



Društvo za geotehniku u Bosni i Hercegovini
Друштво за геотехнику у Босни и Херцеговини
Geotechnical Society of Bosnia and Herzegovina



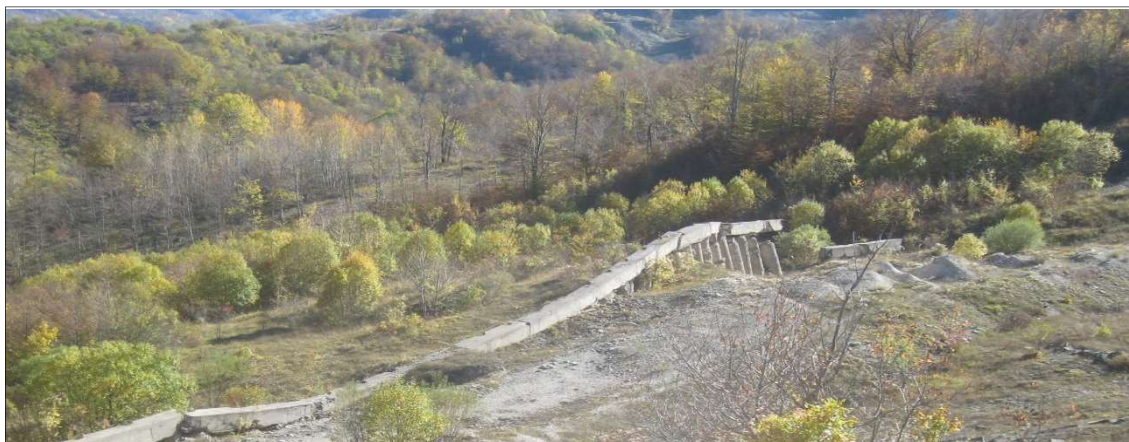
ISSN 2303-4262

ZBORNİK RADOVA

NAUČNO - STRUČNI SIMPOZIJUM
GEO-EXPO 2020

PROCEEDINGS

SCIENTIFIC AND EXPERT CONFERENCE
GEO-EXPO 2020



Novembar 2020. godine / November 2020

SADRŽAJ

1. ODREĐIVANJE MAKSIMALNOG OPTEREĆENJA NOSIVE KONSTRUKCIJE NA TEMELJNO TLO ZA MHE CRNA RIJEKA DETERMINATION OF LOAD-BEARING STRUCTURE'S MAXIMUM LOAD ONTO FOUNDATION GROUND FOR THE CRNA RIJEKA SMALL POWER PLANT <i>Biljana Buhavac, Suada Pamuk</i>	1
2. PRISTUP USLUGAMA VODOOPSKRBE I ODVODNJE ACCESS TO WATER SUPPLY AND SEWERAGE SERVICES <i>Dino Obradović, Marija Šperac, Saša Marenjak</i>	10
3. ANALIZA UTICAJA FIZIČKO-MEHANIČKIH SVOJSTAVA UGLJENE SERIJE NA IZBOR METODE OTKOPAVANJA U JAMAMA RMU „REMBAS“- RESAVICA ANALYSIS OF THE INFLUENCE OF THE PHYSICAL-MECHANICAL PROPERTIES OF THE COAL SERIES ON THE CHOICE OF THE EXCAVATION METHOD IN THE MINES OF RMU „REMBAS“- RESAVICA <i>Vladimir Todorović, Dražana Tošić, Jelena Trivan</i>	17
4. FORMIRANJE KRATERA SLIJEGANJA U DOLJANIMA KAO POSLJEDICE DJELOVANJA PODZEMNIH VODA FORMING OF THE SINKHOLE IN DOLJANI AS A CONSEQUENCE OF THE IMPACT OF UNDERGROUND WATER <i>Toni Nikolić, Almir Hodžić, Omer Nezirić</i>	24
5. КОНТРОЛА НА КВАЛИТЕТОТ НА ПРСКАН БЕТОН И МОЖНИ ПРОБЛЕМИ ПРИ ТОРКРЕТИРАЊЕ QUALITY CONTROL OF SPRAYED CONCRETE AND POSSIBLE PROBLEMS DURING SHOTCRETING <i>Седд Абазу, Булент Сулооца</i>	32
6. FIBRE OPTIC INSTRUMENTATION OF VIBRO CONCRETE COLUMNS AND SURROUNDING GROUND FOR STATIC AND DYNAMIC LOAD TESTS <i>Maximilian Lerch, Thomas Neidhart, Michal Bubenicek</i>	40
7. ANALIZA TEMELJNE KONSTRUKCIJE OPTEREĆENE NA UZGON USLJED HIDROSTATSKOG PRITISKA I DIMENZIONIRANJE ZATEGNUTIH ELEMENATA NA OSNOVU REZULTATA TERENSKIH ISPITIVANJA NOSIVOSTI NA ZATEZANJE ANALYSIS OF FOUNDATION STRUCTURE LOADED ON UPLIFT DUE TO HYDROSTATIC PRESSURE AND DESIGN OF TENSION ELEMENTS BASED ON THE FIELD RESULTS OF TENSION LOAD TESTING <i>Safet Neković, Damir Jagodić</i>	50
8. OKVIRNI DRVENI REŠETKASTI NOSAČI U SISTEMU LKV TIMBER FRAME TRUSS CONSTRUCTIONS IN THE LKV SYSTEM <i>Žikica Tekić, Ljiljana Kozarić, Martina Vojnić Purčar</i>	57
9. STRUCTURAL REINFORCEMENT OF GEO-MAT BY HIGH-TENSILE STEEL WIRE MESHES <i>Vjekoslav Budimir, Armin Roduner</i>	63

