

KLASIČNA DRVENA KROVIŠTA POVIJESNIH GRAĐEVINA U ZAGREBU

TRADITIONAL TIMBER ROOF STRUCTURES OF HISTORIC BUILDINGS IN ZAGREB

Ivan Volarić¹, Dean Čizmar¹, Šime Serdarević¹, Igor Bakmaz²

¹Tehničko veleučilište u Zagrebu-Graditeljski odjel, Avenija Većeslava Holjevca 15, 10000 Zagreb

²Tehničko veleučilište u Zagrebu-Graditeljski odjel, Avenija Većeslava Holjevca 15, 10000 Zagreb, student

SAŽETAK

Drvene krovne konstrukcije pronalaze svoju primjenu od prapovijesti pa sve do današnjih dana. Kroz rad se daje kratki pregled značajnih povijesnih drvenih konstrukcija te karakterističnih tipova koji su prisutni u povijesnim građevinama u gradu Zagrebu. Za dvije drvene krovne konstrukcije višestambenih zgrada u Zagrebu napravljena su četiri numerička modela temeljem kojih se provela analiza oko mogućnosti optimizacije poprečnih presjeka i prenamjene tavanskih prostora u stambene. Za svaku od navedene četiri varijante izračunati su utrošci materijala po različitim tipovima elemenata kako bi se ostvario bolji pregled rezultata. U posljednje vrijeme prisutna su tehnička rješenja zamjene statičkih sustava i materijala kod nosivih drvenih krovnih konstrukcija u povijesnim cjelinama, a kroz ovaj rad se problematizira opravdanost predmetnih zahvata i sagledavaju mogućnosti drvenih krovnih konstrukcija.

Ključne riječi: *povijesne građevine, jednostruka visulja, dvostruka visulja, drvena krovna konstrukcija, kulturna baština*

ABSTRACT

Timber roof structures have been in use from prehistoric times to the present day. This article provides a brief overview of significant historical timber structures and characteristic roof types found in heritage buildings across the city of Zagreb. For two timber roof structures of multi-

residential buildings in Zagreb, four numerical models were developed to analyze the potential for cross-section optimization and the conversion of attic spaces into residential areas. For each of the four variants, material consumption was calculated by element type to provide a clearer understanding of the results. In recent years, technical solutions involving the replacement of constructions systems and materials in load-bearing timber roofs within historic buildings have become increasingly common. This article critically examines the justification for such interventions and explores the potential of timber roof structures

Keywords: *historical buildings, king post roof, queen post roof, timber roof structure, cultural heritage*

1. UVOD

1. INTRODUCTION

Korištenje drva u građevinske svrhe započelo je zajedno s počecima civilizacije kada su prvi ljudi gradili skloništa. Kroz različita povijesna razdoblja drvo se koristilo u većem ili manjem obimu ovisno o tipovima konstrukcija, ali zbog dobrih mehaničkih karakteristika, male zapreminske mase i trajnosti u upotrebi održalo se sve do danas. Prve kuće kod kojih se koristilo drvo za izvedbu nosive konstrukcije datiraju 6000 godina prije Krista [1] i nazivaju se „duge kuće“.

Antičke drvene konstrukcije datiraju iz 2. stoljeća prije Krista, a jedan od dosega toga vremena je Bouleuterion (Vijećnica Priene) s rasponom od

15 metara. Također su zadivljujući detalji i rasponi konstrukcije bazilike sv. Petra i sv. Pavla izvan gradskih zidina Rima koja je građena u 4. stoljeću s rasponom od 24 metra te krovna konstrukcija bazilike u Trieru s rasponom od 26 metara.

Krovna konstrukcija koju možemo nazvati perjanicom povijesnih drvenih krovnih konstrukcija, a koja povezuje povijest i sadašnjost je tzv. „šuma“ crkve Notre Dame. Ova krovna konstrukcija datira iz 13. stoljeća, a do požara 2019. godine bila je jedna od najstarijih krovnih konstrukcija u Parizu. Naziv „šuma“ dolazi radi gustoće greda od kojih je svaka zbog dimenzija poprečnog presjeka i duljine izrađena od drugog debla hrasta. Tlocrtne su dimenzije ove konstrukcije impresivne, dugačka je 100 metara, 13 metara široka u lađi, 40 metara u transeptu i visoka 10 metara. Nagib krovne plohe je 55 stupnjeva, a krovna konstrukcija datira između 1220. i 1240. godine. Do sredine 19. stoljeća nisu se izvodili značajni zahvati na krovnoj konstrukciji kada Viollet-le-Duc planira restauraciju transepta i tornja [2]. Nakon velikog požara 2019. godine drvena krovna konstrukcija rekonstruirana je prema izvorniku korištenjem tesane hrastove građe uz spojna sredstva i alate za gradnju prema onima iz 13. stoljeća.



Slika 1 Krovna konstrukcija crkve Notre Dame. Ateliers Perrault izvodi praktičnu montažu krovnih okvira prije transporta na gradilište [3].

Figure 1 Roof structure of the Notre Dame Church. Ateliers Perrault are preassembling roof frames off-site prior to transport [3].

Drvena krovna konstrukcija Zagrebačke katedrale predstavlja jednu od najznačajnijih

povijesnih krovnih konstrukcija u Hrvatskoj. Zagrebačka katedrala izvorno datira iz 13. stoljeća, a rekonstruirana je u neogotičkom stilu krajem 19. stoljeća kada je izgrađena i drvena krovna konstrukcija [4].



Slika 2 Krovna konstrukcija Zagrebačke katedrale (autorska fotografija)

Figure 2 Roof structure of the Zagreb Cathedral (photograph by the author)

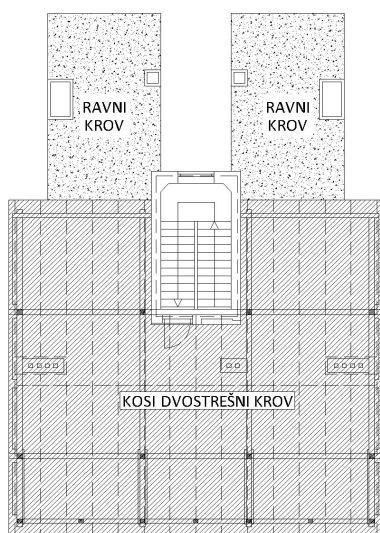
Krovište doseže visinu od gotovo 21 metar. Glavno krovište izvedeno je kao okvirni statički sustav s vertikalnim vlačnim elementom koji se spaja s veznom gredom, nalik konstrukciji visulje. Krovište je većinom od drva jele i smreke, dok se hrast koristio za manji broj elemenata s većim naprezanjima i složene spojne blokove.

Grad Zagreb su 22. ožujka 2020. pogodila dva potresa s epicentrom kod Markuševca. Prvi je bio magnitude $M=5.5$, dok je magnituda drugog iznosila $M=4.9$ [5]. Potresi nisu imali značajan izravan negativan utjecaj na drvenu krovnu konstrukciju Zagrebačke katedrale i većine stambenih zgrada što je dodatna potvrda kvalitete i racionalnosti povijesnih drvenih klasičnih krovnih konstrukcija. U radovima [6] i [7] nalaze se detaljno opisani postupci pregleda građevina nakon potresa i klasifikacija oštećenja stambenih zgrada u povijesnoj jezgri Zagreba. Smjernice za pregled i ocjenu stanja postojećih drvenih konstrukcija daju Stepinac i suradnici [8], dok se u radu [9] daju smjernice za procjenu drvenih konstrukcija.

