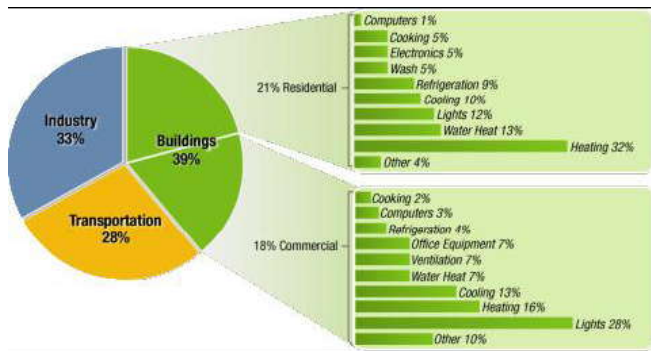
Slika 1: Laka drvena konstrukcija

Koncept projekta se bazira na činjenici da razmena toplote unutra/spolja (koja igra značajnu ulogu u toplotnom bilansu lakih konstrukcija) može se potencijalno kontrolisati novom fibroznom izolacijom koja poseduje termički aktivni kapacitet akumuliranja toplote. Tokom dana, kada temperatura raste, vrhovi opterećenja mogu se absorbovati u velikoj meri izolacionim slojem sa termički aktivnim materijalom

(PCM – Phase Change Material), da bi se polako vratila nazad u okolinu dočnije (tokom noći, kada temperatura opadne), bez uticaja na unutrašnji energetski bilans zgrade, što je regulisano prisustvom standardnog izolacionog sloja. Ovaj pristup će obezbediti dosta sporiji odziv omotača zgrade na dnevne promene temperature, pomažući održavanje unutrašnje temperature u komfornom opsegu i time izbegavajući potrebu potrošnje dodatne energije da bi se ovo postiglo. Efektivni nivoi unutrašnjeg komfora će biti dodatno garantovani vrlo poznatom osobinom vlaknastog materijala da redukuje spoljašnju buku i superiornu osobinu da kontroliše zvučnu rezonancu u šupljinama konstrukcije.

2 EKOLOŠKI ZNAČAJ

Računa se da zgrade u svetu troše 40% svetske energije i emituju skoro polovinu ugljen-dioksida. To znači zgrade doprinose skoro polovinu emisije CO₂. To dalje znači da zgrade doprinose ispuštanju više CO₂ nego saobraćaj, koji se procenjuje na 31% i industrija, procenjena na 28%. Kada posebno razložimo i analiziramo potrošnju energije zgrada, najzabrinjavajući aspekt je da je većina energije koja se koristi za grejanje, hlađenje ili ventilaciju nepotrebno potrošena ili je rezultat loše izolacije i sve skorašnje prognoze pokazuju da će ova potrošnja značajno porasti u godinama koje dolaze. S obzirom na to, poslednje preporuke Medjuvladinog Panela o Klimatskim Promenama (Intergovernmental Panel on Climate Change -IPCC) utvrđuju da vlade širom sveta, poslovni svet i pojedinci moraju agresivno započeti redukciju potrošnje energije u novim i postojećim zgradama, kako bi redukovali emisiju CO₂ vezanu za energiju za 77% (u odnosu na predviđanje za 2050. godinu) i stabilizuju nivoe CO₂ kako bi se postigao nivo prema preporuci IPCC. Da bi se postigao taj cilj procenjuje se da globalni građevinski sektor treba da smanji potrošnju energije u zgradama za 60% do 2050. godine, da bi ispunio ciljeve vezane za globalne klimatske promene.



Slika 2: Potrošnja energije po vrstama aktivnosti

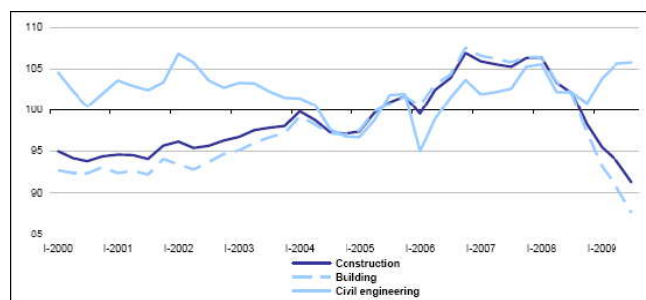
Sa tako visokim nivoom potrošnje energije, zamagljene različitim procenama klimatskih promena, Evropska Zajednica (EZ) je uvela značajan broj regulacionih i zakonskih akcija. Marta 2007. Savet Evrope je postavio set jasnih ciljeva za redukciju ukupne potrošnje energije od 20% do 2020. godine (nivoa u 2005. godini), sa povećanjem doprinosa obnovljive energije do 20% u ukupnoj potrošnji i 20% smanjenja emisije CO₂ u odnosu na vrednosti u 1990. godini. U tome kontekstu, građevinski sektor mora postaviti vrlo ambiciozne ciljeve uštede energije od oko 165 Mtoe (miliona tona ekvivalenta nafte) i doprinosa od 50 Mtoe iz alternativnih izvora do 2020. godine. Da bi se podvukla veličina zadatka, ove vrednosti su ekvivalentne ukupnoj potrošnji energije Španije, Portugalije, Grčke i Irske u 2004. godini. Maja 2010., nova Direktiva o Energetskim Performansama Zgrada (EPB) je konačno usvojena kao DIREKTIVA 2010/31/EU. Ona se odnosi na poboljšanje nacionalnih regulativa o energetske efikasnosti novih i renoviranih zgrada, sa vrlo ambicioznim standardima i obavezujućim ciljevima. Ona sadrži okvir za nacionalne zahteve koji se odnose na grejanje/hladjenje i ventilacione sisteme. Jula 2012., nova direktiva je objavljena i odnosi se na mnoge elemente uključujući regulaciju sistema zgrada, sa stupanjem na snagu u julu 2013. Do kraja 2020. nove zgrade u EU moraju trošiti energiju "blizu nule".

Sa trenutnim brojem od oko 160 miliona zgrada u EU, poslednja EPB Direktiva se odnosi na adaptaciju postojećih zgrada, uključujući istorijske gradjevine, a u skladu sa klimatskim promenama. Kao i za nove zgrade, opšti trendovi pokazuju sada kretanje ka lakim drvenim ili čeličnim konstrukcijama (sa manjim gubicima na lokaciji i manjom energijom unesenom u materijale), sa globalnim zahtevom za prefabrikovanim kućama i elementima, uz rast od

3.4% godišnje za tržište vredno 51 milijardu € u 2004. godini, samo za kompletne zgrade.

3 ZNAČAJ ZA GRADJEVINSKI SEKTOR

Konstruktivni sektor je onaj koji je najviše pogodjen trenutnom krizom, delimično usled mnogih značajnih građevinskih naduvavanja cena, ali takodje i usled kreditne krize finansijskih institucija. Građevinske aktivnosti u EU-27 zapošljavale su oko 14,8 miliona ljudi u 2007 (oko 11,5 % u ne-finansijskoj biznis sferi), ali stvaraju oko 562 milijarde € dodatne vrednosti (9,3% dodatne vrednosti u ne-finansijskoj biznis ekonomiji). Svaki zaposlenik u EU-27 građevinskom sektoru stvorio je u proseku 38.000 € dodatne vrednosti u 2007. godini. Ali, kako pokazuju statistike (EuroConstruct), trenutna industrijska recesija će biti najizazovnije u poslednjim decenijama. Građevinska proizvodnja je pala -8,8% u 2009, a slično se očekuje i nadalje. Do kraja ove godine građevinska industrija će biti u recesiji punih pet godina. Prema statistikama (Eurostat), većina građevinskih preduzeća obslužuje lokalno tržište i posledično, građevinski sektor je karakterističan po velikom broju MSPa sa relativno malo velikih. Mikro i mala preduzeća (sa manje od 50 zaposlenih) zajedno zapošljavaju 72,1 % radne snage u građevinskom sektoru u EU-27 (podatak za 2006. godinu), mnogo veći udeo nego prosek (50,2%, 2005.) u ne-finansijskoj sferi biznisa. Ova preduzeća takodje obezbeđuju oko dve trećine dodate vrednosti (64,7%) od sektorske dodate vrednosti u 2006., u poredjenju sa dve petine (39,8%, 2005.) ukupno u ne-finansijskom sektoru. Pad u građevinskim aktivnostima ima nezaobilazni uticaj na broj zaposlenih. Broj zaposlenih u EU-27 u građevinarstvu je oštro opao (-8,8%) između prvog kvartala 2008. i drugog kvartala 2009. Takodje nezaobilazno MSP trpe usled navedenih okolnosti, sa većim kritičnim kreditnim pragom za podršku i manjim mogućnostima za brz oporavak.



Slika 3: Trend u građevinskoj industriji

Medjutim, čak i sa sporijim tempom, građevinske aktivnosti nastavljaju da budu potrebne i nužne i tokom depresije, tako da će onim oslabljenim MSP, koja su preživela ekonomsku recesiju, biti potrebne dodatne komparativne prednosti radi brzog odziva na oživljavanje EU tržišta (i odziva na dvocifreni rast kineskog i indijskog tržišta) pre nego što drugi zdraviji takmaci to učine, pogotovu kompanije koje pokazuju rane znake oporavka, kao što je US građevinsko tržište. Evropska kriza usporava i oporavak američke privrede usled smanjenog izvoza u Evropu, ali kada građevinske aktivnosti ožive i u Evropi, američke kompanije će biti mnogo spremnije od većine evropskih, posebno u zelenoj gradnji. Skorašnji izveštaj iz Građevinskog fonda McGraw-Hill pokazuje da zelena gradnja u US predstavlja 25 % svih novih građevinskih aktivnosti u 2010. i da je vrednost zelene gradnje porasla više od 50% od 2008. do 2010. – od 42 milijarde \$ na 55 milijardi i 71 milijardu, sa projekcijom rasta za 2015. godinu na 135 milijardi \$. Bez sumnje, značajan deo tog rasta odgovara izvozu od 14% građevinskog materijala iz SAD u Evropu. Posebno, fokusirajući se na segment montažnih prefabrikovanih kuća lake konstrukcije, koje su od drveta ili lakog čelika, i panelizovanih elemenata, treba očekivati u sledećoj deceniji najveći rast u smislu novih rešenja i proizvodnje u čitavom svetu. Unutar ovog segmenta jedna od najvažnijih tema vezanih za energetska efikasnost zgrada je korišćenje odgovarajućih izolacionih materijala, za tople i hladne klimatske uslove (vazдушna klimatizacija se ne smatra više energetska efikasnom alternativom jer troši skoro 15% ukupne energije u Evropi).

Podržana sadašnjim i budućim potrebama, svetska potrošnja izolacionih materijala se povećava 3,8% godišnje počev od 2012. Održavajući trend u poslednjoj dekadi, penasta plastična izolacija će se koristiti u najvećem delu ukupnih zahteva. Ekonomska ekspanzija u zemljama u razvoju u Aziji će povećati potražnju, posebno za penastom plastikom, kako u građevinskim konstrukcijama, tako u potrebama pukućstva. Očekuje se da se izolacija fiberglasom proširi i izvan Severne Amerike (uglavnom na Evropu, Aziju i BRIC zemlje), dok će mineralna vuna smanjiti svoje učešće usled konkurencije staklene vune. Ostali fiber alternativni materijali su najčešće napravljeni od recikliranih materijala, kao što su netkani tehnički izolatori, ostaće pomoćni produkti, ukoliko ne obezbede i unaprede svoje performanse.

Povećana potreba za tehnologijama koje podržavaju uštedu energije je doprinela obnavljanju

istraživanja u oblasti termičkih materijala koji mogu aktivno kontrolisati varijacije termičkog fluksa okoline – materijali koji menjaju agregatno stanje (Phase Change Materials - PCM). Očekuje se da se globalno tržište PCM materijala poveća sa 300,8 miliona \$ u 2009. na 1.488,1 miliona u 2015. godini, sa procenjenim rastom od 31,7% od 2010. do 2015. (CAGR - Compound Annual Growth Rate). PCM materijali bazirani na parafinima zauzimaju najveći deo tržišta u smislu vrednosti, dok materijali bazirani na hidratima soli su najviše rasprostranjeni u smislu količine.

Primena PCM materijala u građevinarstvu trenutno čini najveću oblast primene usled globalno povećanih zahteva za kontrolu unutrašnje temperature u zgradama.

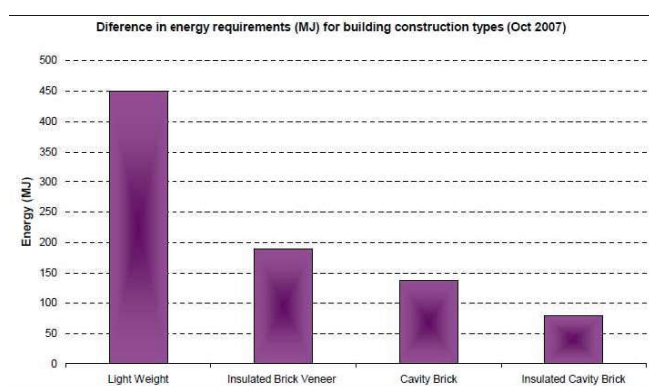
EU kompanije su vrlo sporo započele da se bave novim zahtevima tržišta orijentisanim ka energetska efikasnosti, ali poglavito preuzimanjem inovativnih rešenja razvijenih izvan Evrope (najviše u SAD), posebno u oblasti termičke izolacije (energetska efikasnost), što ima za rezultat gubitak konkurentnosti EU. Od 14 ključnih industrijskih (tehnoloških) inovacija iz oblasti građevinskih materijala, 7 su razvijene u američkim institucijama, a samo 3 u EU. Od njih, 7 su termički ili akustički izolatori (1 baziran na PCM, 1 na glini, 1 na ugljeničnim nano-vlaknima, 1 EPS, 1 EPS penasti termički izolator, 1 aerogel termički i akustički izolator, 1 PU - poliuretanski akustički panel), od kojih je samo 1 ima Evropski brend (BASF AG).

Evropske kompanije, u tom rastućem sektoru inovacija u građevinarstvu, treba da reaguju brzo na ovu situaciju i razvijaju zaštićena inovativna rešenja, da bi ostale inovativne. Posebno, zahtevi za veću energetska efikasnost za zgrade su identifikovani kao primarni pokretač u industriji građevinskih materijala. StorePET će obezbediti ovaj sektor, posebno MSP, izvanrednim konkurentnim sredstvom za oporavak i oblikovanje građevinskog sektora u bliskoj budućnosti.

4 TEHNIČKI PROBLEM

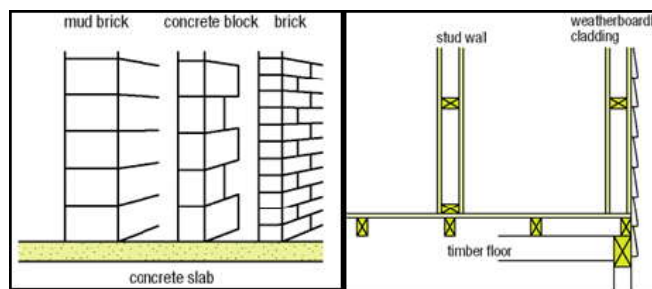
Lake konstrukcije predstavljaju ekonomičnu alternativu tradicionalnim građevinama, uz nedostatak da im je potrebna velika termička potrošnja da bi održale unutrašnje komforne uslove, pošto nisu u mogućnosti da uspire brze promene spoljašnje temperature. U poredjenju sa građevinama od težeg materijala, procenjuje se da za održavanje komfornog temperaturnog opsega od 18-24°C laki materijali koriste između 2 i 3 puta više energije za

grejanje i hlađenje nego što je potrebno građevinama od masivnog materijala. Upoređujući dva tipa konstrukcija, studije su pokazale da masivne konstrukcije mogu lakše umanjiti efekte mogućeg scenarija klimatskih promena održavanjem niže unutrašnje temperature u odnosu na lake konstrukcije za veći period vremena, sa vršnim temperaturama nižim za 4.5°C.

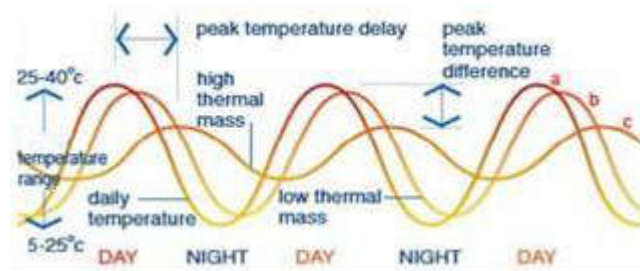


Slika 4: Energetski zahtevi za konstrukcije od različitog materijala

Druge studije su pokazale da razlika između vršnih temperatura obeju konstrukcija može da dostigne 8° C, a da se može utvrditi kašnjenje vršne temperature do 6 sati, uz to da su kašnjenje i amplituda kompleksne funkcije termičke provodljivosti zida i različitih specifičnih lokalnih termičkih gradijenata oko površine zida. Uzrok ove velike razlike leži u različitoj termičkoj masi ova dva tipa konstrukcija. Na primer, u slučaju stambenih zgrada, toplotni kapacitet i termička masa mogu značajno varirati, od 55kJ/m²K za laku drvenu konstrukciju do 500kJ/m²K za tvrdu zidanu zgradu. Dakle, termička masa može biti vrlo korisna za održavanje unutrašnjeg termičkog komfora. Lake konstrukcije imaju „brz termički odziv” i zagrevaju se i hlade u kraćem vremenskom periodu nego masivne zgrade koje imaju „spori odziv”, što je dato na sl. 5.



Slika 5: Materijali sa velikom (levo) i malom (desno) termičkom masom



Slika 6: Fluktuacije dnevne temperature

Termička masa je najefektivnija u mestima i sezonama sa velikim dnevnim temperaturnim promenama ispod i iznad balansne temperature zgrade (Balance point temperature – BPT – spoljašnja temperatura ispod koje je potrebno grejanje zgrade pošto su unutrašnji toplotni dobitci manji od toplotnih gubitaka kroz omotač zgrade i ventilaciju). U ovim slučajevima dodatna energija se šteti izbegavanjem značajnog zračenja toplotnog fluksa kroz omotač u oba pravca. Često se koristi veće tokom leta i jeseni, kada se dešavaju fluktuacije ispod i iznad komfornog temperature. Međutim, isti koncept se teoretski može koristiti da bi se ublažio toplotni fluks pod ekstremno hladnim ili ekstremno toplim uslovima, kada su nivoi spoljašnje temperature prilično iznad ili ispod komfornog temperature.

Kada spoljašnje temperature dostignu vrh u leto, unutrašnjost zgrade ostaje hladna jer je penetracija toplote kroz masivni zid (toplotna masa) odložena. Ukoliko bi se tokom dana akumulirana toplota mogla selektivno evakuisati tokom noći napolje, efekat termičke mase bi bio vrlo sličan izolatoru visokih performansi.

U hladnim periodima, kada je predviđeno intenzivno grejanje, termička masa se može koristiti za efikasno sakupljanje i akumulira solarnu energiju i akumulira unutrašnji višak toplote tokom dana i selektivno je vraća unutra.

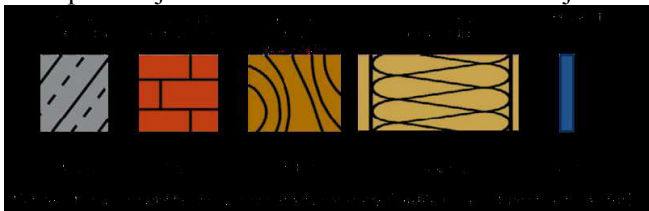
Zgrade koje koriste električno grejanje/hlađenje mogu istovremeno koristiti jeftinu tarifu kao dnevni period akumuliranja. Rezultat će biti ušteda energije i dodatno smanjenje računa za električnu energiju.

Novi evropski državni propisi se sve više bave energetskom efikasnošću postojećih i budućih zgrada i konačno se orijentišu ka termalnom kapacitetu kao ključnom elementu. Na primer, novi propisi gradnje u Engleskoj (UK's Building Regulations), koji se primenjuju od 1. oktobra 2010. godine definišu da termički kapacitet svih unutrašnjih i spoljašnjih konstruktivnih elemenata moraju da igraju odlučujuću ulogu i koriste se da redukuju potrebe za grejanjem i hlađenjem. Nadalje, neće biti dovoljno da se uzima u

obzir opšti koeficijent provodjenja toplote (U-vrednost) elemenata zgrade (stepen izolacije), već takodje njihov odgovarajući efektivni termički kapacitet po jedinici površine, koeficijent termalne mase (Thermal Mass Parameter (TMP)).

U principu, visoko izolovane konstrukcije ne mogu efikasno nadoknaditi nedostatak termalne mase. Termalna masa akumulira i zrači toplotu, dok izolacija zaustavlja prolaz toplote u i iz zgrade. Velika termalna masa generalno nije dobra termička izolacija i najbolji termički izolator skoro da nema termalnu masu. Dakle, u ekstremno toplim klimatskim uslovima, jedini način da se održi komforna unutrašnja temperatura unutar zgrade od lakog materijala u letnjim danima bez instalisanje klimatizacije je da se na neki način poveća termalna masa. To se može učiniti na tradicionalan način masivnim materijalom, ili primenom latentnog materijala sa termalnim kapacitetom u konstrukciji.

Do danas je jedino rešenje bilo da se kombinuje više različitih materijala za postizanje maksimalnih performansi. Dok je kod masivnih zgrada to relativno lako postići, zahtev za termalnom masom kod lakih konstrukcija (koje skoro isključivo zavise od izolacije) se vidi kao borba koju treba urgentno dobiti da bi se ostalo konkurentnim u dolazećim godinama. Iako je bilo priličnih investicija u istraživanje (najviše u SAD), svetsko građevinsko tržište još čeka na ekonomične proizvode koji mogu efikasno kombinovati najbolje osobine oba materijala (termička izolacija i termalna kapacitivnost), ne zaboravljajući akustičku izolaciju u jednom, lako dostupnom i jednostavno funkcionalnom materijalu.



Slika 7. Uporedni termički kapaciteti različitih materijala

Glavni cilj je razvoj novog, termalno poboljšanog fibroznog izolacionog materijala korišćenjem materijala sa promenom agregatnog stanja (PCM). PCM materijali su substance koje troše dosta toplote na topljenje (veliki latentni toplotni kapacitet), tako da se pri topljenju i očvršćavanju na određenoj temperaturi **akumulira i oslobadja velika količina energije**. Toplota se absorbuje ili oslobadja pri promeni agregatnog stanja iz čvrstog u tečno i obrnuto. PCM materijali su bili korišćeni godinama kao komponente termalne mase sa izvesnim stepenom

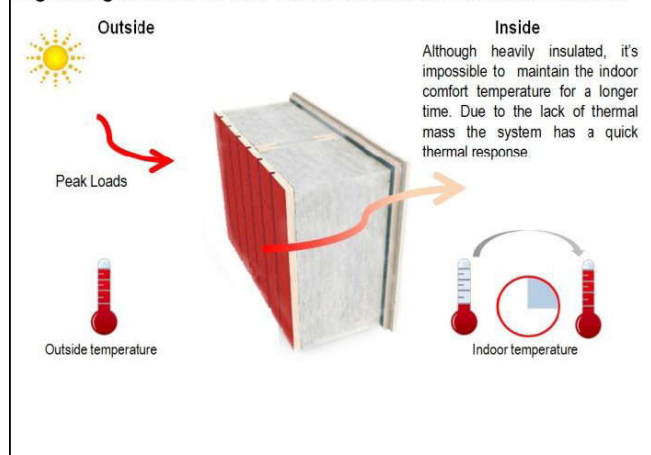
efektivnosti radi povećanja energetske performansi zgrada. Danas postoji više komercijalnih PCM proizvoda raspoloživih na tržištu, ili u obliku jedinstvenog materijala ili u obliku integrisanih proizvoda koji se stavljaju na unutrašnje površine zidova, plafona ili podova (kao što su PCM integrisane gipsane ploče, beton, malter, itd.). Ovi proizvodi se generalno koriste da redukuju variranje (dan/noć) unutrašnje temperature, uslovljeno poglavito dnevnim osunčavanjem kroz staklene površine, tako što autonomno akumuliraju toplotu tokom dana i oslobadjaju je nazad tokom noći, obezbeđujući dodatni izvor toplote radi održanja unutrašnjeg komfora. Da bi se razumele mogućnosti primene PCM tehnologije u uštedama energije, proučavanja su pokazala da površina od približno 120 m² uz korišćenje poboljšanog maltera sa mikroenkapsuliranim (tanki polimerski kontejner) PCM parafinskim voskom (sa maksimalnim toplotnim kapacitetom od 110 J/g), može akumulirati oko 40.000 kJ, što odgovara manje-više 11 kWh. Ova energetska potrošnja je ekvivalentna rashladnim performansama jednog klima-uredjaja sa snagom od 4 kW, koji se koristi punim kapacitetom 1 sat dnevno. Za predviđen radni proces PCM materijala od 5 sati dnevno tokom 10 nedelja vrlo toplog vremena u godini, postigao bi se isti efekat kao i rad klima uredjaja 300 sati, čemu odgovara srednja ušteta od 228 €/god., uzimajući u obzir i investiciju u opremu. Medjutim, nijedan od današnjih građevinskih materijala sa inkorporisanim PCM materijalom nije projektovan tako da služi kao blokada toplotnog zračenja kroz omotač zgrade (spoljni zidovi i krov), ili kao zvučni izolator. StorePET projekt namerava da popuni taj prostor na tržištu i da deluje različito od bilo kog drugog raspoloživog PCM materijala, koristeći tehnologiju PCM ugrađenih vlakana da bi nadmašio prednosti konvencionalnih vlaknastih izolatora, posebno u odnosu na velike temperaturne promene u stambenim potkrovljima ili u spoljnim zidnim površinama konstrukcija od lakih materijala.

5 KONCEPT PROJEKTA

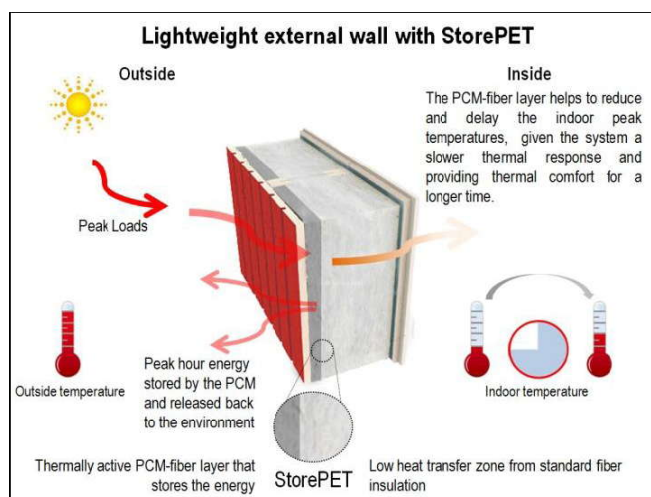
Koncept projekta je baziran na činjenici da se razmena toplote unutra/spolja (koja igra značajnu ulogu u termičkom opterećenju hladjenja i grejanja lakih građevinskih konstrukcija) može potencijalno kontrolisati pomoću novih vlaknastih izolatora koji imaju aktivni termički akumulacioni kapacitet. Tokom dana, kada rastu temperature, vršno opterećenje može biti znatno absorbovano pomoću izolacionog sloja poboljšanog PCM materijalom, da bi bilo docnije

polako vraćeno u okolinu (tokom noći, kada spoljna temperatura opadne), bez uticaja na unutrašnji energetski bilans zgrade, pošto je potpomognuto standardnim izolacionim slojem. Ovaj pristup će obezbediti mnogo sporiji odziv omotača zgrade na dnevne fluktuacije temperature, pomažući održanje unutrašnje temperature u konformnom opsegu i tako izbegavajući potrebu za dodatnu potrošnju energije da bi se to postiglo. Efektivni nivo unutrašnjeg komfora biće takodje garantovan izuzetnim osobinama materijala, kada se redukuje spoljašnja buka uz superiorne performanse u kontroli rezonancije zvuka u otvorima konstrukcije.