10. POSLEDICE INŽENJERSKO-GEOLOŠKE I GEOTEHNIČKE NEISTRAŽENOSTI NA PROJEKTOVANJE I ZAŠTITU KOSINA KOD PUTEVA CONSEQUENCES OF MISSING ENGINEERING-GEOLOGICAL AND GEOTECHNICAL INVESTIGATIONS AND TESTING ON THE DESIGN AND PROTECTION OF SLOPES FOR ROADS <i>Igor Jokanović, Mila Svilar, Milica Pavić</i>	71
11. UTICAJ DEFORMACIJE TLA NA PRORAČUN SISTEMA PO TEORIJI DRUGOG REDA THE IMPACT OF SOIL DEFORMATION ON THE CALCULATION OF SYSTEM ACCORDING TO THE SECOND ORDER THEORY <i>Besim Demirović, Nedim Osmić</i>	79
12. SANACIJA KLIZIŠTA MAKLJENOVAC – OPĆINA DOBOJ LANDSLIDE „MAKLJENOVAC“ RECOVERY – MUNICIPALITY DOBOJ <i>Miranda Zukić</i>	89
13. UTICAJ GEOLOŠKIH I INŽENJERSKOGEOLOŠKIH KARAKTERISTIKA TERENA ZA REKONSTRUKCIJU CESTE NA DIONICI SIMIN-HAN - GORNJA TUZLA –POVRŠNICE KOD TUZLE INFLUENCE OF GEOLOGICAL AND ENGINEERING GEOLOGICAL CHARACTERISTICS OF THE TERRAIN FOR ROAD RECONSTRUCTION ON THE SECTION SIMIN-HAN - GORNJA TUZLA-POVRŠNICE NEAR TUZLA <i>Zijad Ferhatbegović, Sumeja Durmić, Amila Avdić</i>	103
14. GEOLOŠKA ISTRAŽIVANJA TERENA ZA REKONSTRUKCIJU CESTE NA DIONICI SREBRENİK - ORAHOVICA KOD SREBRENİKA GEOLOGICAL FIELD RESEARCH FOR ROAD RECONSTRUCTION ON THE SECTION SREBRENİK - ORAHOVICA NEAR SREBRENİK <i>Zijad Ferhatbegović, Sumeja Durmić, Amila Avdić</i>	113
15. LABORATORIJSKA GEOMEHANIČKA ISPITIVANJA GRANIČNE SMIČUĆE ČVRSTOĆE KREČNJAKA SA LOKACIJE PONIKVE KOD GACKA LABORATORY GEOMECHANICAL TESTS OF LIMIT SHEAR STRENGTH OF LIMESTONE FROM THE LOCATION PONIKVA NEAR GACKO <i>Jasmin Isabegović, Hasan Okanović</i>	123
16. UTICAJ NEODREĐENOSTI KLASIFIKACIONIH PARAMETARA NA OCJENU KVALITETA STIJENSKE MASE THE INFLUENCE OF CLASSIFICATION PARAMETERS UNCERTAINTY ON ROCK MASS QUALITY ASSESSMENT <i>Ahmed Mušija, Kenan Mandžić</i>	130
17. PROPUST NA RIJECI JOŠANICI (JOŠANIČKI POTOK) CULVERT ON THE JOŠANICA RIVER (JOŠANIČKI POTOK) <i>Biljana Buhavac</i>	136
18. PROCJENA STANJA MASIVA IZNAD POTOPLJENOG RUDNIKA SOLI TUŠANJ NA LEŽIŠTU SOLI U TUZLI U POSTEKSPLOATACIONOM PERIODU ASSESSMENT OF THE CONDITION OF THE ROCK MASSIVE ABOVE THE SUBMERGED SALT MINE ON THE SALT DEPOSIT IN TUZLA IN THE POST-EXPLOITATION PERIOD <i>Džavid Bijedić, Samir Hodžić, Ibrahim Hadžihrustić</i>	151