2. KARAKTERISTIČNI TIPOVI KLASIČNIH DRVENIH KROVIŠTA U POVIJESNO URBANOJ CJELINI GRAD ZAGREB

2. CHARACTERISTIC TYPES OF TRADITIONAL TIMBER ROOFS IN THE HISTORIC URBAN AREA OF ZAGREB

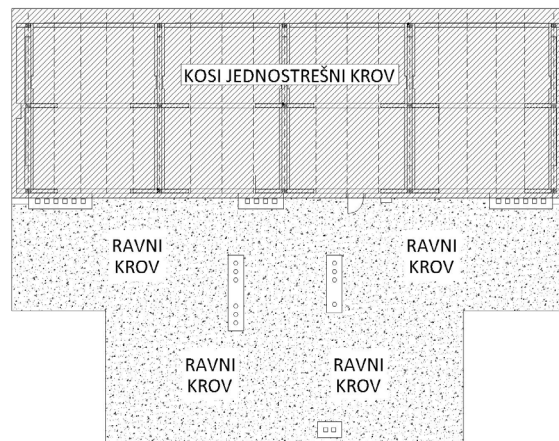
Povijesnu urbanu cjelinu Grad Zagreb karakteriziraju zidane nearmirane građevine od opeke visine 3 do 4 etaže [10], kod kojih se u međukatnim konstrukcijama najčešće nalaze drveni grednici. Krovne konstrukcije kod jednostrešnih krovova najčešće su jednostruke visulje, dok su kod dvostrešnih krovova najčešće statičkog sustava dvostruke visulje. Podrožnice su gotovo uvijek poduprte zidovima od opeke ili parapetima, a prostorna stabilizacija krova (ukrućenja) obično se ne izvodi [11]. Tip krovne konstrukcije usko je povezan s tlocrtnom dispozicijom građevina koje se u Zagrebu nalaze u nizovima, odnosno blokovima [12]. Izgradnja građevina u blokovima definirala je najčešće razlomljene tlocrtne dispozicije u dvorišnom dijelu kako bi se postigla bolja osvijetljenost dvorišnih prostorija. Iznad razlomljenih dvorišnih volumena najčešće se izvodi ravni krov sa slojem zemlje u svrhu termoizolacije, dok se iznad ostatka objekta pravilnog tlocrta izvodila kosa dvostrešna krovna konstrukcija.



Slika 3 Tlocrtna dispozicija klasične donjogradske stambene zgrade s dvostrešnom krovnom konstrukcijom statičkog sustava dvostruke visulje (autorska fotografija)

Figure 3 Ground plan of a classic Lower Town residential building with a queen-post roof (photograph by the author)

Kod objekata u nizu manje dubine, tlocrtna dispozicije su često pravilne uz ravni zemljani krov u zoni prema dvorištu te jednostrešne krovne drvene konstrukcije prema ulici.



Slika 4 Tlocrtna dispozicija klasične donjogradske stambene zgrade s jednostrešnom krovnom konstrukcijom statičkog sustava jednostruke visulje (autorska fotografija)

Figure 4 Ground plan of a classic Lower Town residential building with a king-post roof (photograph by the author)

Građevine u povijesnom dijelu grada Zagreba datiraju s kraja 19. i početka 20. stoljeća [10]. Ukoliko se nalaze unutar granica povijesne urbane cjeline grad Zagreb pod konzervatorskom su zaštitom. Razina konzervatorske zaštite razlikuje se ovisno o spomeničkoj vrijednosti građevine te je Zagreb podijeljen na A i B zonu kulturnog dobra – Povijesna urbana cjelina grad Zagreb. Razina zaštite iznad zone A i B je pojedinačna zaštita nepokretnog kulturnog dobra, a takvih građevina je trenutno u Zagrebu 658 [13].

Prilikom dosadašnjeg stručnog rada uočene su upitne odredbe Zakona o obnovi zgrada oštećenih potresom na području Grada Zagreba, Krapinsko-zagorske, Zagrebačke, Sisačko-moslavačke i Karlovačke županije (NN 21/2023) [14] te Programa mjera obnove zgrada oštećenih potresom na istom području (NN 154/24) [15], gdje se konzervatori izuzimaju iz postupka konstrukcijske obnove ukoliko se ne radi o pojedinačno zaštićenom kulturnom dobru.

Analizirajući povijesne drvene krovne konstrukcije vidljivo je da se radi o izuzetnim konstrukcijama vrlo velike trajnosti, koje su dobrih mehaničkih karakteristika uz određene intervencije i poboljšanje spojeva. Spomenute konstrukcije također imaju spomeničku vrijednost te su ravnopravni dio

povijesnih konstrukcija kakve poznajemo. Na primjeru konstrukcijske obnove grada Zagreba nakon potresa vidljivo je da se drvene krovne konstrukcije često zamjenjuju čeličnima, kako bi se omogućilo stvaranje novih stambenih i poslovnih tavanjskih prostora bez prepreka.

U medijima je vidljiv afirmativan odnos prema takvim zahvatima, a posebno je potrebno problematizirati dobivene suglasnosti nadležnih konzervatora za navedene radove na kulturnim dobrima koja podliježu pojedinačnoj zaštiti. Kulturnu baštinu ne predstavljaju samo teksture, boje, profilacije i izvorna stolarija već i statički sustav drvene krovne konstrukcije, detalji spajanja elemenata krovišta, vrste ugrađenog drva i sl.



Slika 5 Povijesna drvena krovna konstrukcija Muzeja za umjetnost i obrt u Zagrebu zamijenjena čeličnom konstrukcijom (objekt pojedinačno zaštićeno kulturno dobro) [16]

Figure 5 The historic timber roof structure of the Museum of Arts and Crafts in Zagreb, replaced by a steel structure (a nationally protected cultural monument) [16]

Kroz ovaj rad u nastavku autori će prikazati usporedbe i mogućnosti rekonstrukcije drvenih krovnih konstrukcija u gradu Zagrebu kod kojih će se zadržati izvorni statički sustav i postojeći rasteri glavnih nosivih elemenata.

3. STATIČKI PRORAČUN I DIMENZIONIRANJE KARAKTERISTIČNE JEDNOSTRUKKE VISULJE

3. STATIC CALCULATION AND DIMENSIONING OF A TYPICAL KING-POST ROOF

Jednostrešna jednostruka visulja stambene zgrade u Ulici Janka Grahora karakteristični je

primjer ovog tipa drvene krovne konstrukcije u gradu Zagrebu.

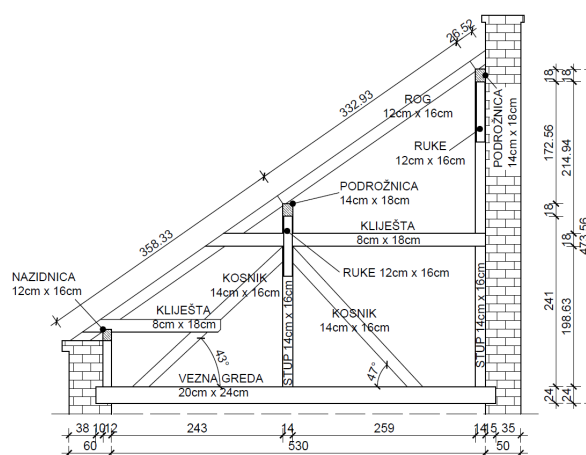


Slika 6 Spoj glavnih nosivih elemenata drvenog krovišta stambene zgrade u Ulici Janka Grahora, Zagreb (autorska fotografija)

Figure 6 Joint of the main load-bearing elements of the timber roof structure of the residential building in Janka Grahora Street, Zagreb (photograph by the author)

Prema geometriji postojećeg krovišta izrađena su dva numerička modela u programskom paketu Tower 8 [17]. U prvoj varijanti provedena je optimizacija poprečnih presjeka za nestambeni prostor, a u drugoj varijanti dodani su drveni grednici u ravnini veznih greda visulja koje bi služile kao podna konstrukcija u slučaju prenamjene tavanjskog prostora u stambeni.