Lightweight external wall with a standard insulation solution



Slika 8. Spoljni zid lake konstrukcije sa standardnim rešenjem izolacije

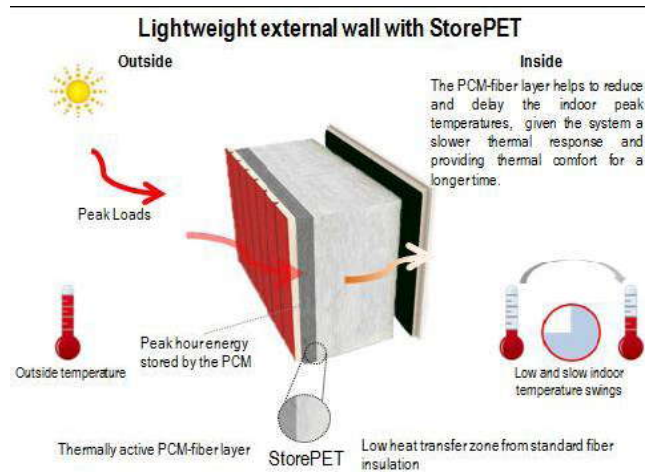


Slika 9. Spoljni zid lake konstrukcije sa StorePET izolacijom

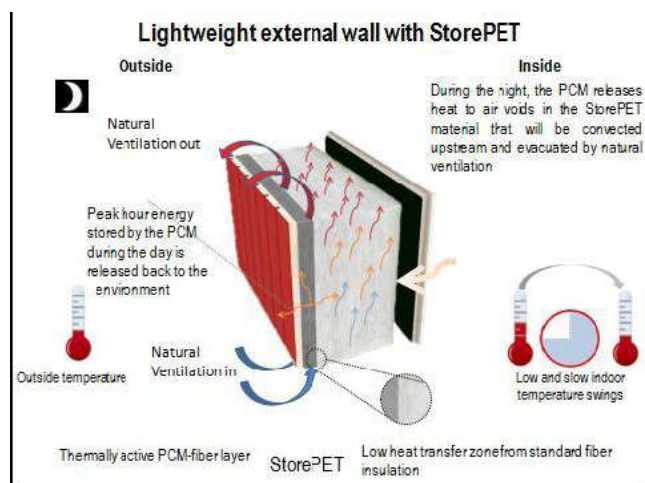
Sa gledišta projektovanja energetske efikasnosti, dodata vrednost PCM materijala je njena izuzetna

osobina (pored termičke otpornosti) da redukuje potrošnju energije zgrade. Gornja skica

Pokazuje kako rešenje sa StorePET materijalom značajno redukuje unutrašnju fluktuaciju temperature, a time i potrebnu potrošnju za grejanje/hladjenje, da bi se temperatura držala konstantom, u scenariju visoke fluktuacije spoljašnje temperature. Isto konceptualno rešenje koje se primenjuje na ekstremno visoke ili niske temperature zahtevalo bi različite proizvode (Temperatura topljenja PCM materijala, relativna koncentracija i distribucija duž poprečnog preseka bila bi različita), kao što bi se prilično razlikovali i instalirani slojevi (postavljanje materijala, ventilacioni sistemi). Možda je najznačajnija razlika u pogodnosti dodatnog ventilacionog sistema da bi se u potpunosti iskoristila prednost termičke inercije PCM materijala.



Slika 10. Spoljni zid lake konstrukcije sa StorePET izolacijom tokom dana



Slika 11. Spoljni zid lake konstrukcije sa StorePET izolacijom tokom noći

Gornje slike bi trebalo da ilustruju scenario ekstremno visokih temperatura. Tokom dana, PCM deluje kao termička prepreka i samo deo toplote dospeva u unutrašnjost, dok je ostatak akumuliran u PCM sloju. Kada temperatura tokom noći opada (ali još uvek iznad konformne temperature), sloj greje okolni vazduh. Ukoliko je ventilacija dobra, prirodna konvekcija tera vazduh naviše, a zatim napolje, hladeći PCM i sprečavajući da akumulirana toplota prodre u zgradu. Pogodna konstrukcija panela koja omogućava protok vazduha u ravni fasade i sprečava normalno strujanje, pojačaće bočno strujanje za ravnomerno hladjenje i vertikalno strujanje za izbacivanje vazduha. Projektovanje i proizvodnja takve konstrukcije koristeći pristup pomoću više slojeva i druge alternative biće važan zadatak u razvoju netkanih panela.

Iako pogodniji za topla klimatska područja, projektovanjem sastava sa materijalima različitih temperatura topljenja i različitim instaliranim slojevima, StorePET će biti sposoban da odgovori širokom spektru klimatskih područja. To će mu doneti jedinstvenu i neprevazidljivu prilagodljivost medju ostalim izolacionim materijalima. Ne računajući projektovanje za različite temperaturne zone i sezone, proizvod će funkcionisati kao i normalni vlaknasti izolacioni materijal, zadržavajući sve ostale termalne i akustičke karakteristike nepromenjene.

6 NAUČNI, EKONOMSKI I SOCIJALNI CILJEVI PROJEKTA

Glavni cilj projekta StorePET je da razvije novi netkani tehnički izolacioni proizvod koji integriše osobine materijala sa promenom agregatnog stanja za akumuliranje toplote.

Održavajući superiorni nivo termičke i zvučne izolacije koji su zajednički za vlaknaste materijale, StorePET će biti specijalno projektovan za lake konstrukcije i konstrukcije sa omotačem malog termičkog kapaciteta, kao i za bilo koje stambene/poslovne/upravne nove ili rekonstruisane zgrade, sa potrebama za dodatnom izolacijom i toplotnim kapacitetom.

Iako se očekuje da bude efikasniji na mestima i u sezonama sa velikim dnevnim promenama temperature, kada je moguće da se potpuno iskoriste prednosti karakteristika, ovaj novi proizvod se može koristiti kao standardni izolacioni materijal za bilo koju klimatsku zonu, kao i da bude siguran izbor protiv globalnog zagrevanja. Da bi se obezbedilo praćenje projekta definisani su jasni ciljevi koji su kvantifikovani, merljivi i nadgledani tokom izvršenja

projektnih radnih paketa (working packages), uz neprekidnu procenu na bazi odgovarajućih izveštaja o izvršenju zadataka.

6.1 NAUČNI CILJEVI

Naučni ciljevi projekta su sledeći:

- Postići jasno i detaljno razumevanje sistema lake gradnje koja je trenutno raspoloživa, njihove tehničke zahteve i najčešće primenjivane materijale za termičku i zvučnu izolaciju, njihove standarde i propisa o gradnji koji se odnose na najnovije zahteve za energetska efikasnost,
- Jasno definisati teorijske principe vezane za termičku provodnost, termički kapacitet, karakteristike provodljivosti PCM vlaknastih kompozitnih materijala, kao i osnovna pravila za zvučnu absorpciju i izolaciju,
- Jasno identifikovati najbolje tehničke karakteristike vlakana, kao i koji PCM materijali su najpogodniji za primenu, na osnovu njihovih termodinamičkih, hemijskih i fizičkih osobina, troškove proizvodnje, tehnološke zahteve za proizvodnju (integraciju) netkanih PCM vlakana, kao i ciljeve u konačnoj upotrebi.

6.2 TEHNOLOŠKI CILJEVI

- Razviti dizajn proizvoda i tehnologiju za proizvodnju izradom novih prototipa linijskih sistema za PCM integrisana vlakna, kao i probnu proizvodnju,
- Usavršiti proizvodnju StorePET materijala sa ciljem da se kombinuju najbolje tehničke osobine sa najmanje utrošenom energijom potrebnom za proizvodnju, koristeći najbolje kost-efektivne sirovine sa najviše sadržaja recikliranih materijala i proizvodnim linijama sa najmanjom potrošnjom energije,
- Definisati aktivne ventilacione sisteme koji bi trebalo da prate montiranje StorePET izolatora, u područjima ekstremnih apsolutnih temperatura, ali sa malim fluktuacijama,
- Razviti softver za ocenu toplotnih i akustičkih karakteristika sa ciljem da se projektuje optimalni StorePET proizvod za određeni tip instalacije i odgovarajuće parametre i promenljive. On treba da razvije jednostavan interfejs za profesionalce koji nisu visoko kvalifikovani za korišćenje sofisticiranih

alatki za simulaciju, koji će se bazirati na modeliranju koristeći metod konačnih elemenata (MKE, FEM), karakteristikama sirovog materijala, projektovanje izolacionih slojeva i klimatske karakteristike za najobećavajuća tržišta.

6.3 Tehnički ciljevi proizvoda

- Postići na laboratorijskom nivou, koristeći validni test (izolovana vruća kutija), smanjenje protoka toplote od oko 40% sa novim PCM-vlaknastim materijalom, u poredjenju sa istim vlaknastim materijalom proizvedenim bez PCM sadržaja, pod istim uslovima,
- Pokazati pomoću terenskog testa veliko i značajno smanjenje opterećenja za hladjenje tokom sezone proleće-letno. Ispunjenje ovog cilja biće u zavisnosti od lokacije ovih testova. Za mesta sa većom dnevnom temperaturnom fluktuacijom tokom tople sezone, vrhunska dnevna redukcija opterećenja više od 20% i redukcija tokom hladjenja do 40% se može očekivati (što predstavlja realnu uštedu energije), u poredjenju sa običnim vlaknastim izolacionim materijalima (mineralna vuna, staklena vuna, itd.),
- Obezbediti termičku provodnost K ($W/(mK)$) ne veću od 0,04, a po mogućstvu i ispod te vrednosti,
- Postići termičku otpornost - RSI vrednost (m^2K/W) ne manju od 2,5 za nominalnu debljinu izolatora od 100mm,
- Postići zvučnu izolaciju (R_w) ne manju od 55dB za StorePET, kada je postavljen između delova zida načinjenih od dvostrukog zidnog panela, sa razmakom od 6cm,
- Garantovati sve ostale tehničke zahteve radi usaglašavanja sa nacionalnim i lokalnim norama gradnje i normi za svako potencijalno tržište. Specijalnu pažnju obratiti na otpornost na vlagu i požar, ovo poslednje u saglasnosti sa Evropskom klasifikacijom požara tako da nije manja od Klase Bs2d0.

6.4 EKONOMSKI CILJEVI

Postići značajne energetske uštede pomoću redukcije potreba za vazdušnom klimatizacijom u vezi sa razmenom toplote zidovi/krovovi i kontrolisanom i uravnoteženom cenom za novi proizvod, sa ciljem da

vreme isplativosti bude prihvatljivo za krajnje korisnike, s obzirom na mogućnosti uštede energije (u roku od najviše 5 godina).

6.5 SOCIJALNI CILJEVI

- Povećati korisničko (projektanti i vlasnici zgrada) znanje i prihvatanje ovog novog termički usavršenog izolacionog proizvoda,
- Pokazati tržišne potrebe za novi građevinski izolacioni materijal kao što je StorePET,
- Zaštititi /povećati zaposlenost u odgovarajućim kompanijama, od sirovina i proizvođača netkanih materijala do PCM snabdevača, do čitavog trgovačkog lanca u građevinarstvu,
- Povećati nivo unutrašnjeg komfora gradjana i smanjiti zdravstvene probleme povezane sa termičkom i zvučnom izolacijom,
- Doprineti smanjenju globalne CO_2 emisije ujedinjenjem napora za efektivno smanjenje potrošnje energije zgrada.

7 DISEMINACIJA REZULTATA PROJEKTA

Diseminacione aktivnosti će biti sprovedene na svim značajnim tačkama u toku izvršavanja projekta i razmatrana na Odboru projekta (Project Board) u svakoj kontrolnoj tački projekta (milestone). Predviđeno je da se koristi niz diseminacionih sredstava za informisanje o projektu počev od obaveštavanja javnosti do potencijalnih investitora i glavnih zainteresovanih.

To uključuje EU web sajtove i informacione publikacije, vrhunski referisane naučne časopise i opšte medijske publikacije za diseminacijom među širom publikom. Da bi se tržište pripremiло za StorePET rešenje, biće razvijena logična strategija diseminacije što će biti realizovano poglavito u završnoj godini rada na projektu.

Nosilac aktivnosti diseminacije i obuke biće firma TECNIBERIA. Ona će biti odgovorna za pripremu i koordinaciju plana diseminacije. Ovaj plan će pokrivati tri glavne aktivnosti: interna diseminacija postignutih rezultata istraživanja, izrada materijala za obuku i obaveštavanje šire javnosti putem odgovarajućih diseminacionih aktivnosti. U cilju uspešne realizacije ovog plana, biće urađjen model eksploatacije i diseminacije, sa sledećim aktivnostima: 1. Konkuranje za **Evropski/Svetski** patent za StorePET inovaciju. Tehnički sadržaj aplikacije biće urađjen od strane Istraživačko-razvojnih organizacija

(RTD-Research and Technical Development) da bi se osigurala tehnološka ispravnost patenta. .

2. **Komercijalna saglasnost (ugovor)** biće pripremljena i potpisana pre završetka projekta. Cilj ovog ugovora je da se zaštite prava i minuli rad partnera.

3. **Ocena potreba Evropskih i svetskih tržišta** da bi se kreirala najbolja marketinška strategija radi lociranja komercijalnih napora inicijalno na regione sa najvećim potraživanjima.

4. Studija **karakterizacije troškova proizvoda** će biti realizovana. Ova će studija analizirati, na osnovu kvantitativne i kvalitativne ocene potencijalnih tržišta, odgovarajuće dodatne troškove proizvodnje.

5. **Javni pristup rezultatima StorePET** projekta biće realizovan diseminacijom u građevinskom sektoru. Način diseminacije ovog znanja biće koristeći publikovanje u časopisima većeg naučnog uticaja, predloženih od naučno-istraživačkih tela po konsultovanju Konzorcijuma projekta.

6. **Web portal** će biti korišćen kao kontaktna tačka za razmenu informacija između partnera na projektu (u ovom slučaju to je Dropbox). Web sajt će biti ažuriran svaka 3 meseca.

7. **Konferencije:** Istraživačko-razvojne organizacije će učestvovati na naučnim konferencijama i kongresima radi predstavljanja rezultata koji se postignu u radu i proglase da se mogu publikovati od Eksploatacionog odbora i po odobrenju Odbora projekta.

8. **Obuka:** Preuzimanje rezultata od strane glavnih korisnika (IAG), njihovih članova i ostalih malih i srednjih preduzeća (SME- Small and Medium Enterprises) u konzorcijumu biće obezbeđeno uglavnom u poslednjoj fazi projekta, uz pomoć Istraživačko-razvojnih organizacija. Tokom projekta biće izradjen plan obuke na seminarima uz prezentaciju dokumentacije korišćene u projektu.

9. **Multimedijalni materijali (video materijali, wikipages, itd.)** biće uradjeni kao potvrda koncepta razvoja i kao mediji koji se publikuju kao ispunjenje ciljeva StorePET ciljeva.

10. **Učešće na sajmovima u sektoru energije, posebno gradjevinarstva.** Trgovinske prezentacije, izložbe, sajmovi kao BAU (Minhen), CONSTRUMAT (Barselona, Španija), CONCRETA (Lisabon, Portugal). Diseminacija i komercijalizacija nove tehnologije krajnjim korisnicima biće realizovana i prezentacijama na drugim međunarodnim sajmovima.

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] *Sustainability and property valuation: a risk-based approach.* Meins, Wallbaum et al. (2010). Building Research & Information 2010, 38(3), 281-301.
- [5] *Upgrading the flexibility of buildings,* Rob P. Geraedts, CIB World Congress, April 2001.
- [6] Recommendation SIA 112/1, 2004: Sustainable Building –Building Construction; Swiss Society of Engineers and Architects.
- [7] 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.



"In today's economy, firms that specialize in green [buildings] or serve this market are seeing a tremendous advantage — and they're doing good at the same time. Green building leads to healthier places for us to live and work in, lower energy and water use, and better profitability". Harvey M. Bernstein, vice president of Global Thought Leadership and Business Development, McGraw-Hill Construction

UDK 72.011.72:727.3(497.11 Niš)

ARHITEKTONSKO DEFINISANJE PROSTORA U DVORIŠTU ZGRADE BANOVINE U NIŠU

Vuk Milošević¹, Dragan Kostić²

Rezime: U ovom radu prikazano je arhitektonsko rešenje pokrivanja dvorišta zgrade Banovine membranskom konstrukcijom. Predstavljen je položaj objekta i njegov značaj za grad Niš, kao i uloga koju je ovaj objekat imao u istoriji. Proces izbora najadekvatnijeg konstruktivnog sistema izvršen je temeljno i kao rezultat dao je membransku konstrukciju dvostruko zakrivljenog oblika. Prednosti i mane ovog sistema su elaborirane i dovedene u vezu sa konkretnim objektom. Dat je i tehnički opis projekta pokrivanja dvorišta, sa svim bitnim karakteristikama konstrukcije.

Ključne reči: Membranske konstrukcije, lake prostorne strukture, zategnute konstrukcije

ARCHITECTONIC DEFINING OF SPACE IN THE BANOVINA BUILDING COURTYARD

Abstract: This paper presents the architectural design of the membrane atrium cover of the Banovina building. The location of the building, along with its historical role and its significance to the city of Niš is analyzed and presented. The process of selection of the most suitable structural system was carried out most thoroughly, and as a result double curved membrane structural system was selected. Advantages and disadvantages of this system are explored and applied to the analyzed building while a technical description of the structure with all important aspects is also presented.

Key words: Membrane structures, lightweight structures, tensile structures

¹ Student doktorskih studija, Građevinsko-arhitektonski fakultet Univerziteta u Nišu, vukamer@yahoo.com

² Docent, dr, Građevinsko-arhitektonski fakultet Univerziteta u Nišu

1 LOKACIJA

Zgrada Banovine se nalazi u gradu Nišu, u opštini Crveni Krst. Locirana je u urbanističkom bloku oivičenom ulicama Univerzitetski trg, Kej Mike Paligorića, Dobrička i Šumatovačka. Blok je površine oko pola hektara. Primenjen je ivični tip izgradnje u bloku, s' tim što objekat ima unutrašnje dvorište. Dvorište je površine 1000 m², i ima direktan pristup jedino iz Šumatovačke ulice. Izlaz iz objekta u dvorište omogućen je na 9 mesta. Zgrada je spratnosti P+2 i izgrađena je u neorenesansnom stilu. Krov je kos, dvovodni. Funkcija objekta je administrativna.

Objekat se nalazi u strogom centru grada na 300 m udaljenosti od centralnog gradskog trga. Smešten je na desnoj obali reke Nišave uz koju se prostire svojom dužom stranom. U neposrednoj blizini objekta nalazi se niška tvrđava, koja predstavlja centralni gradski park. Takođe, u tvrđavi se nalazi i letnja pozornica koja se koristi za održavanje kulturno-umetničkih manifestacija tokom letnjih meseci. Kapaciteta je oko tri hiljade sedećih mesta, ali nije pokrivena i zbog toga nije upotrebljiva u slučaju nepovoljnih vremenskih uslova. Budući da ovaj projekat predviđa pokrivanje dela unutrašnjeg dvorišta zgrade Banovine, taj prostor bi mogao da služi i kao zamena za letnju pozornicu. Pri tome treba imati u vidu blizinu ova dva prostora, čija je udaljenost manja od 300 metara, ali i manji kapacitet gledalaca koji dvorište zgrade Banovine može da primi.

Objekat je vrlo dostupan, kako stanovnicima grada, koji do njega dolaze gradskim prevozom, tako i gostima iz drugih sredina, budući da je glavna autobuska stanica na 400 metara udaljenosti. Pored toga, objekat se nalazi na ukrštanju pešačkih komunikacija. Kej pored objekta je jedna od najprometnijih pešačkih zona u gradu, a sa druge strane objekta, na rastojanju od 100 metara locirana je gradska zelena pijaca.

Dvorište zgrade Banovine, koje je predmet ovog rada je već dobro poznato Nišlijama. Ovaj prostor se često koristi za priredbe i svečanosti u organizaciji Univerziteta u Nišu, ali i kao mesto za okupljanje mladih u večernjim časovima. Cilj ovog projekta je unapređenje prostora u dvorištu, tako da bolje odgovori zahtevima svojih korisnika i kvalitetnije reprezentuje Univerzitet u Nišu, i grad Niš. Utvrđeno je da bi se pokrivanjem dvorišta podigla upotrebnost ali i estetska vrednost cele zgrade Banovine. Za

pokrivanje prostora u dvorištu predviđena je primena jednog od najsavremenijih i najatraktivnijih konstruktivnih sistema danas, šatorastih konstrukcija. Spoj istorijskih objekata i ovog modernog tipa konstrukcija pokazao se kao uspešan na brojnim primerima u svetu.

2 ISTORIJAT

Zgrada Okružnog načelstva započeta četiri godine po oslobođenju od Turaka 1878., bila je u svoje vreme najreprezentativnija zgrada ondašnjeg Niša. Prvi deo zgrade pušten je u rad u leto 1887. godine. Bio je to samo ugaoni deo sadašnje velike zgrade, prizemlje i sprat sa ulazima na Keju Mike Paligorića (Načelstvo) i iz Dobričke ulice (Kapetanija i Sud) [1]. Izgrađena po planovima bečkog arhitekta, čije je ime do danas ostalo nepoznato, bila je frontalno okrenuta ka Nišavi. Zgrada predstavlja prvi javni objekat u Nišu, čija pojava simbolizuje težnju savremenim stremljenjima u arhitekturi i izgradnji grada.

Početak Prvog svetskog rata, od 26. jula 1914. do 16. oktobra 1915., Niš je bio ratna prestonica Srbije a u ovoj zgradi nalazilo se sedište Srpske Vlade i Ministarstva inostranih dela. U utorak, 28. jula 1914. godine, ovde je stigla zvanična objava rata Srbiji od Austrougarske, na način jedinstven u diplomatskim odnosima - putem telegrama. Nakon toga, od leta 1914. do jeseni 1915. godine sve akcije srpske vlade sa stranim diplomatskim predstavnicima i članovima Jugoslovenskog odbora odvijale su se u ovoj zgradi. Sa balkona ove zgrade 1917. tri evropska vladara ondašnjih centralnih sila, Austrije, Nemačke i Bugarske, posmatrali su poslednju paradu svojih vojnih jedinica pred svoj veliki poraz u I svetskom ratu. Ovde je 4. septembra 1914. godine potpisan i poznati "Niški sporazum", između Srbije i Albanije, koji je na vlast u Albaniji doveo Esad pašu Toptanija i koji je predviđao savez između Srbije i Albanije.

Nakon Prvog svetskog rata Niš je postao sedište Moravske banovine. Zgrada je tada dograđivana više puta, za potrebe smeštaja administracije. Drugi sprat dograđen je 1931. godine na starom delu objekta, a 1935. zgrada je dobila današnji izgled, dogradnjom dela u Šumatovačkoj ulici i pročelja sa ulazom, koje je okrenuto prema Stambol kapiji niške tvrđave. Ti radovi izvedeni su prema projektu beogradskog arhitekta, Petra Gačića. Posle Drugog svetskog rata ovde je bilo sedište sreza a od 1966. godine Univerziteta i mnogih drugih institucija.



Slika 1 – Zgrada Banovine u različitim fazama

IZBOR KONSTRUKTIVNOG SISTEMA

Odabir adekvatne konstrukcije za pokrivanje dvorišta zgrade Banovine bio je dugačak proces koji je prošao kroz nekoliko faza. Trebalo je najpre odrediti da li dvorište treba da bude u potpunosti pokriveno. Natkrivanje dvorišta tako da se dobije potpuno zatvoreni prostor rezultiralo bi formiranjem dvostruke fasade. Dvostruke fasade imaju nekoliko prednosti, pri čemu se kao najbitnija ističe ušteda energije koja se koristi u objektu [2]. Savremeni tipovi stakala na fasadama omogućavaju bolju energetska efikasnost [3]. Dalji napredak može se ostvariti integracijom fotonaponskih panela u prekrivač dvorišta [4]. Međutim, ovakvo rešenje ima i svoje negativne strane. Pre svega, ono iziskuje jako velika početna finansijska ulaganja, iako bi se ona tokom vremena polako otplaćivala kroz manju potrošnju energije u objektu. Sa druge strane, potpunim pokrivanjem dobio bi se zatvoren prostor koji bi bio otuđen od spoljašnjosti, što nije bila želja projektanta.

Trebalo je dakle izabrati konstruktivni sistem koji će samo delimično pokrivati dvorište, tako da se ono može koristiti u toplijem delu godine, ali će pružiti zaštitu od sunca, kiše i vetra. Poslednjih godina u svetu postoji tendencija projektovanja neortogonalnih, krivolinijskih pa čak i amorfnih objekata i struktura [5]. Pri tome, očigledan je trend primene što lakših i

tanjih konstruktivnih sistema [6]. Kao logičan odgovor na ove trendove pojavila se sve češća upotreba šatorastih konstrukcija. I same šatoraste konstrukcije su vremenom evoluirale, i njihov najnapredniji podtip koji se danas koristi zove se membranski konstruktivni sistem. Membrane u potpunosti odgovaraju na zahteve moderne arhitekture. Veoma su lake i njihova sopstvena težina iznosi samo oko 1 kg/m^2 . Ovo je posledica izuzetno malih poprečnih preseka koji se primenjuju za osnovni konstruktivni element i koji iznose oko 1 mm. Nisu pravolinijske, već su njihove forme uvek dvostruko zakrivljene sa negativnom Gausovom krivinom [7]. Postoji povezanost između njihove male težine i zakrivljene forme. Mali poprečni presek konstrukcije onemogućava prijem sila pritiska. Zbog toga se za konstruktivni materijal koriste specijalna tekstilna platna koja odlično primaju zatezanje [8,9]. Da bi se obezbedilo da se u materijalu javlja zatezanje pod svim predviđenim spoljašnjim opterećenjima neophodno je da forma konstrukcije bude dvostruko zakrivljena i to obavezno sa negativnom Gausovom krivinom. Osim toga, obavezno je i unošenje zatežućih sila prednaprezanja prilikom montaže konstrukcije.

I membranske konstrukcije imaju svoje nedostatke, koji se pre svega ogledaju u lošim termičkim karakteristikama. Zbog svoje male debljine one skoro da ne pružaju nikakvu zaštitu od spoljašnje

temperature, i upravo zbog toga se najčešće koriste za natkrivanje, a ne za potpuno pokrivanje prostora. Kako je upravo ovo slučaj i u dvorištu zgrade Banovine, tako ovaj njihov nedostatak nema nikakvu ulogu u konkretnom projektu. Još jedan problem koji se javlja kod membrana su i njihovi veliki ugibi. U poređenju sa drugim konstruktivnim sistemima, membrane imaju značajno manju krutost, a u poređenju sa tradicionalnim građevinskim materijalima membranski materijali imaju znatno veću elastičnost. Kako membrane nemaju veliku sopstvenu težinu koja bi se mogla suprotstaviti spoljašnjim opterećenjima, one moraju da na opterećenje odgovaraju promenom forme. Maksimalni ugibi membrana su upadljivo veći od onih koje imaju druge vrste konstrukcija. Problem velikih deformacija jedna je od aktuelnih tema istraživanja kod membrana [10-13].

Proračun ove konstrukcije vršen je u programu Sofistik. Sofistik je program koji koristi metod konačnih elemenata i ima specijalizovane module za proračun membranskih konstrukcija [14]. Dobijanje konačne forme konstrukcije je kompleksan matematički problem [15,16] koji se takođe rešava upotrebom softvera. U ovom konkretnom slučaju analizirana su 24 različita slučaja spoljašnjeg opterećenja od vetra, snega i koncentrisanog opterećenja. Na osnovu dobijenih rezultata kasnije je vršeno dimenzionisanje elemenata konstrukcije.

Jedan od problema koji se pojavio prilikom projektovanja konstrukcije jesu preveliki ugibi membrane usled spoljašnjeg opterećenja, što je i bilo očekivano. Ovaj problem uočen je još u ranim fazama projekta, tako da je uspešno rešen bez velikih posledica. Rešavanje se odvijalo kroz dva pristupa. Jedan je promena forme konstrukcije, a drugi povećanje unutrašnjih sila. Povećanje zakrivljenja konstrukcije dokazano pozitivno utiče na smanjenje ugiba, ali ima i negativne posledice koje se ogledaju u narušavanju arhitektonske zamisli o obliku konstrukcije i smanjenju funkcionalnosti ukoliko zakrivljenost postane prevelika [17]. Povećanje intenziteta sila prednaprezanja takođe smanjuje ugibe membrane zbog toga što povećava krutost konstrukcije [18]. Na ovaj način se, međutim, manje utiče na ugibe, a postoji opasnost da se sile toliko povećaju da dođe do loma konstruktivnog materijala. Kako bi se ugibi konstrukcije u dvorištu zgrade Banovine sveli na razumnu meru primenjena su oba načina, pa je upotrebljena nešto zakrivljenija forma nego što je najpre bilo planirano, i povećane su sile prednaprezanja koje se unose u konstrukciju tokom montaže.

Jedna od velikih prednosti membranskog konstruktivnog sistema je i njegova izuzetno brza montaža. U ovom slučaju montaža je nešto komplikovanija jer su sve veze zglobne, i konstrukcija nije samostalno stabilna dok se sve zatege ne montiraju. Montaža se vrši u fazama kroz postavljanje i postepeno povećavanje sila zatezanja u zategama. Vrlo je bitan redosled postavljanja i dotezanja, gde se ne smeju zatezati zatege susednih, već naspramnih stubova. Sama membrana se ne zateže direktno, već indirektno preko stubova i ivičnih kablova. Iako je samu montažu kod konstrukcija ovog nivoa kompleksnosti najčešće moguće završiti za manje od jednog dana, posle izvesnog vremena potrebno je proveriti intenzitete sila u membrani i kablovima, i izvršiti eventualno naknadno dotezanje.

