

LLD SISTEM - LEPLJENO LAMELIRANO DRVO

1. Uvod

Nosači od lepljenog lameliranog drveta su produkt najsavremenije tehnologije u obradi drveta, tehnologije lepljenja i najviših naučnih dostignuća iz oblasti projektovanja i teorije konstrukcija. Nosači se oblikuju u skladu sa zahtevima tehnološkog procesa proizvodnje i prema uslovima dozvoljenih naprezanja, odnosno, težnje za potpunim iskorišćenjem nosivosti materijala u poprečnim presecima nosača.



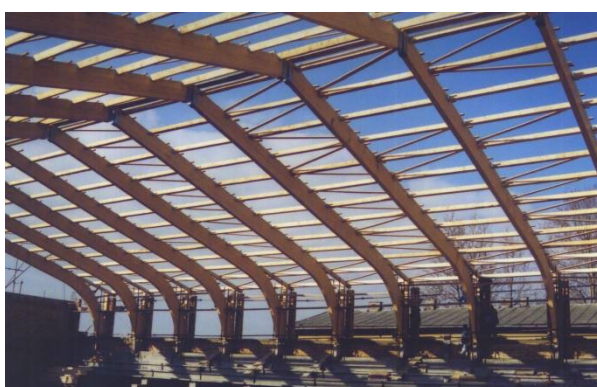
Pešački most - Plitvice



Ekološki dom na Čačalici - Požarevac



*Dom kulture i sportova – Obrenovac
Sportska dvorana - Kać*



Slika 1. Konstruktivni sistemi objekata u lepljenom lameliranom drvetu

Lepljeno lamelirano drvo je građevinski materijal, proizveden od tankih drvenih elemenata - lamela - podjednakog poprečnog preseka, postavljenih jedan iznad drugog, međusobno slepljenih posebnim vrstama lepila, pod određenim uslovima i predstavlja, najčešće, štapasti element konstrukcije, praktično neograničenih dimenzija visine poprečnog preseka i dužine. Lamele su elementi koji nastaju podužnim spajanjem dasaka ili talpi od masivnog drveta.

Ovako komponovan materijal ima mehaničke karakteristike koje su ujednačenije od mehaničkih karakteristika masivnog drveta - baznog materijala od koga je lepljeno lamelirano drvo nastalo.

Izrada elemenata krovnih struktura ili celog konstruktivnog sklopa arhitektonskih objekata je strogo kontrolisani tehnološki postupak. Odvija se u fabrikama lepljenih konstrukcija, tako da su konstruktivni elementi od lepljenog lameliranog drveta industrijski proizvod standardnog kvaliteta. Za razliku od ostalih proizvoda drvne industrije, pod pojmom lepljenog lameliranog drveta se isključivo podrazumeva proizvod nastao međusobnim lepljenjem drvenih lamela sa paralelnim pravcem pružanja drvenih vlakana (slika I-103.). Tehnologija izrade lepljenog drveta je danas obogaćena novim sadržajima – pojavom unakrsno lepljenim lameliranim drvetom. To je pločasti materijal nastao lepljenjem unakrsno postavljenih lamela u susednim slojevima. Veoma se uspešno koristi za nosive zidove višespratnica i za medjuspratne tavanične ploče.

Tehničke i estetske osobine lepljenog lameliranog drveta razlikuju se od odgovarajućih osobina drugih građevinskih materijala. Konstruktivni sistemi izvedeni u takvoj tehnici, odlikuju se izvanrednim inženjerskim, ekonomskim i estetskim kvalitetima i daju poseban ton današnjoj arhitekturi. Objekti izvedeni u ovoj tehnici se nameću suptilnom konstrukcijom, svojim izgledom, skladnošću forme i toplinom enterijera.

2. Osnovne osobine konstrukcija od lepljenog lameliranog drveta

Savremeno doba s pravom nosi naziv veka betona i čelika. Beton i čelik su rado eksploatisani materijali u savremenom graditeljstvu, zahvaljujući najviše svojim odličnim tehničko-tehnološkim karakteristikama. Zbog toga je naše građevinarstvo do skora bilo isključivo orijentisano ka masivnoj gradnji.

U takvoj situaciji, kada su tako reći iscrpljene estetske mogućnosti i vrednosti u građenju betonom i čelikom, povratak drvetu može da znači zaokret u otuđenju arhitekture od prirodne čovekove sredine. Funkcionalne mogućnosti koje arhitekturi pružaju konstrukcije u lepljenom lameliranom drvetu su takve da se može smatrati da je drvo materijal koji najviše obećava u budućnosti. Elegancija forme, harmonija oblika i istinska toplina ambijenta, atributi su, koji s pravom stoje uz moderna ostvarenja u drvetu. Drvo nije ni skup ni luksuzan materijal, ali je, posmatrajući ostvarenja koja je čovek izveo u modernoj tehnici lepljenog drveta, ono svakako zaslužio naziv plemenitog materijala.

Zbog mogućnosti jednostavne i lagane primene u konstrukcijama objekata savremenog arhitektonskog izraza, lepljeno lamelirano drvo sreće se u objektima različite namene:

- javni industrijski objekti: fabričke hale, skladišta, garaže, supermarketi, montažne sajamske hale, tržnice, aerodromi, železničke stanice, prodajni saloni itd.,
- poljoprivredni objekti: farme za uzgoj krava, ovaca, peradarske farme, skladišta veštačkog đubriva, hangari za poljoprivredne mašine itd.,
- sportski objekti: tribine na stadionima, pokriveni plivački bazeni, sportske dvorane, univerzalne dvorane i pokrivena klizališta,
- sakralni objekti: crkve, kapele,
- razni elementi konstrukcije stepeništa, pešački mostovi, pasarele, nadvožnjaci itd.



Slika 2. Vanstandarni oblici konstruktivnih sistema u graditeljstvu

Fizičke i mehaničke karakteristike drveta osnovni su razlog uspješne eksploatacije materijala u konstrukcijama i odavno su poznate po svojim visokim vrednostima. Izvanredno mala sopstvena težina drveta i činjenica da drvo ne mora biti deficitaran građevinski materijal i da se može uzgajati i planirati proizvodnja osnovne sirovine još više opravdava sve veće prisustvo drveta u savremenoj arhitekturi i građevinarstvu.

Poređenjem nekih od značajnijih fizičkih i mehaničkih osobina drveta i betona, drvo se može potpuno izravnati sa ostalim građevinskim materijalima u primeni u građevinarstvu. Čak se mogu i definisati prednosti drveta pri upotrebi u određenim uslovima.

Čvrstoća na zatezanje drveta je veća od čvrstoće na pritisak. Otpornost drveta se može porediti i sa nekim metalima, jer rezultati ispitivanja pokazuju da do loma epruveta od drveta bez grešaka dolazi pri naponu od 180 MPa.



Slika 3. Amfiteatri Univerziteta u Remsu

Drvo je tako, materijal koji može da podnese, paralelno svojim vlaknima, izvanredna naprezanja. Naponi pri kojima dolazi do loma usled pritiska u pravcu vlakana jednaki su naponima loma najviših maraka betona koje se danas upotrebljavaju u građevinarstvu. Normalni naponi loma drveta kreću se u granicama od 40 MPa do 80 MPa, zavisno od vrste drveta (četinari ili listari).



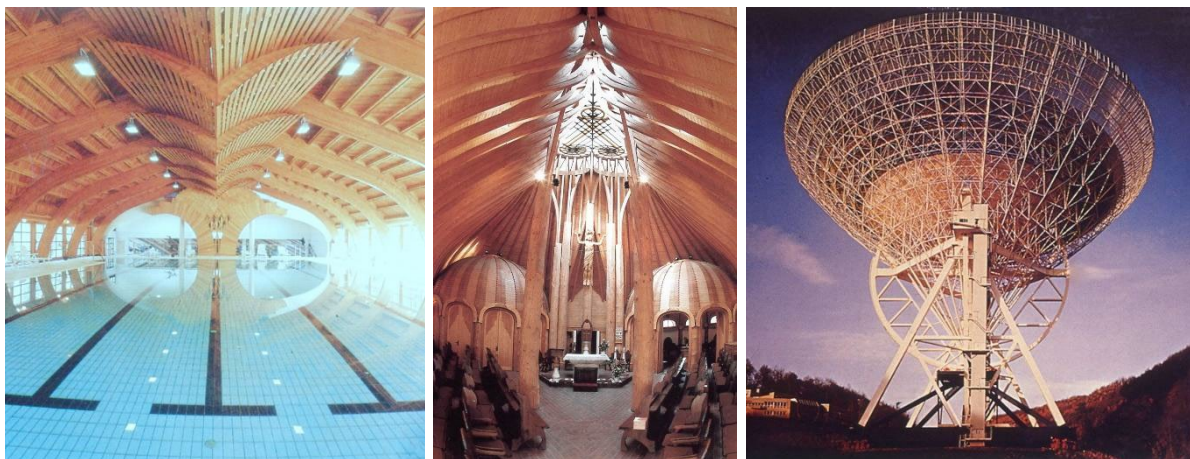
Slika 4. Konstruktivni sistemi višenamenskih objekata

Zapreminska masa ugrađenog drveta iznosi oko 600 kg/m^3 . Zapreminska masa armiranog betona je 2500 kg/m^3 , što jasno pokazuje da je udeo iskorišćenja naprezanja poprečnog preseka usled sopstvene mase najmanje četiri puta manji kod drveta nego kod betona u štapovima istih dimenzija. To može biti vrlo značajan

podatak kada su u pitanju sistemi velikih raspona i malog pripadajućeg opterećenja, naročito sa ekonomskog aspekta.

Razvoj tehnologije lepкова omogućio je i da se otkloni problem ograničenosti dimenzija elemenata konstrukcije od drveta. Danas se u drvenoj industriji koriste vrlo kvalitetni lepкови uz čiju pomoć se može napraviti greda od drveta dužine i preko pedesetak metara, poprečnog preseka čija visina može biti i 4.0 m. Tako građevinsko drvo, kvaliteta najboljeg masivnog drveta sa neograničenim dimenzijama građevinskog elementa, sa mnogo uspeha može se upotrebiti pri realizaciji savremeno koncipiranih prostora različite namene.

Tehnička lepila, koja se danas upotrebljava za izradu inženjerskih drvenih sistema konstrukcija, moraju da zadovolje veći broj izvanredno teških uslova, kako u vreme izrade konstruktivnih elemenata, tako i u toku eksploatacije. Lepilo treba najpre da ima čvrstoću koja je veća od čvrstoće drveta. Lepilo mora da osigura trajnu i stabilnu vezu između dve



Slika 5. Primeri objekata sa konstrukcijom u lepljenom lameliranom drvetu

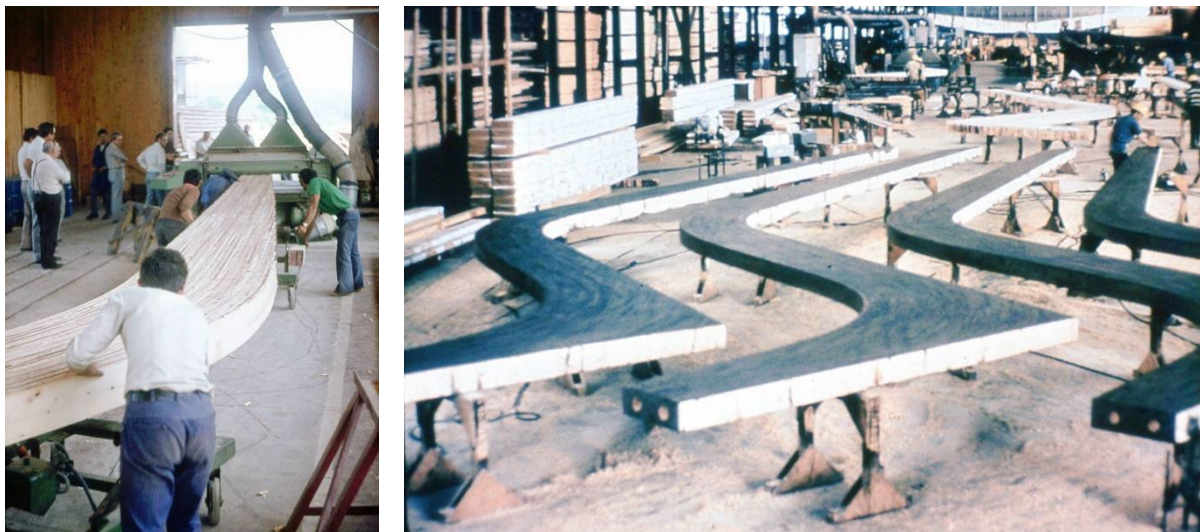
susedne lamele. Ne sme da bude podložno uticaju vlage, gljivica i insekata i mora da bude otporno u požaru. Kvalitetno lepilo u požaru ne gori svojim plamenom niti dozvoljava raslojavanje nosača pri povišenim temperaturama. Te uslove sa uspehom ispunjavaju lepila rađena na bazi fenol - formaldehida, epoksi - smole i nova sintetička lepila. Izbor vrste lepila mora da bude vrlo precizan u zavisnosti od uslova u kojima će služiti jedan konstruktivni sistem, jer, recimo u uslovima gde drvo može imati vlažnost

veću od 15% upotreba kazeinskih urea - formaldehidnih lepila može biti opasna. Rezultat ispitivanja probnih uzoraka lepljenog drveta pokazuje da u veoma visokom procentu do smicanja, kome je izložen uzorak, dolazi po drvetu, a ne po lepljenom spoju.

3. Tehnološki proces proizvodnje elemenata konstrukcija od lepljenog lameliranog drveta

Rezana četinarska građa konstantne širine i visine poprečnog preseka, osušena u sušarama, sa vlažnošću 10% do 14%, nastavljena podužnim zupčastim spojem u element potrebne dužine naziva se lamelom. Po pravilu lamela dužine do pedesetak metara, širine poprečnog preseka do 22 cm i visine do 4 cm, ima u svakom poprečnom preseku ujednačene mehaničke karakteristike. Zapravo, greške u drvetu (koncentracija čvorova i ostala slaba mesta) se jednostavnim isecanjem odstranjuju i lamela nastaje od zdravih komada građe spojenih po dužini zupčastom poprečnom lepljenom vezom. Tako formirane lamele se obostrano rendišu, kako bi se dobile besprekorno ravne površine i ujednačila debljina lamela. Ređanjem lamela jedne preko druge, uz prethodno nanošenje sloja lepila po dodirnim ravnima i poprečnim utezanjima, po posebnom tehnološkom postupku dobija se greda čija dužina odgovara dužinama lamela, širina širini lamela, a visina poprečnog preseka proizvod je broja lamela i debljine jedne lamele.

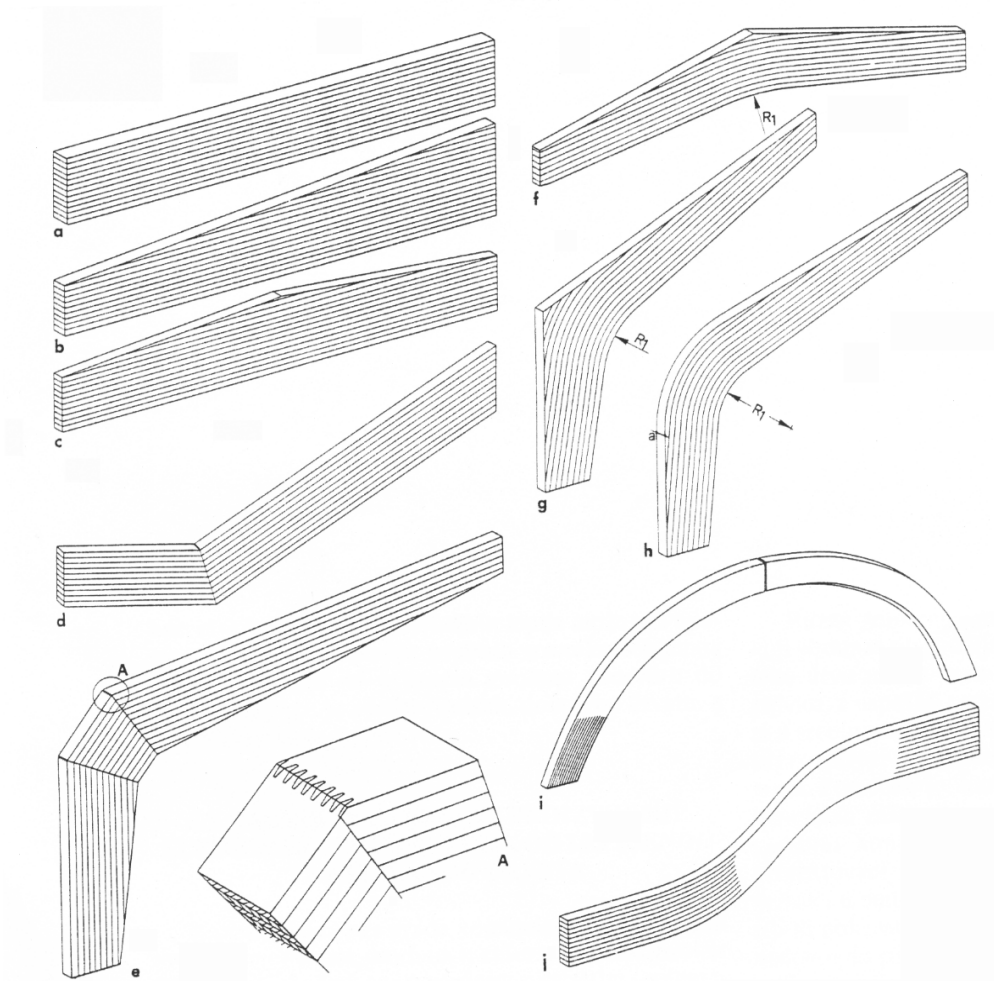




Slika 6. Tehnološki proces proizvodnje lepljenog lameliranog drveta:

- Izrada lamela sa zupčastim završecima,
- Pritezanje paketa lamela,
- Odležavanje formiranog nosača,
- Površinska obrada na dvostranoj blanjalici,
- Finalizacija nosača.

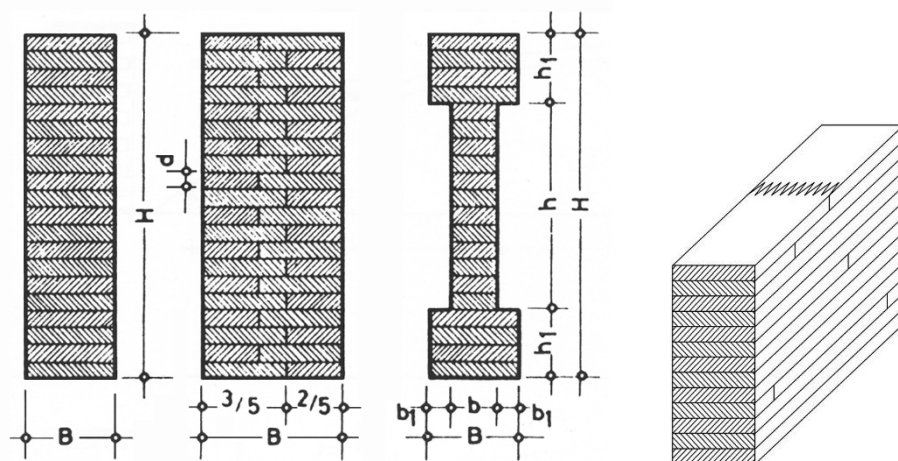
Tako se, relativno jednostavnim postupkom, stvara jedan novi građevinski materijal, industrijski proizvod sa svim karakteristikama osnovnog materijala od koga je nastao. U pripremi građe, sušenjem veštačkim putem u sušarama, kada se vlažnost drveta svodi na neophodni minimum, stvara se takva sredina u kojoj i ako su postojali bilo kakvi oblici živih parazita ili mikroorganizama, ne može doći do razvoja niti gljivica i mikroorganizama, niti insekata koji su inače, osnovni uzročnici propadanja drveta.



Slika 7. Najčešći oblici elemenata lepljenih konstrukcija

Razna impregnaciona sredstva, premazi i lakovi koji se danas upotrebljavaju kao oplemenjivači drveta, štite drvo u isto vreme od novih napada insekata i gljivica, a uspešno sprečavaju promenu vlažnosti drveta u sredinama sa nestalnom ili povišenom vlagom, pa je i ovaj treći uzrok propadanja drveta sveden na minimum. Potrebno je, naravno, istaći činjenicu da pored hemijskih zaštitnih sredstava vrlo važnu ulogu ima i pravilno koncipiran konstruktivni sistem, pravilno projektovani detalji, savesno izveden projekat, bez grešaka u materijalu, bez oštećenja u samoj konstrukciji ili pokrivaču i fasadi. Ne smeju se pojaviti vlažni i nedovoljno provetreni uglovi, niti mesta na kojima se može skupljati nečistoća ili industrijska prašina. Na takav način obezbeđen objekat biće trajan, praktično neograničenog veka, uz izvanredno male troškove održavanja i u najagresivnijim sredinama. Tako, na primer, u plivačkim bazenima, u skladištima veštačkih đubriva, u industrijskim stajama za

krave, gde je povećana vlažnost vazduha, gde su amonijačna isparenja velika, gde je, jednom rečju, agresivna sredina, drvo se pokazalo kao materijal koji uz najmanje troškove održavanja



Slika 8. Osnovni oblici poprečnog preseka nosača od lepljenog lameliranog drveta

u eksploataciji ima najduži vek trajanja. Naše domaće iskustvo na tom polju već je vrlo veliko u pozitivnom smislu. Pored izvanrednih staja za industrijski uzgoj krava i brojnih pokrivenih plivačkih bazena, sve su brojniji zahtevi investitora za gradnjom u ovoj tehnici. To predstavlja zaslužen priznanje za kvalitet već izvedenih konstruktivnih sistemima u agresivnoj sredini.