PRESJEK A-A - JEDNOSTRUKA VISULJA



Slika 7 Presjek postojećeg stanja drvene krovne konstrukcije jednostruke visulje stambene zgrade u Ulici Janka Grahora, Zagreb (autorska fotografija)

Figure 7 Cross-section of the existing condition of the timber king-post roof of the residential building in Janka Grahora Street, Zagreb (photograph by the author)

3.1. ANALIZA OPTEREĆENJA JEDNOSTRUKJE VISULJE

Analiza opterećenja provedena je za vlastitu težinu, dodatno stalno opterećenje, opterećenje snijegom, vjetrom i korisno uporabno opterećenje kod varijante 2 gdje se tavanski prostor prenamjenjuje u stambeni prostor.

Analiza vlastite težine i dodatnog stalnog opterećenja provedena je prema Hrvatskoj normi HRN EN 1991-1-1, Eurokod 1: Djelovanja na konstrukcije – Dio 1-1: Opća djelovanja – Obujamske težine, vlastite težine i uporabna opterećenja zgrada i pripadnom nacionalnom dodatku [18], [19]. Ukupno karakteristično stalno opterećenje iznosi $g_{k, \text{varijanta 1}} = 1,04 \text{ kN/m}^2$, uz napomenu da vlastitu težinu glavne nosive konstrukcije programski paket Tower 8 [17] obračunava automatski. Kod slučaja stambenog prostora na postojeće slojeve su dodani podgled od gips kartonskih ploča i termoizolacija, a ukupno karakteristično stalno opterećenje iznosi $g_{k, \text{varijanta 2}} = 1,29 \text{ kN/m}^2$. Kod podnih greda za stambeni prostor je zadano dodatno stalno opterećenje $g_{k, \text{podnice}} = 1,00 \text{ kN/m}^2$.

Proračun karakterističnog opterećenja snijega S_k provodio se prema Hrvatskoj normi HRN EN 1991-1-3, Eurokod 1: Djelovanja na konstrukcije – Dio 1-3: Opća djelovanja – Opterećenja snijegom i pripadajućem nacionalnom dodatku [20], [21]. Ukupno karakteristično opterećenje snijegom u tlocrtnoj projekciji iznosi $S_{k1,2} = 0,83 \text{ kN/m}^2$.

Promjenjivo opterećenje vjetra dijeli se na vanjski i unutarnji tlak ili podtlak. Izračun pritiska vjetra na vanjsku oblogu konstrukcije w_e vrši se prema Hrvatskoj normi HRN EN 1991-1-4, Eurokod 1: Djelovanja na konstrukcije – Dio 1-4: Opća djelovanja – Djelovanja vjetra i pripadajućem nacionalnom dodatku [22], [23]. Vrijednosti pritiska vjetra na vanjsku oblogu konstrukcije w_e kod obje varijante jednostruke visulje nagiba $\alpha = 35^\circ$ variraju po zonama od $+0,30 \text{ kN/m}^2$ do $+0,40 \text{ kN/m}^2$ te je vidljivo da vanjski vjetar u svim zonama djeluje kao pritiskajuće djelovanje.

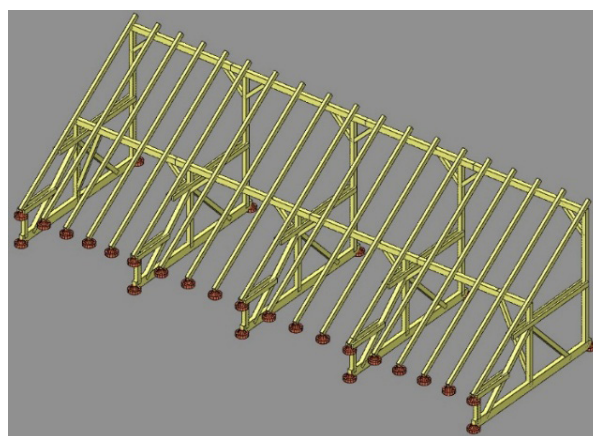
Izračun pritiska vjetra na unutarnje površine w_i vrši se prema istim propisima kao i na vanjske. Pritisak vjetra na unutarnje površine w_i iznosi kod unutarnjeg tlaka $0,12 \text{ kN/m}^2$, a kod

unutarnjeg podtlaka $0,10 \text{ kN/m}^2$.

Korisno uporabno opterećenje podnih greda u varijanti 2 sa stambenom zonom provedeno je prema [18], [19]. Za stambene prostore kod uobičajenih prostorija definirano je kako uporabno korisno opterećenje iznosi $q_k = 2,00 \text{ kN/m}^2$.

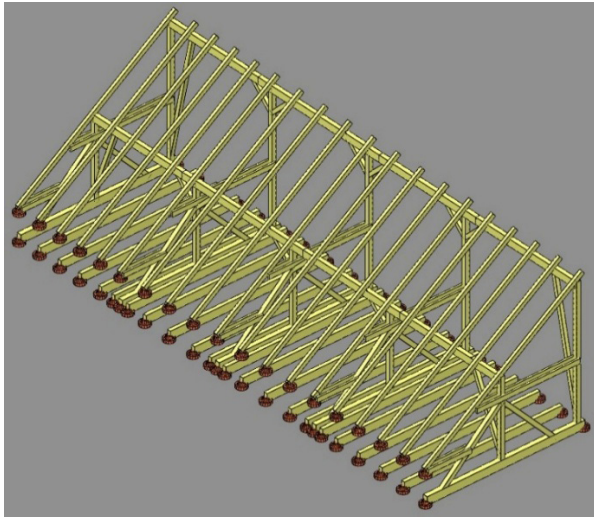
3.2. NUMERIČKI MODEL JEDNOSTRUKJE VISULJE

Prilikom izrade 3d numeričkog modela jednostruke visulje unutar programskog paketa Tower 8 [17] koristili su se linijski elementi za definiranje geometrije te točkasti ležajevi pomoću kojih se simuliralo oslanjanje na armirano betonske serklaže i opečno nearmirano ziđe. Prilikom izrada numeričkih modela nije se provodila analiza opečnog neramiranog ziđa i armirano-betonskih serklaža, već je isključivo drvena krovna konstrukcija bila predmet analiza. Slika 8 prikazuje numerički model za varijantu 1 kada se zadržava nestambena funkcija u zoni tavana, dok Slika 9 prikazuje drugu varijantu gdje se zona tavana pretvara u stambeni prostor te su zadane dodatne podne grede koje preuzimaju opterećenja novih podnih slojeva. Kod ovog tipa konstrukcije u polovici raspona nižih etaža ne nalaze se nosivi zidovi, pa se novi grednici oslanjaju isključivo na glavne rubne nosive zidove. Osni raspon novih podnih grednika iznosi 585 cm.