Žikica Tekić¹

https://doi.org/10.35123/GEO-EXPO_2020_8

Ljiljana Kozarić²

Martina Vojnić Purčar³

OKVIRNI DRVENI REŠETKASTI NOSAČI U SISTEMU LKV

Sažetak:

U radu su prikazani okvirni drveni rešetkasti nosači u sistemu LKV i njihova primena kod trovodnih krovova. Posebna pažnja je posvećena projektovanju bočnog sektora krova, u funkciji statičke visine nosača i veličine pripadajućeg opterećenja. Dati su osnovni principi funkcionalne organizacije karakterističnih sektora krova, što je od značaja za definisanje geometrije svih nosača koji formiraju drvenu strukturu. Unifikacija prefabrikovanih elemenata je od značaja za proizvodnju i ekonomičnost drvene strukture. U sklopu drvene strukture su takođe dati položaj i geometrija spregova za ukrućenje, kao sastavnih elemenata strukture krova.

Ključne riječi:

Sistem LKV, okvirni nosač, rešetkasti nosač, geometrija krova, osnovni nosač, modifikovani nosač, spreg za ukrućenje, geometrija nosača, metalni konekter

TIMBER FRAME TRUSS CONSTRUCTIONS IN THE LKV SYSTEM

Summary:

The paper presents timber frame truss constructions in the LKV system and their application in the one hipped end gable roofs. Special attention is paid to the design of the side sector of the roof, as a function of the static height of the girder and the size of the associated load. The basic principles of functional organization of characteristic roof sectors are given, which is important for defining the geometry of all girders that form a timber structure. Unification of prefabricated elements is important for the production and economy of the timber structure. As part of the timber structure, the position and geometry of the bracings are also given, as constituent elements of the roof structure.

Key words:

LKV system, frame construction, truss, roof geometry, principal girder, modified girder, bracings, girder geometry, metal connector

¹ V. prof. dr Žikica Tekić, Univerzitet u Beogradu, Arhitektonski fakultet, Bulevar kralja Aleksandra 73/II, Beograd, Srbija, ztekic@arh.bg.ac.rs

² Doc. dr Ljiljana Kozarić, Univerzitet u Novom Sadu, Građevinski fakultet u Subotici, Kozaračka 2a, Subotica, Srbija, kozaricljiljana@gmail.com

³ Doc. dr Martina Vojnić Purčar, Univerzitet u Novom Sadu, Građevinski fakultet u Subotici, Kozaračka 2a, Subotica, Srbija, vojnicsmartina@gmail.com

1. OSNOVNE KARAKTERISTIKE SISTEMA LKV

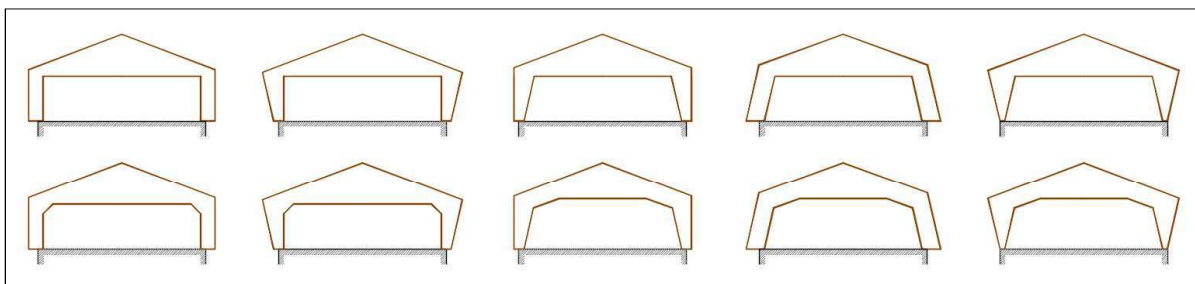
Sistem LKV je montažni, industrijalizovani sistem koji se primenjuje u prefabrikovanoj gradnji drvenih krovnih struktura. LKV element čine pojasni štapovi i štapovi ispune. Štapovi su jednodelnog pravougaonog poprečnog preseka i svi leže u jednoj ravni. To znači da je širina poprečnog preseka svih štapova ista, a visina poprečnog preseka je promenljiva i zavisi od položaja štapa u strukturi LKV elementa, odnosno veličine presečnih sila u štapu. Standardna širina poprečnog preseka iznosi 4.4 cm, a visina se kreće u granicama od 6.0 cm do 16.0 cm [2]. Formiranje čvornih veza i nastavaka štapova je uslovljeno tehnološkim postupkom proizvodnje lakih krovnih vezača, koji može biti zanatski, pluindustrijski i industrijski [1]. Zanatski postupak formiranja čvornih veza i nastavaka štapova podrazumeva primenu čvornih metalnih limova ili čvornih furnirskih ploča, uz upotrebu ručno kovanih eksera. Poluindustrijski postupak podrazumeva takođe primenu čvornih metalnih limova ili čvornih furnirskih ploča, ali uz upotrebu mašinski ugrađenih eksera ili metalnih klamfica, pomoću pneumatskih pištolja, što u odnosu na zanatski postupak proizvodnje, predstavlja napredak pri obrazovanju veza drvenih elemenata. Industrijski postupak proizvodnje lakih krovnih vezača podrazumeva isključivo upotrebu metalnih konektera, koji predstavljaju savremeno mehaničko spojno sredstvo za izvođenje čvornih veza i nastavaka štapova. To su metalne pocinkovane pločice minimalne debljine $d=1.0$ mm, koje nakon presovanja i perforacije imaju zupce u obliku eksera koji vire iz metalne pločice. Postavljaju se u paru za svaki čvor i pomoću presa utiskuju u sve štapove koji obrazuju čvor ili nastavak štapa [3].