4. Konstruktivni sistemi u lepljenom lameliranom drvetu

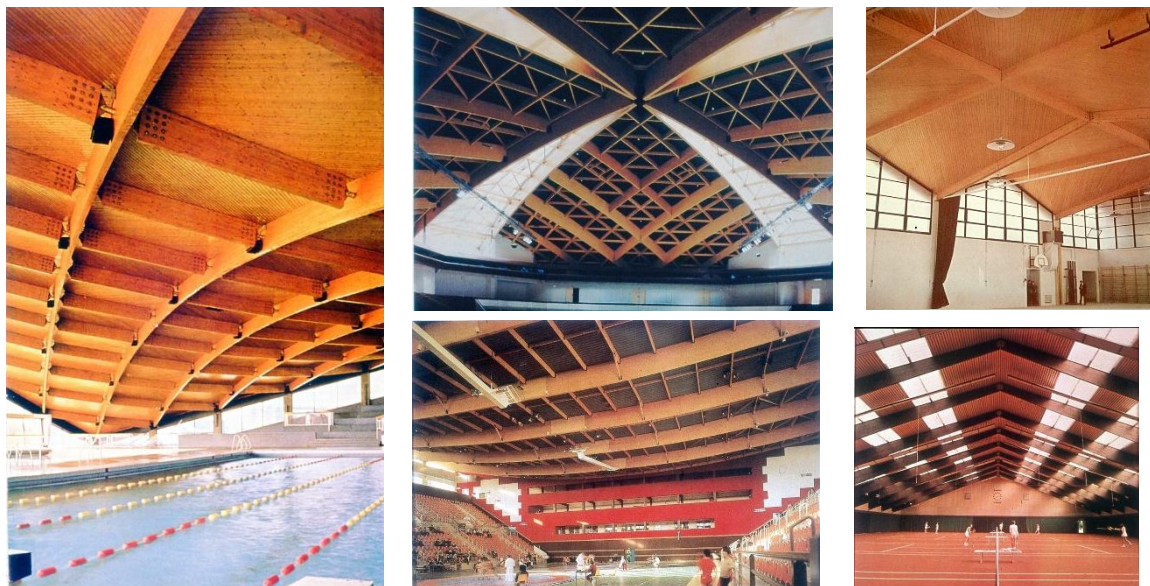
Savremeni tokovi u arhitektonskom projektovanju i konstruisanju odredili su poseban status projektantu konstrukcije, konstruktoru, u okviru tima projekatanta.

Ekonomska, posebno energetska kriza, koja je danas prisutna i u domenu arhitekture i građevinarstva koriguje delatnost konstruktora, obogaćuje funkciju klasičnog statičara i dodeljuje mu odgovornu ulogu projektanta konstruktivnog sistema.

Odgovornost, koju na taj način konstruktor preuzima i deli sa ostalim učesnicima u procesu projektovanja, u odnosu na funkcionalnost objekta, njegovo oblikovanje i ekonomičnost gradnje, veoma je velika. Njegov rad nikako ne sme da se svede na

rutinsku izradu statičkog proračuna, uobičajeno dimenzionisanje preseka i proveru stabilnosti elemenata konstruktivnog sistema, odnosno na dokaze globalne stabilnosti ukupnog sistema. Pogotovo ne danas kada je tehnika pružila projektantima izvanrednu elektronsku opremu, koja tačnije i brže obavlja najveći deo "fizičkog posla" u okviru razrade projektne dokumentacije za konstrukciju objekta.

Od savremenog konstruktora se s pravom zahteva sveobuhvatna analiza funkcionalnih zahteva, oblikovnih rešenja, tehničko-ekonomskih uslova pri izboru odgovarajućeg građevinskog materijala u kome će biti realizovana nosiva struktura objekta. Konstruktor, dakle, mora biti u stanju da sarađuje sa članovima projektantskog tima pri rešavanju svih zadataka koji su im povereni, a koji se odnose na oblikovanje objekta, na zadovoljenje funkcionalnih i upotrebnih zahteva u svim fazama nastajanja i eksploatacije objekata. Uspešno izabran i primenjen konstruktivni sistem doprinosi punoj vrednosti projekta i kvalitetu izvedenog objekta. Ta činjenica dobija još veći značaj kada se radi o realizaciji konstruktivnih sistema u lepljenom drvetu, jer je drvo građevinski materijal koji zahteva od projektanta prepoznavanje svih fizičkih, tehničkih i tehnoloških osobina drveta, kao i ponašanje drveta u konstrukciji.



Slika 9. Paleta primenjenih sistema konstrukcija u lepljenom lameliranom drvetu

Objekti realizovani ovom tehnikom, zahvaljujući pažljivo rešenim konstruktivnim sklopovima, često definišu arhitekturu unutrašnjeg prostora u značajnoj meri. Zbog toga je ključna tesna saradnja između projektanta objekta i konstruktora. Oblikovanje unutrašnjeg prostora mora biti unapred planirano i usklađeno s odabranim konstruktivnim sistemom. Čak i najmanji tehnički detalji – poput spojeva, oslonaca ili ukrčenja – mogu imati značajan uticaj na estetski i funkcionalni dojam korisnika objekta.

Odgovornost projektanta konstruktivnog sklopa zahteva pedantan i pažljiv pristup pri tretiranju celokupnog sistema konstrukcije. To uključuje:

- odabir optimalnog statičkog sistema,
- preciznu procenu međusobnog delovanja elemenata i sklopova,
- analizu opterećenja na objekat,
- pažljivo dimenzionisanje elemenata konstrukcije,
- detaljnu proveru deformacija i napona u njihovim poprečnim presecima.

Rezultati ovakve detaljne analize omogućavaju usvajanje najmanjeg dozvoljenog koeficijenta sigurnosti, čime se postiže maksimalna ekonomičnost. Ovo je jedan od ključnih pokazatelja pravilnog izbora i projektovanja konstruktivnog sistema.

U ovom pristupu, delatnost projektanta nije samo tehnički zadatak, već kompleksna i odgovorna aktivnost koja oslikava kvalitet odnosa stvaralaca arhitekture prema korisnicima njihovog rada.

Savremeni izazovi i prednosti u primeni lepljenog lameliranog drveta

Savremeni konstruktivni sistemi od drveta, naročito u lepljenom lameliranom obliku, pružaju projektantima brojne mogućnosti za pronalaženje optimalnih rešenja. Međutim, proces projektovanja i izbora nije jednostavan jer je drvo kao materijal specifično i zahteva pažljivo razmatranje svih njegovih osobina.

Lepljeno lamelirano drvo je proizvod strogog tehnološkog procesa, a objekti izvedeni u ovoj tehnici su montažni u punom smislu reči. Ipak, izazovi nastaju prilikom povezivanja elemenata pod složenim okolnostima na gradilištu. Osim toga, transport i montaža elemenata konstrukcije često predstavljaju ključne faktore koji utiču na uspešnost realizacije projekta.

Zbog ovih specifičnosti, rad na projektovanju i izvođenju konstrukcija od lepljenog drveta zahteva od projektanta visok nivo stručnosti, predanost i pažljivo planiranje svih faza rada.



Slika 10. Naboraste konstrukcije u drvetu

Konstruktivni sistemi u primeni krovnih i nosivih struktura

Konstruktivni sistemi koji se najčešće koriste za realizaciju krovnih i nosivih struktura objekata zasnivaju se na linijskim nosačima, u potpunosti prilagođenim specifičnim tehničkim i tehnološkim zahtevima, kao i transportnim ograničenjima. Transport ima značajan uticaj na izbor konstruktivnog sistema, jer su dimenzije konstrukcija, koje se izrađuju u fabrici i montiraju na gradilištu, ograničene saobraćajnim propisima i uslovima.

Naši putevi omogućavaju transport elemenata maksimalne dužine do 35 metara od fabrike lepljenih konstrukcija do lokacije objekta. Kod objekata s većim rasponima, u konstruktivnom sistemu se moraju predvideti montažni nastavci ili zglobne veze štapova, koje se lako realizuju na gradilištu. Zbog ovih potreba, **Gerberov nosač** ponovo dobija na značaju kao statički sistem.

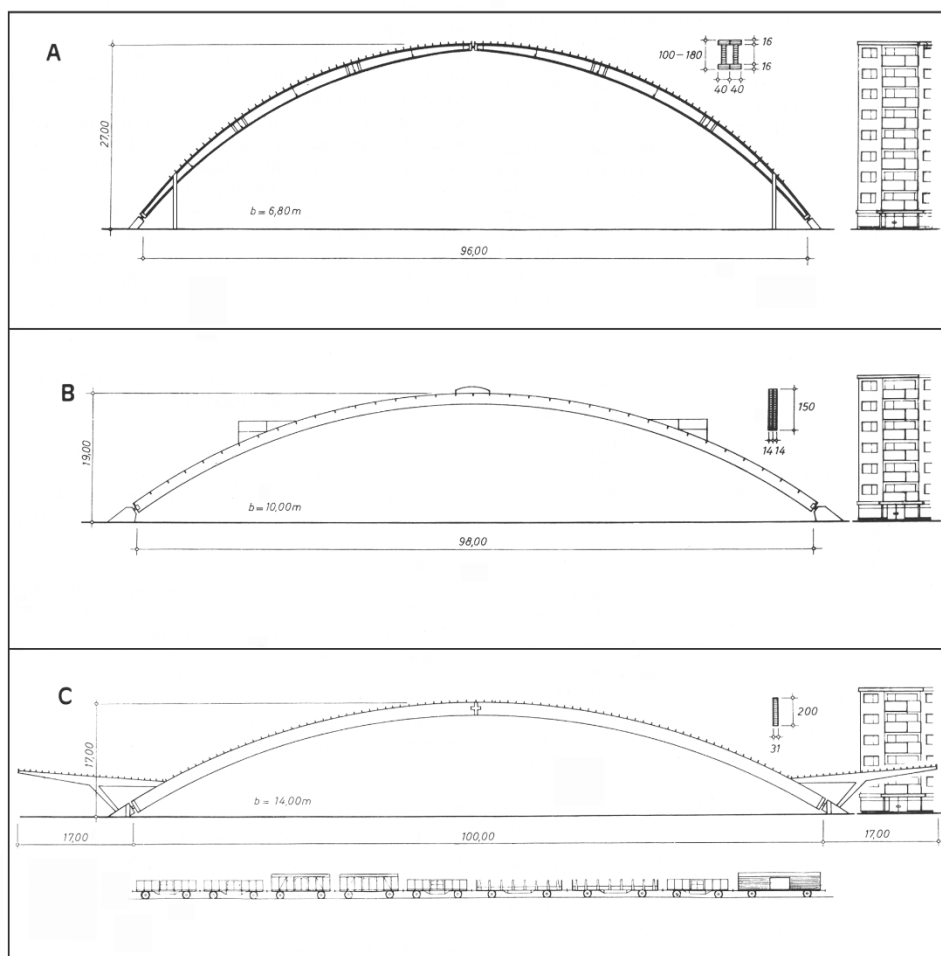
Lučni nosači i savremeni statički sistemi

Lučni nosači, izrađeni sa pravim ili zakrivljenim štapovima, sa zategom ili bez nje, najčešći su izbor u savremenim sistemima. Prednosti drvenih nosača leže u fleksibilnosti oblikovanja – štapovi mogu imati jednostruku, dvostruku ili višestruku zakrivljenost, a mogu biti i ravni. Ova prilagodljivost ne zahteva dodatne napore pri izvođenju, dok montažni proces ostaje jednostavan i efikasan. Drvo pruža projektantima mogućnosti za jedinstveno arhitektonsko izražavanje, a konstruktorima slobodu da prilagode sistem prirodnom toku stila objekta.

Posebni sistemi, poput krutih lančanica, rebrastih hiperboličnih paraboloida, sandučastih preseka (izrađenih od drveta ili u kombinaciji s furnirskim pločama), kao i ljuski od drveta s višeslojnim postavljanjem dasaka orijentisanih u više pravaca, predstavljaju inovativne pristupe vredne pažnje.

Veliki rasponi i racionalnost materijala

Rasponi veći od 100 metara ne predstavljaju tehničko-tehnološki problem čak ni u našim domaćim uslovima. Lepljeno lamelirano drvo, kao industrijski proizvod podložan brojnim kontrolama i testovima, garantuje standardan kvalitet, što omogućava racionalno korišćenje materijala. Ova pouzdanost drvo čini konkurentnim materijalom u savremenom građevinarstvu, posebno u projektima gde su zahtevani veliki rasponi i složeni konstruktivni sistemi.



Slika 11. Najveći rasponi lukova izvedenih u Evropi u tehnici lepljenog lameliranog drveta

Kod lepljenih lameliranih konstrukcija je teško potpuno odvojiti sisteme krovnih struktura od konstruktivnog sklopa objekta. Konstruktivni sklopovi, koji karakterišu sisteme u lepljenom lameliranom drvetu su takvog tipa da jedan autonomni elemenat konstrukcije predstavlja sintezu stuba i krovnog nosača ili sintezu krovnog i plafonskog nosača ili je to elemenat koji je delimično u funkciji stuba, duž svoje ose i, delimično, krovni nosač (slika 4.).

Nosive strukture se mogu podeliti na više karakterističnih konstruktivnih sistema:

- 4. a. Gredni sistemi,
- 4. b. Dvovodni dvozglojni i trozglojni sistemi konstrukcija.
- 4. c. Poligonalni dvozglojni i trozglojni sistemi konstrukcija,

- 4. d. Dvozglubni i trozglubni lučni sistemi konstrukcija.
- 4. e. Konzolni sistemi,
- 4. f. Zategnuti gredni sistemi,
- 4. g. Sistemi visećih konstrukcija.

Svaki od konstruktivnih sistema, po ovoj podeli, se može dalje razvrstati na podsisteme, na grupe i podgrupe konstruktivnih elemenata, prema konfiguraciji štapova u statičkom sistemu, prema nosećoj ulozi drvenih elemenata u ukupnoj konstrukciji ili prema konstruktivnom nivou drvenog nosača:

4.a. Gredni sistemi

U podsistem grednih nosača spadaju svi oni nosači koji odgovaraju statičkom sistemu proste grede, kontinualne grede i Gerberove grede i koji se nalaze isključivo u krovnoj strukturi, a klimatska i stalna opterećenja predaju stubovima ili drugoj nosivoj konstrukciji objekta, s tim da je sistem oslanjanja prilagođen statičkom sistemu (slika 12.):

- 4.a1. Prosta greda,
- 4.a2. Kontinualni nosač sa konstantnom visinom poprečnog preseka,
- 4.a3. Kontinualni nosač sa promenljivom visinom poprečnog preseka,
- 4.a4. Gerberov nosač,
- 4.a5. Prosta vešaljka,
- 4.a6. Prosta poduprta greda - prosto podupiralo,
- 4.a7. Rešetkasti nosač,
- 4.a8. Prosta greda sa promenljivom visinom poprečnog preseka,
- 4.a9. Poligonalna prosta greda,
- 4.a10. Kasetirana konstrukcija - roštilj,
- 4.a11. Nabor,
- 4.a12. Cilindrična ljuska i
- 4.a13. Drveni stubovi

4.b. Dvovodni dvozglubni i trozglubni sistemi konstrukcija

Ovaj podsistem obuhvata jednostavne oblike trozglobnih konstruktivnih sistema sa pravim osama štapova koji stoje u ravni ili u prostoru i sisteme trozglobnih nabora (slika 12.):

- 4.b1. Simetrični trozglobni nosač bez zatege,
- 4.b2. Trozglobni nosač sa zategom u nivou oslonaca,
- 4.b3. Trozglobni luk sa raspinjačem,
- 4.b4. Trozglobni luk sa zategom,
- 4.b5. Rešetkasti trozglobni luk,
- 4.b6. Trozglobni nosač sa zategom iznad nivoa oslonaca i jednim pokretnim osloncem,
- 4.b7. Prostorna rebrasta trozglobna konstrukcija nad poligonalnom osnovom,
- 4.b8. Dvoztglobni nabor.

4.c. Poligonalni dvoztglobni i troztglobni sistemi konstrukcija

Okvirni sistemi obuhvataju tipove poligonalnih dvoztglobnih i troztglobnih konstrukcija sa promenljivim ili konstantnim poprečnim presekom duž osa štapova, koji stoje u ravni ili u prostoru i poliedarske prostorne sisteme ljuski od drveta (slika 13.):

- 4.c1. Troztglobni poligonalni luk sa vertikalnim stubovima bez zatege u nivou oslonaca,
- 4.c2. Troztglobni poligonalni luk sa vertikalnim stubovima i sa zategom u nivou oslonaca,
- 4.c3. Troztglobni poligonalni luk sa razuđenim stubovima unutar objekta,
- 4.c4. Troztglobni luk sa razuđenim stubovima van objekta,
- 4.c5. Rešetkasti troztglobni luk,
- 4.c6. Troztglobni poligonalni luk sa pravim stubovima i sa zategom iznad nivoa oslonaca,
- 4.c7. Troztglobni rešetkasti luk,
- 4.c8. Dvoztglobni rešetkasti luk,
- 4.c9. Poligonalni troztglobni luk sa kosim stubovima,

- 4.c10. Prostorni poligonalni luk sa zajedničkim temenim zglobom,
- 4.c11. Prostorna poliedarska ljuska.

4.d. Dvozglubni i trozglubni lučni sistemi konstrukcija

Podsistem lučnih nosača obuhvata sve dvozglubne i trozglubne sisteme konstrukcija čija je osa štapova zakrivljena i predstavlja deo kružnice ili parabole (slika 13.):

- 4.d1. Dvozglubni luk,
- 4.d2. Trozglubni luk,
- 4.d3. Dvozglubni luk sa zategom u visini oslonaca,
- 4.d4. Trozglubni luk sa zategom u visini oslonaca,
- 4.d5. Dvozglubni rešetkasti luk od pravih štapova,
- 4.d6. Trozglubni luk sa lepezastom zategom,
- 4.d7. Dvozglubni rešetkasti luk,
- 4.d8. Trozglubni luk sa zategom na stubovima,
- 4.d9. Prostorna trozglubna lučna konstrukcija nad poligonalnom osnovom,
- 4.d10. Svod od nabora ili lamelasti svod.

4.e. Konzolni sistemi

Konzolne konstrukcije u drvetu su statički sistemi koji se uvek nalaze u sistemu grede sa prepustom. Jedan od oslonaca je uvek zategnut za gravitaciono krovno stalno i gravitaciono opterećenje (slika 14.):

- 4.e1. Konzole sa mekom zategom,
- 4.e2. Konzolni nosač sa kosnikom,
- 4.e3. Konzolni nosač nad rešetkastom strukturom stubova,
- 4.e4. Obešeni konzolni nosač sa mekom zategom,
- 4.e5. Rešetkasti konzolni nosač,
- 4.e6. Konzolni nosač sa zakrivljenim drvenim štapovima,
- 4.e7. Prostorni sistem konzolnih nosača sa zakrivljenim štapovima,

4.e8. Konzolna konstrukcija od nabora.

4.f. Zategnuti gredni sistemi

Zategnuti gredni sistemi imaju takvu konfiguraciju štapova da se, za gravitaciono krovno opterećenje, u osnovnim elementima krovne strukture javlja zatezanje (slika 14.):

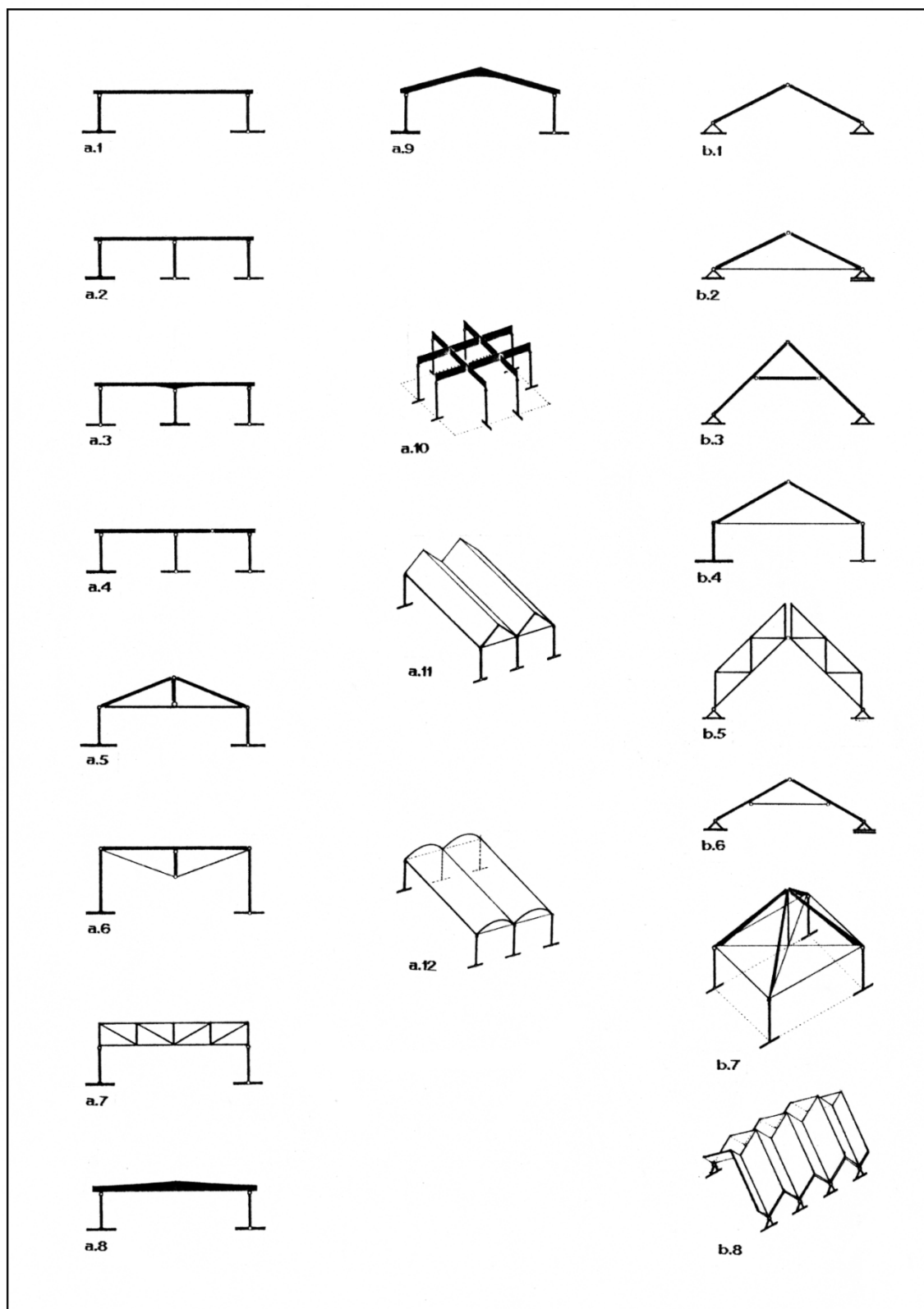
- 4.f1. Poligonalni kontra luk sa pravim štapovima,
- 4.f2. Trozglobni kontra luk sa rešetkastim kosim prečkama,
- 4.f3. Trozglobni kontra luk sa poduprtim prečkama,
- 4.f4. Zategnuti dvozglobni kontra luk,
- 4.f5. Zategnuti trozglobni kontra luk,
- 4.f6. Zategnuti dvozglobni rešetkasti luk,
- 4.f7. Prostorni trozglobni kontra lukovi nad poligonalnom osnovom,
- 4.f8. Nabor nad poligonalnom osnovom.

4.g. Sistemi visećih konstrukcija

U okviru sistema visećih krovnih struktura, elementi konstrukcije od lepljenog lameliranog drveta mogu biti raznovrsni. Najčešće se pojavljuju kao pritisnuti elementi (slika 14.):

- 4.g1. Stubovi klasičnog visećeg jednopojasnog krova,
- 4.g2. Centralni luk u visećoj konstrukciji nad kružnom osnovom,
- 4.g3. Stubovi dvopojasne viseće konstrukcije sa rešetkastom ispunom,
- 4.g4. Stubovi viseće konstrukcije tipa hiperboličnog paraboloida i sedlasta drvena ljuska,
- 4.g5. Obodni prsten kod dvopojasne bikonveksne pneumatske konstrukcije nad kružnom osnovom,
- 4.g6. Srednji luk viseće konstrukcije,
- 4.g7. Obodni prsten dvopojasne viseće konstrukcije nad kružnom osnovom,
- 4.g8. Stubovi šatoraste naborane konstrukcije.