Slika 8 Numerički model projektiranog stanja drvene krovne konstrukcije jednostruke visulje stambene zgrade u Ulici Janka Grahora, Zagreb, varijanta 1 – nestambeni prostor (autorska fotografija)

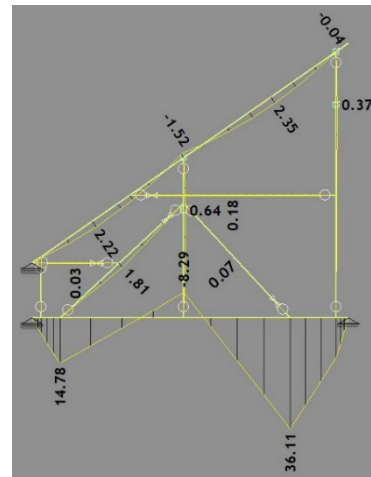
Figure 8 Numerical model of the designed condition of the king-post roof of the residential building in Janka Grahora Street, Zagreb, variant 1 – non-residential space (photograph by the author)



Slika 9 Numerički model projektiranog stanja drvene krovne konstrukcije jednostruke visulje stambene zgrade u Ulici Janka Grahora, Zagreb, varijanta 2 – stambeni prostor (autorska fotografija)

Figure 9 Numerical model of the designed condition of the king-post roof of the residential building in Janka Grahora Street, Zagreb, variant 2 – residential space (photograph by the author)

3D numerički modeli uz mnoštvo prednosti imaju i određene nedostatke ukoliko ih koriste neiskusni projektanti, a kod izrade je nužno voditi računa o oblikovanju detalja. U drvenim konstrukcijama kod klasičnih tesarskih spojeva koji se osiguravaju s nekoliko čavala ili vijaka za drvo nije moguć prijenos momenata savijanja u čvoru iz elementa u element te je nužno provesti odgovarajuće oslobodjenje utjecaja u čvorovima. Ležajevi moraju simulirati uvjete koji će nastati u stvarnoj konstrukciji, pri čemu je posebno važno obratiti pažnju na krovne ravnine u kojima se nalaze glavni vezači krovišta. Kod postave jednog fiksnog ležaja, koji prenosi vertikalne i horizontalne reakcije, te ostalih kliznih ležajeva u predmetnoj ravnini, koji prenose samo vertikalnu komponentu reakcije, dijagrami unutarnjih sila i momenata savijanja sukladni su sa stvarnim stanjem. Međutim, ako se zada više fiksnih ležajeva koji preuzimaju i vertikalne i horizontalne komponente reakcije, glavni vezač se ponaša kao okvirna konstrukcija koja preuzima nerealno velika opterećenja. Na Slici 10 prikazan je momentni dijagram s realnim vrijednostima i raspodjelom, uz zadani jedan fiksni ležaj i dva klizna ležaja. Potrebno je naglasiti da se momenti savijanja u dijagonalama i ispunski-m štapovima pojavljuju prvenstveno kao posljedica djelovanja vlastite težine elemenata.



Slika 10 Momentni dijagram za kombinaciju opterećenja GSN, varijanta 1 – nestambeni prostor (autorska fotografija)

Figure 10 Bending moment diagram for the ULS, variant 1 – non-residential space (photograph by the author)

Kod analiza postojećih konstrukcija nužno je provjeriti oblikovanje detalja i spojna sredstva koja se nalaze u čvorovima. Na primjeru stambene zgrade u Ulici Janka Grahora u Zagrebu vidljivo je da se krovna konstrukcija može svrstati u statički sustav jednostruke visulje. Iz momentnog dijagrama na Slici 10 vidljivo je da se u stupu nalazi vlačna sila.



Slika 11 Spoj stup-greda drvenog krovišta stambene zgrade u Ulici Janka Grahora, Zagreb (autorska fotografija)

Figure 11 Column-beam connection of the timber roof structure of the residential building in Janka Grahora Street, Zagreb (photograph by the author)

Temeljem vizualnog pregleda detalja spoja stupa i vezne grede utvrđeno je da predmetni čvor ne može preuzeti vlačne sile jer nije izvedeno obavijanje vezne grede čeličnim prstenom karakterističnim za statički sustav visulje što je vidljivo na Slici

11. S obzirom na navedeno sila se može preuzeti isključivo tlačno preko kontakta, a statički sustav postojeće konstrukcije je samo prema numeričkom modelu jednostruka visulja, ali ne i prema izvedbi i oblikovanju detalja. Na ovakve situacije u praksi treba obratiti posebnu pažnju.

3.3. UTROŠAK MATERIJALA JEDNOSTRUKA VISULJE

Nakon izrađenog numeričkog modela provedeno je dimenzioniranje elemenata prema Hrvatskoj normi HRN EN 1995-1-1, Eurokod 5: Projektiranje drvenih konstrukcija – Dio 1-1: Općenito – Opća pravila i pravila za zgrade i pripadajućem nacionalnom dodatku [24], [25]. Prilikom dimenzioniranja napravljene su provjere za granično stanje nosivosti i uporabljivosti za sve varijante konstrukcije, a izračuni progiba nisu zasebno prikazivani radi duljine rada. Često kod konstrukcija ovoga tipa analiza samo graničnih stanja pokazuje nominalno potrebne manje dimenzije poprečnog presjeka, a oblikovanje tesarskih spojeva uvjetuje povećanja zbog oslabljenja elemenata zarezivanjima.

U Tablici 1. iskazane su dimenzije poprečnih presjeka i duljine elemenata za postojeće stanje konstrukcije, dok Tablica 2. prikazuje dimenzije poprečnih presjeka i duljine elemenata za

varijantu 1 – nestambeni prostor. Kod varijante 2, u kojoj je projektiran stambeni prostor, utrošak materijala se neznatno razlikuje kod podrožnica u odnosu na varijantu 1. Uz to su dodane podne grede poprečnog presjeka 12×28 cm, čime se utrošak drva povećava za $3,81\text{m}^3$. Prilikom dimenzioniranja nužno je napomenuti da proračunska vrijednost čvrstoće drva prema [24], [25] ovisi o vlažnosti drva pri higroskopnoj ravnoteži i mikroklimi u kojoj se nalazi drvena konstrukcija. Prema navedenom, nestambeni prostori svrstavaju se u klasu uporabljivosti 2, dok se stambeni grijani prostori mogu svrstati u klasu uporabljivosti 1. To, uz veća opterećenja na konstrukciju, rezultira većim proračunskim vrijednostima čvrstoće gradiva, pa je povećanje poprečnih presjeka između varijante 1 i 2 minimalno, ukoliko se izostave podne grede.

Postojeće klasične krovne konstrukcije jednostruke visulje opisanog tipa imaju prostor za uštedu materijala na rogovima. Rogovi su elementi koji su pretežito opterećeni na savijanje, pri čemu se moment otpora povećava s kvadratom visine presjeka. Pretežno kvadratni poprečni presjeci postojećih rogova nisu optimalni te je utrošak materijala kod takvog krovišta moguće smanjiti sa $2,61\text{m}^3$ na $1,91\text{m}^3$ kod varijante 1 i 2. Elementi podrožnica dvoosno su opterećeni te je vrlo često kod izrade statičkog proračuna novog stanja nužno povećati poprečni presjek zbog prekomjernih

Tablica 1 Iskaz količine materijala: jednostruka visulja postojeće stanje

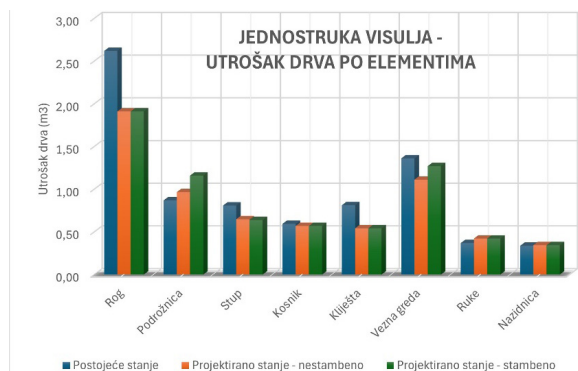
Table 1 Material quantity statement: king-post roof existing condition