4 TEHNIČKI OPIS

Konstrukcija se nalazi u unutrašnjem dvorištu zgrade Banovine u Nišu. U potpunosti je nezavisna od postojećeg objekta, te interakcija između njih ne postoji. Ovakav izbor projektanti konstrukcije napravili su zbog starosti postojećeg objekta, odnosno želje da se u postojeći objekat ne unose sile iz novoprojektovane konstrukcije. Na taj način izbegnuto je ispitivanje postojećeg objekta, ali je sa druge strane bilo neophodno predvideti čelične stubove na koje će se konstrukcija osloniti. Namena konstrukcije je da natkrije prostor unutrašnjeg dvorišta i da ga arhitektonski definiše. Tip konstrukcije je šatorasti, podtip membranski. Kao glavni noseći element koristi se PVC membrana. Površina natkrivenog prostora je oko 600 m². Najviša tačka pokrivača nalazi se na visini 12 metara od poda, a najniža na 3 metra. Oblik pokrivača je dvostruko zakrivljen, sedlasti, blizak formi minimalne površi [19].

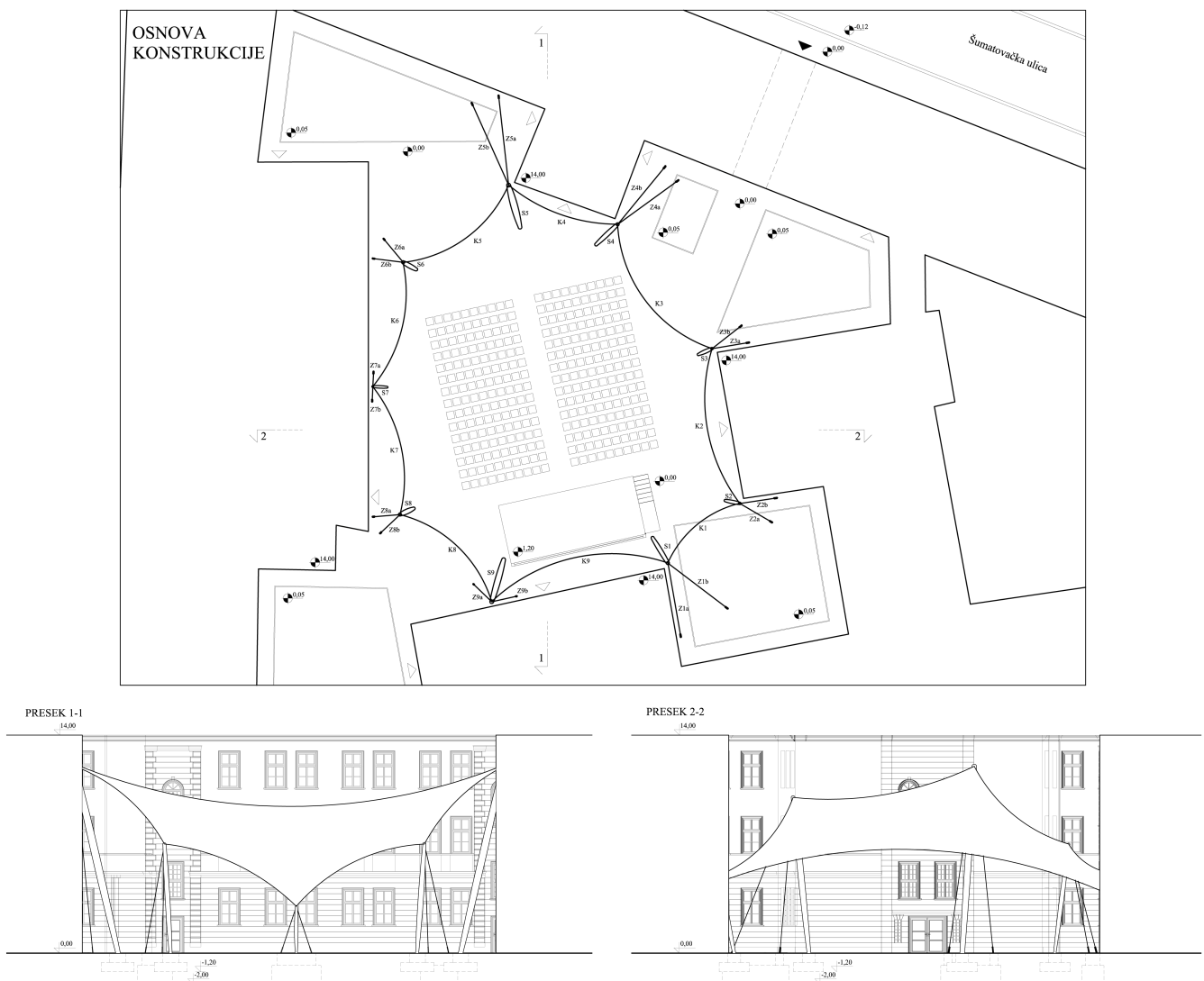
Prema sračunatim silama koje se javljaju u membrani prilikom različitih slučajeva opterećenja usvojena je PVC membrana tipa III. Debljina membrane je 1,2 mm, a težina 1050 g/m². Način proizvodnje membrane i šema sečenja predstavljaju zasebne probleme karakteristične za membranske konstrukcije [20,21]. Membrana je prethodno napregnuta sa 8 kN/m u oba pravca, što je u granicama preporučljivog za dati tip membrane. Prednaprezanje se u membranu unosi putem ivičnih kablova, sa kojima je membrana vezana na svim ivicama. Ovih kablova ima 9 komada. Usvojeni presek za sve kablove je otvoreno zavojno užje, konstruisano sa 91 žicom prečnika 3,25 mm, a ukupni prečnik kabla je 36 mm. Ivični kablovi služe kao

elastični oslonci, i prenose opterećenje sa membrane na stubove.

Stubovi su čelični, cevastog poprečnog preseka. Vretenastog su oblika. Poprečni presek na vrhu i dnu stuba je isti, dok je u sredini veći. U konstrukciji postoji 9 stubova, od toga 5 različitih vrsta. Svi stubovi su nagnuti ka spolja u odnosu na centar konstrukcije. Na vrhu je svaki stub vezan sa po dva ivična kabla, i sa po dve zatege. Stubovi su u dnu vezani za temeljnu stopu zglobno, putem veze sa čepom.

Zatege koje su vezane za vrh stuba i za zasebnu temeljnu stopu su takođe otvorena zavojna užad, prečnika 36 mm. One igraju ključnu ulogu u

stabilizaciji konstrukcije, ali i u fazi montaže. Ovih zatega ima ukupno 18 komada, odnosno po dve za svaki stub. Njihov položaj je takav da primaju sile zatezanja u svim slučajevima opterećenja konstrukcije i da ne ometaju funkcionalno korišćenje prostora. Zatege su takođe prednapregnute, i sračunate tako da se ni u jednoj fazi montaže, ni slučaju opterećenja, ne javlja lančanica. Na donjem kraju, vezane su za sopstveni armiranobetonski temelj.



Slika 2 – Osnova i preseki novoprojektovanog stanja

Temelji konstrukcije podeljeni su na dve grupe, temelji stubova i temelji zatega. Temelji stubova su armiranobetonski i u obliku temeljnih stopa samaca, fundirani na dubini od 120 cm. Primaju od stuba sile

pritiska. Temelji zatega su takođe armiranobetonski, ali primaju sile zatezanja. Oni se svojom težinom odupiru ovim silama. Izuzetak je temelj TS7 koji služi

kao temelj i za stub i za zatege. Razlog tome je blizina stuba i zatega.

Konstrukcija služi kao pokrivač za montažnu binu koja se nalazi na južnoj strani, i gledalište kapaciteta 300 sedećih mesta. Sedišta nisu fiksirana, već se koriste stolice koje je po potrebi moguće ukloniti i prostor koristiti u druge svrhe. U izuzetnim situacijama moguće je povećati broj sedećih mesta uz moguće ugrožavanje vidljivosti sa nekih pozicija.

Bitno je napomenuti da je i problem korišćenja sanitarnih čvorova rešen, budući da zgrada Banovine ima veliki broj sanitarnih čvorova koji su lako dostupni iz dvorišta. Prostor poseduje kako nisko, tako i visoko zelenilo. Pod je pokriven kamenim pločama dimenzija 50x50 cm. Pristup dvorištu je iz Šumatovačke ulice. Odmah po prolazu kroz pasaž i ulasku u dvorište uočava se membrana bele boje koja dominira prostorom i čini ga jednim od bisera grada.



Slika 3 – Vizualizacija novoprojektovanog stanja

5 ZAKLJUČAK

U ovom radu predstavljeno je rešenje natkrivanja dvorišta zgrade Banovine membranskom konstrukcijom. Primenom ove konstrukcije povećala bi se upotrebljivost prostora u dvorištu, jer bi se on mogao koristiti i tokom kišnih dana, što ranije nije bilo moguće. Takođe, podigla bi se i ambijentalna i estetska vrednost prostora kroz upotrebu ovako savremene i po formi dvostruko zakrivljene konstrukcije. Membranska konstrukcija u dvorištu zgrade Banovine bila bi prva te vrste u ovoj regiji, što bi se moglo iskoristiti za dalja naučna istraživanja na ovom konstruktivnom sistemu. Zbog značajne uloge koju je zgrada Banovine u istoriji imala, i važnosti koju danas ima za grad Niš, ona zaslužuje da bude oplemenjena predloženom membranskom konstrukcijom, jer će na taj način osigurati i status objekta od turističkog značaja u budućnosti.

LITERATURA

- [1] <http://www.skyscrapercity.com/showthread.php?t=760406&page=3> 18.9.2013
- [2] *Dvostruke fasade kao korak ka energetski održivim objektima*, V. Milošević, D. Đurić-Mijović, Nauka + Praksa, 2010., Vol. 13, str. 81-85
- [3] *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
- [4] *Integracija fotonaponskih modula u fasadni omotač zgrade*, D. Jovanović, D. Đurić-Mijović, Nauka + Praksa, 2011., Vol. 14, str. 9-14
- [5] *Optimizacija trodimenzionalnih dvostruko zakrivljenih amorfnih formi u arhitekturi*, B. Ilić, J. Terzić, Nauka + Praksa, 2010., Vol. 13, str. 29-32
- [6] *Elastična stabilnost konstrukcija*, S. Zdravković, D. Zlatkov, D. Turnić, Zbornik radova Građevinsko-arhitektonskog fakulteta, 2011., Vol. 26, str. 147-153
- [7] *European design guide for tensile surface structures*, B. Forster, M. Mollaert, TensiNet, 2004., str. 354
- [8] *Primena tekstilnih konstruktivnih materijala u arhitekturi*, V. Milosevic, Tekstilna industrija, 2013., Vol. LX, No. 2, str. 33-39
- [9] *Primena tekstila u arhitekturi*, S. Vrečić, Nauka + Praksa, 2009., Vol. 12, No. 1, str. 243-246
- [10] *Large deflection analysis of 3D membrane structures by a 4-node quadrilateral intrinsic elements*, T.-Y. Wu, E. C. Ting, Thin-Walled Structures, 2008., Vol. 46, str. 261-275
- [11] *The analog equation method for large deflection analysis of heterogeneous orthotropic membranes: a boundary-only solution*, J. T. Katsikadelis, G. C. Tsiasas, [10] *Large deflection analysis of 3D membrane structures by a 4-node quadrilateral intrinsic elements*, T.-Y. Wu, E. C. Ting, Thin-Walled Structures, 2008., Vol. 46, str. 261-275
- [11] *The analog equation method for large deflection analysis of heterogeneous orthotropic membranes: a boundary-only solution*, J. T. Katsikadelis, G. C. Tsiasas, [11] *The analog equation method for large deflection analysis of heterogeneous orthotropic membranes: a boundary-only solution*, J. T. Katsikadelis, G. C. Tsiasas, Engineering Analysis with Boundary Elements 2001., Vol. 25, str. 655-667
- [12] *Calculating roof membrane deformation under simulated moderate wind uplift pressures*, B. A. Baskaran, B. Murty, J. Wu, Engineering Structures, 2009., Vol. 31, str. 642-650
- [13] *The problem of large deflections in membrane structures*, V. Milošević, D. Kostić, IV International Symposium PhIDAC 2012, 2012., Niš, str. 388-394
- [14] *Analysis and design of membrane structures: Results of a round robin exercise*, P. D. Gosling, Engineering Structures, 2013., Vol. 48, str. 313-328
- [15] *Structural optimization and form finding of light weight structures*, K.-U. Bletzinger, E. Ramm, Computers and Structures, 2001., Vol. 79, str. 2053-2062
- [16] *Form finding of membrane structures by the updated reference method with minimum mesh distortion*, J. Bonet, J. Mahaney, International Journal of Solids and Structures, 2001., Vol. 38, str. 5469-5480
- [17] *Form and Function: The significance of material properties in the design of tensile fabric structures*, B. Bridgens, M. Birchall, Engineering Structures, 2012., Vol. 44, str. 1-12
- [18] *Zavisnost membranskih sila od prednaprezanja i graničnih uslova membranskih konstrukcija*, V. Milošević, D. Kostić, Zbornik radova Građevinsko-arhitektonskog fakulteta, 2012., Vol. 27, str. 59-70
- [19] *Minimal surfaces for architectural constructions*, Lj. Velimirović, G. Radivojević, M. Stanković, D. Kostić, Facta Universitatis: Architecture and Civil Engineering, 2008., Vol. 6, No. 1, str. 89-96
- [20] *Spline-based and stress-monitored patterning of fabric structures*, J. S. Brew, W. J. Lewis, Computers and Structures, 2013., Vol. 119, str. 203-214
- [21] *Implementation of genetic algorithm for optimum cutting pattern generation of wrinkle free finishing membrane structures*, W. Punurai, W. Tongpool, J. H. Morales, Finite Elements in Analysis and Design, 2012., Vol. 58, str. 84-90

UDK 624.19(479.24)

GLAVNI PROJEKAT TUNELA NA PUTU GUSAR – LAZA U AZERBEJDŽANU

Predrag Blagojević¹, Miljan Milenković²

Rezime U radu je opisan projekat i proračun konstrukcije tunela na deonici autoputa od grada Gusar do grada Laza u Azerbejdžanu. Autoput prolazi kroz nacionalni park i skijaški centar. Da se ne bi narušilo prirodno okruženje postojećih i novoprojektovanih hotela prokopen je tunel u dužini od 340.37m koji je predmet ovog rada. Tunel je armiranobetonski, sastoji iz deset segmenata međusobno dilatiranih. Širina tunela je 10.2m a visina 6.0m. Debljina donje ploče je 1,35-1,45m, gornje ploče 1,17-1,30m, zidovi su debljine 1,40m.

Ključne reči: tunel, armiranobetonski tunel, tunel u širokom iskopu

MASTER DESIGN OF THE GUSAR-LAZA TUNNEL IN AZERBAIJAN

Abstract: The paper describes the design and calculation of tunnel structure on the section of highway from the city Gusar to the town Laza, Azerbaijan. The highway section of interest passes through the national park and ski resort. In order not to disturb the natural environment of the existing and newly designed hotels by the highway the 340.37m long tunnel is dug. The tunnel is made of reinforced concrete, consisting of ten dilated segments. Width of the tunnel is 10.2m and the height is 6.0m. The thickness of the bottom slab is 1.35-1.45 m, the upper slab is 1.17 to 1, 30m, while the wall thickness 1.40 m

Key words: tunnel, reinforced concrete tunnel, wide excavation tunnel

¹ dr Predrag Blagojević, d.i.g., docent, predrag.blagojevic@gaf.ni.ac.rs, predragb@eunet.rs, Građevinsko-arhitektonski fakultet Univerziteta u Nišu

² Miljan Milenković, d.i.g., miljan.milenkovic@gmail.com, Beograd

1 UVOD

Tunel je projektovan na lokaciji zadatoj Projektnim zadatkom za Glavni i Idejni projekat (Slika 1), Urbanističkim uslovima za nacionalni park. Glavni projekat tunela je urađen na osnovu Ugovora između Ministarstva građevine Azerbejdžana sa jedne strane i kompanije "KOCKS ENGINEERS" iz Nemačke (kao izvođača) i autora ovog rada sa druge strane (kao podizvođača za projektovanje).

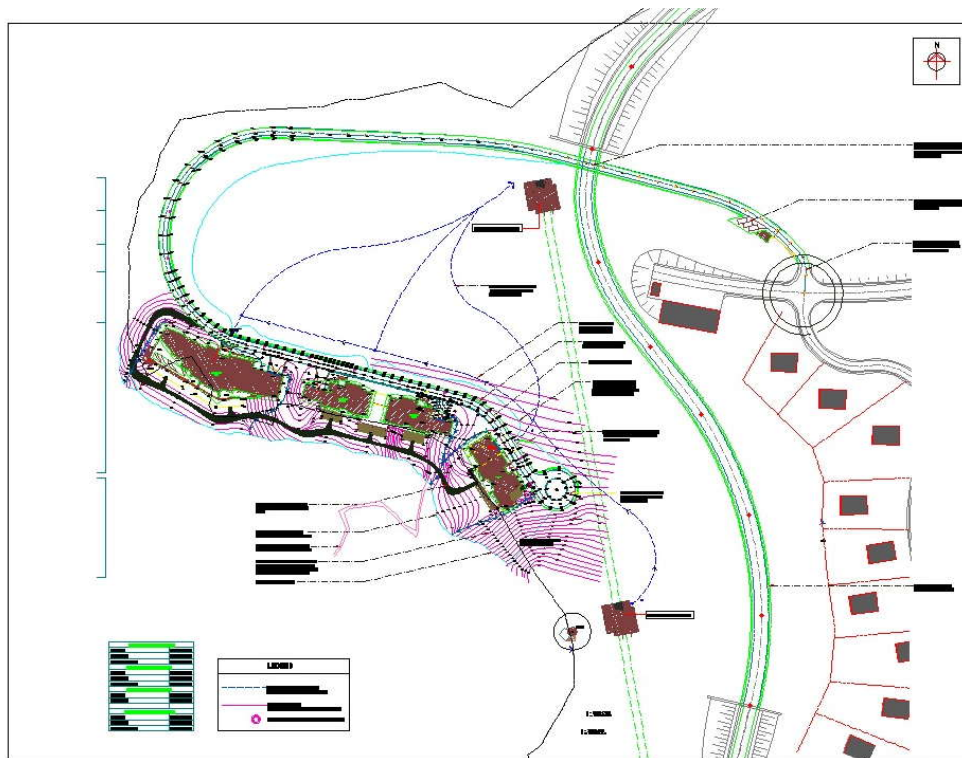
2 KONSTRUKCIJA OBJEKTA

U konstrukcijskom smislu objekat predstavlja prostornu armiranobetonsku (AB) konstrukciju koja

se sastoji od 10 delova međusobno dilatiranih. Poprečni presek tunela je pravougaoni.

Dimenzije tunela su preuzete iz Idejnog projekta, pri čemu su delimično promenjene debljine zidova i ploča. Tunel je u osnovi dugačak 339m. Podužni nagib tunela je konstantan i iznosi 9%, tako da je prava dužina tunela 340.37m. Devet delova tunela su dužine po 36m, a deseti deo je dugačak 16.37m. Svi delovi su međusobno dilatirani.

Debljina zidova je 140cm, donja ploča 135cm, a gornja ploča je promenljive debljine od 117cm do 130cm. Zidovi su sa donjom i gornjom pločom kruto povezani.



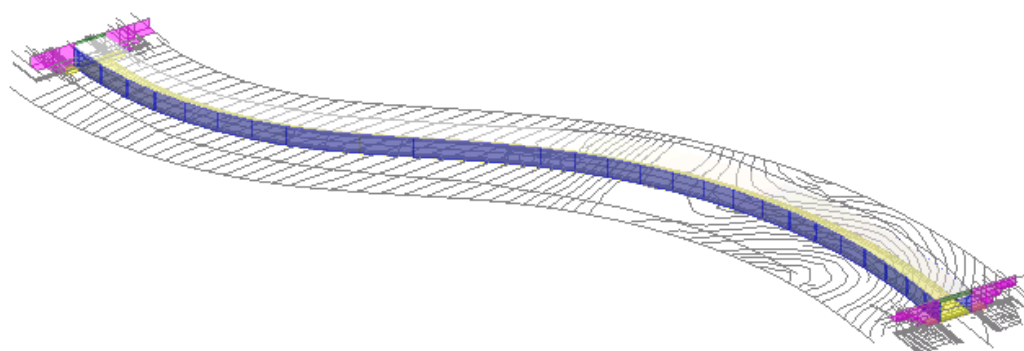
Slika 1. Situacija – položaj tunela

U toku projektovanja su ispoštovani svi zahtevi iz trenutno važeće regulative za ovu vrstu objekata a naročito one koje se odnose na vrednosti vertikalnih pomeranja od stalnih dejstava. Za armiranje svih konstrukcijskih elemenata je usvojem čelik A500C i beton kvaliteta B30.

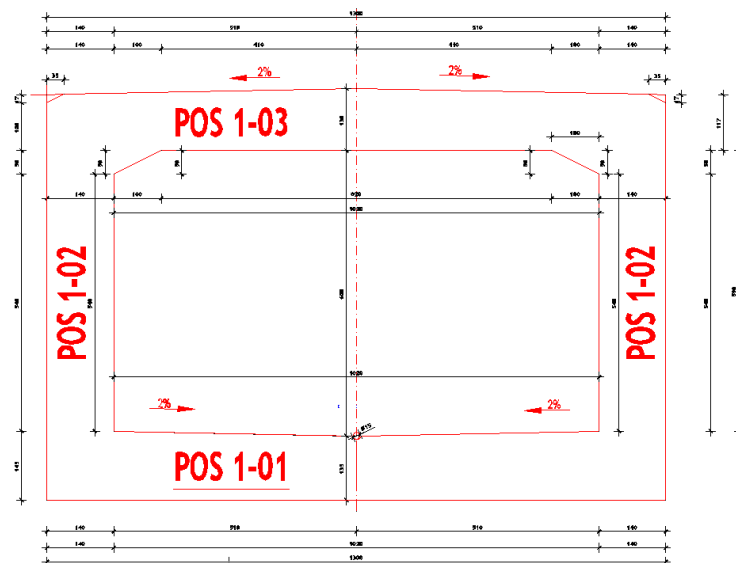
Granično stanje upotrebljivosti (prslina i deformacije) je obuhvaćeno korišćenim programom za proračun. Načinom armiranja su ispoštovani uslovi graničnih otvora prslina i vremenskih deformacija.



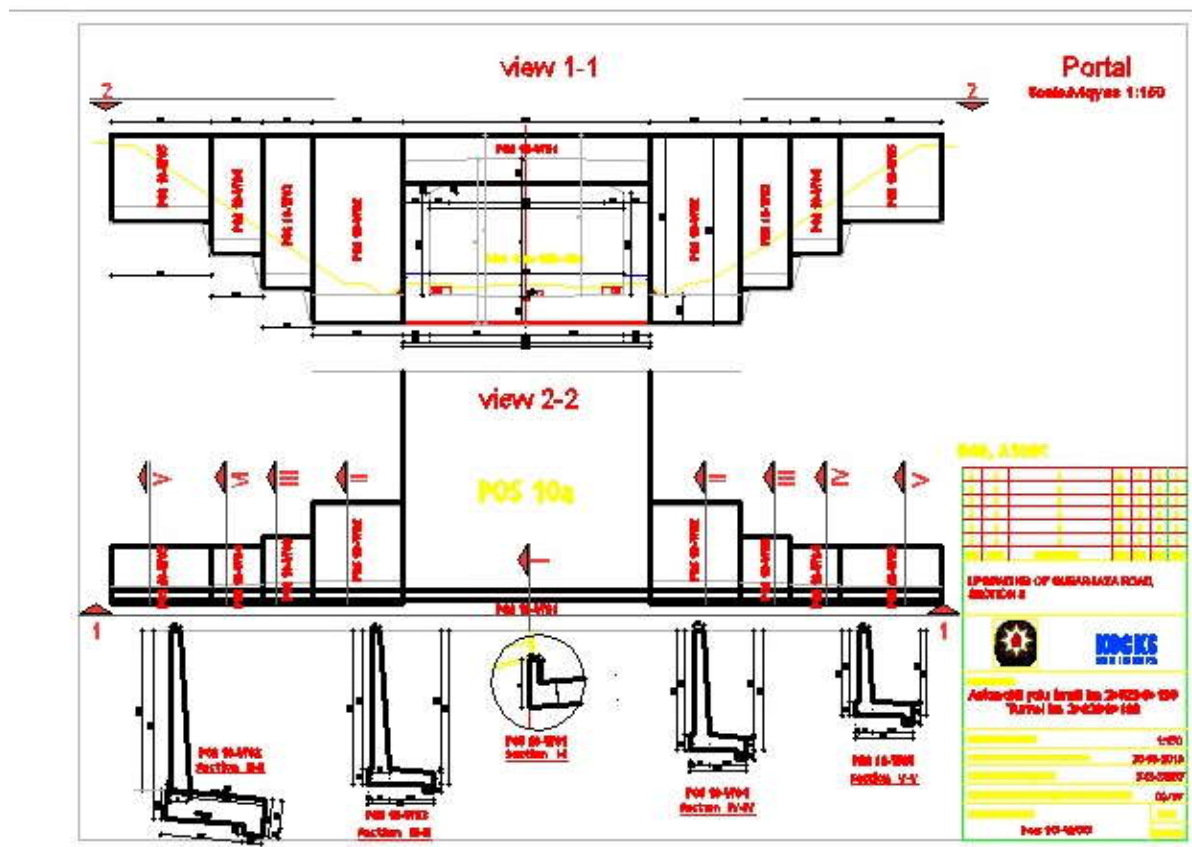
Slika 2. Široki iskop na lokaciji budućeg tunela



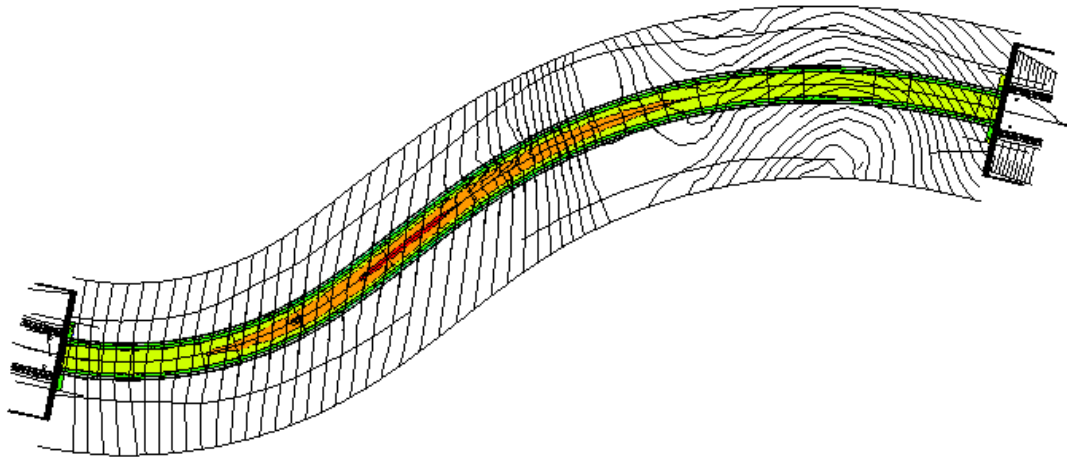
Slika 3. Prikaz proračunskog modela tunela



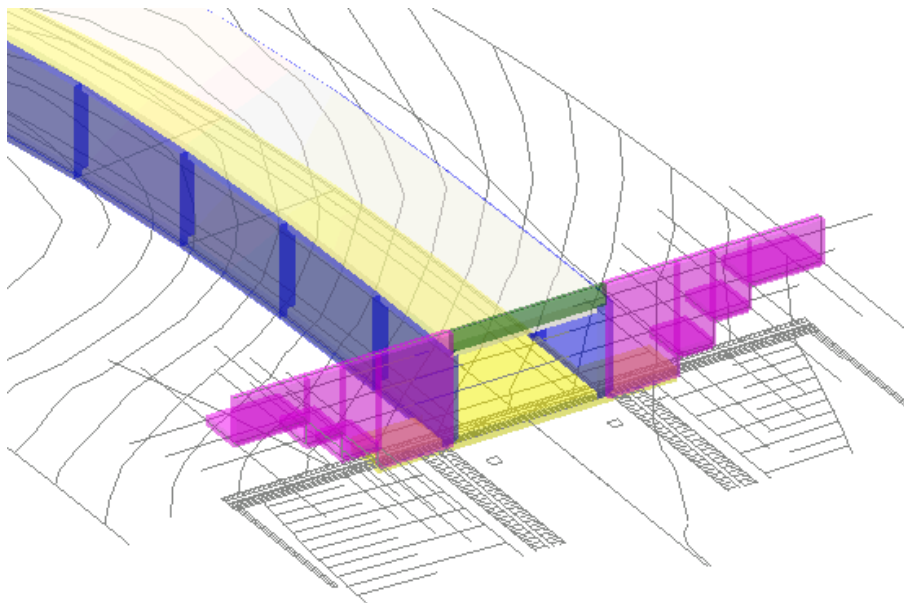
Slika 4. Poprečni presek tunela sa dimenzijama



Slika 5. Potporni zidovi na ulasku u tunel i izlasku iz tunela



Slika 6. Prikaz napona u tlu ispod tunela



Slika 7. Proračunski model potpornih zidova na ulazu u tunel

3 PRORAČUN

Proračun konstrukcije je urađen u skladu sa trenutno važećom regulativom u Azerbejdžanu (SNIP) pri čemu je urađen i kontrolni proračun u skladu sa evropskim standardima (Evrokod 1, 2, 8) .