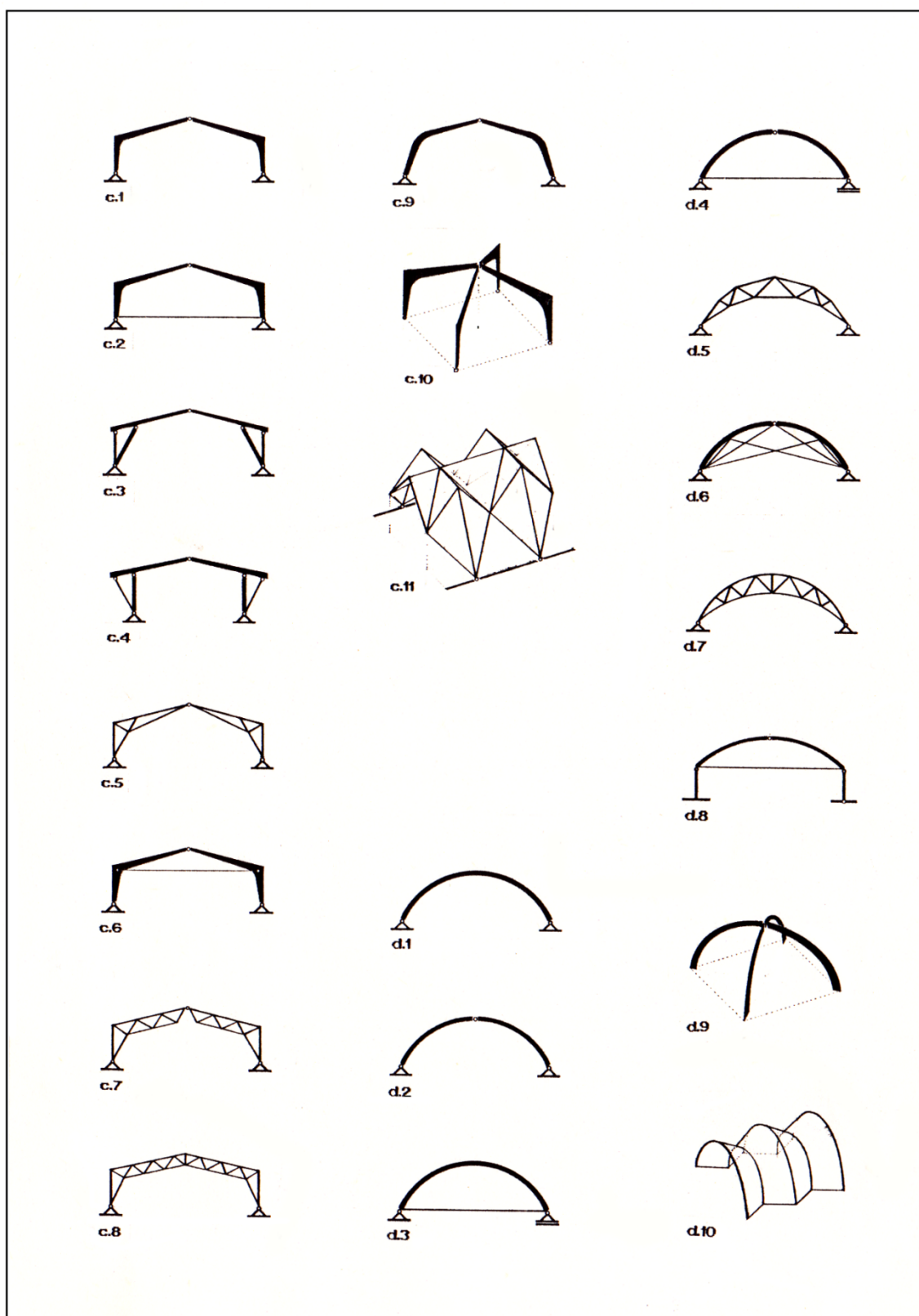
Podelom na sedam karakterističnih konstruktivnih sistema, odnosno njihovim daljim razvrstavanjem, nisu obuhvaćene krovne konstrukcije koje nastaju u kombinaciji različitih statičkih sistema, a koje se često primenjuju.



Slika 12. Sheme konstruktivnih sistema u lepljenom lameliranom drvetu:

4.a. Gredni sistemi konstrukcija,

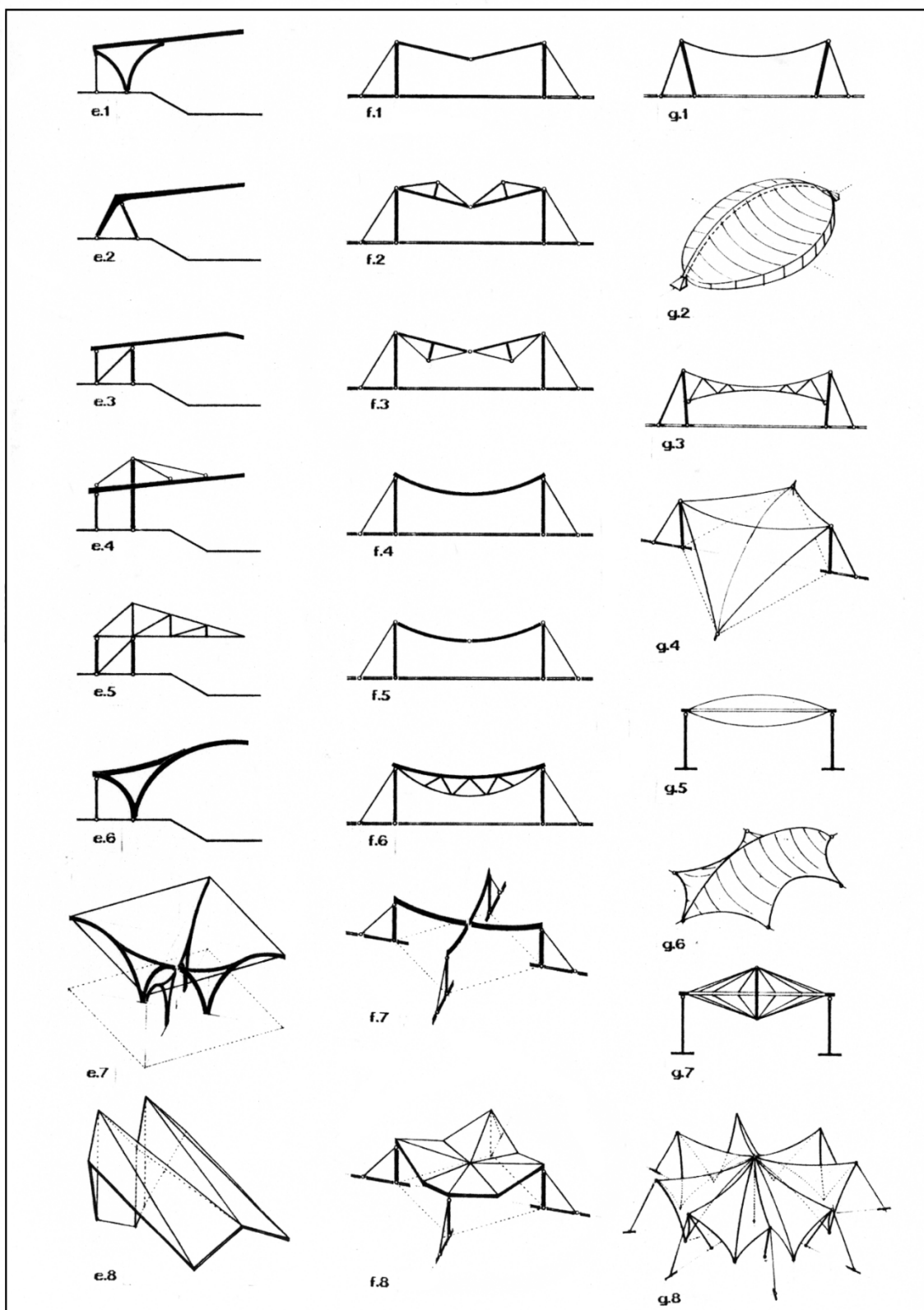
4.b. Dvovodni dvozglojni i trozglojni sistemi konstrukcija.



Slika 13. Sheme konstruktivnih sistema u lepljenom lameliranom drvetu:

4.c. Poligonalni dvozglojni i trozglibni sistemi konstrukcija,

4.d. Dvozglojni i trozglojni lučni sistemi konstrukcija.



Slika 14. Sheme konstruktivnih sistema u lepljenom lameliranom drvetu:

4.e. Konzolni sistemi konstrukcija,

4.f. Zategnuti gredni sistemi konstrukcija,

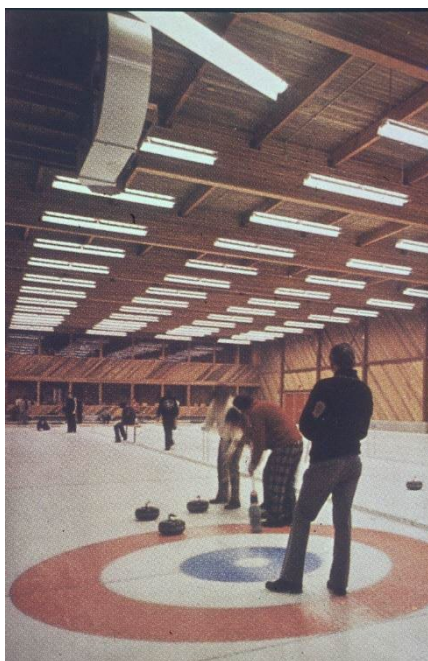
4.g. Sistemi visećih konstrukcija.

U praksi se najčešće primenjuju sledeći oblici grednih nosača:

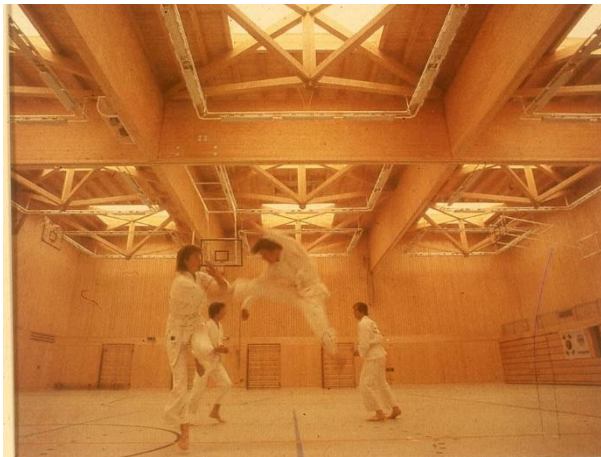
4.a1. Prosta greda

Najjednostavniji statički sistem u drvetu je prosta greda. To je nosač sa dva oslonca. Jedan od oslonca je horizontalno pomerljiv, drugi je nepomerljiv, a reakcije sistema su vertikalne, ako je opterećenje vertikalno. U zavisnosti od oblika sistemne linije nosača, mogu se formirati:

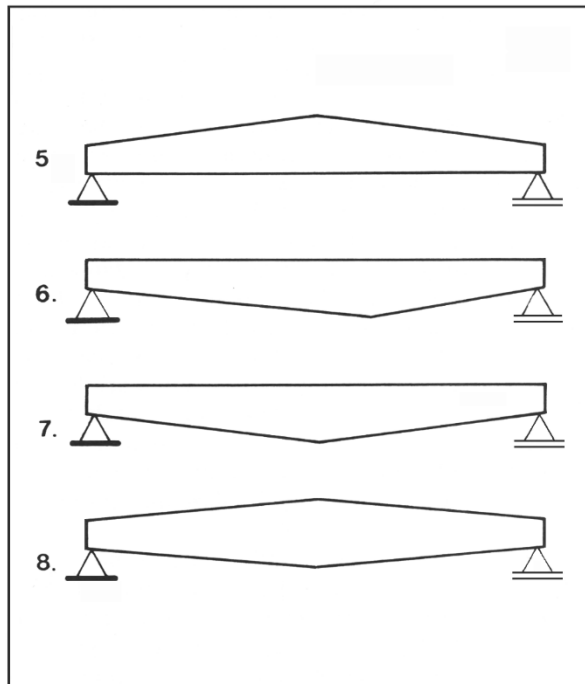
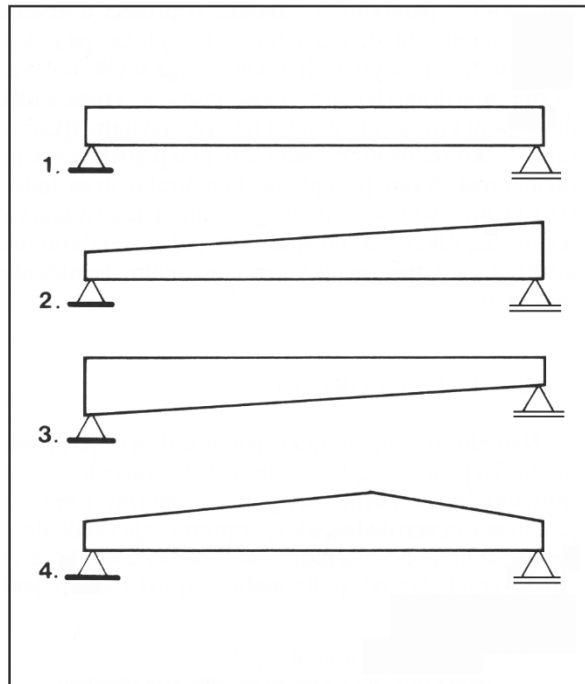
- 4.a1.1. pravi štapovi,
- 4.a1.2. poligonalni štapovi i
- 4.a1.3. zakrivljeni štapovi.



Slika 15. Primeri izvednih nosača u sistemu proste grede



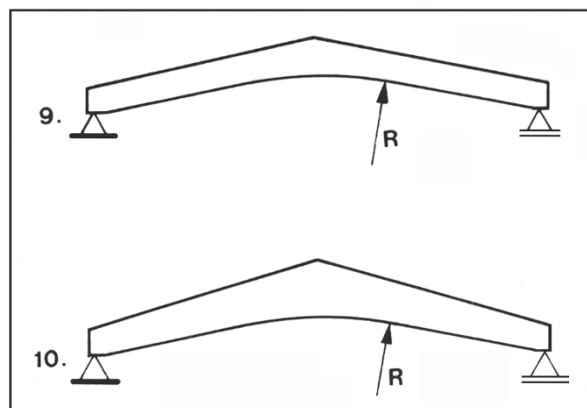
Slika 16. Kasetirani oblici drvenih konstrukcija
4.a1.1. Pravi štapovi



1. Pravi štap ($h = \text{const}$)
2. Pravi štap sa nagnutom gornjom ivicom ($h \neq \text{const}$)
3. Pravi štap sa nagnutom donjom ivicom ($h \neq \text{const}$)
4. Asimetrični dvostrešni pravi štap ($h \neq \text{const}$)

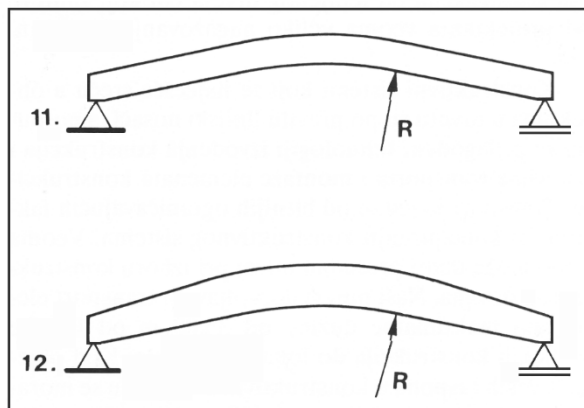
5. Simetrični dvostrešni pravi štap ($h \neq \text{const}$)
6. Asimetrični pravi štap ($h \neq \text{const}$)
7. Simetrični pravi štap ($h \neq \text{const}$)
8. Simetrični dvostrešni pravi štap ($h \neq \text{const}$)

4.a1.2. Poligonalni - kolenasti štapovi



9. Simetrični kolenasti štap sa pravim temenom
($h = \text{const}$)

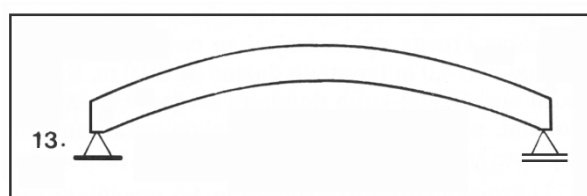
10. Simetrični kolenasti štap sa pravim temenom
($h \neq \text{const}$)



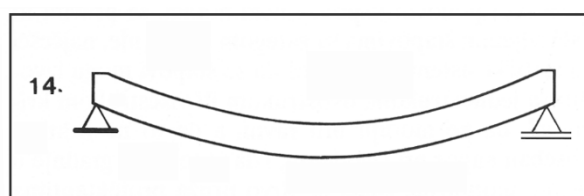
11. Simetrični kolenasti štap sa zaobljenim temenom
($h = \text{const}$)

12. Simetrični kolenasti štap sa zaobljenim temenom
($h \neq \text{const}$)

4.a1.3. Zakrivljeni štapovi



13. Zakrivljeni konveksni štap
osovina štapa je segment kružnice
($h = \text{const}$)



14. Zakrivljeni konkavni štap
osovina štapa je segment kružnice
($h = \text{const}$)

Slika 17. Osnovni oblici nosača sistema proste grede



Slika 17. Poligonalna prosta greda u lepljenom lameliranom drvetu

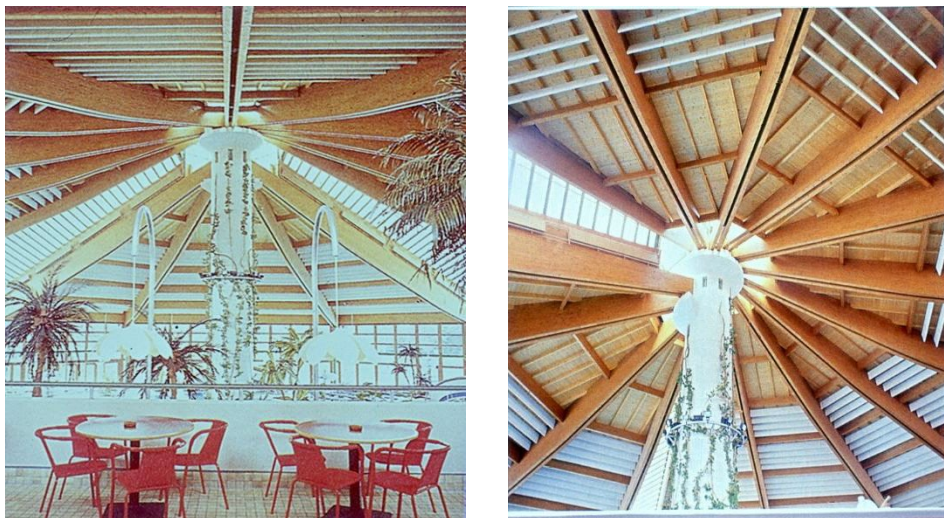
Prosta greda u lepljenom lameliranom drvetu se za normalna krovna opterećenja i za međurazmake nosača od oko 4.0 m izvodi do dužine od 0.0 m. Budući da su nosači, kod kojih dominira savijanje, manje racionalni, nema nikakvog ekonomskog opravdanja da se proste grede u drvetu izvode nad velikim rasponima.



Slika 18. Zakrivljena prosta greda u lepljenom lameliranom drvetu

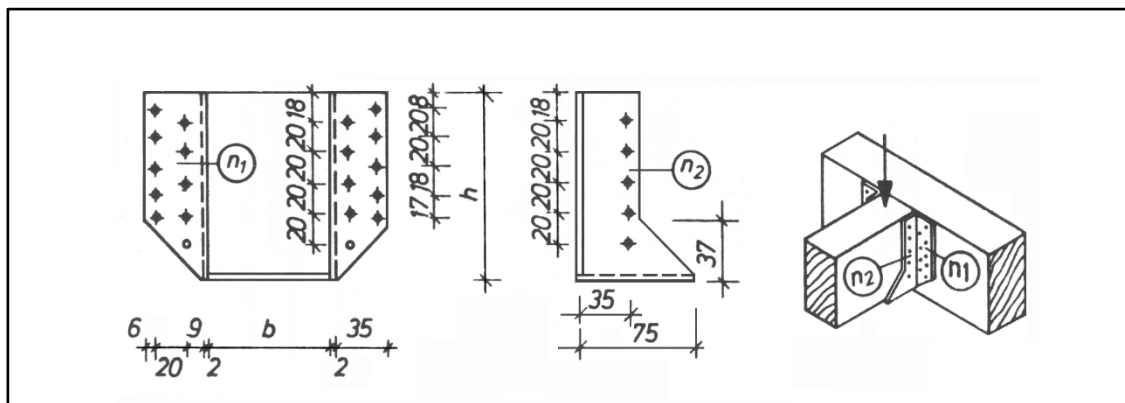
U krovnoj strukturi rožnjača je po pravilu, prosta greda, koja posredno ili neposredno prihvata opterećenja od krovnog pokrivača i klimatska opterećenja. Ona može biti prava ili kosa rožnjača, može se naslanjati na glavne nosače ili može biti upuštena. Pod upuštenom rožnjačom se podrazumeva rožnjača čija je gornja površina u ravni ili ispod gornje površine glavnih nosača. Veza rožnjače za glavni nosač mora biti tako koncipirana da može prihvatiti i preneti i odižuće sile od dejstva vetra, za kombinaciju opterećenja u kojoj ne figuriše opterećenje snegom.

U međuspratnoj konstrukciji tavanjače su takođe najčešće sistema proste grede. Zbog prihvatanja podne konstrukcije tavanjače stoje na malom međusobnom rastojanju, a mogu se oslanjati na podvlake ili mogu i one biti upuštene, kada se veza obavezno izvodi limenim papučama.