2. OBLICI OKVIRNIH DRVENIH REŠETKASTIH NOSAČA

Karakteristika okvirnih rešetkastih nosača je postojanje dela nosača (stub) koji formira fasadnu ravan i dela nosača (prečka) koji formira krovne ravni objekta. Međusobna veza stuba i prečke je kruta, čime se u statičkom smislu postiže funkcionisanje nosača kao okvirnog rešetkastog nosača. Iz uslova transporta, okvirni rešetkasti nosač je moguće izvesti na dva načina:

- proizvodnjom jedne polovine nosača u fabrici, uz izvođenje montažnog nastavka na gradilištu, gde se spajanjem dve polovine nosača na sektoru slemena, dobija projektovani okvirni rešetkasti nosač. Izvođenje krute veze stuba i dela prečke se formira postizanjem kontinuiteta stuba i dela prečke, pri proizvodnji nosača [4];
- proizvodnjom dva stuba i prečke okvirnog nosača u fabrici, uz izvođenje montažnih nastavaka na gradilištu, gde se spajanjem stubova i prečke, na sektoru preseka fasadnih i krovnih ravni, dobija projektovani okvirni rešetkasti nosač.

Oblici okvirnih rešetkastih nosača mogu biti raznovrsni, što je od značaja za mogućnost realizacije različitih oblika drvenih struktura. Jednostavnom triangulacijom štapova ispune unutar konture rešetkastog nosača, u oblikovnom smislu je moguće ispuniti sve projektantske zahteve. Presek plafonske i zidne ravni može biti sa dodatkom kosog štapa na sektoru krute veze stuba i prečke, kao i bez dodatka kosog štapa (slika 1). U oba slučaja se formira kruta veza stuba i prečke, uz pedantno izvođenje čvornih veza, shodno predznaku i veličini presečnih sila.