Proračun konstrukcije je urađen uz pomoć programa za statičku i dinamičku analizu prostornih konstrukcija “**Tower 7**”© „**Radimpex**„ - **Beograd** na prostornom proračunskom modelu.

Proračunski model je prikazan u radu na slikama 3,7,8,9,10,11.

Utjecaji u poprečnim presecima su dobijeni simulacijom vertikalnog i horizontalnog opterećenja u skladu sa trenutno važećom regulativom za ovu vrstu objekata i lokaciju na kojoj se objekat nalazi.

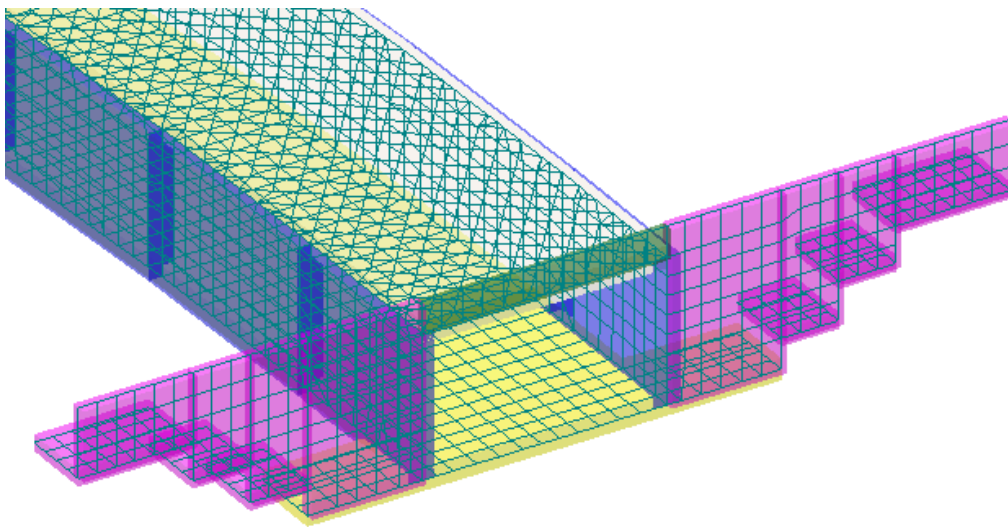
Konstrukcija tunela je sračunata za uticaje sledećih opterećenja:

- sopstvena težina
- dejstvo od skupljanja betona
- dejstvo tla-nasipa

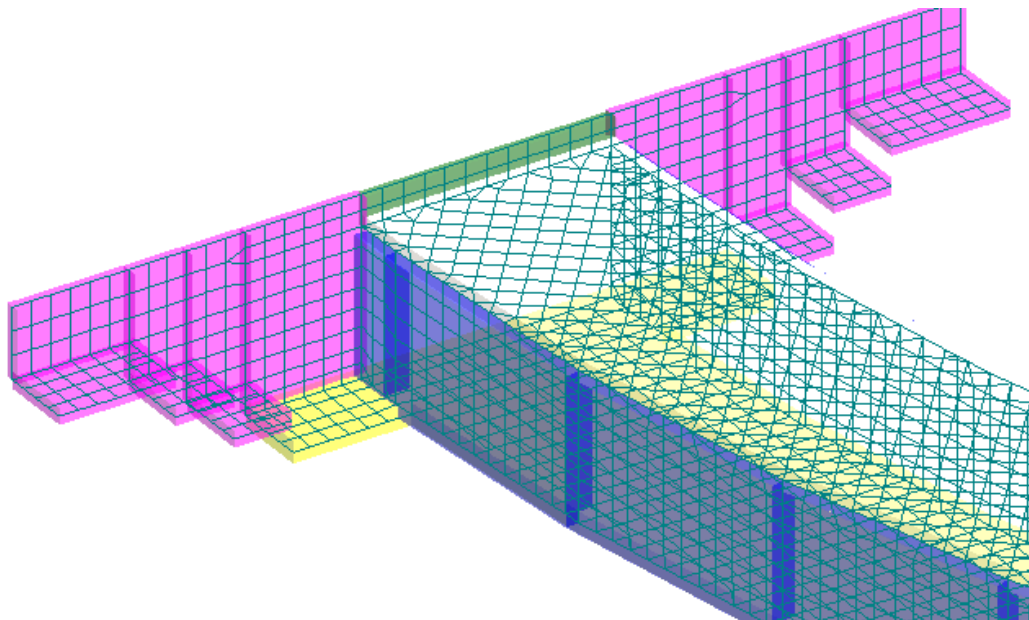
- dejstvo mašina na nasipu
- dejstvo vozila na saobraćajnici iznad tunela
- dejstvo vozila na saobraćajnici u tunelu

Proračun temeljne konstrukcije je urađen simulacijom tla kao elastične podloge preko modula reakcije tla za vertikalni pravac a u skladu sa elaboratom o geotehničkim uslovima temeljenja koji je sastavni deo projektne dokumentacije.

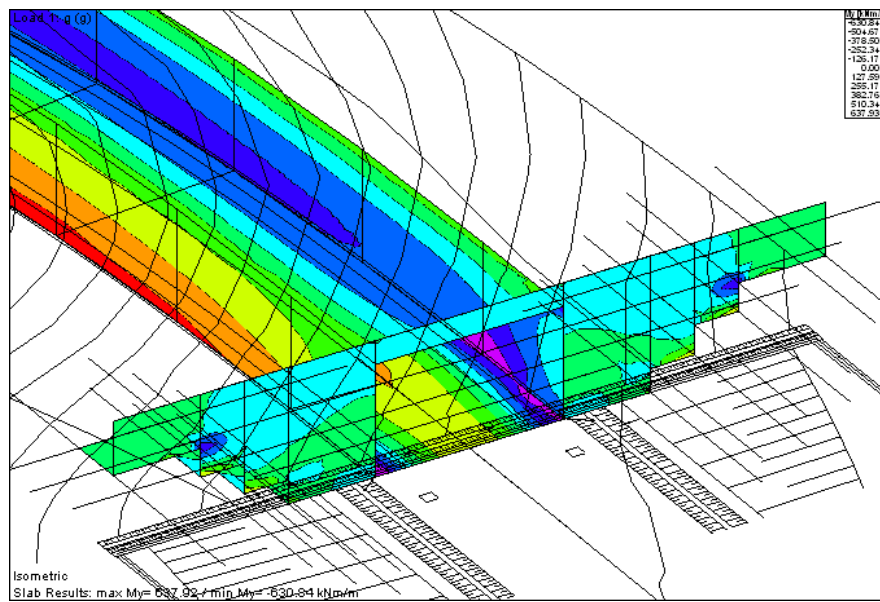
Visina nasipa na pojedinim delovima tunela iznosi preko 30m što je za posledicu imalo usvajanje konačnih dimenzija poprečnih preseka konstrukcijskih elemenata tunela.



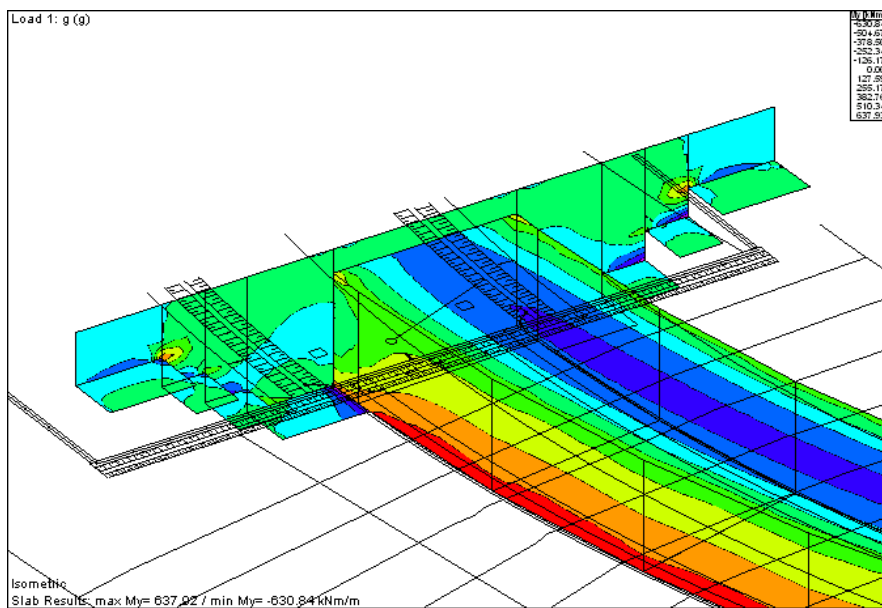
Slika 8. Proračunski model prvog segmenta tunela – ulazni deo



Slika 9. Proračunski model poslednjeg segmenta tunela – izlazni deo



Slika 10. Prikaz uticaja u konstrukcijskim elementima ulaznog dela tunela



Slika 11. Prikaz uticaja u konstrukcijskim elementima izlaznog dela



Slika 22. Fotografija sa gradilišta – armirački radovi na donjoj ploči i potpornim zidovima ulaznog dela tunela

4 ZAVRŠNE NAPOMENE

Na trasi autoputa između gradova Gusar i Laza projektovano je 15 tunela različite dužine istog poprečnog preseka koji je prikazan u ovom radu.

Za ovaj tunel je potrebno ugraditi $18133,36\text{ m}^3$ betona i $1833003,2\text{ kg}$ rmatore, što iznosi $101,08\text{ kg/m}^3$. Ova količina armature (kg/m^3) se uklapa u iskustvene norme za ovu vrstu objekata i spada u racionalna rešenja.

LITERATURA

- [1] СНиП 2.01.07-85* (2003): Нагрузки и воздействия.
- [2] СНиП 2.03.01-84*: Бетонные и железобетонные конструкции.
- [3] Idejno rešenje tunela.

UDK 725.39(497.11 Niš)

ANALIZA, MOGUĆNOST UNAPREĐENJA I REKONSTRUKCIJA AERODROMA KONSTANTIN VELIKI U NIŠU

Bojana Andelković¹

Rezime: Aerodromski kompleksi se smatraju jednom od najsloženijih funkcionalno-organizacionih celina u oblasti arhitekture. Do pre par decenija nije im poklanjana velika pažnja, dok danas, sa porastom i popularizovanjem vazdušnog saobraćaja, dobijaju sve više na značaju. Smatraju ih imponantnim, modernim i monumentalnim formama, unutar kojih se obavlja protok robe, putnika i informacija. Jedan takav objekat, manjeg kapaciteta i površine, nalazi se u Nišu, trećem gradu po veličini u Srbiji. Zbog toga što se dugo godina nije ulagalo u njegov razvoj, trenutno stanje objekata ne zadovoljava kriterijume imponantnosti i monumentalnosti. Aerodrom "Konstantin Veliki" ima potencijal za sopstveni razvoj, ali i za unapređenje celokupne slike grada. Cilj ovog rada je da se putem analize i dedukcije dođe do adekvatnog rešenja za unapređenje, rekonstrukciju i adaptaciju putničko-pristanišne zgrade aerodroma "Konstantin Veliki". Izvršena je analiza činjenica zatečenog stanja, studija slučaja i data celokupna, trenutna slika ovog kompleksa specifičnog i u zakonskom i u urbanističko-arhitektonskom smislu, sa tendencijom za njegovo poboljšanje .

Ključne reči: Aerodrom, aerodromski kompleks, adaptacija, rekonstrukcija, urbana struktura.

ANALYSIS, POTENTIAL FOR IMPROVEMENT AND RECONSTRUCTION OF THE "CONSTANTINE THE GREAT" AIRPORT IN NIS

Abstract: The airport complex is considered as one of the most complex functional organizational entities in the field of architecture. Until a few decades, not much attention paid to them, but today, with the rise and popularity of air traffic, it is getting more more importance. People find them impressive, modern and monumental forms, within which performs the flow of goods, passengers and information. One such facility, smaller by capacity and area, is located in Nis, the third largest city in Serbia. Because of lack of investments in its development, the current state of object do not meet the criteria of monumentality. Airport "Constantine the Great" has the potential for self-development, but also to improve the overall image of the city. The aim of this paper is that through analysis and deduction reach an adequate solution for the improvement, reconstruction and renovation of the passenger terminal building " Constantine the Great ". The analysis of the current state, case studies and current picture of the complex shows that this area, specific by legal and urban-architectural terms, have a tendency for improvement.

Keywords: Airport, airport complex, adaptation, reconstruction, urban structure.

¹ Dipl. inž. arh., absolvent na master studijama, Građevinsko – arhitektonski fakultet Univerziteta u Nišu

1 UVOD

Vazdušni saobraćaj se definiše kao osnovni model transporta XXI veka i ni jedan drugi vid transporta po pogledu brzine, razmera i luksuza se ne može uporediti sa njim. Letovi povezuju kontinente i omogućavaju masama ljudi veću teritorijalnu dostupnost. Danas, pod terminom "aerodrom" podrazumeva se skup glavnih i pratećih objekata, različitih tipova saobraćaja i drugih pratećih sadržaja, koji međusobno povezani čine složeni kompleks.

Centralni objekat vazdušnog transportnog sistema je aerodromski terminal. Njegova arhitektura se ogleda u pompeznosti, razmeri i tehnološkoj moći industrije koja se razvija munjevitom brzinom. Kako vazdušni saobraćaj postaje sve zastupljeniji, aerodromi dobijaju na važnosti i kao privredni i atraktivni objekti. Smatraju se i minijaturnim gradovima u kojima se ogledaju vrednosti i aspiracije populacije u državi i okruženju u kome se nalazi. Nacionalna slika se na najočigledniji način oslikava u dizajnu aerodroma više nego u bilo kom drugom tipu javnih objekata.

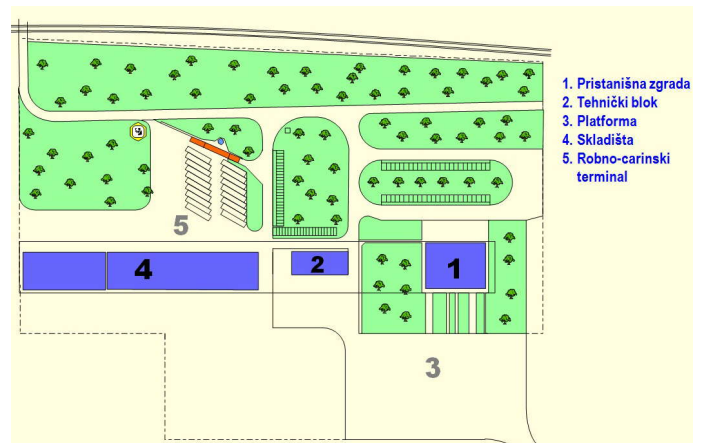
Na konkretnom primeru aerodroma "Konstantin Veliki" u Nišu prezentovaće se način funkcionisanja različitih sistema koje zahteva jedan ovakav uslužno-transportni kompleks, njihova međusobna povezanost, implementacija takvog kompleksa u urbanu strukturu grada i potreba za unapređenjem tog kompleksa.

2 DEFINISANJE TEME

Aerodrom „Konstantin Veliki“ se nalazi u severozapadnom delu Niša, 4 km od gradskog centra. Oslanja se na magistralni put Niš – Beograd, što ga čini dobro povezanim sa elementima drumskog saobraćaja, kao jednim od bitnih faktora prilikom odabira povoljne lokacije. Teren na kome se nalazi, nadmorska visina (197m n.v.) i vremenski uslovi čine ovaj aerodrom jednim od najpovoljnijih po sklopu potrebnih prirodnih faktora, neophodnih za njegovo pravilno funkcionisanje.

Aerodromski kompleks „Konstantin Veliki“ se sastoji iz: putničko-pristanišne zgrade, tehničkog bloka, platforme, skladišta, robno-carinskog terminala i manevarskih površina (Slika 1). Na osnovu aktuelnih problema vezanih za funkcionisanje ovog aerodroma rađeni su projekti rekonstrukcije celokupnog kompleksa sa posebnim osvrtom na adaptaciju uzletno-sletne staze i ostalih manevarskih površina [15] Predmetni objekat je smešten u severoistočnom delu kompleksa, površine približno 2000 m². Izgrađen je 1986. godine u modernističkom stilu, sa uticajem

ruskog konstruktivizma u vidu masivnih betonskih elemenata na fasadi.



Slika 1 – Situacioni prikaz uže zone aerodromskog kompleksa

Nakon rekonstrukcije kompleksa 2003. godine, njegova funkcionalnost je poboljšana, ali još uvek nedovoljno. Nedostatak ulaganja sredstava je i dalje jasno uočljivo i prisutno. Na osnovu trenutnog stanja i potrebe za osavremenjivanjem i proširenjem, objekat će biti rekonstruisan u skladu sa potrebama kapaciteta, uvođenja novih instalacija, savremene opreme i materijala.

2.1 MOGUĆNOST UNAPREĐENJA TRENUTNOG STANJA

Na Aerodromu „Konstantin Veliki“ se obavljaju predviđene funkcije, ali ne u obimu za koje postoji interesovanje. Postojala je potreba da se uradi nešto povodom unapređenja daljeg funkcionisanja i zbog toga su rađeni mnogi projekti rekonstrukcije. Konstantno prisustvo aerodroma u svim planovima za budući razvoj Niša je dokaz da je postojanje jednog takvog vida saobraćaja potreba ovog dela države, što opravdava njegovu rekonstrukciju. [12]

3 ANALIZA AERODROMA “KONSTANTIN VELIKI”

3.1 ANALIZA LOKACIJSKIH ČINIOCA

Ono što u najvećoj meri pogoduje ovom aerodromu je mikroklima koja vlada u podnožju brežuljaka Tresin breg (236m) i Popova glava (934m). Godišnji hod temperature vazduha je dosta pravilan (najniža srednja mesečna temperatura je u januaru 0,2°C, a najviša srednja mesečna temperatura je u julu

22,1°C). Bitna karakteristika ove mikroklimе je da zbog pritiska vazduha i dominantnog severozapadnog vetra, ima malo dana sa maglom i mrazem. Severozapadni vetar, koji je prisutan skoro cele godine, spada u grupu blagog povetarca po Boforovoj skali (1,6 – 3,3 m/s) [5]. Pista je postavljena u skladu sa njegovim pravcem duvanja. Područje aerodromskog kompleksa se u celini nalazi u II zoni seizmičnosti (u okviru VII° MCS) i nosi karakteristike dobrog tla, pa se mogu očekivati zadovoljavajuće nosivosti i ravnomerno sleganje.

Aerodromski kompleks „Konstantin Veliki“ se nalazi u industrijskoj zoni grada. Okružen je sa južne strane zelenom površinom i vojnim aerodromom, sa istoka i severa industrijskim objektima i sa zapada zelenom, neizgrađenom površinom. Usled širenja grada, aerodrom je dospelo u mešovitu urbanu strukturu, pa nije neobično prisustvo stambenih kompleksa u njegovoj bližoj okolini. Kompleks ima drumski pristup sa severa a omogućena je i direktna autobuska veza sa gradom.

Lokacija ispunjava sve građevinske kriterijume: snabdevanje tehničkom i pijaćom vodom, električnom energijom, odvodnjavanje kišnice i otpadnih voda. Urbanistički uslovi, a pre svega položaj naseljenih mesta je promenljiva i kritično područje je teritorija južno od kompleksa, stambeno naselje Medoševac, koje je nastalo nakon izgradnje aerodroma 1986. godine i koje se smatra ugroženim u pogledu zvučne zaštite.

Površina kompleksa omogućava širenje predviđeno „Programom rekonstrukcije aerodroma Niš“ iz 2002. godine, po kome je naredne godine izvršena sanacija kompleksa i proširenje piste za 300 m, a platforme za 100m. Spuštanjem železničke pruge, koja je otežavala sletanje pojedinih aviona, danas je ostvarena većina lokacijsko – tehničkih uslova za aktivno funkcionisanje kompleksa.

3.2 KONTEKSTUALNA ANALIZA

Analizom mesta i vremena u kome je nastao neki objekat uočava se složeni spoj faktora i kriterijuma koji su uticali na njihovo formiranje i menjanje tokom vremena. Okruženje u kome je izgrađen niški aerodrom se dosta razlikovalo u odnosu na današnje stanje – slabo razvijena industrijska zona na severu, odsustvo stambene funkcije u širem okruženju oko posmatrane lokacije, dobra saobraćajna povezanost sa centrom grada i ostatkom države (pozicioniranje aerodroma blizu glavnog severnog ulaza u grad). Objekat je rađen u već pomenutom socijalističkom stilu, bez ikakvih odstupanja i inovacija. Često je

posmatran kao primer tadašnje moći i političkog modela. Upoređivanjem sa svetskim trendovima (od Duls i Stansted aerodroma, koji su izgrađeni mnogo pre niškog, do Hitrou i Kansai izgrađeni jednu deceniju kasnije), primećuje se da je položaj arhitektonske misli u Srbiji bio na veoma niskom nivou u oblasti projektovanja saobraćajnih terminala. Ne poštujući konfiguraciju terena i okolni reljef, objekat podseća na već pomenute “betonske kutije”, građene 60-ih i 70-ih godina u svetu, što ukazuje da je Jugoslavija zaostajala za svetskim trendovima skoro dve decenije.

3.3 ANALIZA KAPACITETA

Proces projektovanja aerodroma zahteva izradu studija i prognoze, u kojima se najviše pažnje poklanja predviđanju kapaciteta putnika i prtljaga. Potrebno je predvideti moguće promene u vazduhoplovnoj i aerodromskoj tehnologiji, produktivnost, izbor pristupnog modela, broj zaposlenog osoblja i kvadratnih metara po putniku, troškove i prihode po putniku i dr. Osnovne prognoze su one koje se odnose na bruto godišnji protok putnika i robe za sistem koji se razmatra. Za detaljnije i konkretnije planiranje najvažniji parametri su protok putnika, prtljaga i aviona u vršnom satu.

Maksimalni kapacitet aerodroma “Konstantin Veliki” je 200 putnika po času ili 3 aviona po času. Statistički gledano, od rekonstrukcije manevarskih površina 2003. godine do danas nije ni približno dostignut ovaj kapacitet. Prostornim planom administrativnog područja grada Niša do 2021. godine predviđa se 150 000 do 200 000 putnika godišnje.

Na osnovu navedenih parametara, uočava se da se pri projektovanju aerodroma vodilo računa o eventualnom proširenju kompleksa pri razvoju avio-saobraćaja. Planirano proširenje nije posledica potrebe povećanja kapaciteta, već nedovoljnih površina za njegovo nesmetano funkcionisanje u 21. veku.

3.4 ANALIZA I VALORIZACIJA FUNKCIONALNE ŠEME

3.4.1 Situacioni plan

Predmetni aerodromski kompleks zauzima površinu od 17 087,20 ha, a nalazi se na parceli izduženog, nepravilnog oblika, orijentacije severozapad – jugoistok. Jedini pristupi lokaciji su sa severa iz ulice Vazduhoplovaca i preko železničke pruge Beograd – Niš i Crveni Krst – Popovac. Objekti kompleksa su grupisani na severoistoku, dok se u

južnom delu parcele nalazi pista, čiji je pravac pružanja definisao osnovni gabarit kompleksa.

Kompleks se sastoji iz manevarskih površina i putničko – tehničkih objekata. Manevarske površine obuhvataju: pistu, (dužine 2500 m i širine 45 m), rulnu stazu, platformu, spojnice, saobraćajnice, pristupne i protivpožarne puteve i parking mesta. Putničko – tehnički blok obuhvata skladišta, tehnički blok i pristanišnu zgradu-terminal.

Prednosti trenutnog stanja organizacije parcele su dobro pozicioniranje piste u odnosu na prirodne uslove i geografski položaj, infrastrukturna povezanost, dobro stanje manevarskih površina zbog skorašnje rekonstrukcije. Negativne strane kompleksa odnose se na loše stanje u kome se nalazi celokupna zona putničko – tehničkih objekata. Dugi niz godina se nije ulagalo u opremanje i održavanje kompleksa, oštećen je prilikom bombardovanja i oprema je zastarela. Takođe, odsustvo pojedinih stanica i službi (kontrolni toranj, objekat pogranične policije, carinarnice), ukazuje da je neophodno izvršiti rekonstrukciju kompleksa. Godine 2002. doneta je odluka, a kasnije i realizovano formiranje Regulacionog plana aerodroma u Nišu za prostor površine 17 087,2 ha. Regulacionim planom je predviđeno par promena u sadašnjem izgledu, strukturi i funkcionisanju aerodroma, a do danas su realizovane prva i deo druge faze sanacije i adaptacije kompleksa. Predviđena je modernizacija postojećih i izgradnja novih objekata: toranj kontrole leta, prateći tehnički blok, objekat pogranične policije, carinarnice, putničkog servisa i paviljona za izložbene manifestacije montažnog karaktera.

3.4.2 Putničko - pristanišna zgrada

Terminalna zgrada se nalazi u severnom delu parcele, u sklopu kompleksa putničko – tehničkih objekata. Objekat ima kompaktan gabarit strana 40 x 30 m, pravougaonog oblika, spratnosti P+1. Prizemlje je uvučeno u odnosu na spratni gabarit za po 1 m sa svih strana (Slika 2).



Slika 2 – Trenutni izgled severne fasade objekta

Unutrašnjost objekta se u funkcionalnom pogledu može podeliti na tri zone: *javna zona*, *bescarinska zona* i *galerija*.

Javna zona obuhvata aerodromski hol sa čekaonicom, ček – in šaltere², prodavnice, poštu, lokale avio – kompanija, kancelarije policije i carinarnika, higijensko – sanitarne čvorove i vertikalne komunikacije. Hol, površine 402 m², se prostire kroz dve spratne visine (Slika 3). Osvetljen je lateralno u nivou prizemlja i sa plafona preko četiri svetlarnika, kvadratnog oblika. Veliku pažnju privlači narandžasto – zlatni enterijer, u stilu Art Deco- krajem osamdesetih godina prošlog veka, upotpunjen reklamama, banerima i putokazima.



Slika 3 – Hol

Bescarinska zona, površine 805 m², prostire se u južnom delu objekta i obuhvata pod-zone dolazaka, odlazaka i operativni centar, sa pratećim prostorijama. Celokupna zona se oslanja na hol sa kojim je povezana preko šaltera i kontrola bezbednosti i carine. Za razliku od hola, ova zona se prostire kroz jednu spratnu visinu.

Operativni centar se sastoji od par kancelarija koje su namenjene kontroli letova. Razlog njihovog pozicioniranja u objekat putničko – pristanišne zgrade je trenutno nepostojanje kontrolnog tornja, čija je osnovna namena praćenje i sinhronizacija avio-saobraćaja na aerodromu.

Konstruktivni sistem je skeletni, sa metalnim stubovima kutijastog profila, olakšanim metalnim gredama i rešetkastom slemenjačom. Postoji devet

² Postoje dva ček-in šaltera, organizovani po principu zasebnih jedinica, širine 2,3 m, postavljenih linearno sa ugrađenom X-ray kontrolom. Prilikom čekiranja karte vrši se kontrola i preuzimanje prtljaga.

konstruktivnih osa, a konstruktivni raster nosača je približno 5 m. Kao završna podna obloga korišćene su linoleumske ploče, koje su usled duge eksploatacije u lošem stanju, a krovni pokrivač je lim.

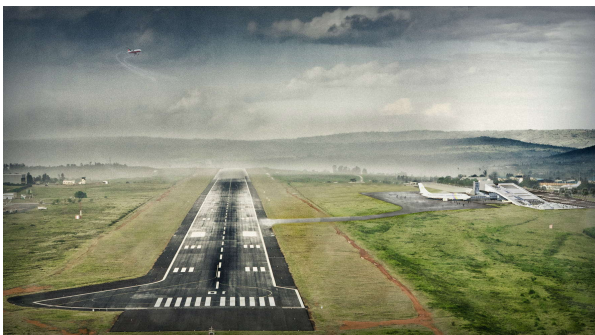
Pozitivne strane objekta su dobra inicijalna funkcionalna organizacija prostora. Komplikovana organizacija linija kretanja putnika, prtljaga i osoblja se u dosadašnjem radu pokazala bez većih problema, pa nema potrebe za njenim menjanjem u daljoj rekonstrukciji. Već pomenuta zastarelost opreme i celokupnog izgleda objekta utiče na atraktivnost i privlačenje potencijalnih investitora.