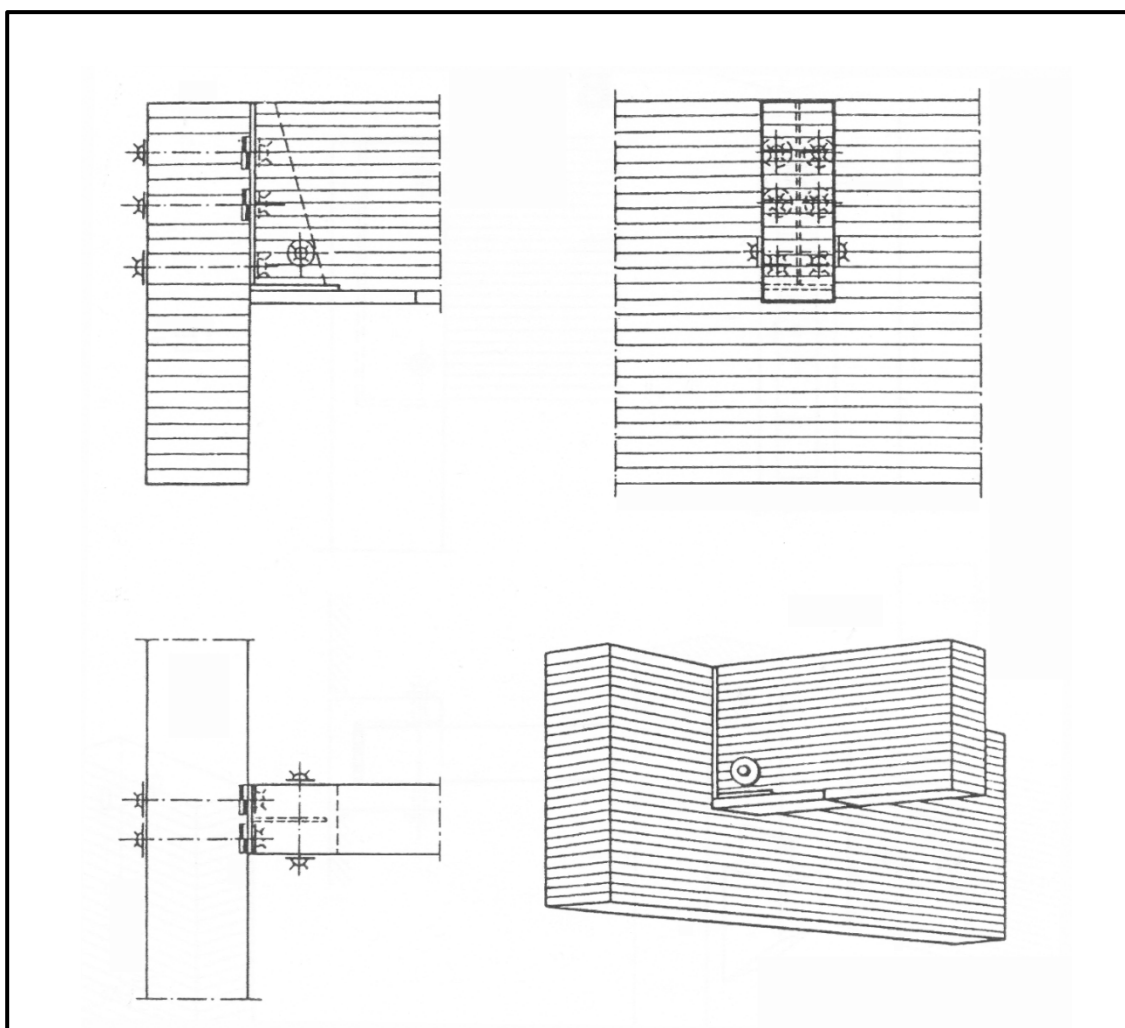


Slika 19. Radijalni raspored prostih greda oko centralnog stuba

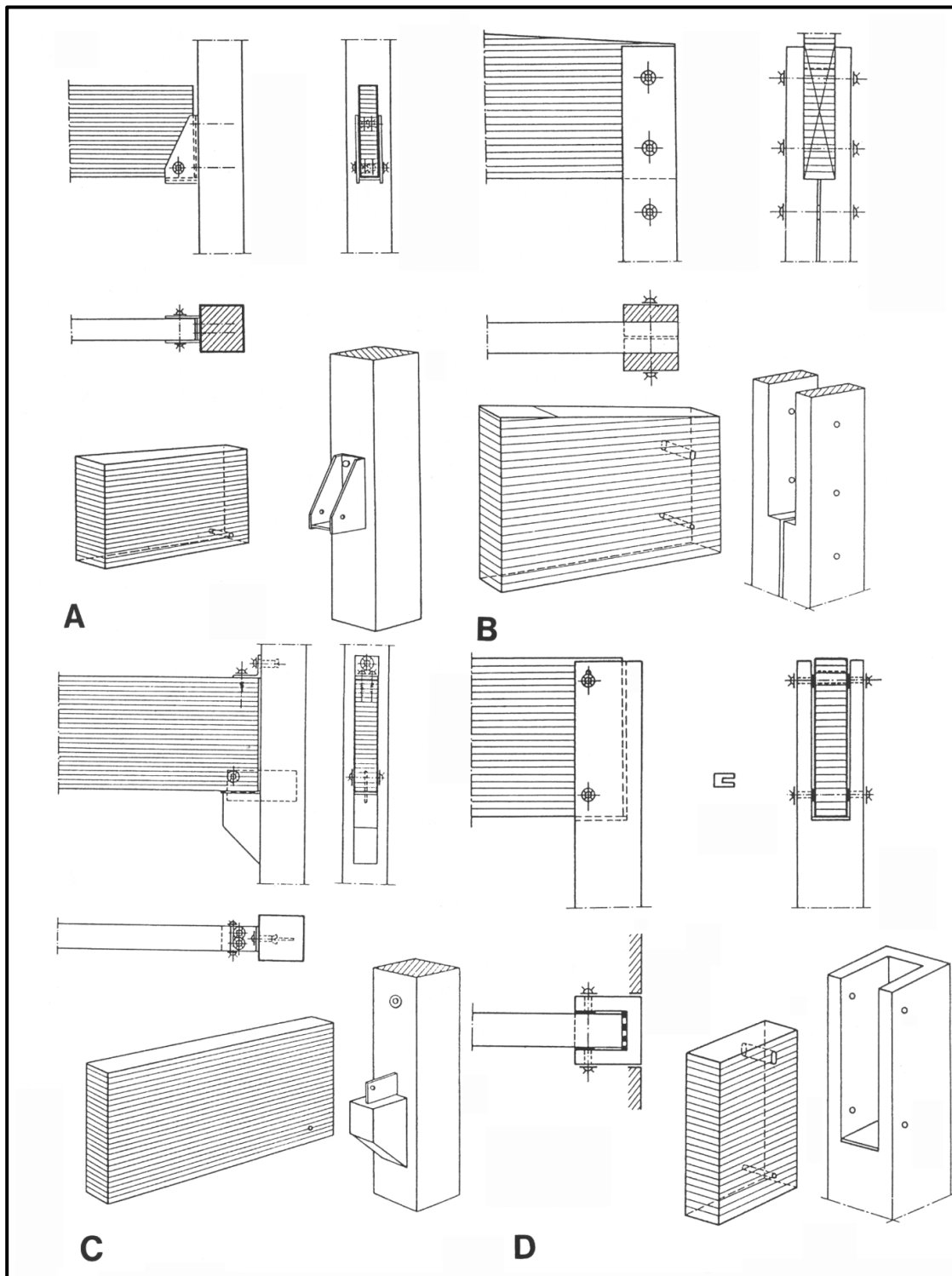
Glavni nosači sistema proste grede u strukturi krova ili međuspratne drvene konstrukcije mogu se oslanjati na zidove i stubove. Svi ovi oslonci moraju biti tako projektovani da u potpunosti odgovaraju pretpostavkama iz statičkog proračuna. To znači da se na mestu pokretnog oslonca mora obezbediti podužna pomerljivost, a da se kod viljuškastog oslanjanja mora obezbediti efikasno sprečavanje obrtanja oslonačkog preseka oko podužne ose nosača. To se postiže specijalnim oblicima metalnog okova ili odgovarajućim profilisanjem završetka betonskih ili čeličnih stubova.



Slika 20. Oblik tipske metalne papuče za upuštenu vezu rožnjače ili tavanjače i glavnog nosača

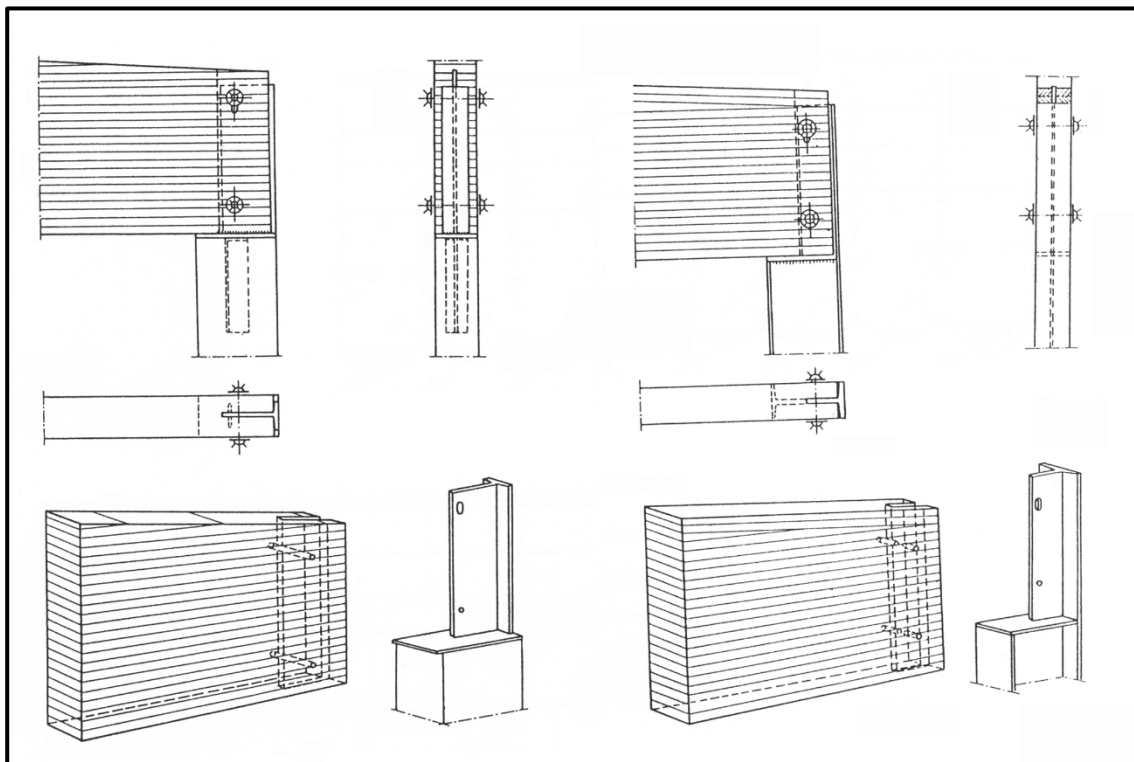


Slika 21. Vezu nosača pomoću okova ugrađenog u drvo

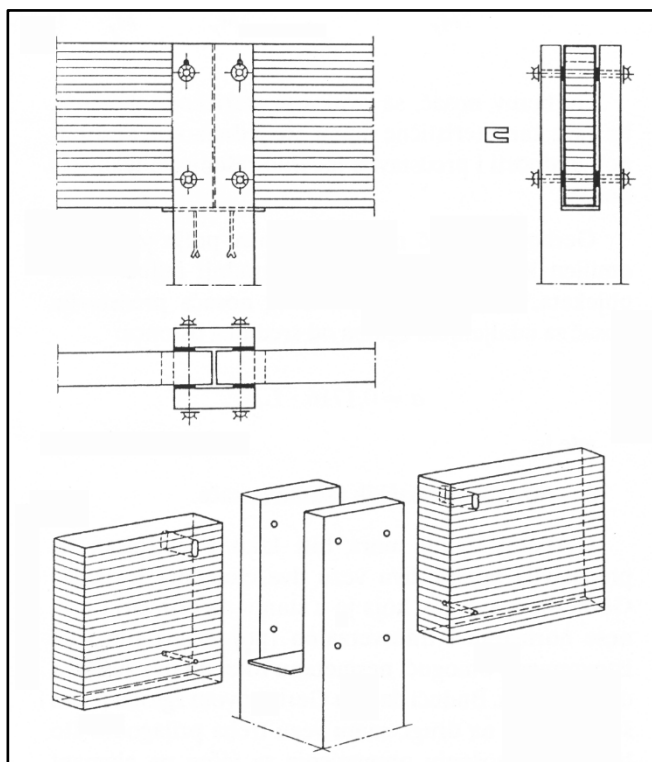


Slika 22. Primeri oslonačkih veza proste grede:

- A) sa betonskim stubom preko metalne papuče,
- B) sa dvojnim drvenim stubom,
- C) preko kratke konzole na betonskom stubu,
- D) viljuškasta veza na betonskom stubu.



Slika 23. Oslonačka veza proste grede sa betonskim i metalnim stubom preko čeličnog nastavka od 1/2 I čeličnog valjanog profila



Slika 24. Veza dve proste grede nad srednjim zajedničkim betonskim stubom

4.a2. i 4.a3. Kontinualni nosači

U tehnici lepljenog lameliranog drveta klasični kontinualni nosači, nosači na više oslonaca, nerado se primenjuju kao konstruktivni sistemi. Uzrok toga je otežani transportni uslovi i otežana manipulacija nosačima velike ukupne dužine. Mogućnost promene naponske slike u nosaču usled netačno izvedene visine oslonačkih tačaka takođe je jedan od veoma ozbiljnih razloga zbog čega se kontinualni nosač ne izvodi. Netačnost u izvođenju visina oslonačkih tačaka, u odnosu na projektovane kote oslonaca nije od značaja za statički određene nosače, niti za nosače od betona livenog na licu mesta, dok se kod prefabrikovanih elemenata ta pojava mora posmatrati kao popuštanje oslonaca i njoj se mora posvetiti veoma mnogo pažnje.

Kontinualni nosači, ako su rešeni svi navedeni problemi, mogu se izvesti u dve varijante:

- kontinualni nosači sa promenljivom visinom poprečnog preseka i
- kontinualni nosači sa promenljivom visinom poprečnog preseka, odnosno sa vutama nad srednjim osloncima.

Nosač sa vutama je, svakako, ekonomičniji oblik kontinualnog nosača, jer se materijal pravilnije raspoređuje duž nosača i prilagođava toku momentne linije. Zakošenost vute ne sme biti veća od 1:3.

4.a4. Gerberova greda

Gerberovim nosačem ili Gerberovom gredom naziva se onaj linijski nosač preko više polja i oslonaca, koji se dekompozicijom može rastaviti na niz prostih greda i greda sa jednim ili oba prepusta. U principu, grede višeg nivoa svoje reakcije predaju kao koncentrisane sile na kraju prepusta gredama nižeg nivoa. U različitim kombinacijama greda različitog hijerarhijskog reda koje su međusobno povezane zglobnim vezama, grede nižeg nivoa se oslanjaju na oslonce, od kojih je jedan nepokretan a svi ostali horizontalno pomerljivi oslonci.

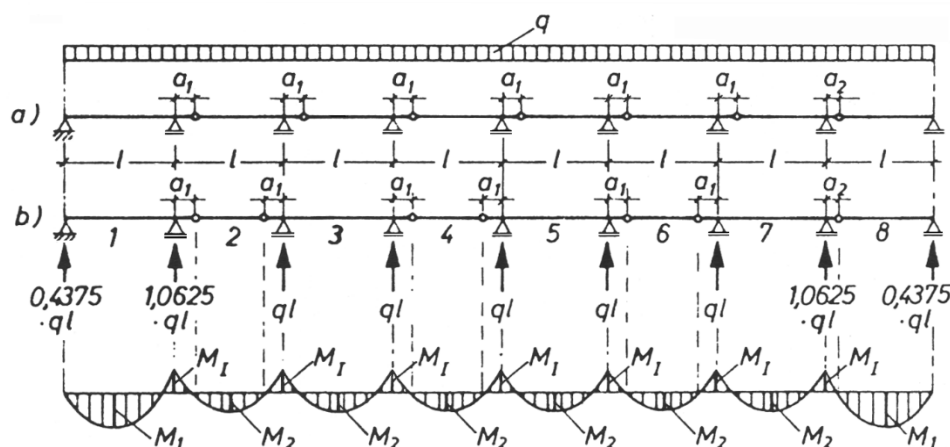
Raspored zglobova u jednom Gerberovom nosaču na više polja izvodi se iz uslova što manje razlike, po apsolutnoj vrednosti, oslonačkih momenata i momenata u polju.

Tome se teži iz ekonomskih razloga, jer je tako greda konstantne visine poprečnog preseka po celoj dužini jednako napregnuta na savijanje. Kod nosača sa podjednakim razmakom oslonačkih tačaka mogu se samo delimično ujednačiti apsolutne vrednosti momenata u polju i nad osloncima. Optimalno rešenje za asimetrični nosač se postiže sa dva različita udaljenja zglobova od oslonačkih tačaka:

$$a_1 = 0.1465 \cdot L,$$

$$a_2 = 0.1250 \cdot L,$$

pri čemu se samo momenti u prvom i poslednjem polju razlikuju od ostalih, međusobno jednakih momenata nad osloncima i u poljima (slika 25.).



Slika 25. Asimetrični Gerberovi nosači na više polja

Najekonomičniji oblik Gerberovog nosača na više polja (slika 26.) postiže se pod uslovom da su krajnja polja različitog raspona od srednjih, međusobno jednakih, raspona, s tim da je:

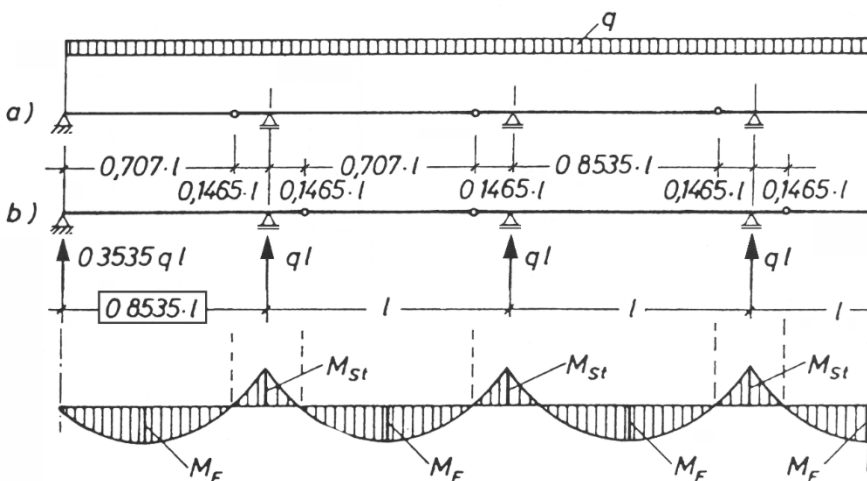
$$L_1 = 0.8353 \cdot L,$$

gde je:

L_1 - raspon krajnjih polja,

L - raspon svih srednjih polja.

Gerberov nosač, sa ovakvom statičkom šemom, ima sve karakteristične momente jednake po apsolutnoj vrednosti i predstavlja idealno rešenje za takav tip nosača.



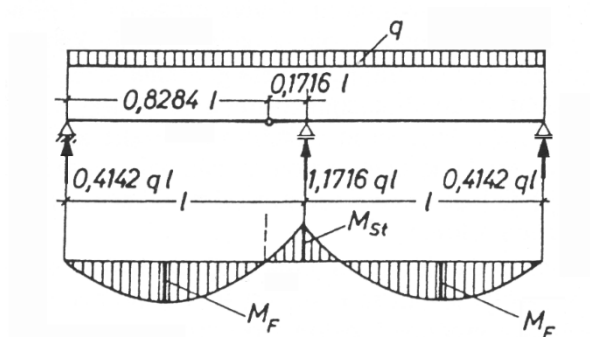
Slika 26. Gerberovi nosači sa rasponima krajnjih polja koji se razlikuju od raspona srednjih polja

Gerberov nosač na dva jednaka polja je veoma omiljen konstruktivni sistem u gradnji industrijskih objekata. Idealno rešenje takvog nosača predstavlja nosač sa udaljenjem zgloba od srednjeg oslonca:

$$a = 0,1716 \cdot L,$$

gde je:

L - razmak oslonačkih tačaka nosača.



Slika 27. Gerberov nosač na dva polja

Gerberov zglob mora biti tako konstruisan da predstavlja neraskidivu vezu dva elementa u okviru Gerberovog nosača, koja je u stanju da prihvati i prenese normalnu (aksijalnu) i transverzalnu (poprečnu) silu i da istovremeno omogući nesmetanu

rotaciju dva susedna drvena štapa. Budući da se u Gerberovom zglobu jedan štap oslanja na drugi, samu vezu treba prilagoditi što boljem prenošenju opterećenja sa višeg na element nižeg nivoa u strukturi nosača. Veza se izvodi u dve osnovne varijante:



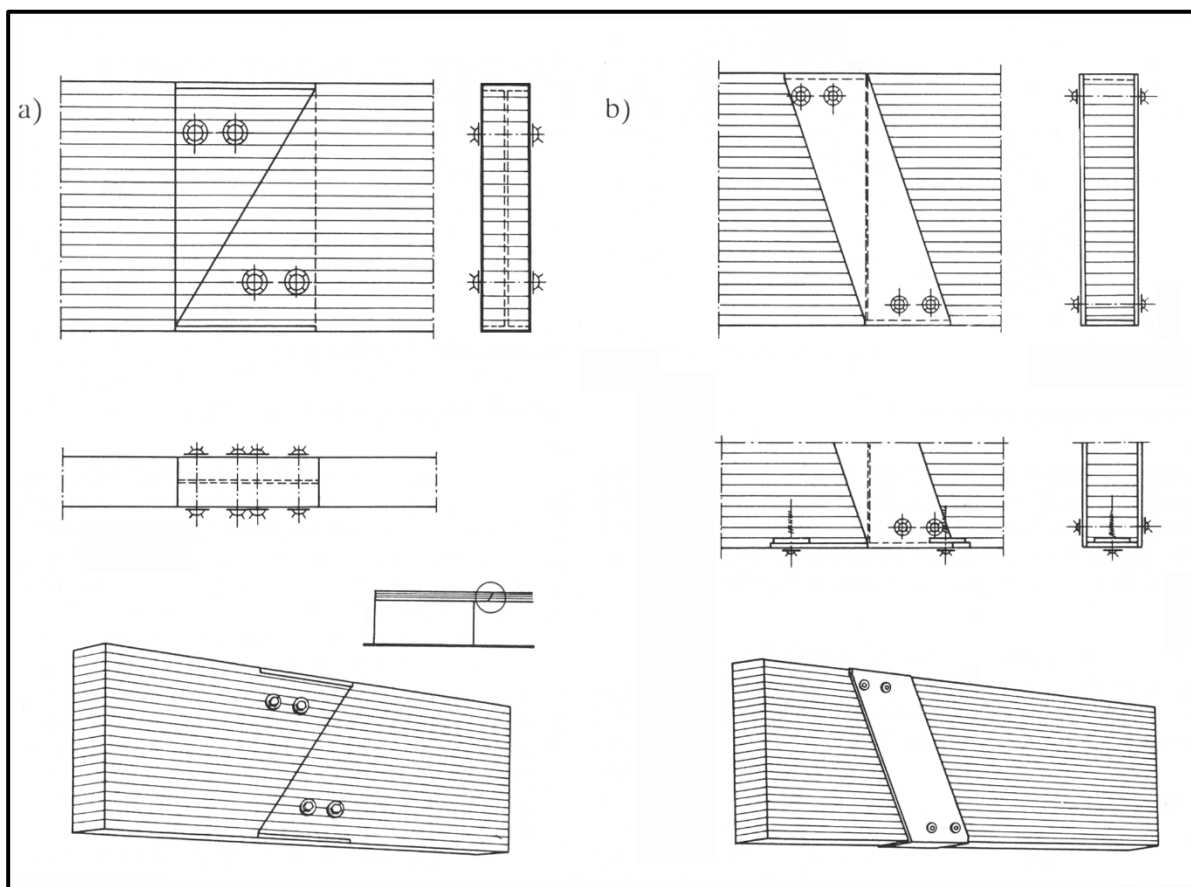
Slika 28. Gerberov nosač

- a) sa zakošenim spojnim ravnima dva susedna drvena elementa i metalnim okovom koji se sastoji od vertikalnog lima ugrađenog u sredini poprečnog preseka, koji uz pomoć vijaka omogućuje prihvatanje aksijalnih sila u zglobu. Prihvatanje poprečne (transverzalne) sile se vrši kontaktom, uz pomoć horizontalne metalne ploče koja je zavarena za vertikalni lim.
- b) sa upravnim spojnim ravnima dva susedna drvena elementa, koji mogu kontaktom da omoguće prihvatanje samo pritiskujuće aksijalne sile u kontaktnoj spojnici, i posebno oblikovanim metalnim okovom sa donje strane, koji obezbeđuje prenošenje aksijalne zatežuće sile u zglobu. Prihvatanje poprečne (transverzalne) sile se vrši kontaktom, uz pomoć horizontalne metalne ploče koja je zavarena za dve vertikalne metalne ploče. Vijci u vezi su opterećeni horizontalnom silom usled ekscentričnog uticaja transverzalne sile.