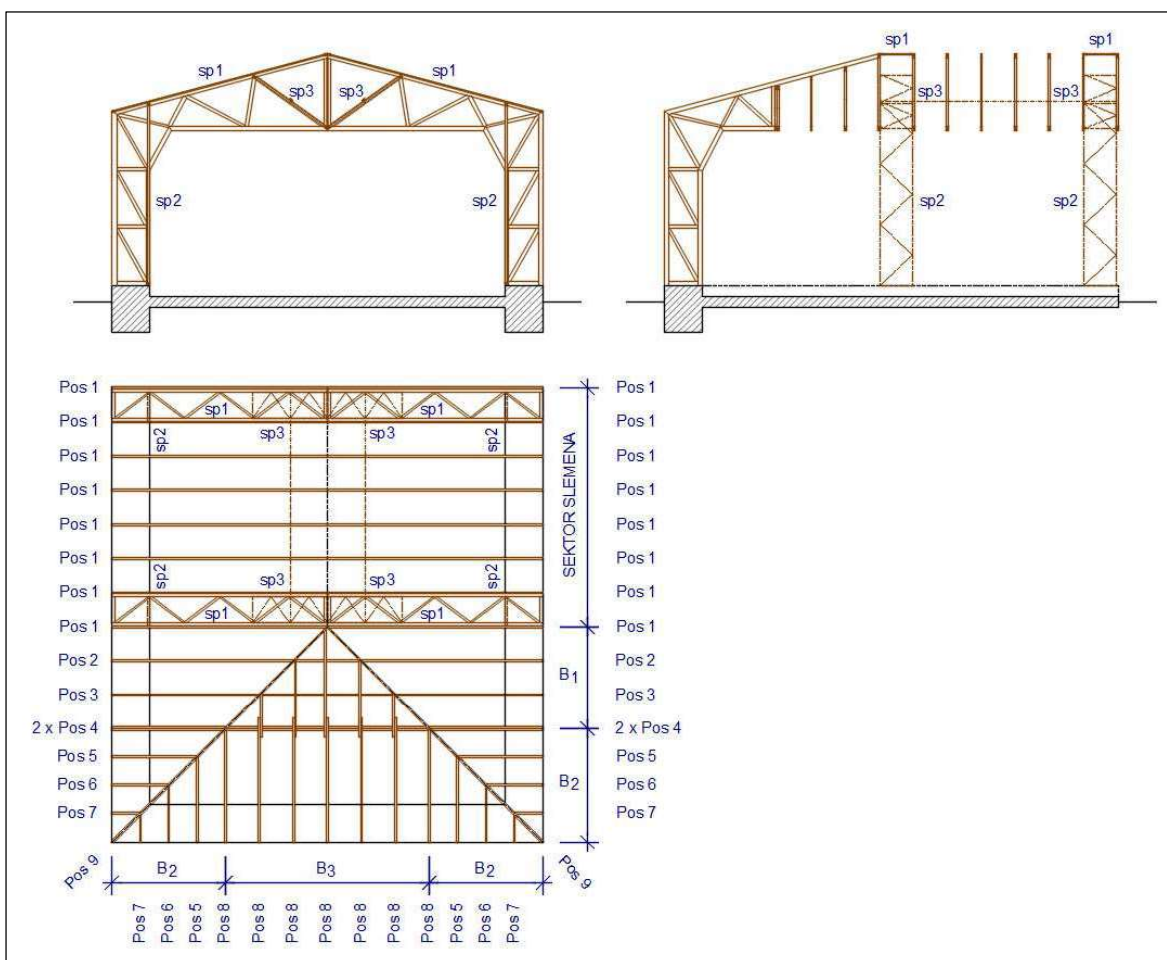
Slika 1. Oblici okvirnih drvenih rešetkastih nosača

3. FUNKCIONALNA ORGANIZACIJA DRVENE STRUKTURE

U radu je prikazan okvirni drveni rešetkasti nosač koji ima vertikalni fasadni pojasni štap i kosi štap na sektoru preseka plafonske i zidne ravni. Nosač je projektovan iz dva dela, iz uslova transporta, uz izvođenje montažnog nastavka na gradilištu. Oblik krova je trovodni, dok je posebna pažnja posvećena projektovanju bočnog sektora krova (treća krovna

ravan), u funkciji statičke visine nosača i veličine pripadajućeg opterećenja. Dati su osnovni principi funkcionalne organizacije karakterističnih sektora krova, što je od značaja za definisanje geometrije svih nosača koji formiraju drvenu strukturu. Unifikacija prefabrikovanih elemenata je od značaja za proizvodnju i ekonomičnost drvene strukture. U sklopu drvene strukture su takođe dati položaj i geometrija spregova za ukrućenje, kao sastavnih elemenata strukture krova.

Projektovani oblik krova se može podeliti na dva sektora: sektor slemena koji obuhvata najviši deo krova i bočni sektor krova koji se nalazi na delu treće krovne ravni (slika 2). Organizacija krovne strukture na sektoru slemena se sastoji u definisanju položaja osnovnih LKV nosača i spregova za ukrućenje. Sektor slemena je određen položajem prvog osnovnog LKV nosača (pos 1) na delu zabatne i bočne ravni krova, čime je definisana dužina na kojoj treba rasporediti ostale osnovne LKV nosače. Njihov međusobni razmak treba da bude oko 90 cm, u svemu prema razmaku rogova kod tradicionalnih drvenih konstrukcija, a u svrhu postavljanja podkonstrukcije za krovni pokrivač (letve, daske, OSB ploče itd.). Spregovi za ukrućenje se postavljaju u prvo polje uz zabatnu i bočnu krovnu ravan. Raspored ostalih spregova, odnosno ukupan broj spregova, zavisi od ukupnog broja osnovnih LKV nosača, odnosno dužine slemena krova [5]. Maksimalan broj slobodnih polja između dva sprega iznosi šest. Broj slobodnih polja između dva sprega može biti i manji od šest, pri čemu se spregovi postavljaju tako da je manji broj slobodnih polja uvek prema zabatnoj, odnosno bočnoj ravni krova, a veći broj slobodnih polja prema sredini sektora slemena.