4 PROGRAM REKONSTRUKCIJE I ADAPTACIJE AERODROMSKOG KOMPLEKSA "KONSTANTIN VELIKI" U NIŠU

4.1 PROGRAM REKONSTRUKCIJE I ADAPTACIJE SITUACIONOG REŠENJA

Pored postojećih manevarskih površina u zoni A aerodromskog kompleksa (platforma, spojnica, poletno-sletna staza i travnata pista) predviđa se izgradnja platforme, rulne staze i spojnice (Slika 4). Radovi u putničkom kompleksu u sklopu putničko-tehničkog kompleksa (zona B) obuhvataju:

- rekonstrukciju i proširenje putničke pristanišne zgrade
- izgradnju kontrolnog tornja i objekata pogranične policije;
- projektovanje montažno/demontažnih paviljona za održavanje izložbi, predavanja i prezentacija u zoni opšte namene;
- izgradnja carinarnice i putničkog servisa.



Slika 4 – Izgled rekonstruisanog kompleksa

Tehnički kompleks (B.2) u okviru putničko-tehničkog kompleksa čine sledeće zone, koje zahtevaju dosta adaptacije i rekonstrukcije:

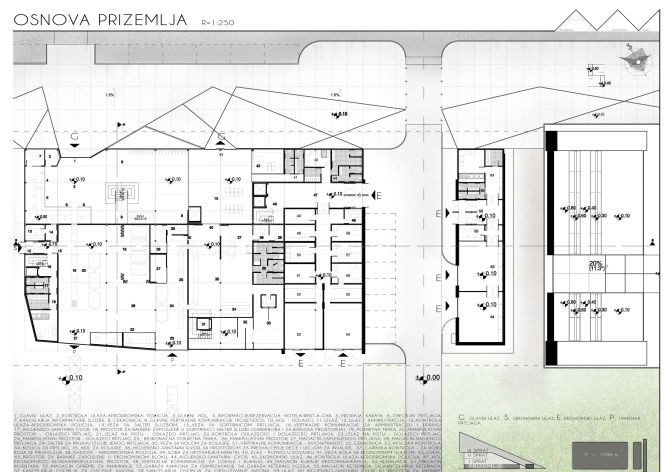
- tehnička služba aerodroma;
- energetska zona;
- zona distribucije aviororiva.

Kompleks za kargo saobraćaj i tehničku službu (zona C) i kompleks za komercijalni razvoj pratećih delatnosti (zona D) nisu predmet ovog projekta.

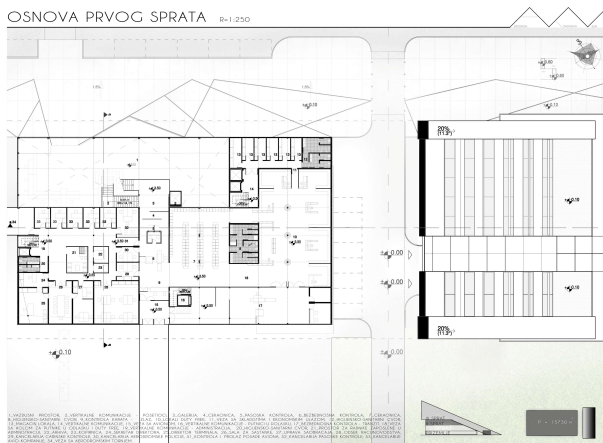
4.2 PROGRAM REKONSTRUKCIJE, ADAPTACIJE I PROŠIRENJA PUTNIČKO-PRISTANIŠNE ZGRADE

Program rekonstrukcije pristanišne zgrade aerodroma zasniva se na potrebama za ispunjavnije uslova sletanja aviona Boeing 737 i potrebe konkretne lokacije na kojoj se aerodrom nalazi. Sadržaj novog objekta predviđen je Programom, i podrazumeva (Slika 5):

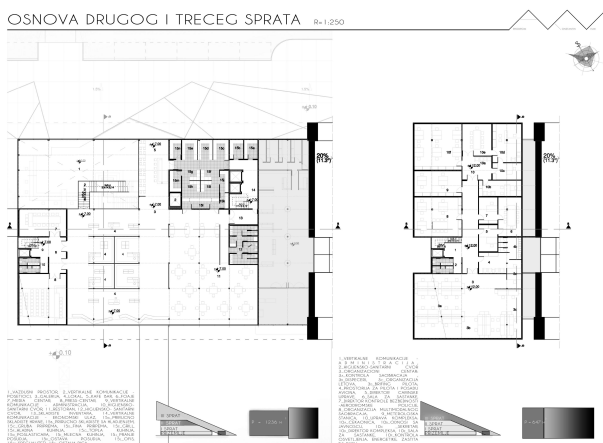
- proširenje holskog prorostora, čekaonica i koridora,
- uvođenje novih sadržaja ugostiteljskog tipa (restoran, kafić),
- uvođenje novih sadržaja javnog tipa (aktiviranje krova zgrade – amfiteatar, pres-centar, media-centar),
- prilagođavanje administracije novim zahtevima savremenog vazduhoplovstva.



Slika 5 – Osnova prizemlja



Slika 6 – Osnova prvog sprata



Slika 7 – Osnova drugog i trećeg sprata



Slika 8 – Izgled rekonstruisanog objekta

5 ZAKLJUČAK

Idejnim projektom, koji obuhvata rekonstrukciju postojeće zgrade terminala i izgradnju kontrolnog tornja, objekata pogranične policije i objekata za kargo saobraćaj se predviđa aktiviranje kompleksa kako u saobraćajnom smislu (što je i njegova osnovna namena), tako i u kulturno-ugostiteljskom smislu. Upravo ta multifunkcionalna implementacija je ključ apsolutnog animiranja ovog prostora, u užem i širem smislu.

Prednost ovog projekta leži u univerzalnosti novog objekta: ukoliko bi za par decenija usled potreba širenja kapaciteta aerodroma on bio premešten na novu lokaciju, objektiat kompleksa bi se mogli adaptirati za razne sadržaje javnog karaktera. Uspešnost nekog objekta se često prepoznaje preko njegove multifunkcionalnosti, koja čini osnovni koncept koji je korišćen prilikom projektovanja aerodromskog kompleksa.

LITERATURA

- [1] *Transport Terminals and Modal Interchanges* C.Blow, Elsevier Ltd., 2005.,Oxford.
- [2] *The modern airport terminal*; E.Brian; Spon Press, 2006., London.
- [3] *Elaborat opravdanosti otuđenja građevinskog zemljišta u javnoj svojini, na teritoriji grada Niša, u okviru kompleksa aerodroma "Konstantin Veliki" u Nišu*; Eyemaxx Management GMBHNiš, 2012.,Službeni glasnik RS br.13/2010.
- [4] *Planning and Design of Airports*, Horonjeff, R.; McKelvey, F.; Sproule, W.; Young, S.; USA, 2010., McGraw-Hill.
- [5] *Termičke karakteristike vazduha Niške kotline u funkciji bržeg razvoja privrede*; Ivanović, V; Bursać, N; Ivanović, M; Nikolić, M.; Prirodno – matematički fakultet, 2011., Niš.
- [6] *Vazduhoplovna pristaništa*, Ivković, V.; Skriptarnica OOSSO Arhitektonskog fakulteta, 1988., Beograd.
- [7] *Prostorni Plan administrativnog područja grada Niša 2021.*;JP Zavod za urbanizam Niš,JP Zavod za urbanizam Niš, 2011., Niš.
- [8] *Airport design and operation* Kazda, A.; Caves, R., Elsevier Ltd., 2007. ,Amsterdam.
- [9] *Trends in Air Traffic; European Organisation for the safety of Air navigation* Marsh, D.; EUROCONTROL, , 2007; [Web: <http://www.eurocontrol.int>]

[10] *Expanding Airport Capacity Under Constraints in Large Urban Areas*, Niemeier, Hans – Martin; University of Applied Science, 2013. Bremen.

[11] *Regionalni prostorni plan za područje Nišavskog, Topličkog i Pirotskog upravnog okruga*, Republička agencija za prostorno planiranje; JP Zavod za urbanizam Niš, 2011., Niš – Beograd.

[12] Zavod za urbanizam i prostorno planiranje grada Niša, Regulatorni plan aerodroma u Nišu, Niš, Službeni glasnik RS, br.44/95,16/97,46/98, 2003.

UDK 678.06:630*38

MOGUĆNOST PRIMENE GEO-SINTETIČKIH MATERIJALA U ŠUMSKOM PUTNOM INŽENJERSTVU

Bogdan Stefanović¹, Milorad Janić², Vjačeslava Matić³, Dušan Stojnić⁴

Rezime: U radu su predstavljene vrste, funkcije i tehnologija korišćenja geo-sintetičkih materijala sa analizom mogućnosti njihove primene pri gradnji, rehabilitaciji, rekonstrukciji, supstituciji, sanaciji i održavanju šumskih puteva. Geo-sintetici su svi građevinski materijali sintetičkog porekla u obliku polimera (polipropilen, polietilen, polivinil hlorid i poliester) koji se upotrebljavaju u različitim geotehničkim konstrukcijama u građevinarstvu uopšte, pa i u šumskom građevinarstvu. Iako postoji velika mogućnost za njihovu primenu, ovi materijali se do sada nisu koristili u šumskom putnom inženjerstvu Srbije.

Ključne reči: šumski putevi, geosintetički materijali, šumsko građevinarstvo

POTENTIAL FOR IMPLEMENTATION OF GEO-SYNTHETIC MATERIAL IN FORRESTRY ROAD ENGINEERING

Abstract: This paper presents the types, functions and technologies using geo-synthetic material with an analysis of their use in the construction, rehabilitation, reconstruction, substitution, repair and maintenance of forest roads. Geo-synthetics are all building materials in the form of synthetic origin polymers (polypropylene, polyethylene, polyvinyl chloride, polyester) that are used in a variety of geotechnical structures in the construction industry in general, and in the forest construction. Although there is great potential for their application, these materials have not been used in engineering of forest roads in Serbia.

Key words: forest roads, geosynthetics, forest construction

¹ mr, rukovodilac Odeljenja za šumske puteve, Generalna direkcija JP „Srbijašume“, Beograd i stručni saradnik, Šumarski fakultet Univerziteta u Beogradu

² dr, docent, Šumarski fakultet Univerziteta u Beogradu

³ dr, redovni profesor, Šumarski fakultet Univerziteta u Beogradu

⁴ mast. inž., asistent, Šumarski fakultet Univerziteta u Beogradu

1 UVOD

Šumski putevi su, po veličini i obimu, najveći, po vrednosti investicija, najskuplji, a po uticaju na labilni šumski eko-sistem, najdestruktivniji građevinski objekti u šumarstvu. Naime, šumski putevi su objekti izgrađeni u specifičnim i veoma nestabilnim šumskim eko-sistemima tako da njihova izgradnja i korišćenje ima povećan stepen negativnog uticaja na životnu sredinu [2]. Zbog toga je neophodno da aktivnosti na planiranju i izgradnji, ali i korišćenju šumskih puteva budu svrsishodno i stručno planirane, analizirane, realizovane i kontrolisane [12].

Obzirom na specifične orografske i mikroklimatske, ali i geološke i pedološke uslove u kojima se planiraju, projektuju i grade šumski putevi u Srbiji [11] glavni uzrok deformacija i razgradnje elemenata njihove konstrukcije je voda. Postoji veliki broj tehničkih i bioloških metoda borbe protiv uticaja površinskih i podzemnih voda na trup šumskog puta, ali se najčešće koriste kombinovane metode [15]. U kombinovane metode kontrole erozionih procesa i zaštite građevinskih objekata, kakvi su šumski putevi, spada i primena geo-sintetičkih materijala.

Geosintetici su svi građevinski materijali sintetičkog porekla sastavljeni od polimera (polipropilen, polietilen, polivinil hlorid i poliester) koji se upotrebljavaju u različitim geo-tehničkim konstrukcijama, pre svega kod zemljanih radova, ali i u hidrauličkim, ekološkim i drugim građevinskim radovima.

1.1 ISTORIJAT PRIMENE GEO-SINTETIKA

Posle velikih poplava koje su se dogodile u Holandiji pedesetih godina prošlog veka, pri čemu je uništeno oko 150.000 ha najplodnijeg poljoprivrednog zemljišta na jugozapadu ove zemlje, počela je realizacija tzv. „Delta plana”. Jedan od segmenata njegove realizacije je bila primena geo-sintetičkih materijala, tačnije geo-tekstila, kao zamena za zrnaste filtere koji su se nalazili na potpornim zidovima u moru ispod krupnog nabacanog kamenja. Dakle, pre 60 godina je po prvi put upotrebljen tekstil tkan od sintetičkih vlakana čija je osnovna namena bila filtriranje vode sa istovremenim propuštanjem i zadržavanjem čestica odgovarajuće granulacije.

Tekstilni materijali su se i pre toga upotrebljavali u građevinarstvu kod zemljanih radova. Međutim, zbog

prirodnih sirovina od kojih su bili napravljeni nisu imali dovoljno dobra mehanička svojstva ni potrebnu trajnost, što je ograničavalo područja njihove primene. Izradom tekstilnih materijala od sintetičkih vlakana poboljšana su mehanička svojstva i trajnost, jer su sintetički materijali postojaniji prema mikroorganizmima koji su razrađivali prirodne materijale.

Masovna primena geo-sintetičkih materijala počinje sedamdesetih godina prošlog veka sa naglim razvojem tehnologije proizvodnje polimera. Danas postoji stalna tendencija povećanja područja upotrebe i količina geo-sintetika, a u skladu sa raznolikošću konkretnih inženjerskih problema i adekvatnih konstruktivnih rešenja. Tendencija je da se postojeće metode konstrukcije u građevinarstvu koje upotrebljavaju mineralne resurse zamenjuju metodama i tehnikama primene geo-sintetičkih materijala.

1.2 ISKUSTVA PRIMENE GEO-SINTETIKA U ŠUMSKOM INŽENJERSTVU

Prema [3] primena geo-sintetika u gradnji i zaštiti šumskih puteva je, takođe, počela sedamdesetih godina prošlog veka u zemljama sa razvijenim šumarstvom Severne Evrope (Norveška, Švedska i Finska) i Severne Amerike (Kanada i SAD). U ovim zemljama danas postoji regulatorna obaveza [6] upotrebe geo-sintetika pri gradnji konstrukcija sa većim stepenom uticaja na životnu sredinu, kakvi i jesu šumski putevi [4].

Kako navode [9] US Department of Agriculture, Forest Service (USFS), koji upravlja sa oko 250.000 km prevashodno šumskih puteva malog intenziteta saobraćaja lociranih u ruralnim krajevima SAD, ima u celom svetu najveće praktično iskustvo primene geo-sintetika u šumskom građevinarstvu kroz veliki broj korisnih, kreativnih, aplikativnih i jeftinih inženjerskih rešenja. Geo-sintetici se najčešće koriste pri izradi mehaničke stabilizacije tla, armiranja zemljišta na kosinama puteva, filtriranje, drenaže, armiranje posteljice kolovoza i zaštitu od erozije. Slična iskustva imaju u Britanskoj Kolumbiji u Kanadi, gde se, prema [5], preporučuje primena geo-sintetika u svim projektima šumskog građevinarstva zbog jednostavnosti postavljanja, kraćeg vremena ugradnje, ušteda mineralnih resursa i nižih troškova izgradnje.

Pored toga u svetu su vrlo aktuelna istraživanja o primeni geo-sintetika u šumskog putnom inženjerstvu.

Tako se ispitivanjem graničnih deformacija kolovoza došlo do uticaja geo-tekstila na debljinu gornjeg stroja šumskog puta uz zaključak da se postavljanjem geo-tekstila na posteljicu kolovoza debljina nosećeg kolovoznog sloja smanjuje za 40%, a habajućeg za 35% [1]. Pored toga, [8] su demonstrirali rezultate uporedne analize eksperimentalne deonice puta na kojoj je rađena rehabilitacija kolovoza korišćenjem geo-tekstila sa test deonicom. Tom prilikom je ispitivana nosivost kolovoza i efekti popunjavanja kolotruga, kao najčešće deformacije kolovoza na šumskim putevima, efekti rada mašina, ali i stanje kolovoza posle eksploatacije. U poređenju sa test deonicom, na kojoj nije korišćen geo-tekstil, svi rezultati su bolji, a vreme i troškovi rehabilitacije kolovoza su manji, što u potpunosti opravdava upotrebu geo-tekstila.

Iako geo-sintetički materijali imaju dobre karakteristike i širok spektar primene u šumskom građevinarstvu, oni do sada nisu korišćeni pri gradnji šumskih puteva kod nas [7].

2 POSTAVKA PROBLEMA

Osnovna namena šumskih puteva je obezbeđenje infrastrukturne osnove za obavljanje svih poslova gazdovanja šumama [16]. Šumskim putevima upravljaju preduzeća kojima je državna šuma poverena na gazdovanje, odnosno sopstvenici šuma, kod privatnog ili nekog drugog vlasništva nad šumama. Zbog ekonomičnosti i renatabilnosti proizvodnje i poslovanja u šumarstvu, relativno malog obima saobraćaja, sezonskog karaktera i neravnomernosti transporta po vremenu i prostoru, relativno malih količina radova na gradnji, šumski putevi se grade od lokalnog materijala. Donji stroj se gradi od zemljanog lokalnog materijala različite granulacije bez prethodnih geomehaničkih radova i stabilizacije tla. Kolovoz se gradi od lokalno pripremljenog granulanog ili negranulanog, tj. lomljenog stenskog materijala odgovarajućih mehaničkih i fizičkih karakteristika [10].

Aktivnosti na kontroli negativnog dejstva površinskih i podzemnih voda pri gradnji i zaštiti šumskih puteva se svode na izgradnju podužnih (odvodni kanali) i poprečnih (cevasti propusti i mostovi malih raspona) elemenata za transport površinske vode u otvorene vodene tokove. Na mestima povećanog rizika i ugroženosti trupa puta od podzemnih voda veoma retko se radi drenaža.

Obzirom na uobičajenu tehnologiju gradnje šumskih puteva koja se ogleda u korišćenju lokalnog materijala za gradnju, bez geomehaničkih radova i veoma retke zaštite od podzemnih voda, povećan je rizik od nastanka erozionih procesa i povećana ugroženost šumskog puta od razornog dejstva vode. Zbog toga je potrebno, koristeći se praktičnim iskustvima zemalja sa razvijenim šumarstvom, početi sa uvođenjem geo-sintetika u izgradnju šumskih puteva u Srbiji. U ovom radu su predstavljene karakteristike geo-sintetičkih materijala sa analizom mogućnosti njihove primene u šumskom putnom inženjerstvu Srbije.

3 KARAKTERISTIKE GEO-SINTETIKA

U radu je ukazano na osnovne karakteristike geo-sintetičkih materijala sa aspekta mogućnosti njihove primene u šumskom putnom inženjerstvu, pri čemu su predstavljene njihove osobine, vrste i funkcije.

3.1 OSOBINE GEO-SINTETIKA

Raznolikost primene, jednostavnost ugradnje, smanjenje troškova izgradnje, ušteda resursa, trajnost objekata i dr. pozitivne osobine ukazuju na stalni rast korišćenja geo-sintetičkih materijala. Razlozi takvog trenda se ogledaju u osobinama ovih materijala jer:

- geo-sintetici, generalno uzevši, mogu da zamene mnoge druge materijale koji se kao resursi angažuju i koriste u izgradnji objekata, pri čemu su
- ukupni troškovi njihove ugradnje i korišćenja niži od alternativnih inženjerskih rešenja, i pri tom
- različiti oblici jednostavne primene geo-sintetika u velikom broju slučajeva mogu da zamene teško izvodljiva rešenja projektovana na bazi primene samo prirodnih materijala, te su već
- uspostavljeni jednostavni i pouzdani metodi projektovanja zasnovani na standardnom kvalitetu ovih veštačkih materijala, jer je
- trajnost geo-sintetika za najveći broj načina primene u različitim inženjerskim rešenjima je dokazana, tako da se
- preporučuje obavezno korišćenje geo-sintetika u šumskom inženjerstvu.

3.2 VRSTE GEO-SINTETIKA

Podela geo-sintetičkih materijala u građevinarstvu se vrši u odnosu na propustljivost vode kroz njihovu konstrukciju. U skladu sa tim geo-sintetici se dele na dve osnovne grupe: vodopropusne i vodonepropusne. Vodopropusni geo-sintetici koje se koriste u zemljanim građevinskim konstrukcijama su geotekstili, geo-mreže, geo-rešetke, geo-kompoziti i geo-ćelije, dok su geo-membrane vodonepropusni geo-sintetički materijala.

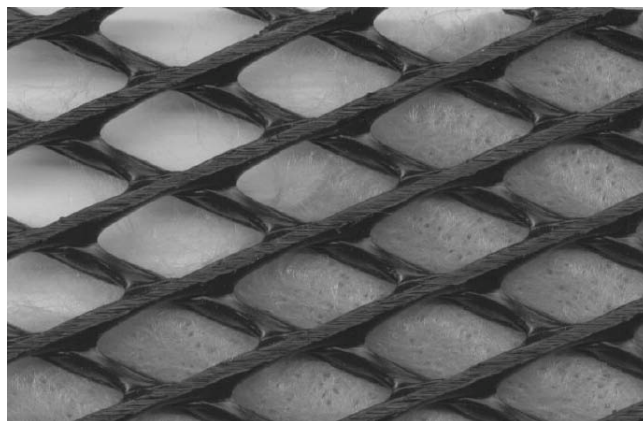
Geo-tekstili su polimerni vrlo propustljivi tekstilni materijali koji se proizvode u tri verzije kao tkani, netkani i pleteni.



Slika 1 – Geo-tekstil

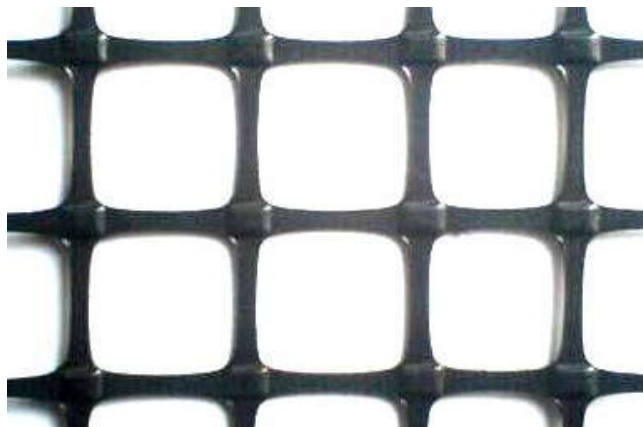
Geo-tekstili su svi tekstilni materijali koji se upotrebljavaju kao integralni deo građevinskih struktura od zemlje, kamena i drugih konstruktivnih materijala za filtracije, drenažu, razdvajanje, ojačavanje i stabilizaciju.

Geo-rešetke su polimerni materijali spojeni u pravilnu mrežu dobijenu kontinuiranim ekstrudiranjem rebara, njihovim vezivanjem ili tkanjem. Na taj način se dobija struktura rešetke čija su polja veća od polja geo-mreže i koriste se za armiranje kompaktnog materijala sa više krupnih frakcija.



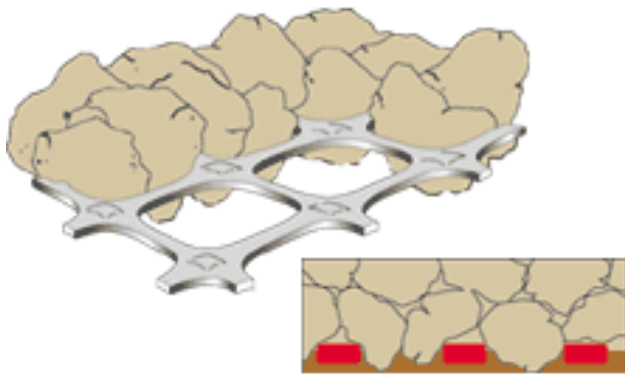
Slika 2 – Geo-rešetka

Geo-mreže su geo-sintetički materijali koji se, između ostalog, koriste i za armiranje nasipa od koherentnog ili nekoherentnog materijala, izradu armiranih i potpornih konstrukcija bez posebne obrade lica kosine kao i u različitim kombinacijama od prefabrikovanih geo-sintetičkih elemenata.



Slika 3 – Geo-mreža

Konstrukciju monolitne geo-mreže čine rebra oštih ivica pravougaonog poprečnog preseka. Ovakvom konstrukcijom se postiže efekat uklještenja agregata u otvore, gde rebra i čvorovi preuzimaju opterećenje i sprečavaju bočno pomeranje i prodiranje čestica zrnastog tla u dublje slojeve.



Slika 4 – Geo-mreža (način rada)

Geo-kompoziti su geo-sintetici koji nastaju kao spojevi polimernih materijala drugih grupa geo-sintetika, kao i kombinacijom polimera i drugih materijala. Obično se sastoje od raznih kombinacija geo-mreža i netkanih geo-tekstila, gde geo-mreža služi kao armatura, tj. daje čvrstoću geo-tekstilu. Zbog toga se geo-kompoziti definišu kao proizvodi izrađeni kombinacijom dve ili više bliskih diskretnih fizičkih faza obično tvrde matrice i vlaknastih materijala, koji se upotrebljavaju prilikom zemljanih radova u građevinarstvu.



Slika 5 – Geo-kompozit



Slika 6 – Geo-kompozit

Geo-ćelije su pravilne otvorene 3D mreže, polimerne ćelijske strukture, čije su strane sastavljene od spojenih traka i služe za trajnu stabilizaciju-ozelenjavanje kosina pošto se prvo napune zemljom i zaseju travom [13].



Slika 7 – Geo-ćelije



Slika 8 – Geo-ćelije (zatravljanje)

Geo-membrane su nepropusni materijali koji se, prema prirodi osnovne komponente, dele na sintetičke i bitumenske. Pri tome sintetičke geo-membrane imaju primat u odnosu na bitumenske. Koriste se u slučajevima kada se traži vodonepropusnost, pri izgradnji hidro-akumulacija, raznih sanitarnih deponija i odlagališta otpada kod površinskih separacija rudnika. Njihova osnovna funkcija je da spreče prodor štetnih materija u okolno zemljište i vodotoke, kao i gubitke vode iz hidro-akumulacija.



Slika 9 – Geo-membrane

3.3 FUNKCIJE GEO-SINTETIKA

Geo-sintetički materijali imaju nekoliko osnovnih funkcija koje zavise od namene, načina i mesta primene pri gradnji i zaštiti šumskih puteva, a to su:

- **separacija materijala** podrazumeva razdvajanje slojeva zemljišta različite konsistencije i strukture kako bi se sprečilo međusobno mešanje i promena pojedinačnih svojstava. Uglavnom se u te svrhe upotrebljavaju dosta izdržljivi i otporni geotekstilni materijali, geo-mreže ili geo-kompoziti koji mogu podneti velika opterećenja do kojih dolazi pri gradnji i korišćenju šumskih puteva.
- **ojačanje** podrazumeva povećanje nosivosti posteljice kolovoza i donjeg stroja šumskog puta korišćenjem geo-mreža, geo-tekstila i geo-kompozitnih materijala, dok se za ojačanje gornjeg stroja puta uglavnom koriste geo-mreže. Ovi materijali se ugrađuju ispod ili između pojedinih slojeva zemlje i preuzimaju i pravilno raspoređuju sile opterećenja, čime poboljšavaju mehanička svojstva čitavog kolovoznog sistema. Najčešće se upotrebljavaju u ojačanju nosivosti zemljišta ili za stabilizaciju zemljanih padina.
- **filtracija** podrazumeva upotrebu geo-tekstila i geo-kompozita koji imaju filtrirajući efekat, posebno kod zaštite obala rečnih tokova i stopa nasipa šumskih puteva koji su u kontaktu sa otvorenim vodotokom. Ovi materijali zadržavaju

čvrstu komponentu nanosa dok voda nesmetano prolazi kroz njih.

- **drenaža** se primenjuje na močvarnim i veoma vlažnim zemljištima, pri čemu se upotrebljavaju geo-tekstili, geo-kompoziti i geo-membrane. Geotekstili i geo-kompoziti služe kao filteri kroz koje prodire voda, dok se čestice gline zadržavaju, a geo-membrana služi za usmeravanje drenirane vode u drenažne cevi i kanale.
- **onemogućavanje kretanja vode** podrazumeva upotrebu geo-membrana koje su vodonepropusne i koriste se kod hidrograđevinskih radova prilikom gradnje akumulacija za vodosnabdevanje, deponije otpada, separacionih akumulacija i dr. Osnovni funkcija je sprečavanje gubitaka vode iz akumulacija ili prodora štetnih materija iz deponija u okolno zemljište.