Osim ove dve varijante konstruisanja Gerberovog zgloba, moguća je primena i nekih drugih rešenja, uz dokaz prenošenja svih presečnih sila u zglobu.

Gerberov nosač ili Gerberova greda je veoma čest linijski ili poligonalni nosač. Njegove prednosti nad kontinualnim nosačima se kriju u činjenici da se veoma lako

formira iz elemenata manjih dužina kojima se lako manipuliše u proizvodnji, transportu i montaži.



Slika 29. Konstrukcija Gerberovog zgloba:

a) sa ugrađenim okovom

b) sa vidnim okovom bez mogućnosti i

sa mogućnošću prenošenja aksijalne sile zatezanja

4.a7. Rešetkasti nosači

Rešetkasti nosači u lepljenom lameliranom drvetu se izvide veoma uspešno, posmatrano sa tehničkog gledišta. To su veoma moćni nosači, sposobni da premoste velike raspone i da ponesu, pri tom, velika opterećenja. Međutim u poređenju sa nekim drugim, savremenijim oblicima drvenih struktura, rešetkasti nosači gube i na ekonomskom i na estetskom planu.

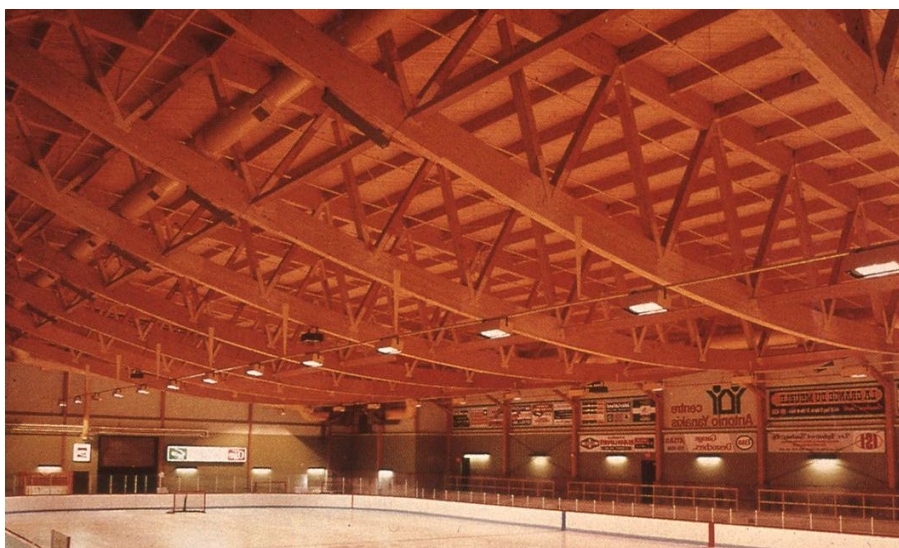


Slika 30. Rešetkasti nosači

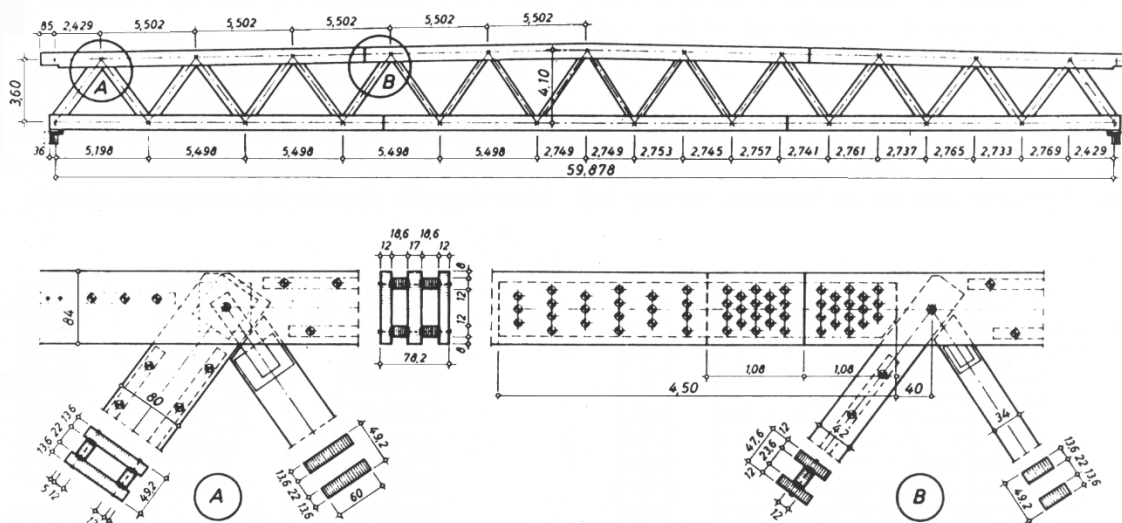
Na ekonomičnost rešetkastih nosača veoma utiče cena izvođenja čvornih veza. U veoma opterećenim čvorovima ovakva veza se izvodi uz pomoć klasičnih i specijalnih spojnih sredstava, koja se moraju veoma pedantno ugrađivati. To iziskuje mnogo skupog živog ljudskog rada, poseban alat i izuzetnu kontrolu ostvarenih veza.

Sa estetskog stanovišta, rešetkasti nosači klasičnog oblika predstavljaju veoma krutu, inženjersku formu, koja se samo pod određenim uslovima može lako uklopiti u moderna enterijerska rešenja.

Drvene rešetkaste konstrukcije se nikada, kroz istoriju, nisu nametale svojom estetikom, već svojim tehničkim i inženjerskim karakteristikama, pa im u okviru današnjeg građevinarstva pripada ista pozicija.



Slika 31. Rešetkasti nosač sa zakrivljenim donjim pojasom



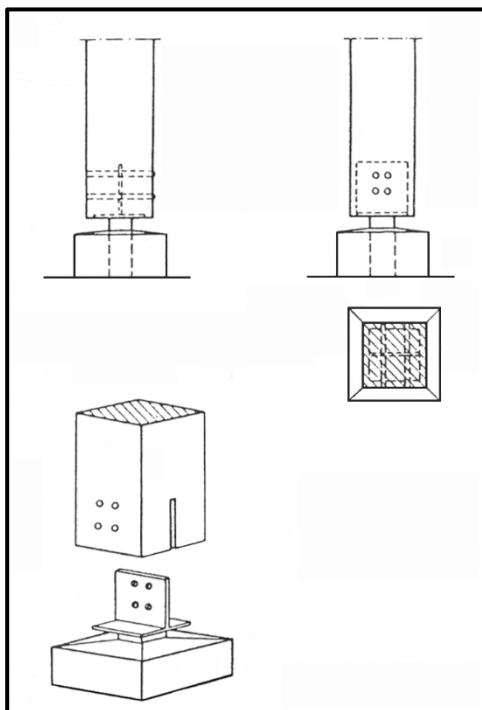
Slika 32. Rešetkasti nosač od lepljenog lameliranog drveta velikog raspona 60 m

4.a13. Drveni stubovi

Linijski nosači, proste grede, grede sa prepustima, Gerberove grede, kontinualni nosači, rešetkasti nosači, poligonalni luci sa zategom, ako su krovni ili međuspratni nosači oslanjaju se na zidove i stubove. Veoma često se za prihvatanje vertikalnih sila i njihovo prenošenje do temeljne konstrukcije koriste drveni stubovi. Drvo veoma dobro prihvata podužne pritiske, pa se u konstrukciji javlja kao centrično ili kao ekscentrično napregnut element.

a) Zglobno oslonjeni stubovi

Zglobna veza je najprirodnija i najefikasnija veza drvenih elemenata u konstrukciji objekta. Najčešće se izvodi kod veze stubova sa temeljnom konstrukcijom i takva veza u svemu odgovara pretpostavkama o ponašanju konstrukcije, koje su unete u statički proračun.



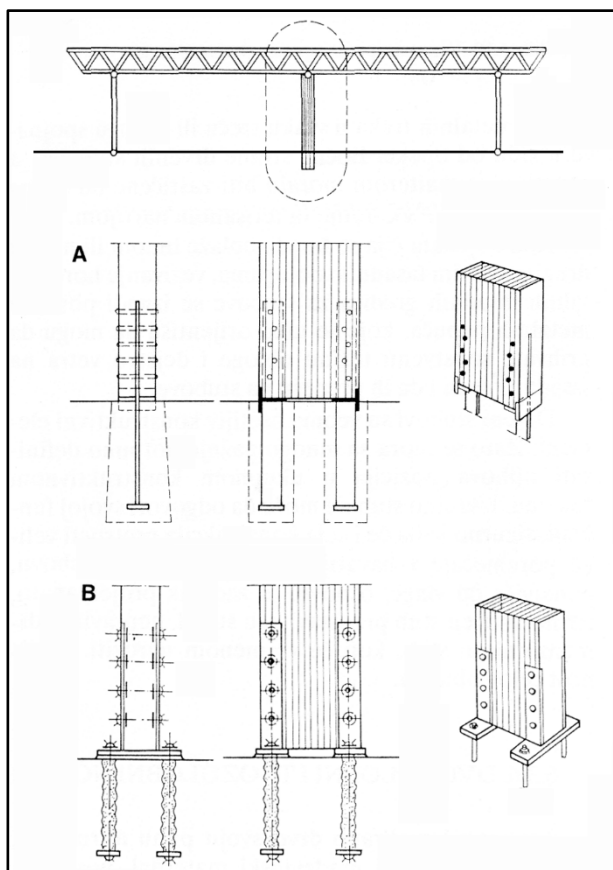
Slika 33. Zglobna oslonačka veza stuba

Veoma velike oblikovne mogućnosti pruža ovakva veza pri kreiranju konstruktivnog sistema. Zahtevi koji se stavljaju pred takvu vezu jasni su i nedvosmisleni i sastoje se od obezbeđivanja dovoljne kontaktne površine, iz uslova dozvoljenih normalnih napona pritiska u drvetu i zaštite položaja stuba od vlage. Ovim zahtevima se može udovoljiti na mnogo načina. Najelementarniji oblik veze čini metalni okov, koji je sa jedne strane vezan za stub, a sa druge za temeljnu konstrukciju. Preko jedne horizontalne metalne pločice, koja prihvata pritisak i druge vertikalne, takođe metalne pločice, ugrađene u drvo, uz upotrebu vijaka ili trnova, izvodi se lagana i dobra veza stuba sa metalnim okovom. Veza se temeljnim stupcem se izvodi upotrebom kratkog čeličnog profila ili kratke kvadratne cevi koja se sa jedne strane zavari za horizontalnu metalnu pločicu, a sa druge strane ubetonira u temeljnu

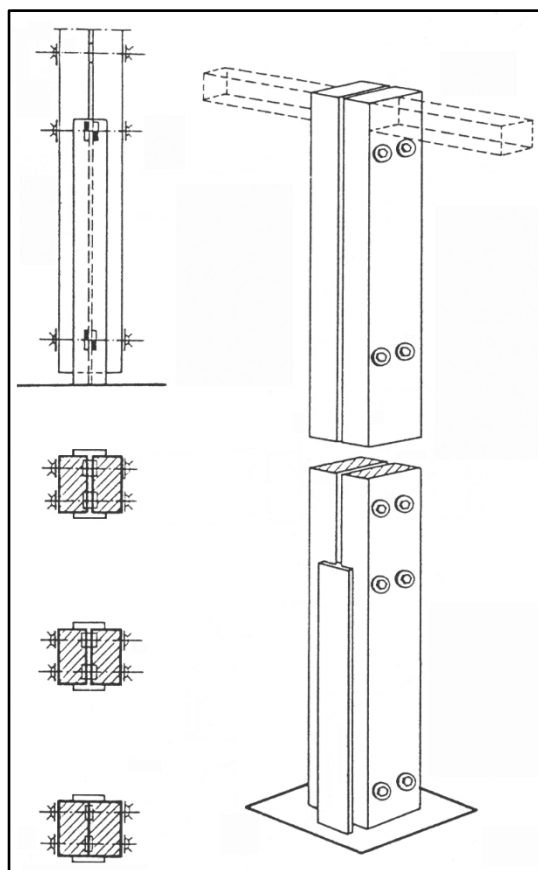
konstrukciju. Ovakva veza se izvodi iznad podne konstrukcije i podnožje drvenog stuba mora biti udaljeno najmanje 5 cm od kote gotovog poda.

b) Uklješteni stubovi

Uklještenje drvenih stubova nikada ne može biti potpuno. Zbog fizičkih osobina drveta, utezanja i bubrenja drvo menja svoje dimenzije poprečnog preseka pod uticajem vlage. To je sasvim dovoljan razlog da se u svakoj vezi pojavi mali zazor između drvenog elementa. Takvom vezom dobija se elastično uklještenje. Na ovu pojavu se mora računati, i ako mala pomeranja i mali "rad" konstrukcije nisu od značaja za efikasnu eksploataciju objekta, onda se može projektovati i izvoditi uklještena veza stubova u temeljnu konstrukciju.



Slika 34. Dve varijante izvođenja uklještena veze srednjeg jače opterećenog stuba objekta



Slika 35. Uklještena veza stuba

Kod manje opterećenih stubova, uklještenje koje prima normalnu pritiskajuću silu i momenat uklještenja, najefikasnije se izvodi ugrađivanjem čeličnog I profila u betonski temelj, za čije rebro se vežu elementi dvodelnog drvenog stuba. Veza čelika i drveta se postiže ugrađivanjem moždanika i vijaka, ili samo vijaka, na dovoljnom međusobnom rastojanju. Razmak između spojnih sredstava se određuje iz uslova nosivosti sredstava veze i sila sprege na koji se transponuje momenat uklještenja.

Uklješteni drveni stubovi u većim konstruktivnim sistemima i sa velikim oslonačkim silama imaju i veće dimenzije poprečnog preseka. Ta činjenica se koristi da bi se momenat uklještenja transponovao u spreg vertikalnih sila. Sabiranjem sila sprege i normalne sile u stubu dobija se vertikalna ivična sila i prema njenom intenzitetu i prema odabranom tipu spojnog sredstva se dimenzioniše veza između drvenog stuba i metalnog okova koji je kruto ugrađen u betonske temelje.

c) Konstruktivne pojedinosti

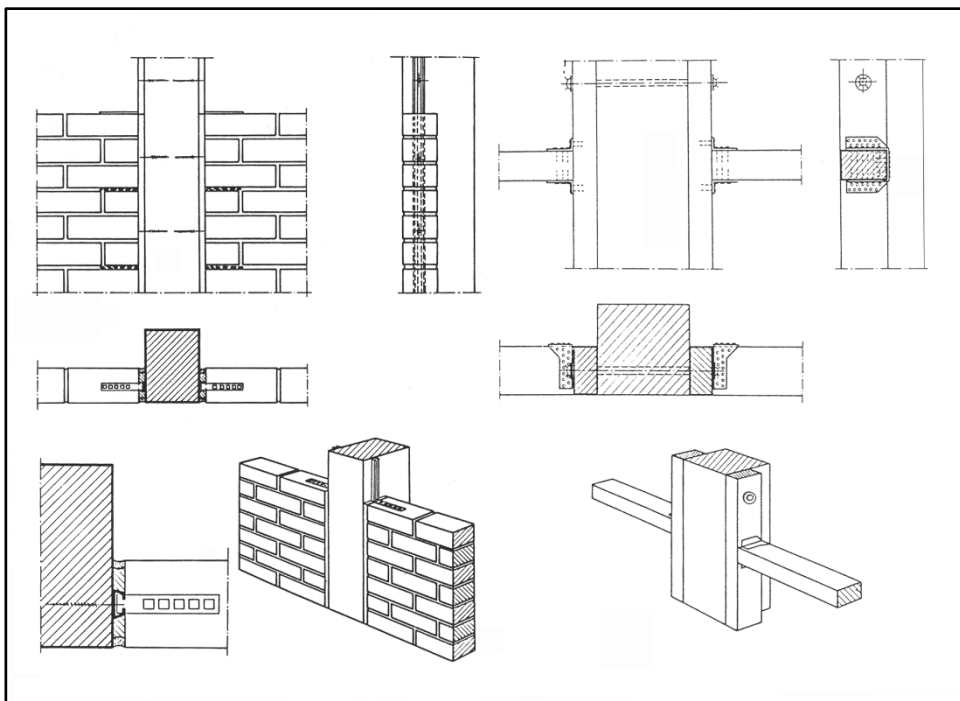
Za pravilnu i efikasnu funkciju drvenih stubova nije dovoljno izvesti efikasnu i sigurnu oslonačku vezu. Fasadni stubovi se izvide i kao nosači fasadnih elemenata ili se ugrađuju u zidanu fasadnu ispunu. Način obezbeđivanja veze zidanog parapeta i drvenog stuba je prikazan na slici I-125. i svodi se na ugrađivanje perforiranih metalnih traka u svaku treću ili četvrtu spojnicu u zidu od opeke. Bočne strane drvenih stubova u kontaktu sa malterom moraju biti zaštićene od vlage postavljanjem PVC-folije ili terisanom hartijom.



Slika 36. Detalji oslonačkih zglobnih veza

Kod objekata čija se fasada oblaže limom ili nekim drugim sličnim fasadnim oblogama, vezivanje horizontalnih fasadnih gredica za stubove se izvodi pomoću metalnih papuča koje se tako orijentišu da mogu da prihvate sopstvenu težinu obloge i dejstvo vetra na fasadnu ravan i da ih preneću na stubove.

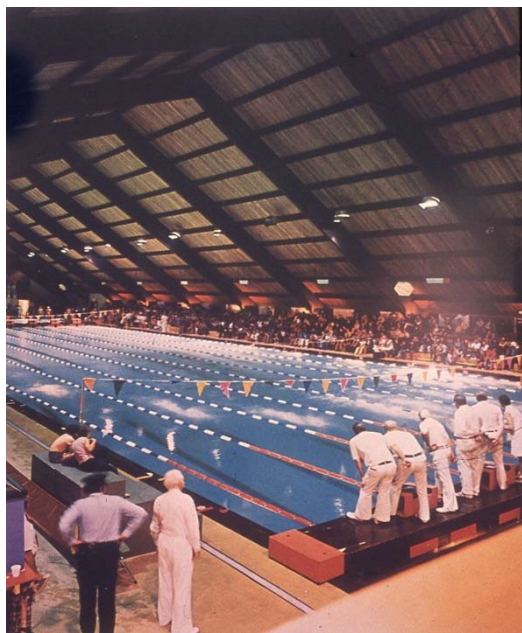
Drveni stubovi su veoma osetljiv konstruktivni element. Zato se mora sa puno pažnje potpuno definisati njihova pozicija u ukupnom konstruktivnom sistemu. Ukoliko stub ne može da odgovori svojoj funkciji, sigurno je da će i cela konstrukcija pretrpeti velike poremećaje i havariju. Zaštita drvenih stubova, ponajviše od vlage, osnovni je zadatak projektanta, jer nezaštićen stub predstavlja, u stvari, nepravilno dimenzionisan stub, koji će vremenom ugroziti stabilnost celog objekta.



Slika 37. Veza parapetne ispune i drvenog fasadnog stuba i veza fasadnih gredica za drveni stub

4.b. Dvozglubni i trozglubni sistemi konstrukcija

Lepljeno lamelirano drvo svoju punu afirmaciju kao konstrukcioni i građevinski materijal, postiže u dvozglubnim i trozglubnim nosačima. To su konstruktivni i statički sistemi koji dozvoljavaju da se sve dobre mehaničke i fizičke karakteristike drveta koriste do punog kapaciteta. Odnos mase drveta i mogućih naprezanja u poprečnom preseku drvenog štapa daleko je bolji od takvog odnosa u betonu i čeliku. U geometrijskom smislu, dvozglubni i trozglubni nosači mogu imati zakrivljenu sistemnu liniju, kada se nazivaju lucima i mogu biti sastavljeni od pravih štapova, kada se nazivaju okvirnim nosačima. Poprečni presek ovih nosača je najčešće pravougaoni (jednodelni ili višedelni), a može da bude i sandučasti. Visina poprečnog preseka je najčešće promenljiva vrednost i zavisi od veličine momenta savijanja i normalne sile u tom poprečnom preseku.