JEDNOSTRUKA VISULJA - ISKAZ KOLIČINE MATERIJALA - POSTOJEĆE STANJE					
OPIS ELEMENTA	ŠIRINA (cm)	VISINA (cm)	DULJINA (cm)	KOMADA	UKUPNO (m^3)
ROG	12	16	718	19	2,62
PODROŽNICA	14	18	1724	2	0,87
STUP	12	14	65	5	0,05
	14	16	241	5	0,27
	14	16	432	5	0,48
KOSNIK	14	16	255	5	0,29
	14	16	275	5	0,31
KLIJEŠTA	8	18	180	10	0,26
	8	18	384	10	0,55
VEZNA GREDA	20	24	567	5	1,36
RUKE	12	16	120	16	0,37
NAZIDNICA	12	16	1754	1	0,34
					7,77

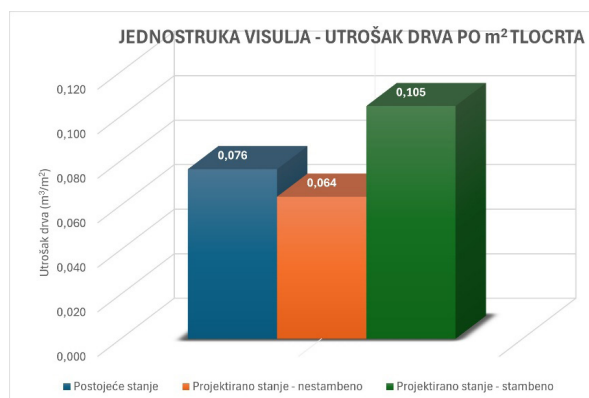
Tablica 2 Iskaz količine materijala: jednostruka visulja, varijanta 1 – nestambeni prostor**Table 2** Material quantity statement: king-post roof, variant 1 – non-residential space

JEDNOSTRUKA VISULJA - ISKAZ KOLIČINE MATERIJALA - PROJEKTIRANO STANJE - NESTAMBENO						
OPIS ELEMENTA	ŠIRINA (cm)	VISINA (cm)	DULJINA (cm)	KOMADA	UKUPNO (m ³)	KLASA ČVRSTOĆE
ROG	10	14	718	19	1,91	C24
PODROŽNICA	14	20	1724	2	0,97	C24
STUP	14	14	235	5	0,23	C24
	14	14	426	5	0,42	C24
KOSNIK	14	14	300	5	0,29	C24
	14	14	280	5	0,27	C24
KLIJEŠTA	6	16	180	10	0,17	C24
	6	16	384	10	0,37	C24
VEZNA GREDA	14	28	567	5	1,11	GL 28h
RUKE	12	12	275	2	0,08	C24
	12	12	170	14	0,34	C24
NAZIDNICA	14	14	1754	1	0,34	C24
					6,51	

naprezanja i progiba, što je također kod ove konstrukcije slučaj. Optimizacija poprečnih presjeka moguća je kod stupova i kliješta, dok su ostali elementi kod postojećeg i projektiranog stanja za varijante 1 i 2 približno sličnih volumena.

**Grafikon 1** Utrošak drva po elementima – jednostruka visulja**Chart 1** Timber consumption by elements – king-post roof

Krovna konstrukcija jednostruke visulje tlocrtno ima površinu od 102m². Kod postojećeg stanja utrošak drva iznosi 7,77m³ što predstavlja 0,076m³ drva po m² tlocrta. Projektirano optimizirano nestambeno krovništvo (varijanta 1) ima utrošak drva od 6,51m³ što predstavlja 0,064m³ drva po m² tlocrta, dok projektirano optimizirano stambeno krovništvo (varijanta 2) ima utrošak drva od 0,105m³ drva po m² tlocrta.

**Grafikon 2** Utrošak drva po m² tlocrta – jednostruka visulja**Chart 2** Timber consumption per m² of ground plan – king-post roof

4. STATIČKI PRORAČUN I DIMENZIONIRANJE KARAKTERISTIČNE DVOSTRUKE VISULJE

4. STATIC CALCULATION AND DIMENSIONING OF A TYPICAL QUEEN-POST ROOF

Krovništvo statičkog sustava dvostruke visulje koje je analizirano nalazi se u Ulici Pavla Hatza u Zagrebu te predstavlja karakterističan primjer klasičnog drvenog dvostrešnog krovništva u

povijesnoj jezgri grada Zagreba, vidljivo je na slikama 12 i 13.



Slika 12 Drveno krovšte stambene zgrade u Ulici Pavla Hatza, Zagreb (autorska fotografija)

Figure 12 Timber roof structure of the residential building in Pavla Hatza Street, Zagreb (photograph by the author)

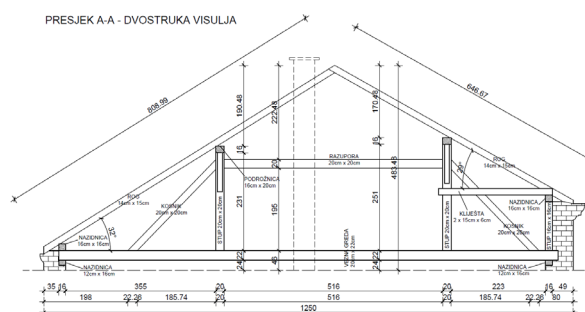


Slika 13 Drveno krovšte stambene zgrade u Ulici Pavla Hatza, Zagreb (autorska fotografija)

Figure 13 Timber roof structure of the residential building in Pavla Hatza Street, Zagreb (photograph by the author)

Drvena krovšta ovog tipa u Zagrebu često su raspona oko 12 metara što je gornja granica kako bi sustav dvostruke visulje bio racionalan. Kao i kod jednostruke visulje napravljena su

dva numerička modela za dvostruku visulju, treća varijanta je uključivala nestambenu zonu tavana dok su kod četvrte varijante dodani drveni grednici u ravni veznih greda visulja koje bi služile kao podna konstrukcija u slučaju prenamjene tavanškog prostora u stambeni. Ovdje je nužno napomenuti kako se varijanta 1 i 2 odnosi na numeričke modele jednostruke visulje, dok se varijanta 3 i 4 odnosi na numeričke modele za dvostruku visulje. Navedena numeracija je određena radi bolje preglednosti rezultata.



Slika 14 Presjek postojećeg stanja drvene krovne konstrukcije dvostruke visulje stambene zgrade u Ulici Pavla Hatza, Zagreb (autorska fotografija)

Figure 14 Cross-section of the existing condition of the timber queen-post roof of the residential building in Pavla Hatza Street, Zagreb (photograph by the author)

4.1. ANALIZA OPTEREĆENJA DVOSTRUKE VISULJE

Kod analize opterećenja varijante 3 i varijante 4 za dvostruku visulju korištene su iste norme i propisi te se u nastavku neće ponovno navoditi. Ukupno karakteristično stalno opterećenje za varijantu 3 iznosi $g_{k, \text{varijanta 3}} = 1,04 \text{ kN/m}^2$ što je identično s varijantom 1 kod jednostruke visulje. Kod slučaja stambenog prostora za varijantu 4 dodani su podgled od gips kartonskih ploča i termoizolacija, a ukupno karakteristično stalno opterećenje iznosi $g_{k, \text{varijanta 4}} = 1,29 \text{ kN/m}^2$ te je identično s varijantom 2 kod jednostruke visulje.

Podne grede za stambeni prostor u varijanti 4 su opterećene s dodatnim stalnim opterećenjem istog intenziteta kao i kod varijante 2 koje iznosi $g_{k, \text{podnice}} = 1,00 \text{ kN/m}^2$.