4 ZAKLJUČNA RAZMATRANJA

Primena geo-sintetika omogućava uštede **mineralnih resursa** (količine zemlje i drugih građevinskih materijala koje zamenjuju geo-sintetici) i **troškova gradnje** (cena geo-tekstila u odnosu na druge građevinske materijale, transport do mesta ugrađivanja, brzina i jednostavnost ugrađivanja), a dobijaju se **sistemi poboljšanih karakteristika** (bolja i efikasnija drenaža, izolacija, bolje mehaničke karakteristike celog sistema) i veliki broj različitih **praktičnih konstruktivnih rešenja i novih tehnologija gradnje** (separacija materijala različitih geomehaničkih osobina, povećanje nosivosti zemljišta, selektivno filtriranje vodenog taloga, dreniranje podzemnih voda, omogućavanje oticanja vode u željenom smeru) i postižu se određene **ekološke prednosti** (smanjuje se potrebna površina, omogućavaju se konstruktivna rešenja za smanjenje buke, smanjuju se promene u prirodnim ekosistemima, smanjuje transport materijala u vreme gradnje, smanjuje upotreba materijala kojih nema u okolini i nisu prirodno obnovljivi).

Sa aspekta gradnje šumskih puteva najbitnija funkcija je povećanje nosivosti slabonosivog zemljišta i stabilizacija rastresitih materijala u nasipu i kosinama useka. Geo-sintetici povećavaju nosivost kako donjeg tako i gornjeg stroja šumskog puta, sprečavaju prodiranje nosećeg sloja šumskog puta u dublje slojeve, posebno na močvarnim i vlažnim

terenima kao i terenima gde su zastupljena duboka i jako duboka zemljišta bez prisustva matičnog stenovitog supstrata. Povećanje nosivosti šumskog puta se postiže uz smanjenje troškova gradnje i produženje veka trajanje šumskog puta.

Na teritoriji Srbije postoji velika potreba za primenom geo-sintetika u izgradnji šumskih puteva. Posebno u ravničarskim terenima i pored velikih reka gde je visok nivo podzemnih voda i povećana vlažnost supstrata i zemljišta. U tim područjima je veliki problem obezbediti kameni agregat za nasipanje šumskih puteva zbog visoke cene transporta. Upotrebom geo-sintetika smanjuje se količina potrebnog materijala za nasipanje trupa puta i gornjeg stroja i povećava se trajnost šumskih saobraćajnica, što je, dugoročno posmatrano, veoma isplativo bez obzira što je cena izgradnje visoka. Ovde treba uzeti u obzir i činjenicu da zbog puteva bez kolovoza koji su locirani u plavnom delu kompleksa šuma često propadne velika količina drveta, jer nije mogla biti izvezena iz šume. To se uglavnom dešava posle obilnih padavina kada se zemljani kolovoz toliko raskvasi da je onemogućeno korišćenje mehanizacije za transport drveta. Ovakvo stanje ukazuje da je neophodno uraditi supstituciju postojećih puteva sa zemljanim kolovozom u puteve sa tucaničkim kolovozom uz upotrebu geo-sintetika.

Potreba za primenom geo-sintetika se javlja i u ostalim delovima Srbije, pogotovo na terenima gde je zastupljeno duboko zemljište slabe nosivosti. U brdsko-planinskim terenima se javlja potreba za geo-sintetičkim materijalima koji se koriste za stabilizaciju kosina, izradu propusta i drenažnih sistema, ali i za povećanje nosivosti trupa i kolovoza šumskog puta. Obzirom da se veliki broj šumskih puteva nalazi u veoma lošem stanju [14] postoji potreba za povećanjem stabilnosti i nosivosti postojećih šumskih puteva korišćenjem geo-sintetičkih materijala prilikom rekonstrukcije tehničkih i konstruktivnih elemenata, sanacije usled elementarnih nepogoda i tekućeg i investicionog održavanja šumskih puteva.

Šumski putevi povezuju šumske komplekse sa putevima javnog saobraćaja. Obzirom da su u Srbiji najčešće na obodu šumskih kompleksa locirana seoska naselja i zaseoci, šumski putevi imaju karakter, ne samo privrednih, već i javnih saobraćajnica, jer povezuju naselja sa sistemom nekategorisanih i državnih puteva. Stanje ovih pristupnih puteva je veoma loše i potrebno je da preduzeća koja gazduju šumama i lokalne samouprave zajednički investiraju u

rehabilitaciju kolovoza i sanaciju ovih puteva uz primenu geo-sintetika.

Koristeći se praktičnim iskustvima zemalja sa razvijenim šumarstvom, potrebno je početi sa uvođenjem geo-sintetika u izgradnji šumskih puteva u Srbiji i u budućim istraživanjima ispitati aspekte njihove primene u šumskom putnom inženjerstvu.

ZAHVALNOST

Prezentovani rad je rezultat istraživanja sprovedenih u okviru projekta BT37002: „Novi bio-inženjerski materijali za zaštitu zemljišta i voda” finansiranog od strane Ministarstva za nauku i tehnologiju Republike Srbije u periodu 2011.-2014. godina.

LITERATURA

- [1] Bereziuc, R., Alexandru, V., Ciobanu, V. (2009): *Regarding the Sizing of Flexible Road System Equipped with Geosynthetics, used in Forest Roads*, Bulletin of the Transilvania University of Brasov, Vol. 2 (51), Series II, (1-6);
- [2] Coffin, A.W. (2007): *From Roadkill to Road Ecology: A Review of the Ecological Effects of Roads*, Journal of Transport Geography № 15, (396-406);
- [3] Fannin, R.J. (2000): *Basic Geosynthetics: A Guide to Best Practices*, BiTech Publishers Ltd., Richmond, British Columbia, Canada, 85 p.;
- [4] Fannin, R.J. (2001): *Basic Geosynthetics: A Guide to Best Practices in Forest Engineering*, Proceedings of the International Mountain Logging and 11th Pacific Northwest Skyline Symposium, Seattle, Washington, USA, December 10-12, 2001, (145-151);
- [5] Fannin, R.J., Lorbach, J. (2007): *Guide to Forest Road Engineering in Mountainous Terrain*, Forest Harvesting and Engineering Working Paper 2, Rome, Italy, 88 p.;
- [6] Gabr, M.A., Robinson, B., Collin, J.G., Berg, R.R. (2006): *Promoting Geosynthetics Use on Federal Lands Highway Projects*, Publication No. FHWA-CFL/TD-06-009, North Carolina State University, Department of Civil, Construction and Environmental Engineering, Raleigh, North Carolina; U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration, 116 p.;
- [7] Matic V., Stefanovic B. (2012): *The Possibility of Combinations of Geo-Synthetics and Phyto-materials in the Construction and Protection of Forest Roads*, International Conference „Land Conservation -LANDCON 1209”, 2012, accepted in press;
- [8] Naskovets, M.T., Korin, G.S., Drachilovski A.I. (2012): *Experimental Forest Road Construction with Geotextile Materials in Telekhany Forestry State Forestry Institution*,

Proceedings of BSTU, Issue 2, Wood and Woodworking Industry, (24-26);

[9] Powell, W., Keller, G.R., Brunette, B. (1999): *Applications for Geosynthetics on Forest Service Low-Volume Roads*, Transportation Research Record 2 (1652), (113-120);

[10] Stefanović B. (2000): *Analiza faza planiranja gradnje šumskog puta*, IV internacionalni simpozijum iz project management-a YUPMA 2000: „Upravljanje projektima u Jugoslaviji na početku novog milenijuma”, Zlatibor, 24-26. aprila 2000., Zbornik radova, (258-263);

[11] Стефанович Б.Ж. (2004): *Специфика планирования дорожной инфраструктуры в лесных областях Сербии*, „Труды Белорусского государственного технологического университета”, Серия II, Выпуск XII, Белорусский государственный технологический университет, Минск, Республика Беларусь, (151-156);

[12] Стефанович, Б.Ж. (2006): *Фазы проектирования лесных дорог в Сербии*, VI международная научно-техническая конференция „Лесной комплекс: состояние и перспективы развития”, Брянская государственная инженерно-технологическая академия, Брянск, Россия, 1.-30. ноября 2006., Сборник научных трудов, (51-53);

[13] Stefanović, B., Stavretović, N. (2009): *Biološka zaštita kosina puteva - Tehnike zasnivanja protiverozionih travnjaka setvom*, Zbornik radova Građevinsko-arhitektonskog fakulteta № 25, Niš, (215-222);

[14] ***, (2006): *Strategija razvoja šumarstva Republike Srbije*, Službeni glasnik Republike Srbije № 59/06, Beograd, (4-19);

[15] Zlatanović, M., Stojnić, D., Stefanović, B. (2011): *Mogućnost primene gabiona na šumskim putevima*, Šumarstvo № 3-4, Beograd, (107-117);

[16] ***, (2010): *Zakon o šumama*, Službeni glasnik Republike Srbije № 30/10, Beograd, (61-80);

628.1/3(497.11 Vranje)

ULOGA MODELIRANJA KANALIZACIONIH SISTEMA U ANALIZI SISTEMA NA PRIMERU GRADA VRANJA

Miloš Trajković¹, Dragan Milićević² Dejan Dimitrijević³

Rezime: Da bi se postigli najbolji efekti prilikom planiranja, projektovanja, građenja i eksploatacije kanalizacionih sistema, potrebno je poznavanje svih elemenata, njihove funkcije, načina rada u okviru celog sistema kao celine. Korišćenje savremenih informacionih tehnologija, simulacionih i optimizacionih modela, značajno olakšava upoznavanje funkcije elemenata sistema i njihovih hidrauličkih parametara, i omogućava da se problemi u sistemu na vreme otkriju i uklone, odnosno smanje do ekonomski opravdanih granica, a da se u nove investicije ulazi tek nakon rešavanja tih problema.

U radu se ukazuje na veliki značaj primene simulacionih modela za analizu stanja u kanalizacionim sistemima, na primeru analize postojećeg stanja kanalizacionog sistema grada Vranja.

Ključne reči: modeliranje kanalizacionih sistema, upravljanje kanalizacionim sistemima

ROLE OF MODELING OF SEWER SYSTEMS IN THE ANALYSIS OF THE CITY OF VRANJE SYSTEMS

Abstract: In order to achieve the best effects in planning, design, construction and exploitation of sewerage systems, it is necessary to have a knowledge of all the elements, their functions and ways of operation in the system framework as a whole. The use of modern information technology, simulation and optimization models, significantly facilitates acquiring knowledge of the system elements function and their hydraulic parameters and ensures that the problems in the system are detected on time, removed and reduced to the economic acceptable limits, and that the new investments are realized after solving these problems.

The paper points to the great importance of the implementation of simulation models for the analysis of the sewerage systems, and particularly for the analysis of the current state of the sewerage system of the city of Vranje.

Keywords: sewerage system modelling, sewerage system management

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

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

³ dipl.inž.el. Dejan Dimitrijević, dejan.dimitrijevic@nisparking.rs

1 UVOD

Gradski kanalizacioni sistemi su jedni od najvažnijih javnih infrastrukturnih sistema koje gradovi i drugi korisnici koriste i održavaju. Dužina kanalizacionih sistema, čak i manje razvijenih zemalja, meri se desetinama, pa i stotinama hiljada kilometara, a troškovi njihove izgradnje i održavanja stotinama miliona, pa i milijardama dolara.

I pored njihovog izuzetnog značaja kanalizacioni sistemi, kako u velikim, tako i u malim gradovima širom sveta su u veoma lošem stanju i u njihovoj eksploataciji se javljaju veliki problemi, koji u mnogim slučajevima dostižu alarmantne razmere. Problemi se javljaju uglavnom zbog nedostatka finansijskih sredstava, lošeg održavanja ili neadekvatog projektovanja i izgradnje sistema, a najčešće su posledica stava komunalne organizacije da je kanalizacioni sistem "ružno pače" i da, obzirom da je ispod zemlje, o njemu ne treba previše voditi računa, tako da se u sistemu oštećenja i problemi javljaju mnogo brže nego što se rešavaju.

O kontroli i upravljanju kanalizacionog sistema nekog naselja, kako u svetu tako i kod nas, počinje da se govori tek onda kada se više ne mogu podnositi postojeći (ne)sanitarni i (ne)higijenski uslovi življenja i rada u naselju. Vreme u kojem živimo nagomilano je paradoksima pa nije čudno ni to da se planiranju kanalizacionih sistema češće pristupa kao posledici lošeg stanja u kanalizacionom sistemu nego kao preventivi da se spreče takve stanja i (ne)prilike. U stvari, sanitarno-higijenski uslovi direktno su zavisni od vodovodnog i kanalizacionog sistema koji čine okosnicu komunalne higijene. Iskustva razvijenih zemalja sveta pokazuju da nema efikasne zaštite vodnih resursa bez efikasnog planiranja, dimenzionisanja, organizacije, upravljanja i samog rada kanalizacionog sistema i na ovoj činjenici su bazirana savremena rešenja upravljanja urbanim sistemima za odvođenje otpadnih voda i zaštite vodnih resursa od zagađenja.

Ubrzani razvoj kompjuterskih tehnologija, razvoj i dostupnost programskih paketa namenjenih modeliranju i optimizaciji, analizama, planiranju i upravljanju kanalizacionim sistemima, značajno olakšava upoznavanje funkcije elemenata sistema, njihovih hidrauličkih parametara i njihovu verifikaciju i omogućava da se problemi u sistemu blagovremeno otkriju, kvantifikuju i smanje do ekonomski opravdanih granica, a da se u nove investicije ulazi tek po okončanju prethodno navedenih poslova. Treba napomenuti, da jedino analize i rezultati koji su verifikovani odgovarajućim merenjima hidrauličkih

parametara mogu biti polazište za ocenu postojećeg sistema, planiranje upravljačkih dejstava ili planiranje proširenja/rekonstrukcije sistema.

Danas za modeliranje kanalizacionog sistema kao, ključne komponente upravljanja u realnom vremenu, postoji veliki broj softverskih paketa. Većina softverskih paketa koji se danas koriste bazirana je na programu SWMM koji je razvijen krajem sedamdesetih i početkom osamdesetih godina u US EPA i koji je, uključujući i fortranski kod, besplatan.

U ovom radu se ukazuje na veliki značaj primene simulacionih modela za analizu stanja u kanalizacionim sistemima, na primeru analize postojećeg stanja kanalizacionog sistema grada Vranja. Ovakav pristup omogućava predviđanje odgovora realnog sistema u najrazličitijim uslovima eksploatacije i definisanje najpovoljnijih upravljačkih dejstava čiji efekat će biti procenjen na modelu, pre nego što se vreme, novac i materijal ulože u fizički deo sistema. Sve ovo je od izuzetne važnosti, ne samo sa sanitarnog aspekta, već i sa aspekta racionalnog korišćenja finansijskih sredstava, obzirom da izgradnju i eksploataciju komunalnih sistema zahteva velika materijalna sredstva.

2 KANALIZACIONI SISTEM GRADA VRANJA

Grad Vranje se prostire na teritoriji od oko 860 km². Gradu Vranje, pripad 105 naselja, od kojih dve gradske opštine (Vranje i Vranjska Banja) i 103 seoska naselja, administrativno organizovanih u okviru 32 Mesne zajednice i 21 Mesnoj kancelariji. Vranje je ekonomski, politički i kulturni centar Pčinjskog okruga. Prema popisu stanovništva iz 2011. godine, na području grada Vranja ukupno je popisano 75.933 stanovnika, odnosno 22.691 domaćinstvo. Privredni potencijali razmatranog područja su pratili sudbinu stanja u Republici u celini. Nestabilna politička situacija, uvedene sankcije, tranzicija i restrukturiranje preduzeća, doveli su do značajnog pada proizvodnje, a s tim i do ekonomskih problema.

U pogledu komunalne delatnosti, može se reći da je u gradu najviše urađeno na uređenju saobraćajnica i elektrifikaciji svih naselja u gradu, dok je hidrotehnička komunalna infrastruktura mnogo skromnije realizovana.

Vranje je jedan od gradova u Srbiji gde je problem atmosferskih voda nerešen. Atmosferska kanalizacija je izgrađena samo u nekim gradskim ulicama, i ne rešava globalni problem Vranja, koji je najizraženiji u proleće i jesen, kada su i padavine najveće. Zbog

prirodnog nagiba grada, postojeća kanalizacija opšteg sistema je nedovoljna da primi svu otpadnu vodu i kišnicu koja se sliva u gradsku kanalizaciju, gde se meša sa fekalijama i često izliva.

Vranje nema postrojenje za prečišćavanje otpadnih voda i otpadne vode se izlivaju u recipijent bez ikakvog prečišćavanja. Kada su u pitanju industrijske otpadne vode, uglavnom se održala odgovarajuća njihova kontrola i neophodan predtretman, mada i sa promenljivim efektima.

Posebno se ističe problematika u seoskim naseljima, gde u većini slučajeva nije rešeno ni pitanje korektnog javnog vodospisivanja i voda se zahvata iz primitivnih kaptaža ili sopstvenih bunara, a otpadne vode se izlivaju u najbliže kanale, potoke ili neodgovarajuće septičke jame. Korektno izgrađene septičke jame su dosta retke.

2.1 POSTOJEĆE STANJE KANALIZACIONOG SISTEMA

Izgradnja javne kanalizacije u Vranju datira od šezdesetih godina prošloga veka. Kanalizacija je građena po separacionom sistemu, međutim, izgradnja kišne kanalizacije znatno kasni za fekalnom. Dok je ukupna dužina fekalne kanalizacije oko 85 km i pokriva oko 75% područja naselja, dužina izgrađene kišne kanalizacije iznosi svega oko 3 km, ili manje od 10% potrebnog obima. Cevni materijal je keramika, PVC, a u manjoj meri beton i azbest-cement. Glavni kolektori su prečnika Ø400 do Ø500. Javnom kanalizacijom su prihvaćene uglavnom i sve industrijske otpadne vode, koje se pretežno bez predtretmana izlivaju u gradsku kanalizaciju. Evakuacija otpadnih voda se vrši preko četiri kolektora i izliva, u tri različita recipijenta-pritoke Reke Južne Morave.

Laboratorije koje su povremeno kontrolisale kvalitet otpadnih voda, na žalost, nisu detektovale i kvantitativne karakteristike. S toga su ukupne količine otpadnih voda procenjene na oko 200 l/s. Međutim, zbog nerazvijenosti atmosferske kanalizacije, postoje neregularni priključci kišnice, što izaziva preopterećenje i zagušenje mreže u vreme kiša, posebno u nižim delovima grada, odnosno području sa većom koncentracijom površinskog oticaja.

Na osnovu sprovedenih anketa, izvršenih kontakata i obilaska relevantnih subjekata na terenu, dobijen je dosta skroman fond podataka o karakteristikama otpadnih voda na razmatranom prostoru.

Tabela 1- Struktura potrošnje vode u 2012.godini

Potrošnja vode vodovodnog sistema grada Vranja					
	(m ³ /mes.)	(m ³ /god)	(l/s)	(l/kor.dn)	(%)
Zahvaćeno	637333	7648000	243	304	100
Stanovništvo	276083	3313000	105	132	43
Industrija	250000	3000000	95	119	39
Nefakturisano	111250	1335000	42	53	17

Specifična potrošnja generalno zavisi od standarda stanovništva, privrednih aktivnosti, klimatskih i društvenih činilaca. U relativno bliskoj budućnosti ne može se očekivati značajnije poboljšanje ekonomskih prilika i stanja u privredi. U perspektivi bi trebalo računati na određeno upošljavanje privrednih kapaciteta koji sada postoje i njihove mogućnosti razvoja. Od ukupne količine voda koje predstavljaju potrebe za vodom, procenjeno je da će oko 85% dospeti u kanalizacioni sistem. Kako potrebe za vodom variraju u toku godine, sezone, meseca i dana, to saglasno potrošnji vode varira i produkcija otpadnih voda, što treba imati u vidu prilikom dimenzionisanja objekata za njihovo prikupljanje, evakuaciju i prečišćavanje.

Kvalitet komunalnih otpadnih voda uglavnom je poznat, uz izvesne varijacije u zavisnosti od veličine naselja, stepena urbanizacije i priključenosti industrije. Osnovne grupe materija u ovim otpadnim vodama su organskog i neorganskog porekla, pri čemu one mogu biti u suspendovanom ili rastvorenom stanju. Za razliku od komunalnih otpadnih voda, industrijske otpadne vode sadrže širi spektar zagađujućih supstanci, a moguće su i sezonske i dnevne varijacije kvaliteta.

Kao što je već rečeno, postojeća kanalizaciona mreža je građena po separacionom sistemu. Međutim, kako izgradnja kišne kanalizacije znatno zaostaje za izgradnjom fekalne, što zbog „divljih“ ili pogrešnih priključaka, što zbog doticaja kroz otvore na šahtnim poklopcima, u vreme kiša pojačan je priliv atmosferskih voda u kanalizaciju za otpadne vode. Iz tog razloga, treba intenzivirati aktivnosti na daljoj izgradnji kišne kanalizacije. Takođe je u interesu opšte sanitacije naselja neophodna i dogradnja fekalne kanalizacije u delovima naselja gde ona još ne postoji.

2.2 HIDRAULIČKI MODEL KANALIZACIONOG SISTEMA

Za analizu stanja postojećeg kanalizacionog sistema za prikupljanje otpadnih voda od svih korisnika u gradu i odvođenje do do izliva u recipijent, razvijen je hidraulički model kanalizacionog sistema, korišćenjem kompijuterskog programa EPA SWMM.

S obzirom da je atmosferska kanalizacija vemo malo izgrađena, kanalizacioni sistem grada je modeliran kao mešoviti sistem kanalisanja.

Hidrauličkim modelom obuhvaćen je glavni odvodni kolektor i svi kolektori prvog i drugog reda dužine oko 40 km, dok su kolektori trećeg reda, koji nemaju bitniji uticaj na hidrauliku sistema, uklonjeni i zamenjeni odgovarajućom količinom otpadnih voda u čvorovima. Skeletizacijom kanalizacione mreže Vranja, dobijen je hidraulički model sa sledećim karakteristikama: 80 čvorova, 80 podslivova, 77 deonica i tri izliva. Skeletizovana kanalizaciona mreža grada Vranja i njeni elementi koji su obuhvaćeni hidrauličkim modelom prikazani su na slici 1.



Slika 1 – Skeletizovana kanalizaciona mreža grada Vranja

Karakteristike kanalizacionog sistema (dužine deonica, kote čvorova), kao i opterećenje od industrije, stanovništva i atmosferskih voda definisane su na osnovu raspoložive dokumentacije i konsultacija sa predstavnicima javnog preduzeća "Vodovod" Vranje.

Maksimalna dnevna količina sanitarnih voda u čvorovima je sračunata na osnovu broja stambenih

jedinica koje pripadaju određenoj deonici, odnosno određenom čvoru. Računska količina atmosferskih voda je sračunata na osnovu intenziteta padavina za razmatrano područje, koeficijenta oticanja i površine sliva za svaku slivnu površinu. Ukupne količine otpadnih voda za svaki čvor sračunate su kao zbir sanitarnih i industrijskih otpadnih voda za one čvorove gde se pojavljuju industrijski zagađivači, odnosno industrijske otpadne vode i atmosferskih otpadnih voda.

Dinamičke simulacije su vršene za period od 24 časa, na osnovu hidrograma oticaja dvogodišnje kiše i sa usvojenim promenama koeficijenta časovne neravnomernosti za različite kategorije potrošača.

Napominje se da merenja u kanalizacionom sistemu za potrebe testiranja i kalibracije modela nisu vršena. Sličnost modela sa stvarnim stanjem distributivne mreže je konstatovana u konsultacijama sa predstavnicima JP "Vodovod" Vranje.

2.3 ANALIZA REZULTATA MODELIRANJA

Na hidrauličkom modelu izvršene su dinamičke simulacije rada kanalizacionog sistema grada Vranja, u periodu od 24 časa, za maksimalne dnevne količine sanitarnih voda od stanovništva i industrije $Q_{\max, \text{dn}}=240,48$ l/s i za maksimalne atmosferske vode $Q_{\max, \text{atm}}=9756,38$ l/s.

Kanalizaciona mreža se analizira u trenucima najvećeg opterećenja, a to je 7:00 (najveće količine sanitarnih otpadnih voda od stanovništva i industrije) i 09:30 (najveće količine atmosferskih otpadnih voda prema hidrogramu oticaja za dvogodišnje kiše).

Na slici 2. su prikazani rezultati plavljenja u čvorovima za ceo model kanalizacionog sistema grada u trenutku najveće količine otpadnih voda od stanovništva i industrije (7:00 h). Iz priloženih rezultata se vidi da se javljaju plavljenja u delu kanalizacione mreže, koja u nekim nizvodnim kontrolnim oknima u blizini izliva iznose i do 50 l/s.

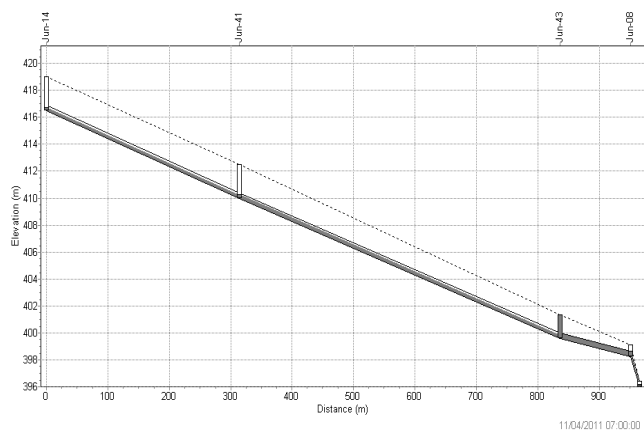
Na slici 3. prikazano je stanje na karakterističnoj deonici glavnog kolektora od KO14 do izliva u trenutku najveće količine otpadnih voda od stanovništva i industrije (7:00) iz koga se vidi da se javlja izlivanje otpadne vode u čvoru 43.



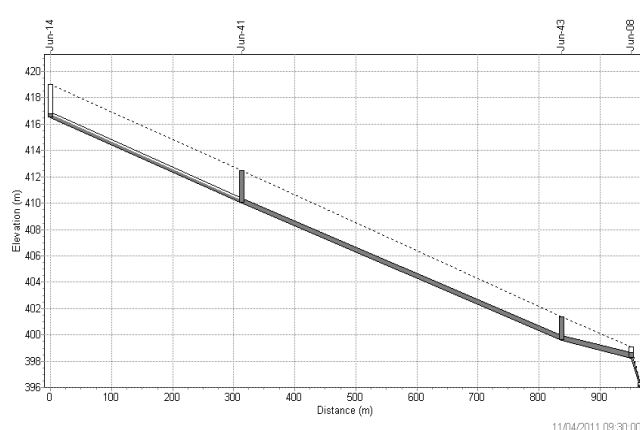
Slika 2 – Plavljenje u čvorovima u 7:00 h (najveće količine sanitarnih voda)



Slika 4 – Plavljenje u čvorovima u 9:30 (najveće količine atmosferskih otpadnih voda)



Slika 3 – Podužni profil karakteristične deonice glavnog kolektora od KO14 do izliva u 7:00 h (najveće količine sanitarnih voda)

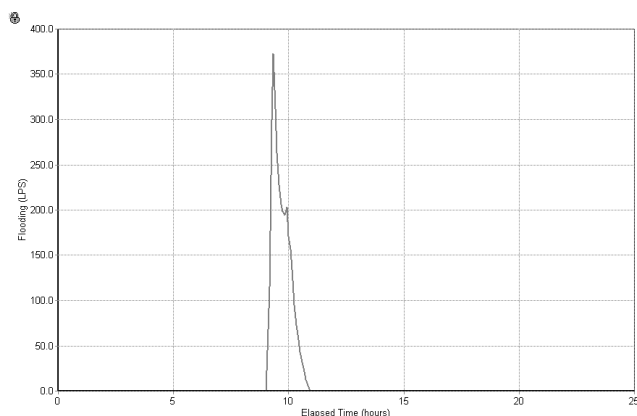


Slika 5 – Podužni profil karakteristične deonice glavnog kolektora od KO14 do izliva u 9:30 (najveće količine atmosferskih otpadnih voda)

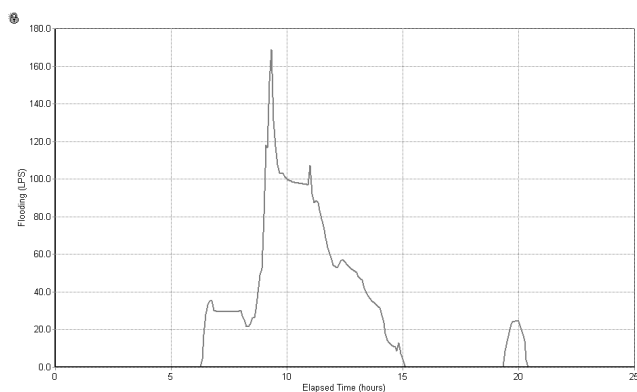
Na slici 3. su prikazani rezultati plavljenja u čvorovima za ceo model kanalizacionog sistema grada u trenutku najveće količine atmosferskih otpadnih voda (9:30). Iz priloženih rezultata se vidi da se samo u nekoliko kontrolnih okana kanalizacione mreže ne javlja plavljenje, dok se u svim ostalim kontrolnim oknima javlja plavljenje, koje u nekim kontrolnim oknima iznosi više od 100 l/s. Na slici 5. prikazano je stanje na karakterističnoj deonici glavnog kolektora od KO14 do izliva u trenutku najvećih količina atmosferskih padavina (9:30 h), iz koga se takođe vidi da se skoro u svim kontrolnim oknima javlja izlivanje otpadnih voda.