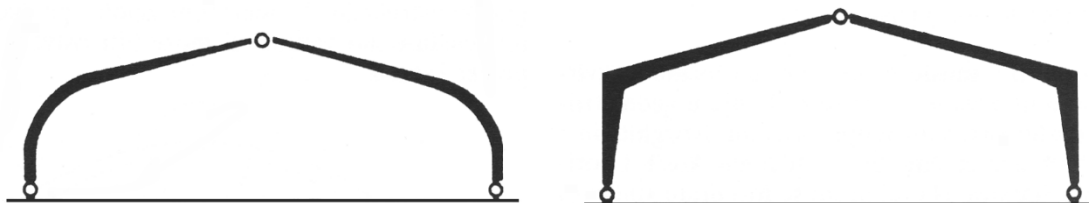


Slika 38. Dvovodni trozglubni nosač

4.c. Poligonalni dvozglubni i trozglubni sistemi konstrukcija

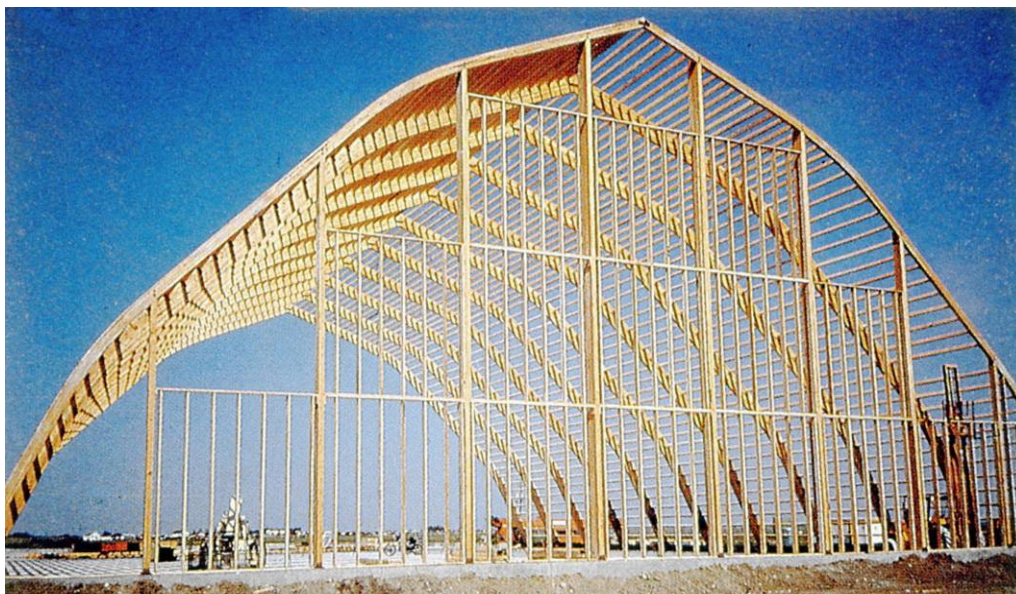
U statičkom smislu razlika između lučnih i okvirnih nosača ne postoji - oni se razlikuju u geometrijskom smislu: sistemnu liniju okvirnih dvozglubnih i trozglubnih nosača čine ose vertikalnih, kosih i horizontalnih štapova. Na taj način se formiraju stubovi i

prečke nosača. I stubovi i prečke mogu biti kosi štapovi, ali je njihov položaj u strukturi nosača veoma jasan. Stubovi su vezani u oslonačkim zglobovima za temeljnu konstrukciju. U temenom zglobu prečke mogu biti međusobno vezane ili može biti ostvarena veza prečke i stuba.



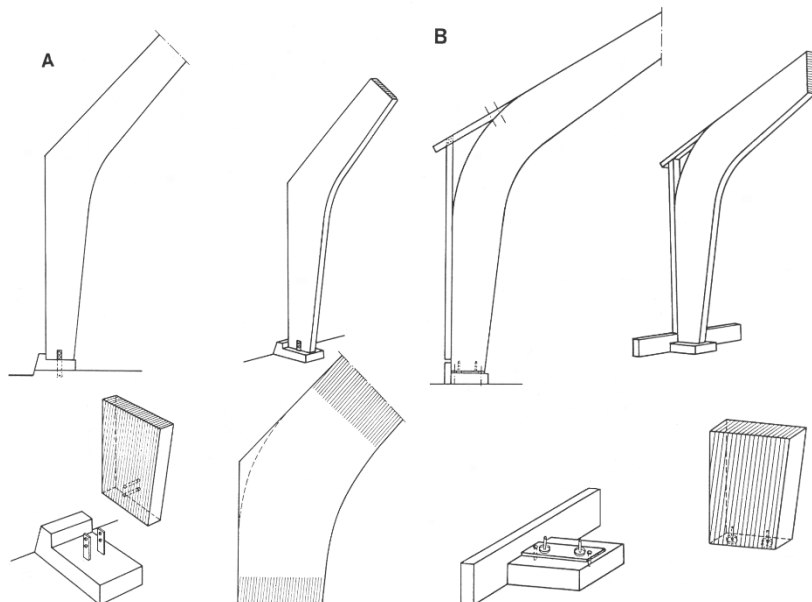
Slika 39. Osnovni oblici okvirnih trozglobnih nosača

Osnovna karakteristika ove grupe nosača jeste način ostvarivanja krute veze između prečke i stuba. Rešenje uvek zavisi od funkcionalnih zahteva u eksploataciji objekta, odnosno od mogućnosti da stub i prečka ne moraju da zaklapaju prav ugao ili ugao blizak pravom uglu.



Slika 40. Okvirni trozglobni nosač

Izvođenje jednog kolenastog štapa, koji čini jednu polovinu trozglobnog nosača, a koji objedinjuje stub i prečku, nije tehnološki problem ukoliko zakrivljenost štapa na delu prelaska stuba u prečku ne predstavlja funkcionalni problem u eksploataciji objekta (slika



Slika 41. Kolenasta veza stuba i prečke

A) izvođenjem oštrog temena na prelasku stuba u prečku kod objekata sa strmim krovom i

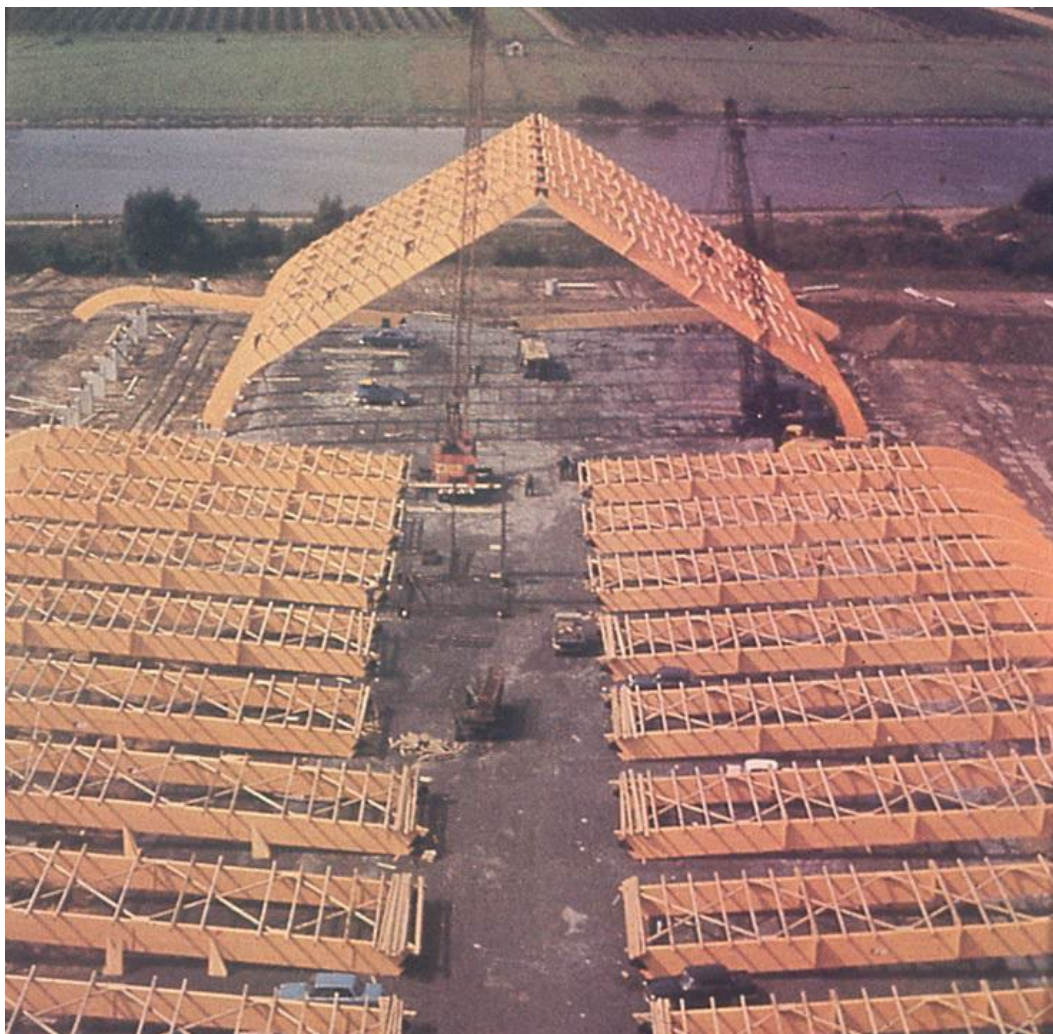
B) formiranjem zaobljenog temena i strešnih dodatnih elemenata kod manje strmih nagiba
krovnih ravni

45). Ukoliko se zahteva prelazak iz stuba u prečku bez zakrivljene vute, onda se kruta veza izvodi na tri načina:

- ugrađivanjem prelaznog čvornog drvenog trapezastog klina,
- izvođenjem krutog ugla kružno raspoređenim spojnim sredstvima (vijcima, trnovima ili moždanicima) kada je prečka jednodelni, a stub dvodelni štap,
- izvođenjem razuđenih stubova.

Drveni trapezasti klin predstavlja prelazni elemenat u vezu stuba i prečke. Njegova vlakanca imaju pravac normale na simetral ugla prečke i stupca. U spojnim ravnama

prethodno se formira zupčasta veza, a monolitizacija spoja se izvodi lepljenjem (slike 45. i 46.).



Slika 42. Trozglobni nosač u fazi montaže

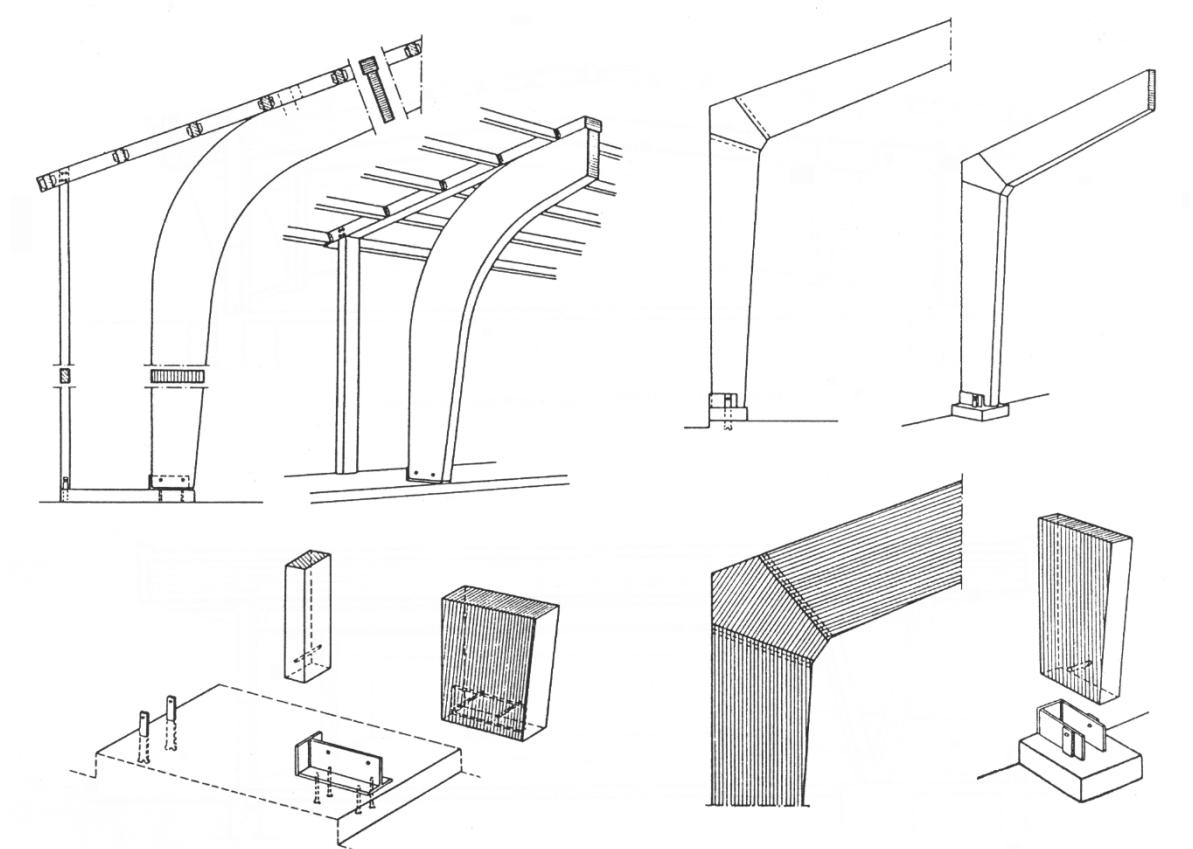


Slika 43. Montaža sistema trozglobnih lukova Panonija - Osijek

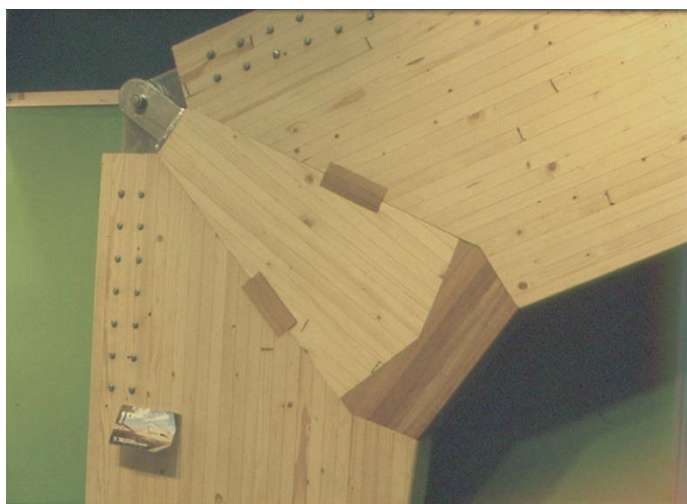


Slika 44. Trozglobni nosači na farmi krava u Bečeju

Formiranje krutog ugla kružnim rasporedom spojnih sredstava efikasan je i prihvatljiv način rešenja za konstrukcije objekata u kojima je klimatski režim stalan. U suprotnom, ako se vlažnost drveta menja, može doći do oštećenja veze zbog različitog rada drveta pri bubrenju i utezanju. U krutom uglu su vezani štapovi sa različitom orijentacijom vlaknaca i sa različitim promenama dimenzija pod uticajem vlage u istom pravcu (u pravcu ose stuba ili u pravcu ose prečke). Veza se izvodi uz puno poštovanje međusobnih razmaka spojnih sredstava i uz izuzetnu kontrolu tačnosti formiranja veze.



Slika 45. Formiranje strehe u slučaju povučene fasade od ravni bočnog reda stubova i izvođenje krutog ugla ugrađivanjem drvenog trapezastog klina. Veza se izvodi lepljenjem



Slika 46. Izvođenje krutog ugla ugrađivanjem drvenog trapezastog klina

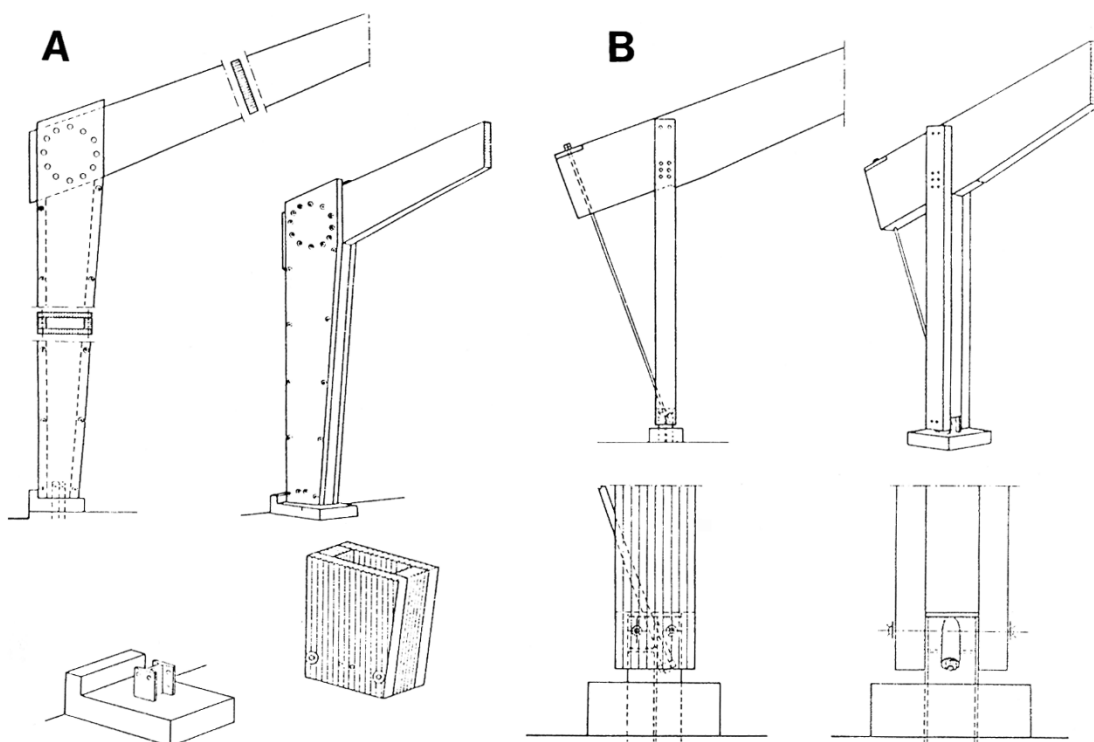


Slika 47. Trozglobni luk sa razuđenim stubovima na Sportskoj dvorani u Mojkovcu

Razuđeni stubovi su efikasan i dobar način gde se međusobnim zglobnim vezama elemenata postiže kruta veza prečke i stuba u celini. Obrazovanjem trouglaste strukture između prečke i delova stuba, od kojih je unutrašnji pritisnut, a spoljni deo zategnut, dobija se nedeformabilna figura, koja zadovoljava sve zahteve koji stoje pred krutim uglom. Stub, oblika latiničnog slova V, u jednoj tački se zglobno oslanja na temeljni stubac. Obadva dela se izvode od drveta ili je zategnuti deo stuba od čelika-čelična zatega.

Trozglobni nosač sa zategom se veoma često upotrebljava kao glavni nosač skeletnih objekata sa stubovima od betona, ili čelika, koji su uklješteni u temelje. To je nosač sa pravim ili zakrivljenim štapovima čije oslonačke zglobove međusobno povezuje drvena ili metalna zatega. Osnovna uloga zatege jeste da prihvati horizontalne

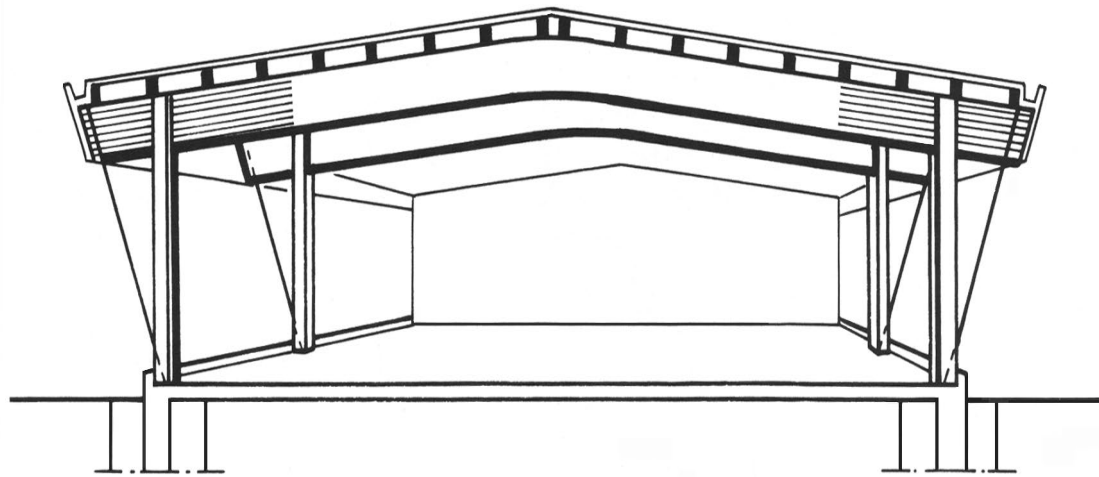
reakcije statičkog sistema, izazvane krovnim opterećenjem. Ovi nosači imaju veoma pojednostavljenu konstrukciju zglobova, jer se izvode nad srednjim i malim rasponima.