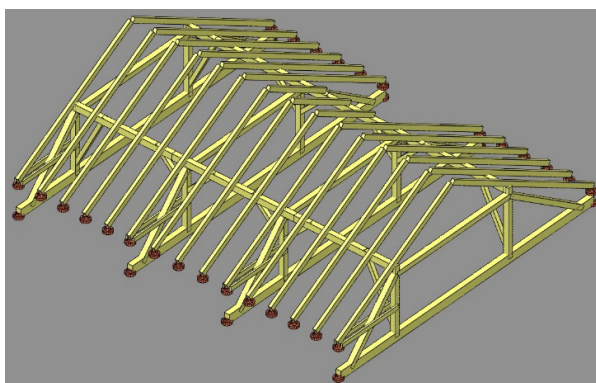
Lokacija konstrukcije s dvostrukom visuljom je grad Zagreb, a ukupno karakteristično

opterećenje snijegom u tlocrtnoj projekciji iznosi $S_{k3,4}=1,00 \text{ kN/m}^2$.

Vrijednosti pritiska vjetra na vanjsku oblogu konstrukcije w_e kod obje varijante dvostruke visulje variraju po zonama od $+0,20 \text{ kN/m}^2$ do $+0,32 \text{ kN/m}^2$ na izloženoj strani te je vidljivo kako vanjski vjetar u svim izloženim zonama djeluje kao pritiskajuće djelovanje. Građevine u povijesnom dijelu grada Zagreba se nalaze u nizovima, često sličnih visina, tako da je kod proračuna korišten samo transverzalni vjetar pod kutom od 0° . Pritisak vjetra na unutarnje površine w_i iznosi kod unutarnjeg tlaka $0,12 \text{ kN/m}^2$, a kod unutarnjeg podtlaka $0,10 \text{ kN/m}^2$. Uporabno korisno opterećenje za varijantu 4 sa stambenim prostorom iznosi $q_k=2,00 \text{ kN/m}^2$.

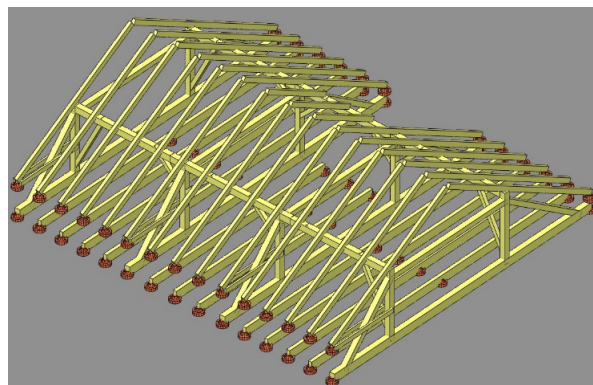
4.2. NUMERIČKI MODEL DVOSTRUKE VISULJE

Za statički sustav dvostruke visulje prema izvornim dimenzijama kreirana su dva numerička modela, uz zadavanje gore navedenih opterećenja. Sve preporuke koje su navedene u prethodnom dijelu rada za izradu 3d modela jednostruke visulje mogu se primijeniti i za 3d numeričke modele kod dvostrukih visulja. Kod konstrukcije koja je analizirana u dvorišnom dijelu se nalazi stubišna istaka koja prolazi kroz glavnu nosivu konstrukciju dvostruke visulje, a u toj zoni se nalazi zasebno krovništvo koje nije analizirano.



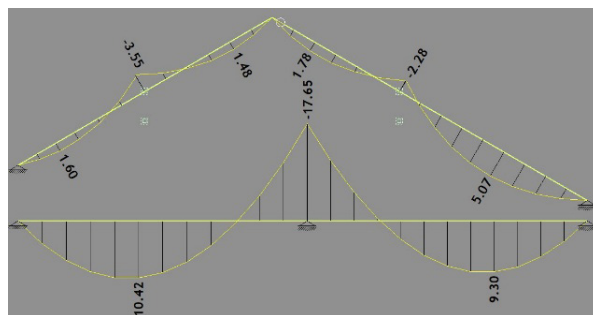
Slika 15 Numerički model projektiranog stanja drvene krovne konstrukcije dvostruke visulje stambene zgrade u Ulici Pavla Hatza 10, Zagreb, varijanta 3 – nestambeni prostor (autorska fotografija)

Figure 15 Numerical model of the designed condition of the queen-post roof of the residential building in Pavla Hatza Street, Zagreb, variant 3 – non-residential space (photograph by the author)



Slika 16 Numerički model projektiranog stanja drvene krovne konstrukcije dvostruke visulje stambene zgrade u Ulici Pavla Hatza 10, Zagreb, varijanta 4 – stambeni prostor (autorska fotografija)

Figure 16 Numerical model of the designed condition of the queen-post roof of the residential building in Pavla Hatza Street, Zagreb, variant 4 – residential space (photograph by the author)



Slika 17 Momentni dijagram za kombinaciju opterećenja GSN, korisno opterećenje, varijanta 4 – stambeni prostor (autorska fotografija)

Figure 17 Bending moment diagram for ULS load combination, live load, variant 4 – residential use (photograph by the author)

Prilikom izrade numeričkog modela varijante 4 u poziciji središnjeg nosivog zida su kod podnih grednika dodani klizni oslonci kako bi se poprečni presjeci optimizirali. Osnovni statički sustav dvostruke visulje nije mijenjan kako se značajna opterećenja ne bi nanosila u poziciju središnjeg nosivog zida već se sva opterećenja iz krovne ravnine prenose na vanjske nosive zidove. Povijesne građevine u gradu Zagrebu u pravilu imaju središnji nosivi zid u kojem su se u povijesti nalazili dimnjaci za kamine u svakoj uličnoj prostoriji. Danas korištenje predmetnih dimnjaka nije moguće s obzirom na poroznost konstrukcije i propusnost, a s aspekta suvremenih načina grijanja nije niti nužno. Kod rekonstrukcije drvene krovne konstrukcije i

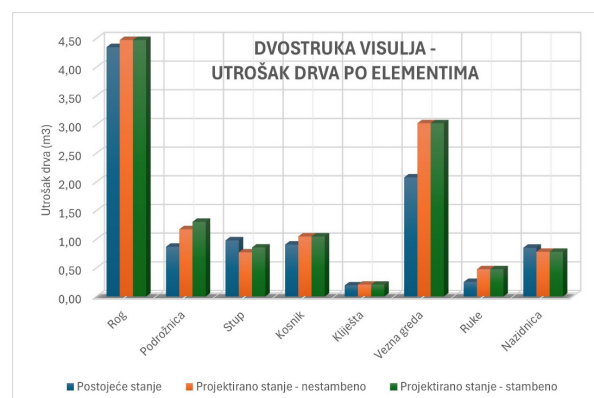
pretvaranja tavanskog dijela u stambeni prostor moguće je provesti zapunjavanje dimnjaka betonom i osloniti podne grede na predmetni zid kako bi se negativan moment savijanja dobio na ležaju u gornjoj zoni, a progibi i poprečni presjeci smanjili.

4.3. UTROŠAK MATERIJALA DVOSTRUKE VISULJE

U tablici 3 iskazane su dimenzije poprečnih presjeka i duljine elemenata za postojeće stanje konstrukcije, dok tablica 4 prikazuje dimenzije poprečnih presjeka i duljine elemenata za varijantu 3 – nestambeni prostor. Kod varijante 4 gdje je projektiran stambeni prostor utrošak materijala se neznatno razlikuje kod podrožnica u odnosu na varijantu 3 te su dodane podne grede poprečnog presjeka 12cm x 32cm što povećava utrošak drva za 4,54m³.

Postojeća klasična krovna konstrukcija dvostruke visulje nema značajne mogućnosti za uštede materijala, s obzirom na vrlo velike raspone rogova, podrožnica i veznih greda. Povijesni propisi su bili povoljniji u odnosu na suvremene propise prilikom analize opterećenja

i dimenzioniranja, a suvremeni programski paketi i vrlo precizni proračuni daju približno iste ili veće poprečne presjeke. Utrošak drva za rogove je približno istog volumena 2,05m³ kod postojećeg stanja, prema 2,11m³ kod projektiranog stanja s obzirom na optimizaciju širine i visine presjeka. Utrošak kod podrožnica, kosnika i veznih greda je veći kod projektiranog stanja, dok su uštede kod projektiranog stanja moguće na stupovima i rukama. Nazidnice i klijesta u postojećem stanju i novom stanju imaju približno iste utroške.