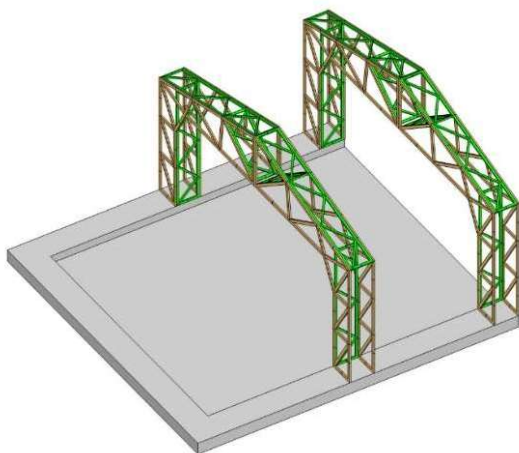


Slika 2. Funkcionalna organizacija drvene strukture

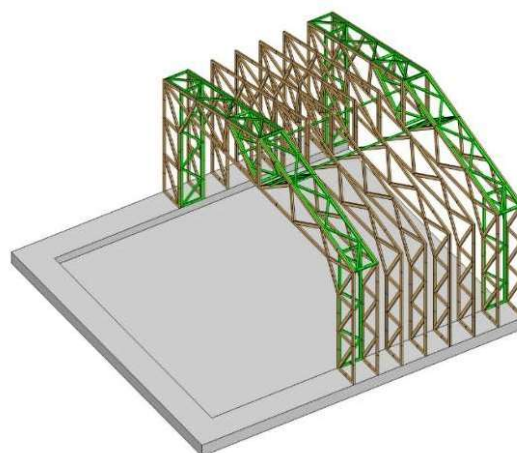
Nosači koji formiraju bočni sektor krova se nazivaju modifikovani LKV nosači i njihova geometrija se izvodi iz osnovnog LKV nosača koji se nalazi na sektoru slemena. Osnovni koncept formiranja bočnog sektora krova se sastoji u postavljanju određenog broja LKV nosača (pos 2, pos 3 i pos 4) koji su paralelni sa osnovnim LKV nosačem (pos 1), vodeći računa o njihovoj statičkoj visini i računskoj veličini pripadajućeg opterećenja, čija vrednost približno treba da odgovara opterećenju koje prihvataju osnovni LKV nosači. Bočni sektor krova je moguće podeliti na karakteristične celine B₁, B₂ i B₃ i obeležiti njihov položaj (slika 2). Granicu između bočnog sektora i sektora slemena određuje osnovni LKV nosač (pos 1). Njegov položaj je jasno definisan presekom tri krovne ravni. Međurazmak do prvog susednog LKV

nosača na delu sektora slemena iznosi λ , i poželjno je da je ta vrednost oko 90 cm. Modifikovani LKV nosači na delu B₁ se izvode iz osnovnog LKV nosača, i na delu krovnih ravni imaju trapezasti oblik. Njihova visina se smanjuje pomerajući se ka delu B₂. Dva osnovna uslova koja definišu položaj i broj ovih nosača na delu B₁ su veličina pripadajućeg opterećenja u funkciji razmaka nosača λ_1 i statička visina na polovini raspona nosača, što može usloviti i to da poslednji u nizu nosača na ovom sektoru bude udvojen. Razmak modifikovanih LKV nosača na delu B₁ se fiksira na vrednost $\lambda_1=90$ cm, pošto je to uobičajeni razmak osnovnih LKV nosača. Razmak modifikovanih nosača na delovima B₂ i B₃ se takođe ograničava na vrednosti $\lambda_2 \leq 90$ cm i $\lambda_3 \leq 90$ cm. Statička visina na polovini raspona nosača ne treba da ima vrednost manju od L/12. U svemu prema usvojenim principa, funkcionalna organizacija drvene strukture se odvija kroz nekoliko koraka:

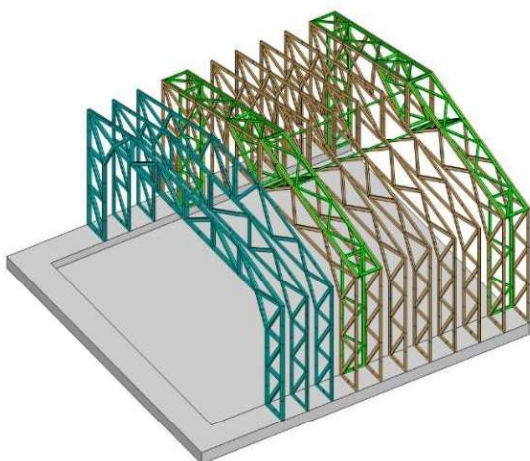
- korak 1: formiranje sektora slemena postavljanjem osnovnih LKV nosača i spregova za ukrućenje u vidu paketa. Paketi se postavljaju na sektoru zabatne ravni i na granici sektora slemena i bočnog sektora krova (slika 3);
- korak 2: postavljanje ostalih osnovnih LKV nosača između paketa nosača i spregova za ukrućenje (slika 4);
- korak 3: organizacija sektora B₁ koja obuhvata postavljanje modifikovanih LKV nosača na razmaku od $\lambda_1=90$ cm u odnosu na osnovni LKV nosač (pos 1), čiji položaj je određen presekom tri krovne ravni (slika 5);
- korak 4: u liniji grebena se postavlja LKV nosač koji se jednim svojim krajem oslanja na sektoru fasade, a drugim krajem na udvojeni LKV nosač. Dodavanjem drvene gredice u produžetku gornjeg pojasa, koja ima iste dimenzije poprečnog preseka kao gornji pojas LKV nosača, završava se formiranje grebena (slika 6);
- korak 5: deo B₂ se deli na jednak broj međurazmaka λ_2 , uz uslov da međurazmak LKV nosača na tom delu može imati vrednost $\lambda_2 \leq 90$ cm. Deo B₂ formiraju LKV nosači koji se jednim svojim krajem oslanjaju na sektoru fasade, a drugim krajem na LKV nosač u liniji grebena (slika 7);
- korak 6: deo B₃ se deli na jednak broj međurazmaka λ_3 , uz uslov da međurazmak LKV nosača na tom delu može imati vrednost $\lambda_3 \leq 90$ cm. Deo B₃ formiraju LKV nosači koji se jednim svojim krajem oslanjaju na sektoru fasade, a drugim krajem na udvojeni LKV nosač. Dodavanjem rogova koji imaju iste dimenzije poprečnog preseka kao i gornji pojas LKV nosača na delu B₃, završava se formiranje bočnog sektora krova (slika 8).



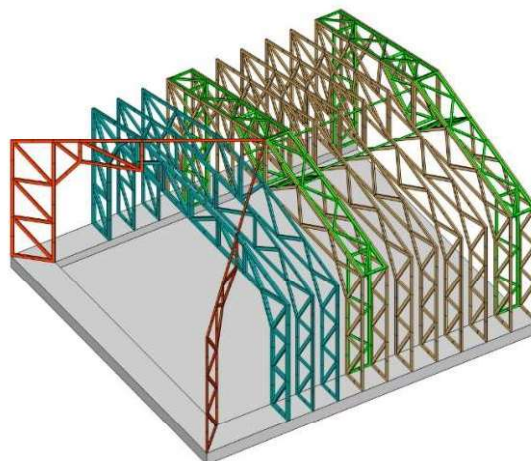
Slika 3. Funkcionalna organizacija strukture: korak 1



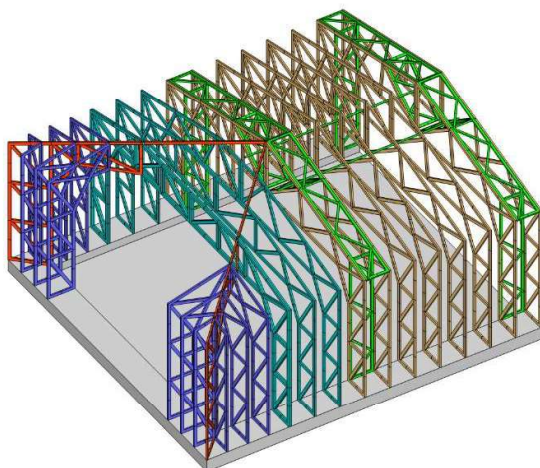
Slika 4. Funkcionalna organizacija strukture: korak 2



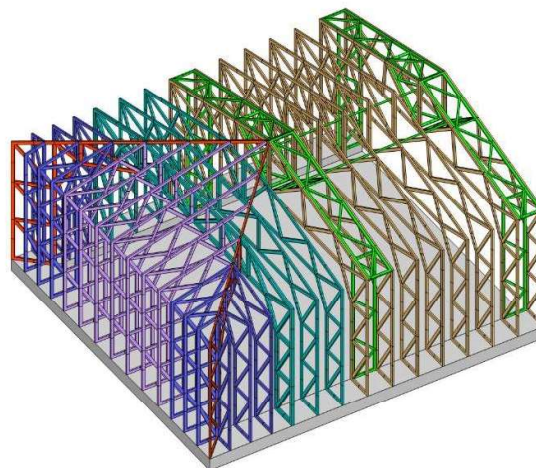
Slika 5. Funkcionalna organizacija strukture: korak 3