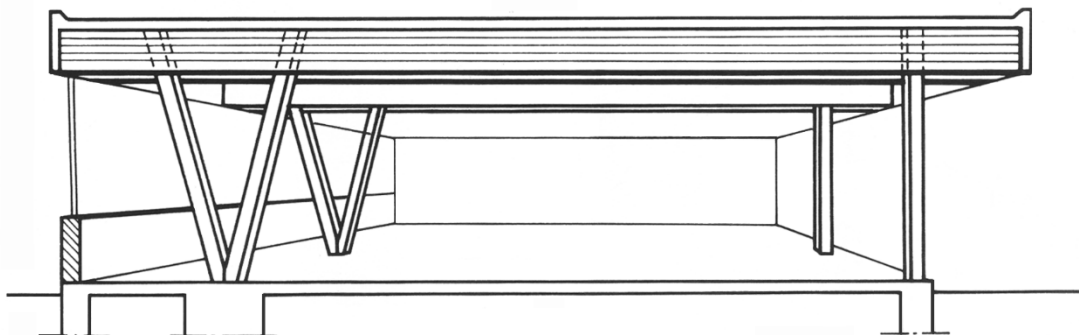
Slika 48. Izvođenje krute čvorne veze

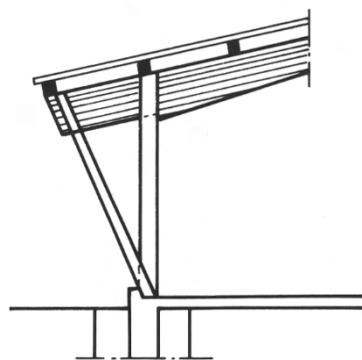
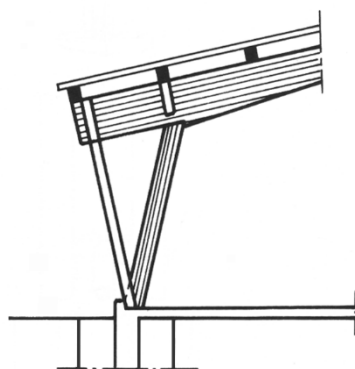
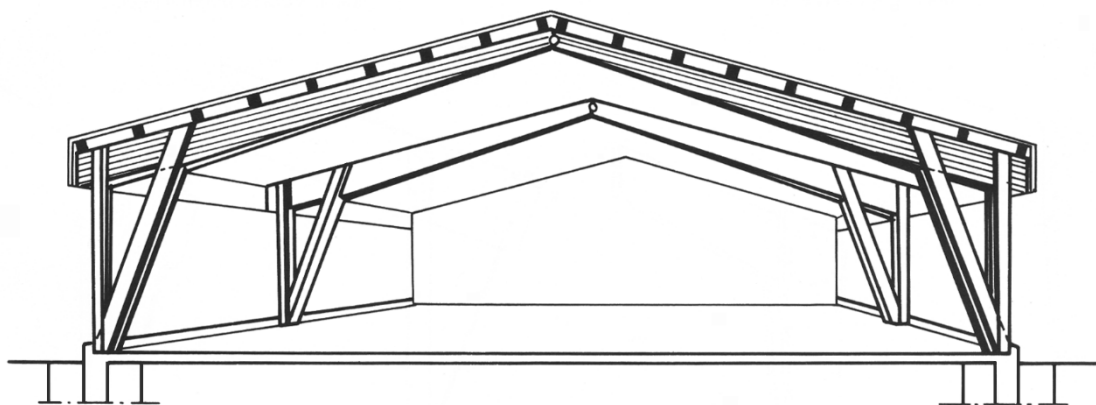
A) kružnim ugrađivanjem spojnih sredstava i

B) izvođenjem razuđenog stuba

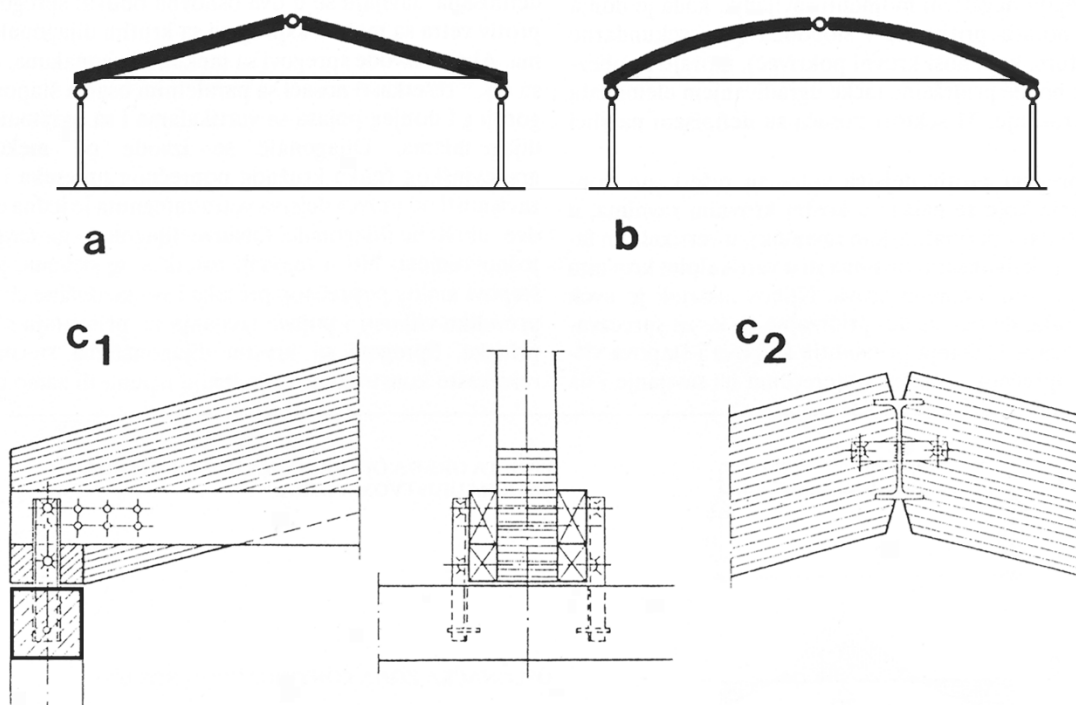


Slika 49. Dvozglubni luk sa razuđenim stubovima





Slika 50. Trozglobni nosači sa razučenim stubovima



Slika 51 . Trozglobni luk sa zategom:

- a) sa pravim štapovima,
- b) sa zakrivljenim štapovima,
- c) detalji oslonačkog i temenog zgloba.

4.d. Dvozglubni i trozglobni lučni sistemi konstrukcija

Pod lukom na dva zgloba podrazumeva se statički neodređeni nosač zakrivljene sistemne linije, koji je zglobno vezan u oslonačkim tačkama. To znači da su oslonci tako projektovani i izvedeni, da se krajevi štapa ne pomeraju u dva ortogonalna pravca, ali da su obrtanja poprečnog preseka oko ose oslonačke veze moguća. U principu, nad osloncem se moraju prihvatiti vertikalna i horizontalna komponenta kose reakcije i preneti na temeljni blok. Kod ovakvih konstrukcija ne mogu se ostvariti momenti uklještenja.

Prema veličini reakcije, koja zavisi od opterećenja, raspona i strele luka, projektuje se i izvodi adekvatna konstrukcija oslonačkih zglobova: zglobne veze sa čepom i tangencijalna kontaktna ležišta.



Slika 52. Trozglovni nosač sa pravim štapovima i dvozglovni lučni nosač nad sportskim objektima

Zglobne veze sa čepom se izvode u mnogo različitih oblika kod nosača manjih raspona i opterećenja. Čep je predstavljen višesečnom osovinom od čelika koja se provlači kroz bočne betonske ili čelične ankerne elemente i kroz sami drveni nosač, koji može biti ojačan okovom. Varijanta A na slici 39. predstavlja zglobnu vezu dvosečnim čepom koji se oslanja na spoljne ankerne čelične elemente, ugrađene u beton, a prihvata silu od metalne papuče, koja je vezana za kraj drvenog luka serijom trnova.

Varijanta B na slici 39. prikazuje veoma jednostavnu konstrukciju zglobne veze oko čepa koji nije napregnut za dejstvo gravitacionog opterećenja, jer se komponentne rezultante prenose preko dva neoprenska uloška. Ovi ulošci su tako izvedeni da veoma dobro bez ikakvih deformacija, prihvataju sile koje su upravne na njihovu površinu. Veoma su neotporni i nestabilni na dejstvo tangencijalnih sila i dozvoljavaju velika, ali ograničena pomeranja u tangencijalnom pravcu, što se koristi u ovakvoj vezi. Čep obezbeđuje vezu u slučaju odizanja konstrukcije pod sišućim dejstvom vetra

kada je konstrukcija lagana i kada je njena sopstvena težina manja od vertikalne komponente sile vetra.

Kontaktne tangencijalna ležišta se koriste kod lučnih nosača čije reakcije imaju velike vrednosti. Vertikalna i horizontalna komponenta reakcije drvenog luka se prenosi na temeljnu konstrukciju preko posebno oblikovanog okova koji mora da zadovolji sledeće uslove:

- u kontaktu drveta i okova moraju biti stvarni naponi podužnog i poprečnog pritiska u dozvoljenim granicama, a spojna sredstva moraju da prihvate eventualne negativne sile, koje izazivaju odizanje nosača od oslonca,
- u kontaktu ankernog dela okova i betona mora biti ostvarena intimna veza, otporna na sve spoljne sile, a jednovremeno mora biti omogućeno lako i efikasno prethodno centrisanje okova i njegova jednostavna ugradnja,
- međusobni kontakt čeličnog zaobljenog pera, koje pripada okovu vezanom za drveni štap i donje ankerne ploče, mora biti takav da kontaktni naponi budu manji od dozvoljenih za primenjeni čelični materijal. Ankerni okov mora imati graničnike, koji prihvataju poprečne sile, a cela veza mora biti obezbeđena bočnim metalnim podvezama protiv odizanja gornjeg dela okova i drvenog štapa.



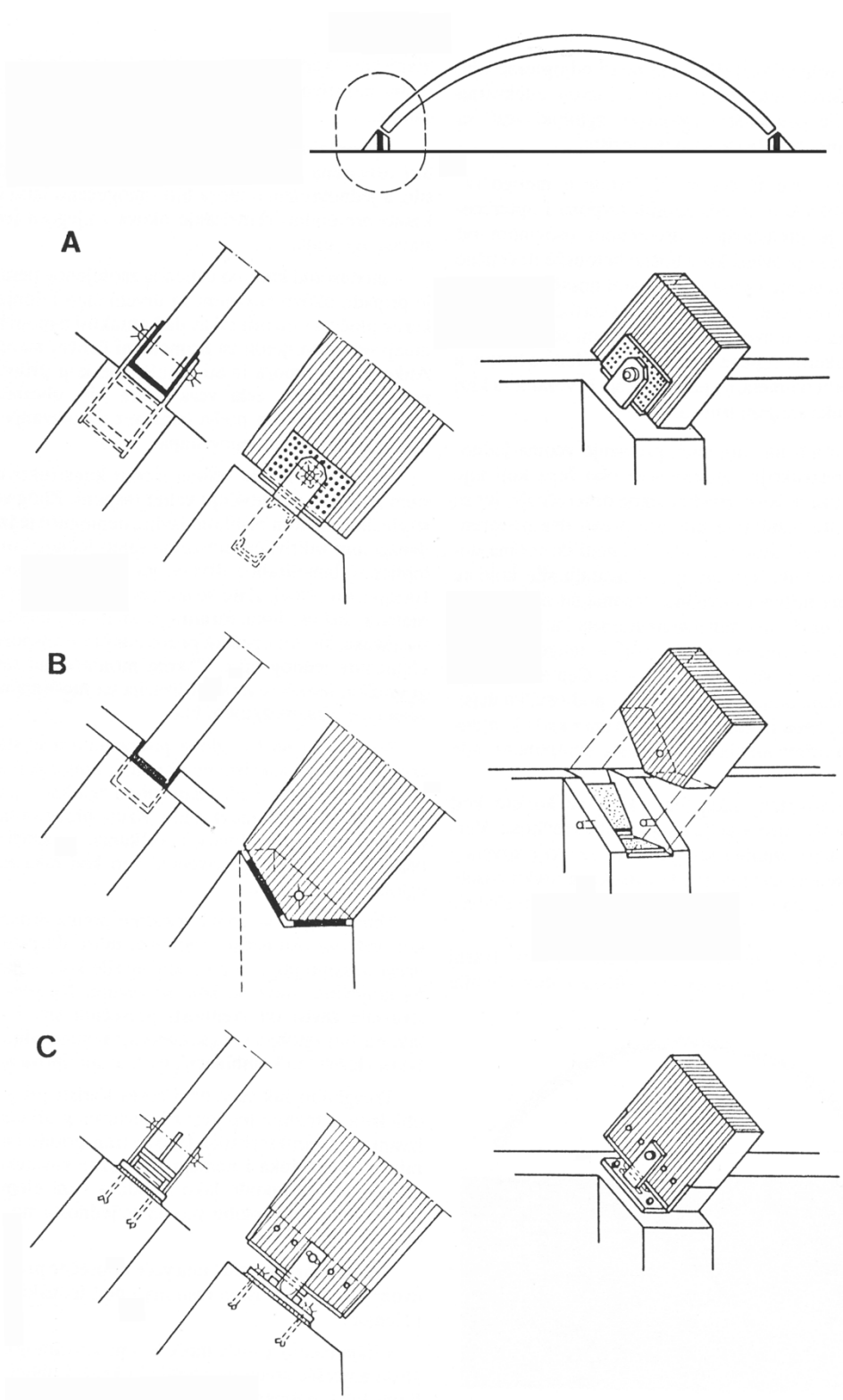
Slika 37. Radijalno orijentisani trozglojni lukovi nad kružnom osnovom



Slika 38. Dvozglojni slemeni luk sa sekundarnim krutim zategama

Dvozglobni luk je veoma moćni konstruktivni sistem kojim se premošćuju veliki rasponi. Zbog velike strele, koja se tom prilikom javlja, nemoguće je izvesti dvozglobni zakrivljeni nosač od samo jednog komada lepljenog lameliranog drveta, jer to ne dozvoljavaju transportni uslovi. Zato se na mestima najmanjih momenata, duž ose luka, formira jedan ili više montažnih nastavaka, što omogućuje proizvodnju i transport više elemenata jednog luka. Tokom montaže, na samom gradilištu, izvodi se monolitizacija na mestima nastavaka i formira dvozglobni luk.

Pod lukom na tri zgloba podrazumeva se statički određeni nosač zakrivljene sistemne linije, koji se sastoji od dve krute ploče međusobno zglobno vezane u čvoru, nazvanom temeni zglob. Krute ploče su takođe zglobno vezane u oslonačkim tačkama. To znači da su oslonci projektovani i izvedeni kao kod luka na dva zgloba.



Slika 53. Konstrukcija oslonačkog zgloba:

- A) zglobna veza čepom i metalnim ankernim elementima,*
- B) zglobna veza čepom i betonskim ankernim elementima i neoprenskim ulošcima,*
- C) tangencijalno kontaktno ležište.*

Temeni zglob se izvodi u svemu prema principima koji važe za oslonačke zglobove: mora da prihvati i prenese samo poprečne i podužne sile koje se javljaju na krajevima štapova, koji se vezuju. Njegova konstrukcija zavisi od vrednosti presečnih sila i može, takođe, biti zglobna veza sa čepom, tangencijalno-kontakno ležište ili kombinacija ovih dvaju tipova zgloba.

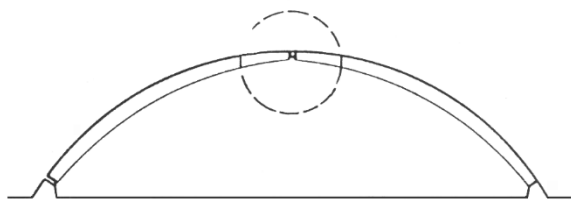


Slika 54. Trozglobni lučni nosač

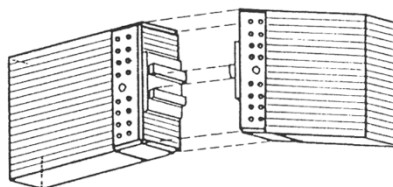
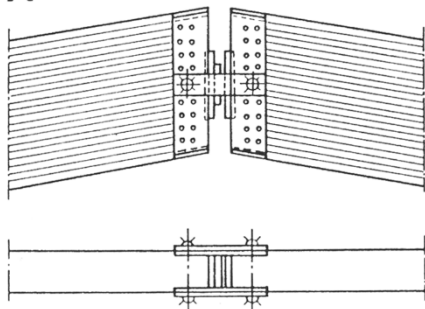
Trozglobni luk se veoma često koristi pri gradnji objekata u tehnici lepljenog lameliranog drveta. Ima izvanredne karakteristike: lako se transportuju i montiraju elementi luka i nemaju montažne nastavke. Temeni zglob se takođe lako izvodi, a veza elemenata luka u temenom zglobu veoma se jednostavno i brzo ostvaruje u montaži.

Trozglobni luk, ipak, ima veće poprečne preseke od dvozglobnog luka istog raspona i pod jednakim opterećenjem.

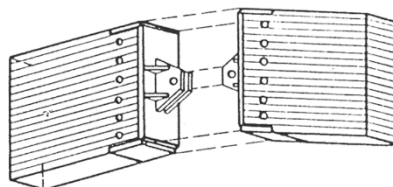
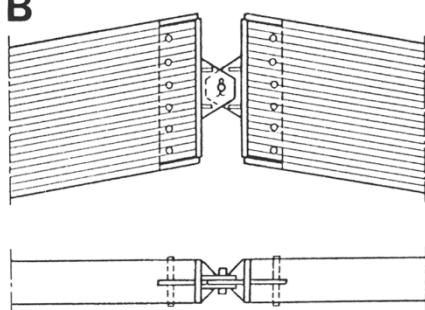
Linija lučnih nosača može biti proizvoljnog oblika, ali se najčešće sreću parabolični i kružni oblici, jer ta linija luka, najmanje odstupa od potporne linije tog istog opterećenog luka.



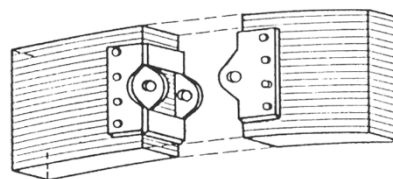
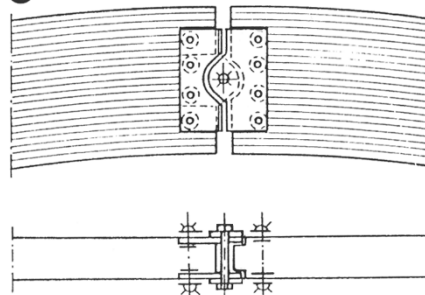
A



B



C



Slika 55. Konstrukcija temenog zgloba:

A) tangencijalno kontaktno ležište,

B) zglobna veza čepom i

C) kombinacija kontaktnog ležišta i veze sa čepom.

Osnovna karakteristika krovnih nosača od lepljenog lameliranog drveta je da se najčešće pojavljuju u ulozi krovnih vezača, na međusobnim rastojanjima koje diktira sekundarna ili tercijarna konstrukcija. Svi ovi nosači su ekonomični na rasponima preko 20.00 m i konkurentni su ostalim građevinskim konstrukcijama što je raspon veći.

Sa aspekta primene u prefabrikovanoj gradnji krovnih struktura nad objektima manjih raspona, na stambenim objektima, na primer, lepljene lamelirane konstrukcije nemaju puno opravdanja. Skupa tehnološka proizvodnja manjih konstruktivnih elemenata na potpuno industrijalizovani način ne može dati ekonomske rezultate kakve daju drugi industrijalizovani sistemi.

Kombinacija osnovnih konstruktivnih sistema ili primena drugih konstruktivnih sistema je savim moguća u tehnici ili tehnologiji lepljenog lameliranog drveta. Sa estetskog, funkcionalnog i tehnološkog aspekta pojava kasetiranih sistema ili površinskih sistema, tipa hiprebolični paraboloid, u pločastom ili rebrastom izvođenju, lepljeno lamelirano drvo ima i punu ekonomsku opravdanost.

Lepljeni lamelirani nosači u potpunosti ispunjavaju uslove učešća u otvorenoj prefabrikovanoj gradnji. Odlikuju se izvanrednom tehnološkom fleksibilnošću: svi elementi jednog statičkog sistema koji je geometrijski definisan, izvode se na jednom šablonu u fabrici lepljenih konstrukcija, bez obzira na dužinu ili na promenu poprečnog preseka nosača. Takođe je značajna kombinabilnost nosača, mogućnost variranja položaja osnovnih elemenata konstrukcije u okviru globalnog konstruktivnog sistema.



Slika 56. Izuzetno efektni sistemi konzolnih nosača nad gledalištima sportskih objekata

Lepljene lamelirane konstrukcije se sa lakoćom izvode u svakom statičkom sistemu. Dozvoljavaju mogućnost obrazovanja krivine ose nosača prema potpornoj liniji nosača, što garantuje rentabilnost sistema, bez posebnih tehnoloških zahteva ili uticaja na rentabilnost sistema. Kvaliteti konstrukcije sa statičko - konstruktivnog aspekta su izvanredni, jer ni u jednom drugom građevinskom materijalu odnos iskorišćenja naprezanja poprečnog preseka od sopstvene težine i od korisnog opterećenja nije tako povoljan: drvo je materijal izvanredno male zapreminske mase u odnosu na svoje mehaničke karakteristike.



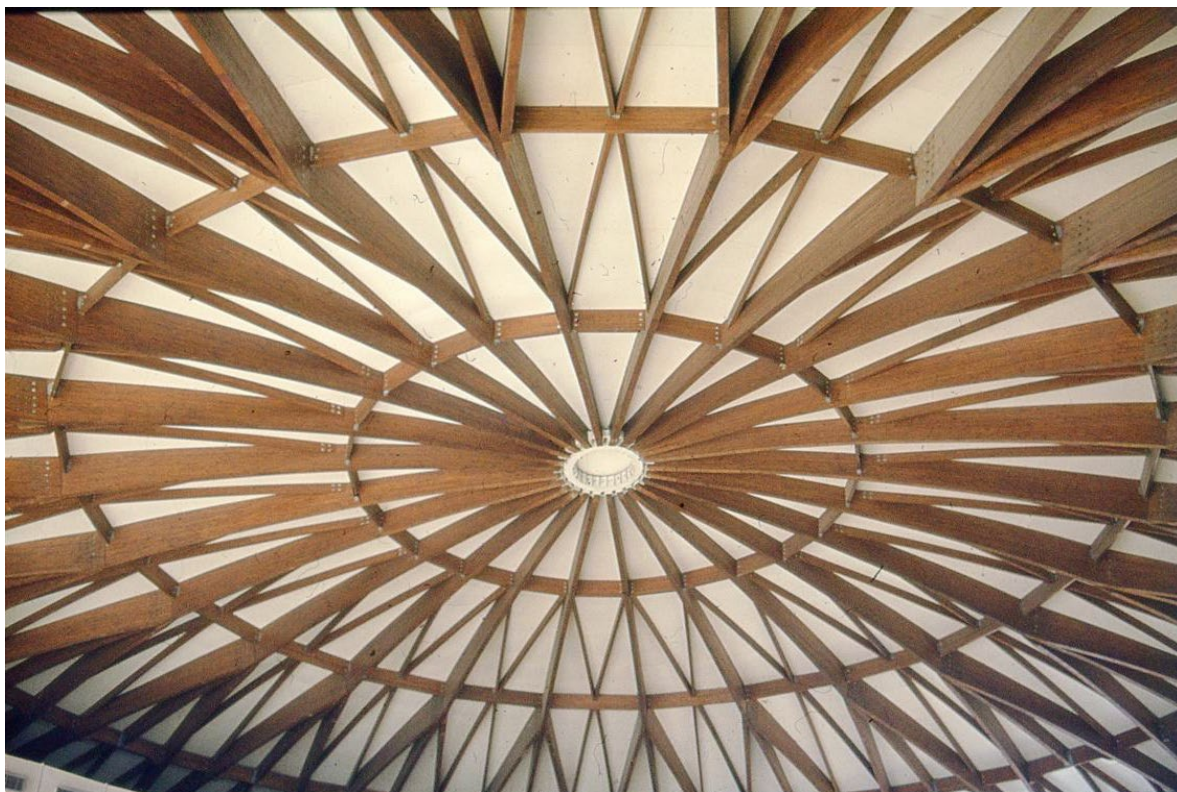
Slika 57. Hiperbolični paraboliod u tehnici lepljenog drveta

5. Lepljeno lamelirano drvo u arhitekturi i građevinarstvu balkanskog regiona

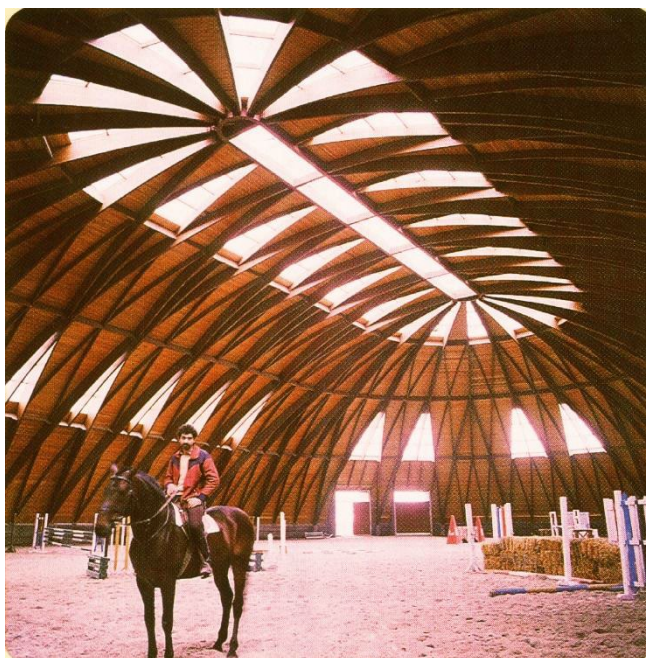
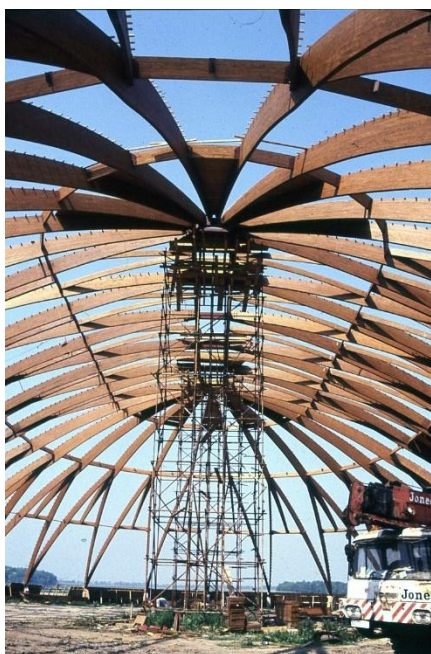
Tokom šezdesetih godina, grupa entuzijasta, uz napore kakve zahteva uvođenje jedne nove tehnologije građenja, jedne nove misli i nove ideje u industrijsko građevinarstvo, započela je pionirski rad na istraživanju mogućnosti primene lepljenog drveta u našim uslovima. Projektanti drvenih konstrukcija, inženjeri arhitekture, građevine, šumarstva i tehnologije iz većih univerzitetskih centara ondašnje Jugoslavije bili su okupljeni oko tri tada moderne fabrike lepljenih lameliranih konstrukcija u Podravskoj Slatini, Ljubljani i Zavidovićima, sa željom da takva tehnika građenja nađe svoje mesto i bude primenjena u domaćoj arhitekturi i građevinarstvu. Punu podršku ovoj ideji pružaju profesori sa arhitektonskih i građevinskih fakulteta većih univerzitetskih centara, sa katedara za drvene konstrukcije, koji se okupljaju oko Akcionog odbora za unapređenje građenja drvetom. Ovaj Odbor je predano radio na inoviranju postojećih privremenih propisa i formiranju novih Jugoslovenskih standarda iz oblasti drvenih konstrukcija, sa jedne strane, a sa druge strane, ovaj Odbor je uložio veliki napor u osavremenjavanju nastave iz oblasti drvenih konstrukcija na fakultetima formiranjem novih nastavnih predmeta i izdavanjem i štampanjem novih i savremenih udžbenika i knjiga iz ove oblasti.