Na slikama 6. i 7. su prikazani rezultati plavljenja u karakterističnim čvorovima 41 i 43 glavnog kolektora, koji se nalazi neposredno ispred izliva otpadnih voda, za vreme trajanja simulacije, iz kojih se vidi da plavljenje u ovim čvorovima traje po nekoliko sati i da u čvoru 41 u trenutku najveće količine atmosferskih otpadnih voda prelazi 350 l/s, a u čvoru 43 prelazi 160 l/s.

Ostali rezultati se zbog obimnosti ne prilažu, a nalaze se u arhivi Laboratorije za Sanitarnu tehniku Građevinsko-arhitektonskog fakulteta u Nišu.



Slika 6 – Izlivanje otpadnih voda u karakterističnom kontrolnom oknu 41 glavnog kolektora za vreme trajanja simulacije



Slika 7 – Izlivanje otpadnih voda u karakterističnom kontrolnom oknu 43 glavnog kolektora za vreme trajanja simulacije

Analizom rezultata dinamičkih simulacija, uočeni su problemi koji se javljaju u kanalizacionom sistemu grada Vranja pri pojavi padavina reda dvogodišnje kiše. U periodima sa maksimalnim količinama sanitarnih voda od stanovništva i industrije i maksimalnim atmosferskim vodama u toku dana javlja se preopterećenje sistema i izlivanje značajnih količina vode iz kontrolnih okana, skoro u celoj kanalizacionoj mreži. Pri pojavi padavina reda desetogodišnje kiše stanje u mreži je još nepovoljnije.

2.4 PRIMENA DOBIJENIH REZULTATA

Faza primene modela podrazumeva pre svega definisanje optimalnih strategija upravljanja (identifikacija tehničkih problema u sistemu i definisanje prioriteta rešavanja; definisanje strategije upravljanja sistemom u redovnim, vanrednim i ekscenim situacijama), optimizacija hidrauličkog režima rada (režim rada ustava, regulatora protoka,

pumpnih stanica), poboljšanje kvaliteta vode u sistemu (kontrola propagacije zagađenja; kontrola ekscenih zagađenja), planiranje optimalnog razvoja sistema (automatizacija upravljanja sistemom; planiranje proširenja sistema), a zatim i konkretnu primenu modela u upravljanju komunalnim sistemom.

Iako nije izvršena kalibracija hidrauličkog modela kanalizacionog sistema grada Vranja i nije kvantifikovana sličnost modela sa stvarnim stanjem kanalizacione mreže, razvijeni inicijalni model je znatno pomogao da se bolje upozna stanje u kanalizacionom sistemu i otkriju problemi koji se javljaju u njegovoj eksploataciji. Analizom rezultata dinamičkih simulacija na ovom modelu ustanovljeno da u sadašnjim uslovima, kapacitet kanalizacione mreže ne zadovoljava potrebe stanovništva grada Vranja pri većim padavinama i da treba preduzeti određene mere na rešavanju problema koji se javljaju u sistemu.

Da bi model bio upotrebljiv za dalje analize i istraživanja i za modeliranje kako sadašnjeg, tako i budućeg stanja kanalizacionog sistema grada, pre svega treba izvršiti merenja na terenu i uporediti sa rezultatima koji su dobijeni na modelu, odnosno kalibrisati model.

Na kalibrisanom modelu dalje se mogu vršiti dinamičke simulacije efekata različitih kratkoročnih (povećanje prečnika cevi na pojedinim deonicama) i dugoročnih mera (prelazak na separadni sistem kanalizacije) za poboljšanje stanja, na osnovu kojih će biti definisana optimalna rešenja za rešavanje problema u kanalizacionom sistemu grada Vranja.

Treba napomenuti da razvoj modela po pravilu zahteva značajno vreme i angažovanje kadrova i finansijskih sredstava. Trajanje i troškovi razvoja modela veoma se teško mogu proceniti bez detaljne analize konkretnog problema, jer zavise od velikog broja faktora, pre svega od: stanja komunalnog sistema, raspoloživih podloga i podataka, kvaliteta i pouzdanosti merne opreme koja će biti korišćena programskih ciljevi i prioriteta, zahtevane tačnosti modela, kvaliteta i pouzdanosti softvera koji će biti korišćen za modeliranje, obučenosti kadrova.

Iako su finansijska ulaganja u razvoj modela i upravljanje u realnom vremenu značajna, ona su višestruko manja od ulaganja u bilo kakve intervencije na fizičkom delu sistema i veoma brzo se revalorizuju kroz uštede pri njegovoj eksploataciji. Osim toga u primeni ovakvih rešenja, moguće je početi primenu jednostavnijih rešenja da bi se kroz postepenu realizaciju sistema merenja, prenosa podataka, matematičkog modela i ostalih komponenti upravljačkog sistema polako prelazilo na kompleksnije modele upravljanja.

3 ZAKLJUČAK

Zbog izuzetnog značaja kanalizacionih sistema i velikih problema koji se javljaju u njihovoj eksploataciji danas se u svetu njihovom planiranju i upravljanju poklanja velika pažnja, primenom savremenih informatičkih tehnologija. Savremeni pristup planiranju i upravljanju kanalizacionim sistemima kod nas najčešće imaju podršku, ali u praksi na ovom pristupu nije mnogo učinjeno.

U ovom radu se još jedanput ukazuje na značaj primene simulacionih modela za analizu stanja u kanalizacionim sistemima, na primeru kanalizacionog sistema grada Vranja.

Kao što je i u radu prikazano, analizom rezultata simulacija čak i na inicijalnom modelu sistema, koji nije kalibrisan, mogu se dobiti veoma značajne informacije o sistemu.

ZAHVALNOST

Istraživanja prezentovana u ovom radu finansirana su od strane Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije, u okviru projekta "Razvoj sistema podrške odlučivanju za potrebe integralnog upravljanja vodnim resursima na slivu", ev. broj TR37018.

LITERATURA

- [1] Trajković, M.: *Diplomski rad*, Građevinsko-arhitektonski fakultet, Niš, 2011.
- [2] *Generalni projekat sakupljanja, odvođenja i prečišćavanja otpadnih voda grada Vranja*, Institut za vodoprivredu "Jaroslav Černi", 2005.
- [3] Milićević, D., Milenković, S., Nikolić, V., 2004.: *Uloga modeliranja vodovodnih sistema u planiranju proširenja/rekonstrukcije sistema na primeru Prokuplja*
- [4] Jahić, M.: *Urbani kanalizacioni sistemi*, Sarajevo, 1985.
- [5] Milićević D., Milićević S.: *Integralno upravljanje komunalnim sistemima za dispoziciju otpadnih voda, Sedma međunarodna konferencija "Vodovodni i kanalizacioni sistemi", Poslovno udruženje vodovoda republike Srpske, Poslovno udruženje vodovoda i kanalizacije Srbije, Udruženje za tehnologiju vode i sanitarno inženjerstvo Beograd, Jahorina 10-12.05.2007., Zbornik radova, str. 144-152, ISBN 978-86-82931-22-5*
- [6] Milićević D., Milićević S.: *Water Distribution and Sewer System Modeling Like Prereasons of Succesfull Reconstruction/Rehabilitation, International Conference on Water Observation And Information System For Decision Support - BALWOIS 2010, Topic 6: Computing & Technologies, http://balwois.com/balwois/administration/ful_paper/ffp-1822.pdf, Ohrid, Macedonia, 25-29. May 2010., pp. ffp-1822: 1-12*

UDC 711.523-16(497.11 Leskovac)

URBANISTIČKO-ARHITEKTONSKO REŠENJE UREĐENJA CENTRALNE ZONE LESKOVCA

Aleksandra Kostić¹, Danica Stanković², Ivana Stanković³, Milun Rančić⁴

Rezime: U radu je prikazano konkursno rešenje za urbanističko-arhitektonsko uređenje centralne zone grada Leskovca, koje je realizovano u sklopu javnog konkursa 2013. godine. Tema urbanističko- arhitektonske studije jeste rekonstrukcija i revitalizacija centralnog gradskog područja. Osnovna intencija ovog istraživanja, analize postojećeg stanja i predloga urbanističko-arhitektonskog rešenja bilo je unapređenje centralnog gradskog prostora i kreiranje gradu nedostajućih vrednosti u cilju zadovoljenja brojnih potreba zajednice.

Ključne reči: urbanizam, arhitektura, rekonstrukcija, revitalizacija, centralno gradsko područje

URBAN AND ARCHITECTURAL SOLUTIONS OF THE CENTRAL ZONE IN LESKOVAC

Abstract: This paper presents the competition's solution of urban-architectural organization of the central zone of the city of Leskovac, which was realized throughout the public competition in 2013. The theme of urban-architectural study is the reconstruction and revitalization of the central city area. The main aim of this study, the analysis of the present conditions, and the suggestions of urban-architectural solution were promoting the central city area and creating of city missing values, in order to meet the needs of our citizens.

Keywords: reconstruction, transformation, redevelopment, Convention Center

¹ Doktorant Građevinsko-arhitektonskog fakulteta Univerziteta u Nišu, dipl.inž.arh.

² Docent Građevinsko-arhitektonskog fakulteta Univerziteta u Nišu, dipl.inž.arh.

³ Diplomirani inženjer arhitekture

⁴ Apsolvent arhitekture

1 UVOD

U radu je dat prikaz nagrađenog konkursnog rešenja za urbanističko-arhitektonsko uređenje centralne zone Leskovca. Konkurs je organizovan u cilju definisanja novog koncepta centralne zone Leskovca, gradskog parka i prostora u njegovoj neposrednoj blizini, kao heterogene strukture koju formiraju skup različitih, prepoznatljivih prostorno-ambijentalnih mikrocelina i centralni motiv trga u delu gradskog parka, s namerom da usvojeno rešenje predstavlja osnov za izradu plana detaljne regulacije i projekta uređenja centralne zone. Raspisivači javnog idejnog konkursa su Grad Leskovac i JP Direkcija za urbanizam i izgradnju Leskovac. Konkurs je realizovan novembra 2013. godine.

Rad sadrži analizu predoženog koncepta uređenja, diskusiju rešenja glavnih pešačkih i saobraćajnih tokova, prikaz uređenja keja, parkovskih površina, kao i istaknutih prostornih motiva.



Slika 1 – Granica obuhvata konkursa

2 KONCEPTUALNE POSTAVKE

Idejno rešenje nastalo je sa ciljem da se kreira jedan novi gradski prostor na temeljima postojećeg, nova gradska celina sa svim kvalitetima koje bi centralno područje grada sa parkom trebalo da sadrži. Posebna pažnja posvećena je stvaranju specifičnog ambijenta na mikroklimatskom nivou i socijalne atmosfere koja bi unapredila postojeće i nadomestila one vrednosti koje gradu trenutno nedostaju.

Koncept urbanističko-arhitektonskog rešenja bazira se na revitalizaciji i rekonstrukciji centralnog gradskog jezgra, a zatim na modifikaciji postojećeg saobraćajnog rešenja, pri čemu je osnovni zadatak formiranje trga i povezivanje dominantnih pešačkih pravaca i mesta okupljanja. Radikalniju meru rekonstrukcije centralnog gradskog prostora predstavlja predlog koji podrazumeva uvođenje mirujućeg saobraćaja u vidu podzemne garaže.

Pored formiranja višenamenskog trga, sa pratećim sadržajima i površinama, predviđa se rekonstruisanje



Slika 2 – Pogled na lokaciju, postojeće stanje

postojećih i projektovanje novih celina, sa takođe novim, osmišljenim sadržajima kulture i zabave. Uvode se nove forme okupljanja, uređuju parkovske površine i oplemenjuje potez sa istočne obale reke Veternice. Akcenat je na formiranju dominane pešačke promenade kao mesta ispunjenog smislom i novom socijalnom energijom koja datom području trenutno nedostaje. Prostor obuhvaćen konkursom u celini je prilagođen kretanju osoba sa posebnim potrebama, u skladu sa važećim standardima i normativima.



Slika 3 – Predlog rešenja

Na osnovu navedenog, mogu se izdvojiti nekoliko osnovnih segmenata urbanističko-arhitektonskog rešenja:

- formiranje višenamenskog trga;
- naglašavanje pešačkog poteza u vidu koridora u cilju povezivanja trga sa ulicom Svetozara Markovića;
- uvođenje mirujućeg saobraćaja u vidu podzemne garaže, kao i parkiranja u okviru zona usporenog saobraćaja, koje su predviđene za saobraćaj pešaka i vozila, gde se prednost daje pešacima;

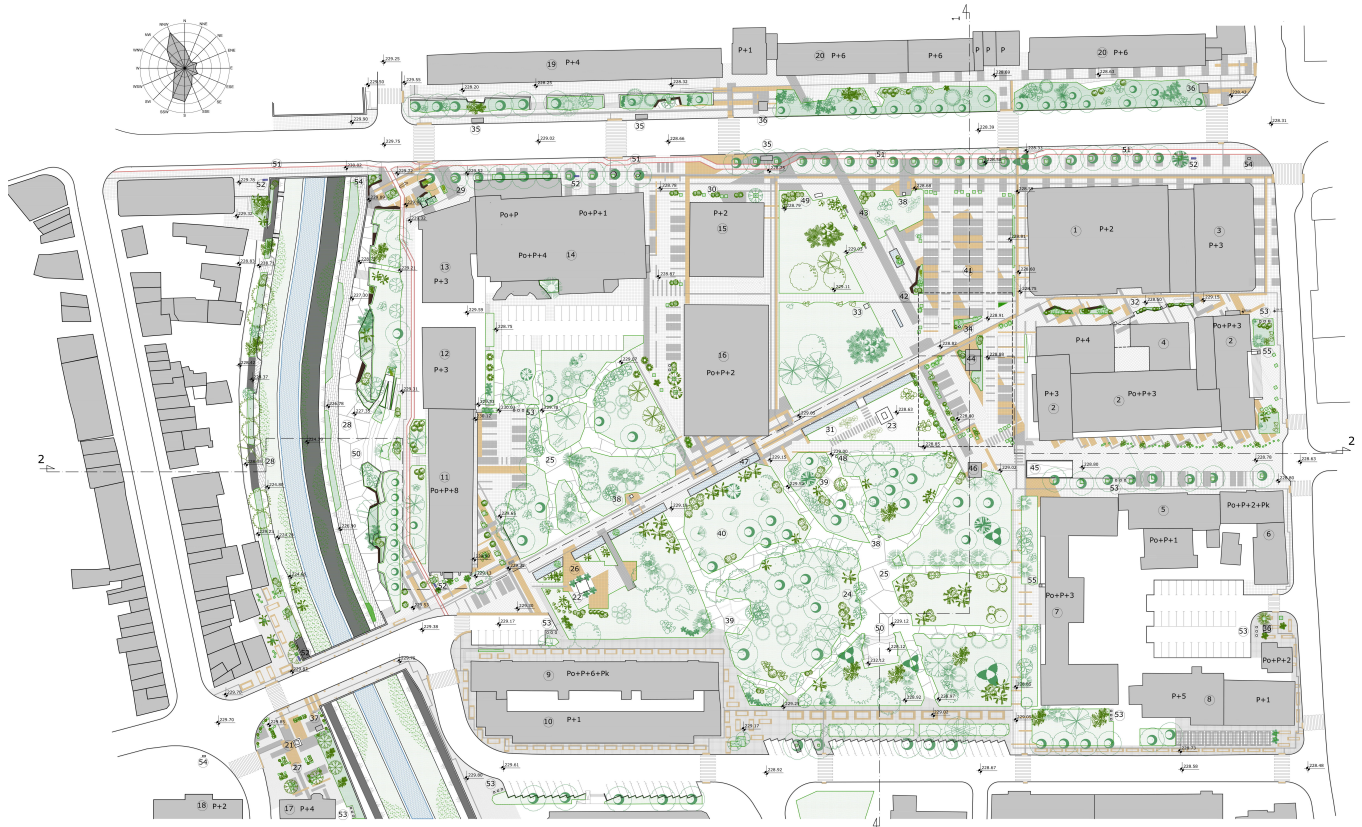
- uvođenje novih sadržaja – novoprojektovane amfiteatarske forme na keju i u parku, biciklistička staza, solarni punjač za mobilne telefone;
- uređenje platoa kao mesta okupljanja, na fokalnim tačkama kod spomen-česme ispred apoteke „Sutjeska”, kod spomenika oslobođiocima iz ratova 1912-1918.godine, „Foto-Bate”, i ispred „Modne kuće”;
- uređenje parkovskih i drugih slobodnih površina;
- uređenje keja - poteza uz istočnu obalu reke Veternice;
- uređenje poteza između robne kuće “Beograd” i Doma sindikata, kao zone namenjene ugostiteljskim sadržajima;
- rekonstrukcija sadržaja namenjenih deci, u vidu dva igrališta u okviru parka.

rešavanja trga analizirani su njegovi budući elementi (namena, oblikovanje i visina ivične izgradnje, pejzažno uređenje i uređenje površine trga, urbana oprema i dizajn), kao i njihovi mogući odnosi.

Problem parkiranja, koji je naročito izražen u prepodnevним časovima, uticao je na definisanje trga koji je osmišljen tako da se u prelaznoj fazi uređenja sastoji iz dve podceline različitih uslova korišćenja:

- slobodna površina trga koja se, do izgradnje podzemne garaže, koristi za parkiranje do 16h, a nakon 16h postaje mesto okupljanja, i
- deo trga obogaćen sadržajima u vidu grupacija elemenata za sedenje, zelenih i vodenih površina, kao i poteza koji će se koristiti za izložbe na otvorenom. U ovom delu u toku čitavog dana omogućeno je nesmetano kretanje pešaka i odvijanje događaja.

Podceline mogu da funkcionišu nezavisno jedna od druge do 16 h, kada problem parkiranja postaje manje



Slika 4 – Prikaz situacionog plana predmetnog konkursnog obuhvata

3 TRG I PEŠAČKA PROMENADA

Uređenje trga kao višenamenskog prostora javnog karaktera temeljeno je na određivanju uslova korišćenja koji će omogućiti živost događaja, ali i postizanje što veće funkcionalnosti. Prilikom

izražen, i kada se one funkcionalno povezuju u jedinstven prostor koji u potpunosti dobija svoju pravu namenu.

Kako u pogledu visinske regulacije ivične izgradnje oko trga vizuelna uravnoteženost nije uspostavljena, izvršene su korekcije u tom pravcu. Postojeća spratnost „Modne kuće” povećana je za jednu etažu, čime je postignuta skladnost u tom

pogledu. Kako je predviđeno da objekat „Modne kuće” promeni namenu u objekat kulturne, odnosno multifunkcionalni centar, njegova fasada je u cilju promovisanja novog sadržaja u potpunosti preoblikovana. Fasade ostalih objekata na predmetnom području uglavnom su redizajnirane u smislu materijalizacije, odnosno predložena je revitalizacija sa energetsom sanacijom.



Slika 5 – Prostor trga

U nameri da se ublaži osećaj preterane izgrađenosti, doprinese reprezentativnosti trga i učini prostor prijatnijim za boravak, pristupljeno je pejzažnom uređenju trga. U procesu kreiranja prostora trga jedna od smernica bio je princip mekog oivičavanja, odnosno izbegavanje naglih prelaza između objekata koji okružuju trg i popločanih površina koje ga definišu u horizontalnom smislu. Trg je formiran na način da se postojeći zeleni sloj u najvećoj meri zadrži, i da se upotpuni novom vegetacijom uvedenom kroz raznolike forme grupacija visokog, srednjeg i niskog zelenila.

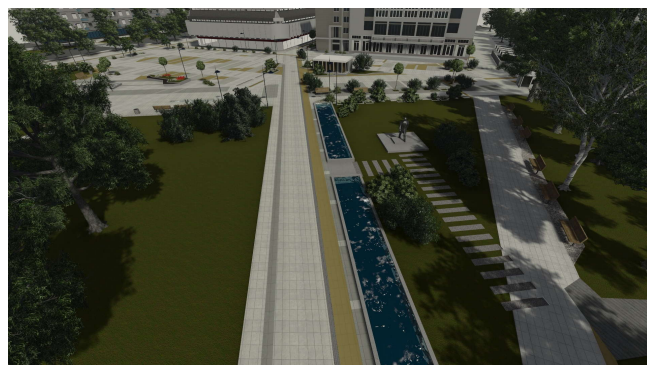


Slika 6 – Bočni prilaz

Kako prostor trga podstiče okupljanje, usporava kretanje i postaje mesto prema kome se stanovnici kreću, bilo je potrebno obezbediti kvalitetno uređenje i zanimljivo korišćenje prostora. Primenjena urbana oprema, njen raspored i dizajn omogućavaju ugodno

zadržavanje, dobru preglednost i sigurnost kretanja, a ujedno čine prostor trga prepoznatljivim i povezanim sa prostorima koji se na njega nadovezuju.

Pešački putevi povezuju delove trga različitih uslova korišćenja - odmorišta, mesta okupljanja i stajališta javnog prevoza, ali i povezuju prostor trga sa pristupnim ulicama i fokalnim tačkama u bliskom okruženju.



Slika 7 – Dominantna pešačka komunikacija

Pri uređenju trga istraženi su i očuvani postojeći smerovi kretanja i pristupa. Trg se povezuje sa budućom pešačkom ulicom Svetozara Markovića preko dominantnog pešačkog poteza, koji se uliva u prostor trga. Ovaj pravac pešačke komunikacije, koja je nekad predstavljala glavnu ulicu i prolazi dijagonalno kroz današnji park, naglašen je tipom popločanja i u dimenzionalnom smislu značajnijom vodenom površinom koja sugerise prisustvo reke. Upravno na ovu pešačku promenadu, nadovezuju se rekonstruisani prostori kod spomenika Kosti Stamenkoviću, zatim kod spomenika oslobodiocima iz ratova 1912–1918. godine i plato kod apoteke “Sutjeska”, koji urbanim oblikovanjem dobijaju na značaju i prerastaju u prepoznatljive prostorno-ambijentalne mikroceline. Na ovaj način kreirana je dinamična heterogena struktura centralne zone.

4 SAOBRAĆAJNO REŠENJE

Izmeštanje tranzitnih i teretnih tokova iz centralnog jezgra grada, predviđeno Generalnim urbanističkim planom grada Leskovca od 2010– 2020. godine, i ideja da se gradski centar etapno transformiše u jedinstvenu pešačku zonu, odredili su pristup saobraćajnom rešenju predmetnog područja.

Polazna tačka u procesu rešavanja mirujućeg saobraćaja je rasterećenje od prisustva vozila prostora predviđenog za trg, koje je trenutno izraženo u meri neadekvatnoj za ovako atraktivan i značajan deo

grada. Važnu meru rekonstrukcije ovog bloka predstavlja izgradnja podzemne garaže kapaciteta od 63 parking mesta. Izgradnja podzemne garaže predviđena je u dve faze, pri čemu se u prvoj fazi zadržava kolski pristup do višenamenskog dela trga (koji je u ovoj fazi još uvek namenjen parkiranju) iz produžetka ulice Moše Pijade, to jest između zgrade „Garnizona” i zgrade „Doma Sindikata”. U toku druge faze pristup vozila do višenamenskog dela trga privremeno se odvija sa Bulevara oslobođenja.

Nakon završetka druge faze trg dobija svoju pravu namenu, i postaje celovita struktura.

Kolski prilaz (produžetak ulice Moše Pijade, između zgrade „Garnizona” i „Doma Sindikata”) transformiše se u zonu usporenog saobraćaja, iz koje je predviđen i prilaz do podzemne garaže.

Mirujući saobraćaj u preostalom delu tretiranog područja organizovan je tako da obezbeđuje 255, dok ukupan, konačni broj parking mesta iznosi 318. U skladu sa konceptom saobraćajnog rešenja, predviđeno je da se parkiranje „na popločanju”, u okviru zona usporenog saobraćaja, vremenom



Slika 8 – Pogled na urbanističko arhitektonsko rešenje

postupno izmešta u podzemne i nadzemne garaže i otvorene parking prostore koje bi trebalo graditi van obuhvata bloka 1, a da se popločane površine integrišu u definisane pešačke pravce i platoe, kako bi čitav ovaj prostor postao jedinstvena pešačka zona. Bulevar oslobođenja, trenutno saobraćajnica prvog reda, u kontekstualnom smislu za građane Leskovca

celom svojom dužinom predstavlja linijski centar i glavni šetački pravac, što naročito važi za potez od Tehnološkog fakulteta do „Foto Bate”. S obzirom na ovu činjenicu, predlog je da se navedeni deo Bulevara vremenom transformiše u zonu usporenog saobraćaja, a nakon toga u pešačku zonu.

5 UREĐENJE KEJA I PARKOVSKIH POVRŠINA

Nakon analize faktičkog stanja, zaključeno je da je korito reke Veternice, u delu obuhvaćenim konkursom neadekvatno uređeno i relativno devastirano. Stoga je predloženo njegovo preoblikovanje u atraktivan prostor koji svojim karakteristikama privlači građane. Kej između mosta kod pošte i mosta na Bulevaru oslobođenja upotpunjen je amfitatarskom formom koja osim jednostavnog okupljanja može da omogući odvijanje kulturno-zabavnih sadržaja. Kako bi ovaj prostor bio dostupan i kretanju osoba sa posebnim potrebama, predviđena je rampa iz tri nivoa, nagiba 6%. Postojeći vegetacioni sloj je sačuvan, a novouvedene kaskadne forme su obogaćene novim zelenim grupacijama. Uvedene su niše za sedenje, a pešačke površine su obrađene na isti način kao i parkovske staze. Cilj u oblikovanju keja bilo je postizanje efekta izrastanja iz terena nad rekom.

Park je delimično rekonstruisan i zadržan kao površina javnog karaktera, koja sadrži mrežu puteva i



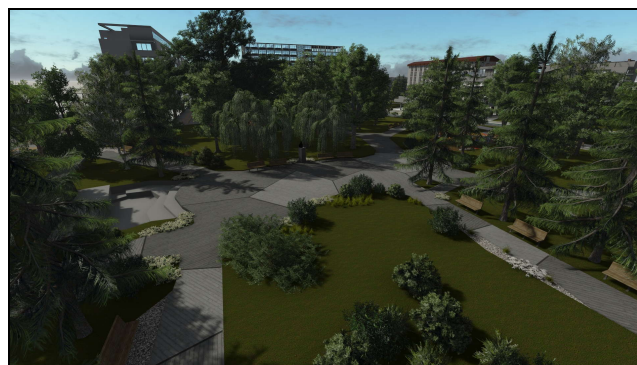
Slika 9 – Izgled rekonstruisanog keja

staza organske profilacije. Ova specifična nervatura organizovana je da povezuje njegove kompozicijske elemente: platoe, dečja igrališta, travnate površine.

Staze u parku pravilno raspoređuju posetioce po celoj teritoriji, tako da su njihove trase većim delom zadržane. Imajući u vidu da su staze između ostalog i dekorativni element parka, oblikovno su redizajnirane i sa ostalim elementima čine atraktivan pejzaž.

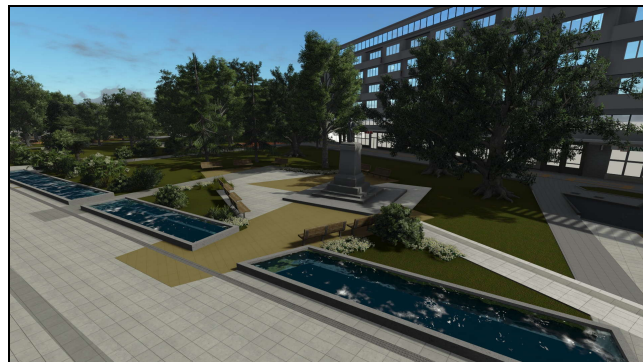
Postojeća vegetacija je sačuvana, a prostor je oplemenjen formiranjem novih pejzažnih kompozicija. Rekonstrukcija je izvršena u vidu malih intervencija, tako da je obim promena oblika zelenih površina minimalan. U okviru parka zadržane su postojeće zone mirnog odmora. Prostori predviđeni za dečju igru su rekonstruisani, vodeći računa o specifičnostima dečjeg odmora i igre. Uvedeni su novi centri okupljanja. Oblikovanje parkovske površine

izvršeno je tako da je obod parka u geometrijskom, a unutrašnjost sa zonama za mirni odmor i dečju igru u slobodnom, pejzažnom stilu.