Grafikon 3 Utrošak drva po elementima – dvostruka visulja
Chart 3 Timber consumption by elements – queen-post roof

Tablica 3 Iskaz količine materijala – dvostruka visulja postojeće stanje

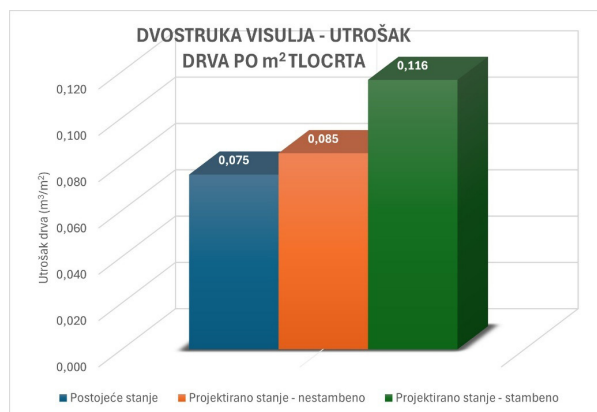
Table 3 Material quantity statement – queen-post roof existing condition

DVOSTRUKA VISULJA - ISKAZ KOLIČINE MATERIJALA - POSTOJEĆE STANJE					
OPIS ELEMENTA	ŠIRINA (cm)	VISINA (cm)	DULJINA (cm)	KOMADA	UKUPNO (m ³)
ROG	14	15	814	12	2,05
	14	15	665	15	2,09
	14	15	320	3	0,20
PODROŽNICA	16	20	1356	2	0,87
STUP	20	20	231	4	0,37
	20	20	251	4	0,40
	16	16	116	7	0,21
KOSNIK	20	20	283	8	0,91
RAZUPORA	20	20	528	4	0,84
KLJEŠTA	6	15	269	8	0,19
VEZNA GREDA	20	22	1180	4	2,08
RUKE	12	12	97	2	0,03
	12	12	130	12	0,22
NAZIDNICA	16	16	1326	1	0,34
	16	12	1326	2	0,51
					11,32

Tablica 4 Iskaz količine materijala: dvostruka visulja, varijanta 3 – nestambeni prostor**Table 4** Material quantity statement: queen-post roof, variant 3 – non-residential space

DVOSTRUKA VISULJA - ISKAZ KOLIČINE MATERIJALA - PROJEKTIRANO STANJE - NESTAMBENO						
OPIS ELEMENTA	ŠIRINA (cm)	VISINA (cm)	DULJINA (cm)	KOMADA	UKUPNO (m ³)	KLASA DRVA
ROG	12	18	814	12	2,11	C24
	12	18	665	15	2,15	C24
	12	18	320	3	0,21	C24
PODROŽNICA	18	24	1356	2	1,17	GL 28h
STUP	18	20	267	8	0,77	C24
KOSNIK	20	18	316	4	0,46	C24
	20	18	411	4	0,59	C24
RAZUPORA	20	18	528	4	0,76	C24
KLJEŠTA	6	16	269	8	0,21	C24
VEZNA GREDA	20	32	1180	4	3,02	GL 24h
RUKE	14	14	266	4	0,21	C24
	14	14	170	8	0,27	C24
NAZIDNICA	14	14	1326	1	0,26	C24
	14	14	1326	2	0,52	C24
					12,70	

Krovn konstrukcija dvostruke visulje tlocrtno ima površinu od 150m². Kod postojećeg stanja utrošak drva iznosi 11,32m³ što predstavlja 0,075m³ drva po m² tlocrta. Projektirano optimizirano nestambeno krovnište (varijanta 3) ima utroška drva od 12,70m³ što predstavlja 0,085m³ drva po m² tlocrta, dok projektirano optimizirano stambeno krovnište (varijanta 4) ima utroška drva od 0,116m³ drva po m² tlocrta.

**Grafikon 4** Utrošak drva po m² tlocrta – dvostruka visulja**Chart 4** Timber consumption per m² of ground plan – queen-post roof

5. ZAKLJUČAK

5. CONCLUSION

Klasična drvena krovništa u povijesnim gradskim središtima predstavljaju vrijednu kulturnu baštinu u području nosivih konstrukcija, koju je nužno očuvati. Na temelju provedene analize dviju reprezentativnih krovnih konstrukcija u Zagrebu izrađeni su numerički modeli za četiri različite varijante rješenja. Rezultati pokazuju da je kod konstrukcija manjih raspona moguće postići uštede u utrošku materijala u odnosu na postojeće stanje, dok je kod konstrukcija većih raspona nužno povećati poprečne presjeke pojedinih elemenata. Analizirana je i mogućnost prenamjene tavanjskog prostora u stambeni, uz zadržavanje drvene krovne konstrukcije izvornog statičkog sustava. Dobiveni rezultati, u kombinaciji s kvalitetnim arhitektonskim oblikovanjem, upućuju na to da je takav zahvat moguć uz relativno mali dodatni utrošak materijala. S obzirom na navedeno, može se zaključiti da su uklanjanje i zamjena izvornih drvenih krovnih konstrukcija i statičkih sustava apsolutno neprihvatljivi, budući da je većinu traženih zahtjeva moguće zadovoljiti

uporabom drva kao građevinskog materijala, i to uz ekonomski prihvatljive troškove. Također, potrebno je naglasiti da je za prenamjenu tavanjskog prostora u stambeni obvezno ishoditi građevinsku dozvolu, a takav zahvat nije moguće provoditi u okviru konstrukcijske obnove nakon potresa.