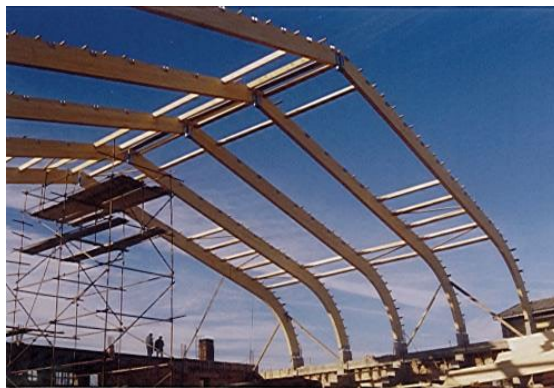
Slika 58. Sportska dvorana u Gostivaru, u montaži LLD konstrukcije



Slika 59. Rebrasta kupola prečnika 59.00 m na Domu culture I sportova u Obrenovcu



Slika 60. Manjež ergele Zobnatica u Bačkoj Topoli



Slika 61. Školska sportska sala / Gradska sportska sala Svetosavski dom u Kaću

Početkom sedamdesetih godina, Beograd postaje značajan centar razvoja ove tehnike građenja. Na Arhitektonskom i Građevinskom fakultetu se formiraju novi predmeti, inoviraju stari nastavni programi i kroz sveobuhvatnu edukaciju školuju se novi stručnjaci iz ove oblasti projektovanja konstrukcija. Energoprojekt, kao velika projektantska kuća, među prvima prihvata nove ideje i tako nastaju prvi značajniji projekti, kakav je hotel Lepenski vir, u Donjem Milanovcu, Sportski centar u Novoj Varoši, Vidikovac na Kusjaku. Projektanti, okupljeni u projektnom birou Jugodrva, zdušno rade na projektovanju objekata u lepljenom lameliranom drvetu i tako nastaje Šumska kuća na Tari, Sportska dvorana i Most poezije u Strugi, Pešački mostovi na Plitvicama, u Bugojnu, Crvenoj Reci, Čortanovcima, Robna kuća i Sportska dvorana u Beranu, Robna kuća u Obrenovcu... Veliki i značajni projekti robnih kuća Novi Dom, u Ćupriji i Zrenjaninu, Kuća jugoslovensko – norveškog prijateljstva u Gornjem Milanvcu, krovna struktura Doma kulture i sportova u Obrenovcu, Manjež ergele Zobnatica u Bačkoj Topoli, Sportske dvorane u Mojkovcu, Novom Sadu, Osijeku, Kaću, Adi, Kostolcu, Vladičinom Hanu, mnogi značajni objekti iz oblasti industrijske i poljoprivredne arhitekture, veći broj uspešno izvedenih gradskih pasarela i pešačkih mostova veoma brzo doprinose afirmaciji ove tehnike građenja novim formama, novom tehnikom i značajnim ekonomskim efektima.

Realizaciju konstruktivnog sistema Manježa ergele Zobnatica, u Bačkoj Topoli, pratila su dva veoma vredna strukovna priznanja: priznanje Društva građevinskih konstruktora SR Srbije za najbolje konstruktorsko ostvarenje u 1988. godini i nominacija za saveznu nagradu za najbolje konstruktorsko ostvarenje, dodeljenu od Saveza društava građevinskih konstruktora Jugoslavije i priznanje na beogradskom Petnaestom salonu arhitekture, 1989. godine za " ... izuzetno uspelu dinamičnu kompoziciju konstrukcije ". Ovim priznanjima je drvo, kao konstrukcijski materijal, konačno izborilo svoju ravnopravnost sa betonom i čelikom i ponovo našlo svoje

mesto pod arhitektonskim i građevinskim suncem na našim prostorima, mesto koje je davno izgubilo pod surovim naletima novih tehnologija građenja u betonu i čeliku. Dela naših arhitekata i konstruktora, nastalih na široj teritoriji Srbije, Crne Gore i Makedonije i realizovanih do početka raspada prethodne Jugoslavije, mogu se s mnogo prava, svrstati u red značajnih evropskih ostvarenja. Nezvanična prezentacija naših konstruktorskih i projektnatskih dostignuća iz oblasti primene lepljenog lameliranog drveta, sprovedena tokom studijskih boravaka naših specijalizanata u SAD-u, osvojila je iskrene pohvale i zadobila značajna priznanja. To mora biti dovoljan potstrek novim generacijama projektanata i konstruktorima da bazu, koja je već stvorena, iskoriste za nova istraživanja i za nove domete na teorijskom i praktičnom planu rada.



Slika 62. Školsko – gradska sportska dvorana u Smederevskoj Palanci



Slika 63. Gradska sportska dvorana u Milićima, BiH



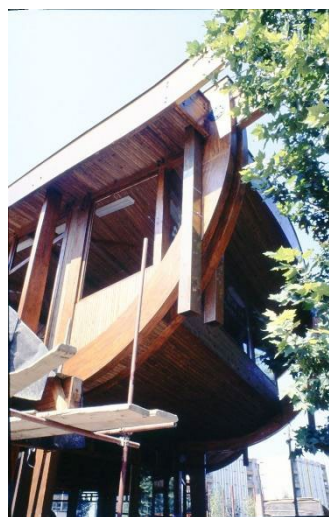
Slika 64. Tipska šatoratsa dvorana za mali futbol



Slika 65. Teniska hala Hotela Grand na Kopaoniku



Slika 66. Salon nameštaja Novi dom u Čupriji





Slika 67. Salon nameštaja Novi dom u Zrenjaninu



Slika 68. Robna kuća Jasikovac u Beranu, MNE



Slika 69. Ekološki dom na Čačalici, u Požarevcu



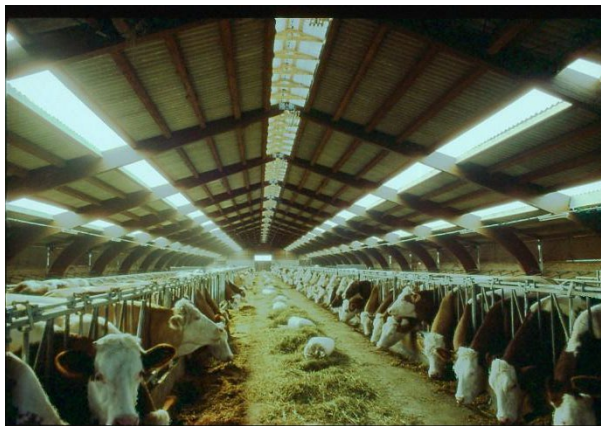
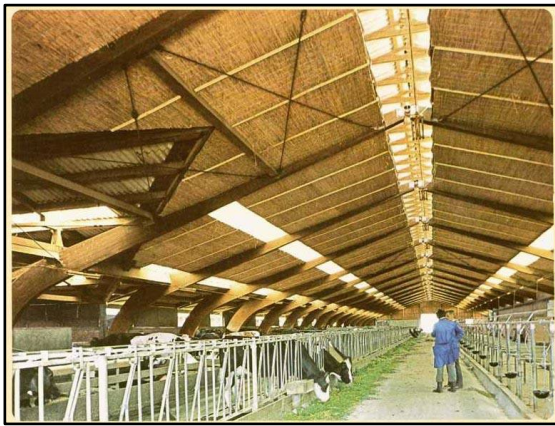
Slika 70. Osnovna škola u Radincu karj Smedereva



Slika 71. Mauzolej imperatora Hostilijana u arehološkom lokalitetu Viminacijum kod Kostolca



Slika 72. Zaštitni šatorasti objekat nad Termama u Viminacijumu



Slika 73. Tipika staja za uzgoj 1200 krava

Sredinom osamdesetih godina prikazom Sistema Lakih krvnih vezača na I Simpozijumu konstruktera u drvetu, održanom u Cavtatu 1977. godine, započinje proces uvođenja jedne nove tehnologije prefabrikovane i industrijalizovane gradnje drvenih krovova. LKV sistem, kako je skraćeno nazvana ova tehnologija građenja u drvetu, tokom sledećih dvadeset pet godina doživljava burni razvoj. Istraživanja primene ovog sistema, na teorijskom planu, sprovode se kroz izradu i uspešnu odbranu više doktorskih i magistraskih teza, kroz permanentnu edukaciju studenata na našim Univerzitetima, kroz odbranu brojnih diplomskih radova na Arhitektonskom fakultetu, u Beogradu, u okviru kojih je priminjen Sistem LKV u projektu krovova. Građevinska preduzeća Integral, iz Bele Palanke i Graditelj, iz Bezdana, i LKV Centar, iz Beograda, u saradnji sa Arhitektonskim fakultetom, u Beogradu, postaju nosioci razvoja ovog sistema građenja. Treba istaći da se LKV tehnologijom uspešno upotpunjuje prostor primene drveta u gradnji krovnih struktura.

Sistemom LKV se ekonomično pokrivaju rasponi konstrukcija krovova do 20.00 m, onaj prostor, koji je neekonomičan u primeni Lepljenog lameliranog drveta, koji, opet, pokazuje izuzetne kvalitete na rasponima većim od 20.00 m.

6. Lepljeno lamelirano drvo danas

Analiza stanja primene tehnike lepljenog lameliranog drveta u projektovanju i izgradnji značajnijih arhitektonskih objekata na teritoriji Srbije i Crne Gore i prognoza da je budućnost ove tehnologije svetla, pokazala se sasvim tačnom: pred projektantima i konstrukterima koji se bave drvenim konstrukcijama u toku je proces

projektovanja i proces realizacije i izgradnje više značajnijih objekata. Tehnički obrazovani stručnjaci u službi ozbiljnih

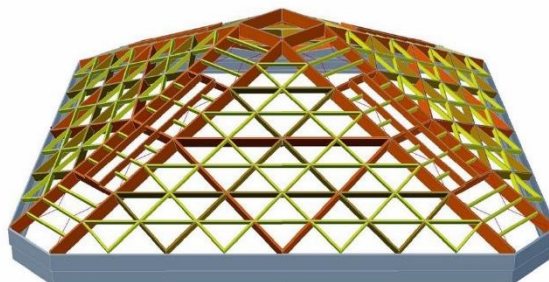
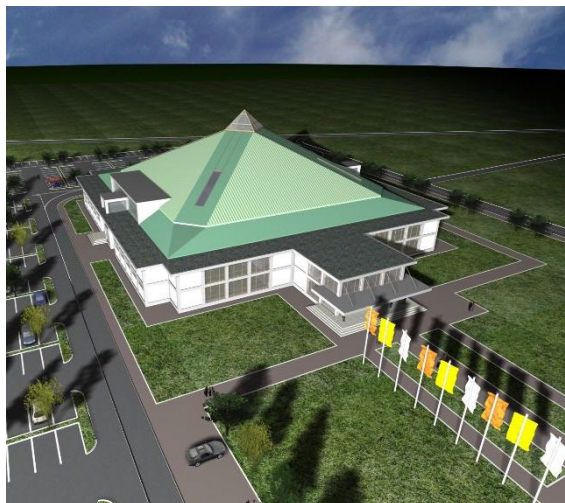


Slika 74. Katolički školski centar u Ulanbatoru, Mongolija

investitora, inženjeri i arhitekti bez predrasuda prema konstrukcijskim materijalima udruženim snagama rade na primeni lepljenog lameliranog drveta u gradnji arhitektonskih objekata iz ekonomskih, ekoloških i oblikovnih razloga. Projekti i objekti, nastali u poslednjih desetak godina nisu brojni, ali ih odlikuje izražena ekonomičnost, jednostavnost forme i funkcije, prefinjeni enterijer i visoki tehnički i tehnološki nivo realizacije. Uzroci ovakvog pristupa ovoj tehnici leži najpre u veoma pozitivnom

iskustvu korisnika već izvedenih objekata tokom njihove eksploatacije, a i na iskustvu naših projektanata i konstruktera, stečenom tokom više decenija rada u ovoj oblasti.

Posebno poglavlje u obrazovanju našeg stručnog projektantskog kadra, posebno na planu projektovanja i proračuna savremenih oblika konstrukcija u lepljenom lameliranom drvetu zasnivaju se na rezultatima jednog već završenog strateškog projekta tehnološkog razvoja pod nazivom Uvodjenje Evrokodova i osvajanje novih metoda projektovanja proizvoda i tehnologija u građevinskom konstrukterstvu Srbije i naučno istraživačkih projekata u okviru programa tehnološkog razvoja pod nazivima Priprema novih propisa i uputstava za primenu Evrokodova za konstrukcije u našem građevinarstvu i EKO-DOM – sistem za proizvodnju prefabrikovanih objekata na bazi drveta, koji su u toku. Iako je u našem projektovanju još uvek na sanzi SRPS U.C9.300 i 400, kojim se definišu pravila za projektovanje i proračun drvenih konstrukcija u visokogradnji, aktivnosti na pripremi Evrokoda 5, kojim se regulišu evropske norme iz pomenute oblasti, su od velikog značaja za sagledavanje principa projektovanja i principa proračuna, koji već važe van granica naših zemalja. Takva jedna uporedna analiza pristupu projektovanja konstrukcija u drvetu je od veoma velikog značaja za dalji razvoj naše arhikture i našeg građevinarstva i za pravovremeni pristup evropskim i svetskim standardima. Nosioc i učesnici u radu na ovim značajnim projekatima su naši najeminentniji projektanti, konstruktori, teoretičari, nastavnici i saradnici na predmetima iz oblasti drvenih konstrukcija na našim Univerzitetima. Njihovo iskustvo, teorisjka baza i pozicija da stečena znanja mogu neposredno da prenose novi generacijama stručnjaka su svakako kvalitet u akciji razvoja i uključivanja našeg građevinarstva u evropske i sveteske tokove.



Slika 75. Model objekta i krova na Sportskoj dvorani Bagremar, u Pančevu



Slika 76. Krovna konstrukcija Sportske dvorane Bagremar, u Pančevu.

Prekretnica u razvoju srpskog građevinarstva i projektovanja drvenih konstrukcija započinje idejom da se u Kovinu, u okviru pančevačke firme Roling formira fabrika lepljenih konstrukcija. Ta ideja, kao i ideje da se ova industrija razvije na prostorima Surčina i Prigrevice, kod Apatina, nisu ostvarene iz ekonomskih razloga. Ipak, početkom devedestih godina, tačnije 1994. godine, za krovnu konstrukciju proizvodne hale preduzeća Interdrvo u Surčinu stižu nosači od lepljenog lameliranog drveta iz Ilijaša, kraj Sarajeva, iz fabrike Intal, pred samu dislokaciju u Miliće, kraj Zvornika. Međutim, pravi početak novog razdoblja mora se vezati za projekat i realizaciju konstrukcije nad otovorenim bazenom u Gornjem Milanovcu, raspona 25.00 m, autora arh. Momira Radišića (Forma – Čačak) i konstruktora arh. Draga Nikolića (Mega plus – Beograd). Tek 1997. godine LKV CENTAR gradi krovnu

konstrukciju nad Evangeličko – metodističkom crkvom, u Šidu, za koju konstrukcija stiže iz Češke, iz fabrike Tesko, u sastavu Kombinata Armabeton. Iz iste fabrike sledeće, 1998. godine stižu nosači od lepljenog lameliranog drveta za mansardni krov Studenstkog doma Lola Ribar, u Beogradu, kojom prilikom LKV CENTAR, iz Beograda, preuzima pravo ekskluzivnog zastupstva za Balkanske zemlje i zemlje bivšeg Sovjetskog saveza.

Nesrećnu 1999. godinu obeležila je sanacija lepljene lamelirane konstrukcije Sportske dvorane u Čupriji, koja je oštećena tokom bombardovanja od strane NATO alijanse. Probim Nesrećnu 1999. godinu obeležila je sanacija lepljene lamelirane konstrukcije Sportske dvorane u Čupriji, koja je oštećena tokom bombardovanja od strane NATO alijanse. Probim opterećenjem saniranih nosača potvrđen je kvalitet predloženog i realizovanog rešenja sanacije. S jeseni te iste godine projektuje se velika sportska dvorana sa 1.500 gledalaca u okviru Svetosavskog doma, u Kaću, kraj Novog Sada. Suinvestitor ovog objekta je Novograp, iz Novog sada, čiji su čelni ljudi gradili i Školsko - gradsku dvoranu za male sportove, takodje u Kaću, ali davne 1976/77. godine. Projektant konstrukcije te male sportske dvorane zadobio je značajno priznanje pozivom da u istom materijalu i istom statičkom sistemu, u susedstvu, projektuje konstrukciju velike dvorane raspona 35.00 m. Konstrukciju koja je izradjena je u fabrici Krivaja, u Zavidovićima, BIH, sa uspehom montira LKV CENTAR, iz Beograda početkom 2000. godine.



Slika 77. Pešačka pasarela „Most poezije“ na Drimu u Strugi, Makedonija



Slika 78. Dve pešačke pasarele u Lebanu

Godinu 2001. karakteriše lepa vest da je Srbija dobila malu industriju lepljenog lameliranog drveta: poznato preduzeće Piramida, iz Sremske Mitrovice, započelo je skromnu proizvodnju nosača od lepljenog lameliranog drveta. Prvim nosačima, proizvedenim u ovoj fabrici, sanirana je krovna konstrukcija plivačkog bazena u Obrenovcu. Na poslovno stambenom objektu Dom, na uglu Dalmatinske i Takovske ulice montirana je krovna konstrukcija u kombinaciji lepljenog lameliranog drveta i Lakih krovnih vezača.

U 2002. i 2003. godini izvedeno je nekoliko manjih objekata konstrukcijom proizvedenom u Piramidi: dvorana za mali fudbal u Novom Beogradu, nadstrešnica za kafe Alex, u Beogradu, krov nad pozornicom u Nišu i četvorovodni krov nad poslovnim stambenim objektom na Voždovcu, u Beogradu. Za sportsku dvoranu uz školu Filip Filipović, u Nišu, raspona 30.0 m, koja je u gradnji, konstrukciju u lpljenom drvetu je projektovao i isporučio LKV CENTAR, a izrađena je u fabrici GAJ, u Podravskoj Slatini. Treba, na kraju, pomenuti i projekat lepljene lamelirane konstrukcije za Crkvu i Katolički školski centar u Ulanbatoru, Mongolija, koji je izrađen u LKV CENTRU. Ovu konstrukciju će isporučiti Hoja iz Ljubljane. Projekat konstrukcije za Sportsku dvoranu Osnovne škole Jovan Jovanović Zmaj iz Đurđeva, izrađen početkom ove godine, čeka na realizaciju. Projekti Poslovnog objekta Građevinar u Ratini, kraj Kraljeva i Ekološkog doma na Čačalici, u Požarevcu, su uspešno realizovane. Kapaciteti preduzeća Piramida su poslednjih godina značajno povećani u stručnom i tehnološkom smislu, tako da je neše graditeljstvo obogaćeno većim brojem konstrukcija u lepljenom lameliranom drvetu na hotelsko turističkim objektima i na manjim i većim sportskim objektima, meši kojima se svojom impozantnošću ističe krovna konstrukcija na sporstkoj hali Bagremar u Pančevu.

Ova retrospektiva događaja u oblasti projektovanja i gradnje objekata u tehnici lepljenog lameliranog drveta LLD i lakih krovnih vezača LKV, dokazuje da je teorisjki i praktičan rad na unapređenju građenja drvetom bio uspešan, iako se odvija u vreme velike recesije i velike ekonomske krize i da je drvo, kao konstrukciji materijal, potencijal sa kojim se mora računati.

Literatura:

Informationsdienst Holz - Entwurfsüberlegungen bei Holzbauten, November 1979.g. i drugi

V. Kujundžić, Oblikovanje struktura u lepljenom lameliranom drvetu,

Građevinska knjiga, Beograd, 1983.g.

V.Kujundžić, Ž. Tekić, S. Đorđević, Savremeni sistemi drvenih konstrukcija, Orion art, Beograd, 2004 g.

Prospektni materijali proizvođača drvenih konstrukcija

Foto arhiva autora