Slika 10 – Prikaz revitalizovanog parka

U kompozicionom rešenju parka značajnu ulogu ima njegovo središte, koje predstavlja plato sa spomen-bistom i novoprojektovanim amfiteatarskim prostorom za odvijanje različitih vidova kulturno-zabavnih dešavanja.



Slika 11 – Uređen plato kod spomenika oslobodiocima iz ratova 1912-1918.godine

6 ZAKLJUČAK

Predloženo urbanističko-arhitektonsko rešenje proizašlo je iz potrebe da se stvori jedan funkcionalan gradski prostor, koji okuplja svoje građane i omogućava im kako ispunjenje sopstvenih potreba, tako i dublju socijalnu integraciju i osećaj pripadnosti gradskom prostoru u kojem borave. Osnovna intencija pri rešavanju bilo je formiranje novog gradskog prostora na temeljima postojećeg, stvaranje jedne posebne ambijentalne, socijalne, ekonomske, mikroklimatske celine koja bi unapredila

postojeće i nadomestila one vrednosti koje gradu trenutno nedostaju. Studija pokazuje primer stvaranja jednog novog, funkcionalno primamljivog i estetski privlačnog ambijenta centra grada, koji neguje sopstveni identitet, duh i tradiciju.

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.
- [6.] *Urban Transformation: Understanding City Form and Design*, P. Bosselmann, Island Press, 2008.
- [7.] *Umetničko oblikovanje gradova*, K. Zite, Građevinska knjiga, Beograd 2004.
- [8.] *Generalni urbanistički plan grada Leskovca od 2010 – 2020. godine*.
- [9.] *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.
- [10.] *The Evolution, Definition and Purpose of Urban Regeneration, A Handbook*, P. Roberts, H. Sykes (Ed.). Sage Publication, London
- [11.] "Zelena srca gradova", M. Butorac, D. Šimleša, *Društvena istraživanja: Journal for General Social Issues*, Vol. 16, No 6 (92), 2007.



UDK 929

**Ravnopravno partnerstvo u jugoistočnoj Evropi
– sećanje na prijatelja iz Sarajeva –**

Gunter Šmid¹

Ako se osvrnemo na istorijat programa za doktorante jugoistočne Evrope DYNET (Dynamic Network) i SEEFORM (South Eastern European Formation of MSc and PhD degrees), mora se pre svega pomenuti jedan od osnivača ovih programa, Profesor Branislav (Branko) Verbič, (slika 1).



Slika 1. Profesor Verbič, Herceg Novi, pogled na Jadransko more,

Prva konferencija za mlade inženjere (1. Workshop for Young Engineers) 2003. godine

Profesor Branko Verbič radio je kao gostujući profesor na Građevinskom fakultetu Rur-Univerziteta u Bohumu u periodu od 1994. do 1996. godine u okviru projekata finansiranih od strane Nemačke istraživačke fondacije (DFG) i

¹ Gunter Šmid (Günther Schmid) bio je profesor Građevinskog fakulteta na katedri za Teoriju konstrukcija i simulacionu tehniku, na Rur-Univerzitetu u Bohumu; bio je predstavnik rektorata za saradnju između Univerziteta u Bohumu i Nišu. Zajedno sa Brankom Verbičem izgradio je internacionalnu mrežu DYNET, čije su jezgro sačinjavali Univerziteti u Bohumu, Skoplju, Nišu i Sarajevu.

**Partnerschaft auf Augenhöhe in Südosteuropa
- Erinnerung an einen Freund in Sarajevo -**

Von Günther Schmid²

Blickt man zurück auf die Geschichte von DYNET (Dynamic Network) und SEEFORM (South Eastern European Formation of MSc- and PhD-degrees) muss zuvorderst der Mitbegründer dieses Projektes, Professor Branislav Verbič, Bild 1, genannt werden.



Bild 1: Professor Verbič in Herceg Novi, Tagungsort des „1. Workshop for Young Engineers“, mit Blick auf die Adria, in 2003.

Branko Verbič war von 1994 bis 1996 als Gastprofessor an der Fakultät für Bauingenieurwesen an der Ruhr-Universität Bochum tätig, finanziert aus Projekten der DFG und des DAAD. Er arbeitete vornehmlich in meiner Forschergruppe *Theorie der Tragwerke und Simulationstechnik* auf einem Sondergebiet

² Günther Schmid war Professor an der Fakultät für Bauingenieurwesen für Theorie der Tragwerke und Simulationstechnik an der Ruhr-Universität Bochum; er war Rektorsbeauftragter für die Partnerschaft der Universitäten Bochum und Niš. Zusammen mit Branko Verbič baute er das internationale Netzwerk DYNET mit den Kernuniversitäten Bochum, Skopje, Niš und Sarajevo auf.

Nemačke službe za akademsku razmenu (DAAD). Radio je prevashodno u okviru moje istraživačke grupe *Teorija konstrukcija i simulacione tehnike* na istraživačkom polju dinamika konstrukcija (interakcija između građevinskih konstrukcija i tla).

U to vreme preneo nam je dosta od svog opsežnog znanja iz oblasti numeričke matematike, informatike, teorije talasa, merne tehnike i pre svega inženjersko-tehničkih i praktičnih primena iz oblasti teorije oscilacija. To je bilo od ogromnog značaja za naše demonstratore, asistente i doktorante, a pre svega za mene, kome boravak Branka Verbiča u našoj grupi nije doneo samo nova saznanja, već i jedno doživotno prijateljstvo sa izuzetnim naučnikom i čovekom, koje je na žalost zbog njegove neočekivane smrti 22. oktobra 2011. godine moralo biti iznenada okončano. Zbog svoje harizmatičnosti i srdačnosti bio je izuzetno poštovan u našoj grupi. Kada je u svojoj 57. godini života došao u našu grupu, naučio je nemački jezik izuzetno brzo, tako da smo uskoro sve razgovore sa njim vodili isključivo na nemačkom. Još se brže uhodao u softvere koje smo tada koristili: SASSI, SSI2D/3D i FFT. Od suštinskog značaja bio je softverski dodatak koje je razvio za naš program graničnih elemenata za proračun dinamičke krutosti temelja i prostiranja potresa usled harmonijskih opterećenja. Ovaj dodatak otvorio je vrata mnogim disertacijama saradnika u mojoj grupi i pružio nam mogućnost da u okviru DFG Projekta *Dinamika sistema i dugoročno ponašanje rešetkastih nosača, šina i podzemnih konstrukcija* modeliramo prostiranje potresa usled brzih železnica i istražujemo kao pioniri u ovoj oblasti. Zahvaljujući eksperimentalnom iskustvu Branka Verbiča uključili smo se takođe zajedno sa njim u istraživanje u okviru jednog eksperimentalnog projekta Radne grupe za dinamiku temelja Nemačkog udruženja za geotehniku (DGGT), čiji je cilj bio upoređivanje eksperimentalno i numerički određene dinamičke krutosti. Primena ovih metoda trebalo je paralelno sa našim istraživanjima da omogući redukciju potresa putem ugradnje teških krutih sklopova u šinske sklopove.

der Tragwerksdynamik (Bauwerk-Baugrund-Wechselwirkung).

Er gab in dieser Zeit Vieles aus seinem umfangreichen Wissen der Gebiete Numerik, Informatik, Wellentheorie, Messtechnik und vor allem der ingenieurtechnischen, praktischen Anwendungen in der Schwingungslehre an uns weiter. Hiervon profitierten die studentischen Hilfskräfte, die Assistenten und Doktoranden und vor allem auch ich, dem der Aufenthalt von Branko Verbič in unserer Gruppe nicht nur neues Wissen, sondern vor allem auch eine lebenslange Freundschaft zu einem guten Wissenschaftler und vorbildlichen Menschen schenkte. Leider kam diese wegen seines unerwarteten Todes am 22. Oktober 2011 zu einem plötzlichen Ende. Seine persönliche Ausstrahlung und Herzlichkeit brachte ihm die Ehrerbietung und Achtung aller Mitglieder unserer Gruppe ein. Als er im Alter von 57 Jahren zu uns kam, erlernte er so schnell Deutsch, dass die Gespräche mit ihm schon nach kurzem Aufenthalt nur noch auf Deutsch geführt wurden. Noch schneller arbeitete er sich in die bei uns verwendeten Softwareprogramme SASSI, SSI2D/3D und FFT ein. Für uns ganz wesentlich waren seine Erweiterungen in dem von uns entwickelten Randelement-Programm zur Berechnung der dynamischen Steifigkeit von Gründungskörpern und der Ermittlung der Erschütterungsausbreitung infolge ortsfester, harmonischer Lasten auf die Anregung durch bewegte Lasten. Diese Erweiterung führte zu Dissertationen meiner Mitarbeiter und eröffnete uns die Möglichkeit im DFG-Schwerpunkt *Systemdynamik und Langzeitverhalten von Fahrwerk, Gleis und Untergrund* die Erschütterungsausbreitung infolge von Hochgeschwindigkeitszügen zu modellieren und auf diesem Gebiet in vorderer Front mitzuarbeiten. Aufgrund der experimentellen Erfahrung von Branko Verbič konnten wir auch mit ihm an einem experimentellen Vorhaben des Arbeitskreises Baugrunddynamik der Deutschen Gesellschaft für Geotechnik (DGGT) mitarbeiten, das den Vergleich experimentell und numerisch ermittelter dynamischer Steifigkeiten zum Ziel hatte. Die Anwendung dieser Methoden sollten zusammen mit dem von uns durchgeführten

Ova procedura trebalo je da bude primenjena na jednom delu produžetka koloseka nemačke železnice (DB) u Berlinu, u saradnji sa Inženjerskim biroom Cerna, Koper i partneri. Projekat je za Branka Verbiča značio korak bliže cilju - stalnom zaposlenju u Bohumu, kako bi končno mogao da dovede u Bohum suprugu i kćer koje su za vreme rata u Bosni izbegle na hrvatsko ostrvo Krk. Nemačka železnica je međutim odustala od plana produžetka koloseka, tako da Verbič ipak nije mogao da dobije posao u Inženjerskom birou. Zbog toga je nakon rata u Bosni otišao nazad u Sarajevo, kako bi tamo ponovo mogao da bude sa svojom porodicom. Tako je Nemačka njegovim odlaskom izgubila jednog eminentnog univerzitetskog profesora i iskusnog građevinskog inženjera.

S druge strane, to je ipak značilo prednost za naš DAAD projekat: profesor Verbič je postao moj savetnik i saradnik sa Balkana na DYNET/SEEFORM projektu Rur-Univerziteta u Bohumu u sklopu specijalnog programa *Akademski reorganizacija* u okviru *Pakta za stabilnost jugoistočne Evrope*.

Jedna od premisa DAAD-a na samom početku programa u okviru Pakta za stabilnost jugoistočne Evrope bila je: izgraditi mrežu balkanskih država. Ovoj želji mogli smo prilikom prijave projekta 1999. godine izaći u susret na najbolji mogući način: u to vreme ostvario sam kao predstavnik Rektorata za međunarodnu saradnju na relaciji Bohum-Niš izuzetno dobre kontakte sa Univerzitetom i nekolicinom mlađih profesora Građevinskog fakulteta Univerziteta u Nišu. Oni su svoje kvalifikacije delom stekli kroz saradnju sa našim fakultetom u Bohumu.

Sa Institutom za seizmologiju i zemljotresno inženjerstvo (IZIIS), koji je izgrađen međunarodnom pomoći nakon velikog zemljotresa u Skoplju 1963. godine, ostvario sam takođe veze preko zajedničkog Tempus projekta kao i putem zajedničkih stručnih interesnih sfera. A sa Brankom Verbičem, koji je u međuvremenu ponovo radio na svom univerzitetu u Sarajevu, dobio sam i kolegu stručnjaka i prijatelja, za savetnika u regionu.

U zemljotresnom inženjerstvu IZIIS je još u vreme stare Jugoslavije bio bitan naučni centar.

Untersuchungen zur Erschütterungsreduzierung mit schweren steifen Einbaukörpern in Gleiskörpern angewendet werden. Das Verfahren sollte bei einer Gleiserweiterung der DB in Berlin, in Zusammenarbeit mit dem Ingenieurbüro Zerna, Köpper und Partner zum Einsatz kommen. Das Projekt brachte Branko Verbič schließlich seinem Ziel nahe, eine feste Anstellung in Bochum zu bekommen, um endlich Frau und Tochter, die während des Krieges in Bosnien und Herzegowina (BiH) auf der Insel Krk in Kroatien Zuflucht gefunden hatten, nach Bochum zu holen. Da dieses neue Gleis in Berlin schließlich von der DB eingespart wurde, konnte die Anstellung in dem Ingenieurbüro leider nicht zustande kommen. Nach Ende des Krieges in BiH ging deshalb Professor Verbič zurück nach Sarajevo, um dort mit seiner Familie wieder zu leben. So verlor Deutschland in ihm einen eminenten Hochschullehrer und erfahrenen Bauingenieur.

Dies geriet jedoch für unser DAAD-Projekt zum Vorteil: Professor Verbič wurde so zu meinem Berater und Partner auf dem Balkan für das DYNET/SEEFORM-Projekt der Ruhr-Universität Bochum im Sonderprogramm *Akademischer Wiederaufbau* im Rahmen des *Stabilitätspaktes Südosteuropa*.

Eine der Vorgaben des DAAD bei Beginn des DAAD-Programmes im Rahmen des Stabilitätspaktes für Südosteuropa war, möglichst Netzwerke mit den Balkenstaaten aufzubauen. Diesen Wunsch konnten wir bei unserer Antragstellung 1999 bestens erfüllen: zu der Universität Niš in Südserbien hatte ich als Rektoratsbeauftragter für die Universitätspartnerschaft Bochum-Niš auch zu einigen jüngeren Professoren der Bau fakultät gute Beziehungen. Diese hatten Teile Ihrer wissenschaftlichen Qualifikation in Zusammenarbeit mit meiner Fakultät in Bochum erworben. Mit dem Institut für Seismologie und Erdbebeningenieurwesen (IZIIS), das mit internationalen Mitteln nach dem großen Erdbeben 1963 in Skopje, Mazedonien aufgebaut worden war, hatte ich über ein Tempus-Programm und wegen gemeinsamer Fachinteressen ebenfalls enge Verbindungen.

Zbog toga smo odredili da IZIIS, zbog svoje dobre administrativne strukture, bude centar naše međunarodne mreže, pored regionalnih partnera u Nišu i Sarajevu, a između ostalog i zato što je u to vreme Makedonija još uvek predstavljala oazu mira u tadašnjoj Jugoslaviji.

U trenutku prijavljivanja projekta, program Pakta za stabilnost istina zvanično nije omogućavao saradnju sa Srbijom, ali jeste sa pojedinačnim naučnicima iz Srbije. Zbog toga je uprkos ovom ograničenju, bila moguća saradnja najpre sa pojedinim kolegama Univerziteta u Nišu, a kasnije i sa Građevinskim fakultetom. Time je već tada uspostavljena osnova za uključivanje Univerziteta u Nišu, u DYNET program.

Ovakvom konstrukcijom mogli smo od samog početka uključiti u finansiranje i srpski Građevinski fakultet u Nišu kao jedan od čvorova naše mreže.

Međutim, time sam iznenada sasvim neočekivano bio upleten u politička previranja u Srbiji. Tada sam hteo da pozovem u Bohum, na prvi sastanak u okviru priprema decembra 1999. godine, jednog mladog kolegu iz Niša, Đorđa Đorđevića, koga sam dobro poznao iz vremena kada je dolazio kod nas na fakultet u okviru svog doktorata i koji je, kako će se kasnije uspostaviti, zatupao drugačije političko mišljenje u odnosu na svog dekana. To mi je postalo jasno kada sam dobio pismo od predstavnika tamošnjeg pokreta otpora „Otpor“, u kome mi se prebacuje da nanosim štetu demokratskom pokretu na Fakultetu time što upućujem poziv dekane. Tada sam odlučio da dekane „zaobiđem“ tako da sam na pripremni sastanak pozvao profesora Branislava Verbiča, Mihaela Garevskog – direktora IZIIS-a, a kao predstavnika iz Niša mladog profesora Dragoslava Stojića, koga sam takođe dobro poznao iz perioda njegovog rada na doktoratu i boravka na Rur-Univerzitetu, i koji prema mišljenju mog „savetnika“ Branka Verbiča nije bio u konfliktu sa tamošnjim dekane. U odsustvu našeg dekane, ja sam preuzeo ulogu predsedavajućeg. Tako smo nas četvorica, od kojih ni jedan nije bio dekan, potpisali protokol o planiranoj međunarodnoj mreži DYNET za građevinske fakultete u Skoplju, Nišu, Sarajevu i Bohumu. Kasnije se takođe pokazalo, da je moja

Und mit Branko Verbič, der inzwischen wieder in *Sarajevo* tätig war, hatte ich einen Fachkollegen und Freund als Berater vor Ort.

Im Erdbebeningenieurwesen war IZIIS auch schon im ehemaligen Jugoslawien ein wissenschaftliches Zentrum. Wir wählten deshalb IZIIS mit seiner guten Verwaltungsstruktur und weil damals Mazedonien noch eine Friedensinsel im ehemaligen Jugoslawien war, zum zentralen Knoten in unserem nun internationalen Netzwerk mit den weiteren regionalen Partnern in Niš und Sarajevo.

Da das „Stabilitätspakt-Programm“ bei der Antragstellung die Zusammenarbeit mit Serbien zwar noch nicht offiziell aber dennoch mit einzelnen Wissenschaftlern ermöglichte, war trotz der Einschränkung die Kooperation zunächst mit einzelnen Kollegen der Uni Niš, und später auch mit der Fakultät, möglich. So war schon frühzeitig das Fundament für die Einbeziehung der Universität Nis in DYNET gelegt.

Mit dieser Konstruktion konnten wir von Anfang an die serbische Baufakultät in Niš als Knoten in unser Netzwerk in die Förderung mit einbeziehen.

Doch damit, für mich ganz ungewohnt, war ich plötzlich in politische Auseinandersetzungen in Serbien verwickelt. Ich wollte einen jungen Kollegen aus Niš, Djordje Djordjevic, den ich aus der Zeit seiner Promotion durch seine Aufenthalte an unserer Fakultät gut kannte, zum ersten vorbereitenden Treffen im Dezember 1999 nach Bochum einladen, der, wie sich herausstellen sollte, eine andere politische Meinung als sein Dekan vertrat. Dies wurde mir klar, als ich einen Brief von Vertretern der dortigen Widerstandsbewegung *otpor* erhielt, worin mir vorgeworfen wurde, die demokratische Bewegung an der Fakultät mit der Einladung des Dekans zu beschädigen. Ich entschloss mich förderhin die Dekans-Ebene zu umgehen und lud zum Vorbereitungstreffen in Bochum Professor Branislav Verbič, den Direktor von IZIIS, Michael Garevski, und als Vertreter von Niš den

odluka da sredstva za Fakultet u Nišu ne dotiram po principu „top down“, dakle preko dekana, već preko predstavnika DYNET-a, profesora Stojića, bila ispravna.

Moja strahovanja da bi se predstavnici tri nove države iz stare Jugoslavije mogli sukobiti na pripremnom sastanku u Bohumu 1999. otklonio je već unapred moj savetnik iz Sarajeva. I zaista: kada su se posle mnogo godina sreli u Bohumu, („then they used their arms not to fight but to hug“) umesto sukoba, srdačno su se izgrlili!

Dalje se mreža dinamički širila kako u regionu Balkana tako u u Nemačkoj, kroz usmeno prenošenje iskustava profesora koji su bili uključeni u program. Treba pomenuti sinergijske efekte koji su proizašli osnivanjem master programa na engleskom jeziku Computational Engineering na Rur-Univerzitetu u Bohumu i master programa na IZIIS-u i u Beogradu 2000. godine. Treba pomenuti takođe i vrlo uspešne omiljene konferencije za mlade inženjere (Workshops for Young Engineers) u Herceg Novom i Budvi u Crnoj Gori, u Vlari u Albaniji i u Beogradu u Srbiji. Prve dve konferencije 2002. i 2003. godine izabrane su da budu održane u Crnoj Gori ne samo zbog sunca i mora, već pre svega zato što je u to vreme to bilo jedino mesto za koje ni jednom od partnera nije bila potrebna viza. Na ovim konferencijama prezentovali su novopečeni inženjeri partnerskih univerziteta DYNET mreže svoje diplomske i master radove.



Slika 2: Profesor Verbić; diskusija sa novim inženjerima nakon prezentacija

jungen Professor Dragoslav Stojic, den ich ebenfalls aus seiner Zeit als Doktorand von seinen Aufhalten an der Ruhr-Universität gut kannte, und der auch nach Meinung meines „Beraters“ Branko Verbič nicht im Zwist mit dem dortigen Dekan sei. Den Vorsitz übernahm ich unter Ausschluss meines Dekans. Diese Vier, allesamt nicht Dekane, unterzeichneten das Protokoll zum geplanten internationalen Netzwerk DYNET für die Bau fakultäten in Skopje, Niš, Sarajevo und Bochum. Auch meine Entscheidung die Mittel für Niš nicht „top down“, also über den Dekan sondern über den DYNET-Vertreter Stojic in die Fakultät in Niš einzuspeisen, erwies sich für das Projekt als richtig.

Meine Ängste, die drei Vertreter der drei neuen Staaten aus dem ehemaligen Jugoslawien würden sich beim vorbereitenden Treffen 1999 in Bochum bekämpfen, hatte mein Berater aus Sarajevo schon im Voraus beiseite gewischt. Und in der Tat: als diese sich nach Jahren in Bochum wiedersahen „then they used their arms not to fight but to hug“.

Die dynamische Ausdehnung des Netzwerkes in der Balkan-Region und auch in Deutschland geschah weiter durch Mund zu Mund Propaganda durch die beteiligten Professoren. Erwähnt seien die Synergie-Effekte mit dem im Jahr 2000 an der Ruhr-Universität Bochum gegründeten englischsprachigen Master-Studiengang Computational Engineering und mit den im IZIIS und in Belgrad aufgebauten Master-Studiengängen. Erwähnt seien auch die sehr erfolgreichen, beliebten Workshops for Young Engineers in Herceg Novi und Budva, in Montenegro und Vlora in Albanien und in Belgrad in Serbien. Die ersten beiden Workshops in 2002 und 2003 wurden nicht nur wegen Meer und Sonne in Montenegro gewählt, sondern vor allem weil dies damals der einzige Ort war wo sich alle vier Partner ohne Visa treffen konnten. In den Workshops stellten frisch diplomierte Ingenieure der DYNET-Partneruniversitäten in Deutschland und der Balkan-Region ihre Diplom- oder Masterarbeit vor.

Svoj pečat dao je ovim konferencijama profesor Verbič, koji ih je uvek rado vodio i organizovao, i koji je svojim prepoznatljivim nastupom zadobijao pažnju svih učesnika.

Uspešno je regrutovao studente iz programa DAAD-a za Bosnu i slao ih na partnerske univerzitete DYNET-a u Nemačkoj, gde su završavali svoje master teze. Verbič je bio posebno ponosan što su na taj način nastajala prijateljstva između tadašnjih studenata, a sadašnjih asistenata u Mostaru, čiji su se univerziteti nalazili na suprotnim stranama Neretve.



Bild 2: Professor Verbič; Diskussion nach den Vorträgen mit frisch diplomierten Ingenieuren.

Diese Veranstaltungen waren geprägt und besonders gerne geleitet von Professor Verbič, der mit seiner verbindenden, anerkennenden Art die Achtung aller Teilnehmer gewann.

Er vermittelte auch erfolgreich Studenten in dem BiH-Programm des DAAD zu DYNET-Partner-Universitäten nach Deutschland, die dort ihre Masterarbeit abschließen konnten. Besonders stolz war Branko Verbič, dass auf diese-- Weise auch Freundschaften zustande kamen zwischen damals Studierenden und jetzt promovierten Assistenten in Mostar, deren Universitäten auf gegenüberliegenden Seiten der Neretva liegen.



Slika 3: Profesor Verbič sa dvojicom novih inženjera; izlet u Boki Kotorskoj.

Slike 2 do 4 prikazuju profesora Verbiča u opuštenoj atmosferi na Konferenciji za mlade inženjere. Već izgrađeni programi magistarskih studija na IZIIS-u i u Beogradu pali su kao prve žrtve prelaska na Bolonjski sistem. Na tim osnovama međutim, inicijativom Elene Dumove-Jovanoske, tadašnje prorektorke Univerziteta u Skoplju, ponikao je program doktorskih studija SEEFORM, zvanično priznat od strane partnerskih univerziteta. Time je omogućeno da na univerzitetima bivše Jugoslavije budu priznati SEEFORM Seminari, čak i u uslovima kada se zbog malog broja doktoranata nisu mogla organizovati redovna specijalna predavanja. Ovo proširenje SEEFORM programa zaključeno je najpre od strane Univerziteta u Skoplju, Nišu i Beogradu, saglasnošću njihovih rektorata sa zavaničnim aktom 2011. godine.



Bild 3: Professor Verbič mit zwei der neuen Ingenieure; Ausflug auf der Boka Kotorska.

U ovo proširenje uključena je i Istraživačka škola („Research School“) Rur-Univerziteta, na inicijativu profesora Hofera (Rüdiger Höffer), sadašnjeg koordinatora DYNET/SEEFORM projekta na Rur-Univerzitetu. U ove poslednje aktivnosti proširenja programa profesor Verbič nije mogao biti u potpunosti uključen. Zbog bolesti, morao je svoju preostalu snagu skoncentrisati na predavanja iz Dinamike za doktorante u Sarajevu.



Slika 4: Saradnja na ravnopravnoj osnovi; Branko Verbič i Gunter Šmid

Profesor Verbič je suštinski doprineo upsehu mreže. U znak priznanja bio bi lep gest, kada bi njegov Fakultet u Sarajevu nazvao jedan amfiteatar po njemu, ili ako mi je dopušteno da maštam, kada bi njegov Fakultet osnovao profesuru (katedru) za dinamiku u spomen profesoru Verbiču, koja bi nosila njegovo ime.

Die Bilder 2-4 zeigen Professor Verbič in der entspannten Atmosphäre der Workshops for Young Engineers. Der Umstellung der aufgebauten Master-Studiengänge auf die Bologna-Vereinbarungen fielen schließlich die Masterstudiengänge im IZIIS und in Belgrad zum Opfer. Doch daraus erwuchs, durch die Initiative von Elena Dumova-Jovanoska, ehemalige Prorektorin an der Universität in Skopje, das in den Partnerhochschulen offiziell anerkannte PhD-Programm SEEFORM. Nun konnten in den jeweiligen Hochschulen des ehemaligen Jugoslawien, auch, wenn wegen der geringen Doktoranzahlen keine regelmäßigen Spezial-Vorlesungen für Doktoranden zustande kommen konnten, entsprechende SEEFORM-Seminare anerkannt werden. Diese Erweiterung von SEEFORM wurde zunächst von den Universitäten in Skopje, Niš und Belgrad mit Zustimmung ihrer Rektoren in 2011 mit einem Festakt in Belgrad beschlossen. In diese Erweiterung ist auch die Ruhr- Universität Bochum mit ihrer „Research School“ auf Betreiben von Professor Höffer, jetziger Koordinator des DYNET/SEEFORM-Projektes an der Ruhr- Universität, eingebunden. An dieser letzten Erweiterung des Projektes war Professor Verbič nicht mehr mit vollem Einsatz beteiligt. Wegen seiner Krankheit musste er seine Arbeitskraft auf die Dynamik-Vorlesung der Doktoranden in Sarajevo konzentrieren.



Bild4 : Kooperation auf Augenhöhe; Branko Verbič und Günther Schmid

Professor Verbič hat Wesentliches zum Gelingen des Netzwerkes beigetragen. Um dies zu würdigen wäre es eine schöne Geste, wenn seine Fakultät in Sarajevo einen Hörsaal nach ihm benennen würde, oder, wenn Träume erlaubt sind, wenn an seiner Fakultät eine Branislav-Verbič-Stiftungs-Professur für Dynamik eingerichtet werden könnte.

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 : Unigraf). - 24 cm

Godišnje

ISSN 1451-8341 = Nauka + praksa (Niš. 1993)

COBISS.SR-ID 48721676