6. REFERENCE

6. REFERENCES

- [1.] H. Haarmann, *Advancement in Ancient Civilization: life, culture, science and thought*, Jefferson: McFarland & Company, 2020.
- [2.] »Notre Dame Deparis,« [Mrežno]. Raspoloživo: <https://www.notredamedeparis.fr/en/understand/architecture/the-roof-structure/#>. [Pristup 19 Travanj 2025].
- [3.] F. Company, »Fast Company,« [Mrežno]. Raspoloživo: <https://www.fastcompany.com/91241539/notre-dame-cathedral-reopens-restoration>. [Pristup 22 Lipanj 2025].
- [4.] H. Turkulin, T. Sedlar, A. Novosel i D. Anđić, »ZAGREB CATHEDRAL – STRUCTURAL ASSESSMENT OF TIMBER,« u SHATIS 22, Prague, 2022.
- [5.] S. s. G. o. P. f. S. u. Zagrebu, www.pmf.unizg.hr/geof/seizmoloska_sluzba/o_zagrebackom_potresu_2020, 22.4.2020.
- [6.] M. Uroš, M. Šavor Novak, J. Atalić, Z. Sigmun, M. Baniček, M. Demšić i S. Hak, »Procjena oštećenja građevina nakon potresa - postupak provođenja pregleda zgrada,« *Građevinar*, svez. 72, pp. 1089-1115, 2020.
- [7.] M. Stepinac, P. B. Lourenco, J. Atalić, T. Kišiček, M. Uroš, M. Baniček i M. Šavor Novak, »Damage classification of residential buildings in historical downtown after the ML5.5 earthquake in Zagreb, Croatia in 2020,« *International Journal of Disaster Risk Reduction*, svez. 56, p. 20, 2021.
- [8.] M. Stepinac, V. Rajčić i J. Barbalić, »Pregled i ocjena stanja postojećih drvenih konstrukcija,« *Građevinar*, svez. 69, br. 9, pp. 861-873, 2017.
- [9.] P. Dietsch i H. Kreuzinger, »Guideline on the assessment of timber structures,« *Engineering Structures*, svez. 33, br. 11, pp. 2983-2986, 2011.
- [10.] A. Moretić, N. Chieffo, M. Stepinac i P. Lourenco, »Vulnerability assessment of historical building aggregates in Zagreb: implementation of a macroseismic approach,« *Bulletin of earthquake engineering*, p. 21, 2022.
- [11.] N. Perković, M. Stepinac, V. Rajčić i J. Barbalić, »Assessment of Timber Roof Structures before and,« *Buildings*, 2021.
- [12.] D. Arbutina, M. Stepinac, K. Pavković i D. Čizmar, »Architectural Study and Preliminary Seismic Assessment of a Typical Unreinforced Brick Masonry Building in Zagreb, Croatia,« *Buildings*, svez. 15, p. 26, 2025.
- [13.] »Ministarstvo kulture i medija,« [Mrežno]. Raspoloživo: <https://registar.kulturnadobra.hr/#/>. [Pristup 19 Travanj 2025].
- [14.] Hrvatski sabor, *Zakon o obnovi zgrada oštećenih potresom na području Grada Zagreba, Krapinsko-zagorske županije, Zagrebačke županije, Sisačko-moslavačke županije i Karlovačke županije*, Zagreb: Narodne novine, 2023. [Mrežno]. Raspoloživo: https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2023_02_21_350.html [Pristup 07 Srpnja 2025].
- [15.] Hrvatski sabor, *Program mjera obnove zgrada oštećenih potresom na području Grada Zagreba, Krapinsko-zagorske županije, Zagrebačke županije, Sisačko-moslavačke županije i Karlovačke županije*, Zagreb: Narodne novine, 2024. [Mrežno]. Raspoloživo: https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2024_12_154_2549.html [Pristup 07 Srpnja 2025].
- [16.] *Jutarnji list*, »Jutranji list,« [Mrežno]. Raspoloživo: <https://www.jutarnji.hr/kultura/art/konstruktivna-sanacija-muo-privodi-se-kraju-a-do-kompletnog-uredjenja-glavne-zgrade-priprema-se-alternativni-izlozbeni-prostor-15361892>. [Pristup 22 Lipanj 2025].
- [17.] »Radimpex Software for Civil Engineers,« *Radimpex*, [Mrežno]. Raspoloživo: <https://www.radimpex.rs/en>. [Pristup 1 Listopad 2025].

- [18.] HZN, HRN EN 1991-1-1, Zagreb: Hrvatski zavod za norme, 2012.
- [19.] HZN, HRN EN 1991-1-1:2012/NA, Zagreb: Hrvatski zavod za norme, 2012.
- [20.] HZN, HRN EN 1991-1-3, Zagreb: Hrvatski zavod za norme, 2012.
- [21.] HZN, HRN EN 1991-1-3:2012/NA, Zagreb: Hrvatski zavod za norme, 2012.
- [22.] HZN, HRN EN 1991-1-4, Zagreb: Hrvatski zavod za norme, 2012.
- [23.] HZN, HRN EN 1991-1-4:2012/NA, Zagreb: Hrvatski zavod za norme, 2012.
- [24.] HZN, Eurokod 5: Projektiranje drvenih konstrukcija – Dio 1-1: Općenito – Opća pravila i pravila za zgrade – Nacionalni dodatak, Zagreb: HZN, 2013.
- [25.] HZN, Eurokod 5: Projektiranje drvenih konstrukcija – Dio 1-1: Općenito – Opća pravila i pravila za zgrade, Zagreb: HZN, 2013.

AUTORI • AUTHORS



• **Ivan Volarić** - mag.ing.aedif. (Zagreb, 1989.) predavač je na Tehničkom veleučilištu u Zagrebu na kolegijima Računarstvo u graditeljstvu, Drvene konstrukcije, Drvene inženjerske konstrukcije,

Betonske konstrukcije I i II te Zidane konstrukcije. Ovlašteni je inženjer građevinarstva za poslove projektiranja i stručnog nadzora, a od 2023. godine je ovlaštenu projektanta za izradu idejnih, glavnih i izvedbenih projekata za radove na pročelju, krovu i nosivoj konstrukciji nepokretnih kulturnih dobara. Autor je dviju knjiga te više stručnih i znanstvenih radova. Uz nastavne obveze intenzivno se bavi projektiranjem konstrukcija i stručnim nadzorom gradnje. Apsolvent je poslijediplomskog specijalističkog studija Potresnog inženjerstva na Građevinskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu te izrađuje specijalistički rad na temu: „Utjecaj drvenih međukatnih konstrukcija na ponašanje nearmiranih zidanih građevina kod djelovanja potresa“.

Korespondencija • Correspondence

ivan.volaric@tvz.hr



• **Dr. sc. Dean Čizmar** - mag.ing.aedif. (Zagreb, 1979.) izvanredni je profesor na Tehničkom veleučilištu u Zagrebu i nositelj kolegija Drvene konstrukcije, Drvene inženjerske konstrukcije,

Modeliranje i proračun konstrukcija, Uvod u konstruktivnu sanaciju graditeljske baštine, Uvod u toplinsku zaštitu i uštedu energije u graditeljstvu i Zidane konstrukcije. Ovlašteni je inženjer građevinarstva za poslove projektiranja i stručnog nadzora, a od 2019. godine je ovlaštenu projektanta za izradu idejnih, glavnih i izvedbenih projekata za radove na pročelju, krovu i nosivoj konstrukciji nepokretnih kulturnih dobara. Autor je četiriju knjige, objavio je više od 25 radova u časopisu te više od 40 radova u zbornicima s konferencija. Uz nastavne obveze bavi se revizijama projektne dokumentacije iz područja drvenih i spregnutih konstrukcija te projektiranjem konstrukcija i vještačenjima u graditeljstvu.



• **Šime Serdarević** - univ.mag.ing.aedif. (Zadar, 1990.) viši predavač je na Tehničkom veleučilištu u Zagrebu. Na matičnoj ustanovi izvodi nastavu predavanja i vježbi na kolegijima Otpornost materijala,

Montažne građevine, Drvene konstrukcije, Potresno inženjerstvo i Spregnute konstrukcije. Autor je desetak stručnih i znanstvenih radova objavljenih u časopisima i na konferencijama u Hrvatskoj i inozemstvu. Objavio je recenzirani nastavni materijal za kolegij iz kojeg izvodi nastavu. Mentorirao je preko trideset studenata na diplomskim i završnim radovima. Ovlašteni je inženjer građevinarstva za poslove projektiranja i stručnog nadzora. U svojstvu projektanta izradio je preko pedeset glavnih i izvedbenih projekata građevina visokogradnje u različitim materijalima. Primarni interesi rada i obrazovanja su postupci modeliranja, proračun i analiza ponašanja čeličnih, drvenih i armiranobetonskih konstrukcija u visokogradnji.



• **Igor Bakmaz** - arh.teh.
(Šibenik, 2000.) student
je preddiplomskog studija
graditeljstva na Tehničkom
veleučilištu u Zagrebu, smjer
Visokogradnja. Nakon završene
Tehničke škole u Šibeniku

zapošljava se u građevinskoj tvrtki gdje dvije godine radi kao suradnik inženjera na poslovima organizacije radova na gradilištu. Studij na Tehničkom veleučilištu upisuje 2023. godine, a trenutno izrađuje završni rad na temu statički proračuna obiteljske kuće u programu SCIA Engineer. Paralelno uz studij radi u struci, a tijekom studija pokazuje interes za područje konstrukcija. Planira nastavak obrazovanja na diplomskom studiju.