Slika 6. Funkcionalna organizacija strukture: korak 4



Slika 7. Funkcionalna organizacija strukture: korak 5

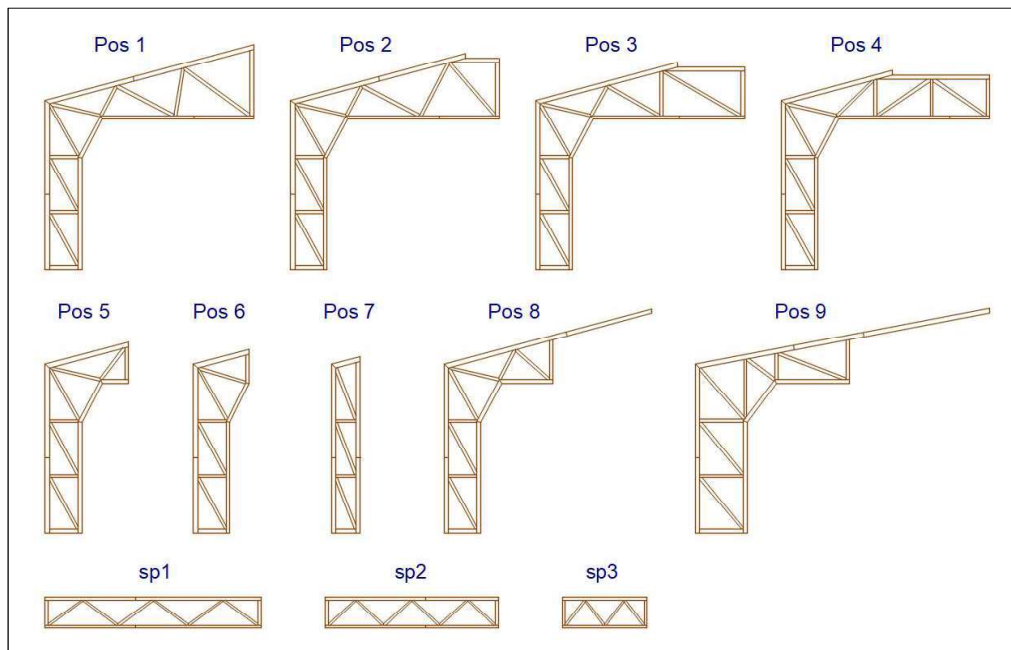


Slika 8. Funkcionalna organizacija strukture: korak 6

4. OBLICI LKV ELEMENATA

Definisanjem položaja svih LKV nosača i spregova za ukrućenje u sklopu drvene strukture, određeni su njihov oblik i geometrija (slika 9). Zbog ograničenja standardnih dužina drvenih štapova od 400 cm, neophodno je uvesti nastavke pojasnih štapova kod onih nosača gde se to zahteva. Konfiguracija štapova ispune modifikovanih nosača je u direktnoj vezi sa konfiguracijom štapova ispune osnovnih LKV nosača. Polazne stavke pri konfigurisanju štapova ispune se zasnivaju na sledećem:

- da se po mogućstvu formira simetričan raspored štapova ispune, uz uslov da se u čvoru mogu vezivati maksimalno tri štapa ispune,
- da položaj čvorova kod modifikovanih nosača ostane u što većoj meri isti kao kod osnovnog LKV nosača,
- da nakon dimenzionisanja, visine poprečnih preseka pojasnih štapova modifikovanih nosača, imaju iste vrednosti kao kod osnovnog LKV nosača.



Slika 9. Asortiman LKV elemenata

5. ZAKLJUČAK

Prefabrikovana gradnja u drvetu ima za cilj da stvori nove, kvalitetnije uslove izvođenja konstrukcija objekata različitih namena, primenom različitih oblika nosača i različitih statičkih sistema. S tim u vezi, potrebno je usavršavati postojeće savremene sisteme gradnje, razraditi do najsitnijeg detalja sve elemente konstrukcije savremenih sistema, definisati pravila i principe funkcionalne organizacije drvenih struktura i obezbediti maksimalne uslove za prefabrikovanu gradnju konstrukcija od drveta.

6. REFERENCE

- [1] Kujundžić V., Tekić Ž., Đorđević S.: Savremeni sistemi drvenih konstrukcija, Orion art, Beograd, 2004.
- [2] Tekić Ž.: Oblikovanje funkcionalnih elemenata krovnih drvenih struktura u Sistemu LKV - programski paket, magistarski rad, Univerzitet u Beogradu, Arhitektonski fakultet, Beograd, 2001.
- [3] Tekić Ž.: Savremeni koncepti primene metalnih konektera u sistemima drvenih struktura, doktorska disertacija, Univerzitet u Beogradu, Arhitektonski fakultet, Beograd, 2005.
- [4] Tekić Ž., Nenadović A., Kozarić Lj.: Poligonalni drveni rešetkasti nosači u sistemu LKV i njihova primena kod mansardnih krovova, iNDiS 2018 - planiranje projektovanje, građenje i obnova graditeljstva, Novi Sad, 2018., str. 903-908.
- [5] Tekić Ž., Kozarić Lj., Vojnić Purčar M.: System of lightweight roof girders with parallel chords and their application, 7th International Conference: Contemporary achievements in civil engineering 2019., University of Novi Sad, Faculty of Civil Engineering Subotica, 2019., str. 259-264.