

Primjena lijepljenog prednapregnutog drvnog materijala u izgradnji građevnih objekata*

Sažetak

Predmet ovog izlaganja je lijepljeno prednapregnuto drvo, odnosno lamirano prednapregnuto drvo, s podacima o razvoju primjene i izradi nosivih konstrukcija od navedenog materijala. Kao primjer zbog jasnijeg tretiranja cjelokupne problematike prikazana je s tehničkog stajališta primjena lijepljenog prednapregnutog drvnog materijala u izvedbi drvnih nosača krovišta sajamske hale br. 5 u Klagenfurtu, koja je među prvim objektima te vrste u svijetu.

Ključne riječi: lijepljeni prednapregnuti drveni materijal — nosači od lijepljenog prednapregnutog drva — pužanje drva.

USE OF GLUED PRESTRESSED WOODEN MATERIAL IN CIVIL ENGINEERING STRUCTURES

Summary

The subject of this survey is glued prestressed wood, i. e. laminated prestressed wood, with data on the development of the use and manufacture of loadbearing structures from the mentioned material. As an example (for the purpose of a clearer treatment of the whole problem) is presented from the engineering viewpoint the use of glued prestressed wooden material in construction of wooden beams supporting the roofing of Exhibition Hall No. 5 in Klagenfurt, which is one of the first structures of this kind in the world.

Key words: Glulam (glued-laminated) prestressed wooden material — Beams of glulam prestressed wood — Creep in the wood.

1. UVOD

Upotreba drva kao građevnog konstrukcijskog materijala datira još od najstarijih vremena. To je materijal velike čvrstoće i elastičnosti, male težine i lako se obrađuje. Spada u rijetke građevne materijale koji sjedinjuju mnoga povoljna svojstva: razmjerno jednako veliko tlačno i vlačno dopušteno naprezanje, dovoljnu dinamičku izdržljivost, nezamiranje kod promjene naprezanja, a ujedno je dobar toplinski izolator. Pored toga, kod drva se može postići i estetski efekt uz odgovarajuću površinsku obradu. Nepovoljna svojstva drva, kao npr. laka zapaljivost, bubrenje, utezanje, velike razlike čvrstoće u smjeru paralelno i okomito na vlakanca, te nedostaci koji su

nastali zbog različitih uvjeta rasta drva, mogu se otkloniti pogodnom zaštitom i građevnim mjerama opreznosti. Svi navedeni povoljni činioci omogućuju upotrebu drva u izgradnji građevnih objekata kao konkurentnog građevnog materijala čeliku, betonu i armiranom betonu.

Nosiva konstrukcija u izgradnji građevnih objekata može biti, s obzirom na upotrijebljen drveni materijal, izvedena na tri načina:

- samo od drva (masivnim i lijepljenim drvom),
- armiranjem drvnog materijala, odnosno od armiranog drva i
- lijepljenim prednapregnutim drvom.

Kod sva tri načina izvedbe mogu se za spajanje drva upotrijebiti različita vezna sredstva, kao npr. skobe, svornjaci, moždanici, čavli, ljepila itd.

Izvedba nosača, nosive konstrukcije od armiranog drva, rijetko se primjenjuje. Kod kombinacije drva i čelika, oba elementa u statičkom pogledu djeluju kao jedna cjelina. Pri tom u pravilu drvo preuzima tlačna naprezanja, a čelik vlačna.

* Članak je sastavljen prema podacima iz predavanja W. Rabischniga, dipl. ing. »Vorgespannte Leimkonstruktionen« održanog prigodom 25. austrijskog drvnog sajma u Klagenfurtu, zatim je upotrijebljena literatura u popisu i izvedbeni elaborat klagenfurtske sajamske hale br. 5.

Redakcija zahvaljuje projektantu dipl. ing. Willibaldu Rabischnigu za dostavljene materijale iz projekta.

Kod nosača od lijepljenog prednapregnutog drva, uloga čeličnih žica po svojoj namjeni u prednapregnutom drvu drugačija je od čelične armature armiranog drva. Te čelične žice služe kod prednapregnutog drva za stvaranje prethodnog tlaka u presjeku nosača, odnosno postizanje potrebnog napona, dakle te se čelične žice ne mogu smatrati njegovom armaturom. U ovom članku predmet izlaganja je lijepljeno prednapregnuto drvo, odnosno lamelirano prednapregnuto drvo, s podacima o razvoju primjene i izradi nosivih konstrukcija od navedenog materijala. Zbog jasnijeg tretiranja cjelokupne problematike, s tehničkog stanovišta prikazat će se primjena lijepljenog prednapregnutog drvnog materijala u izvedbi lijepljenih drvenih nosača krovništa sajamske hale br. 5 u Klagenfurtu.

2. RAZVOJ I UPOTREBA DRVNOG I OSTALOG MATERIJALA U IZGRADNJI GRAĐEVNIH OBJEKATA

Sve do početka ovog stoljeća dimenzioniranje nosivih drvenih konstrukcija, odnosno nosača, vršilo se prema statičkom osjećaju projektanata i tesara, a nisu niti postojala odgovarajuća spojna i vezna sredstva da bi se omogućila izgradnja suvremenih nosivih drvenih konstrukcija. Međutim, i kod takvog načina projektiranja, odnosno izgradnje, izvodile su se pojedinačne građevine od drva koje ne zaostaju za suvremenom gradnjom takvih objekata.

U drugoj polovici prošlog stoljeća smanjuje se upotreba konstrukcijskog drvnog materijala zbog naglog razvoja industrije čelika, odnosno usavršavanja njegovih proizvoda primjenom mehaničke tehnologije i metoda ispitivanja, što zadovoljava zahtjeve konstruktora i statičara.

Do veće upotrebe drvnog materijala u gradnji objekata dolazi nakon povećane primjene armiranog betona u arhitekturi, a naročito u građevinarstvu, zbog potrebe izgradnje oplata i skele od drva kao sastavnog pomoćnog elementa izvedbe armirano-betonskih konstrukcija.

Odmah nakon prvog svjetskog rata drvene konstrukcije potiskuju čelične i armirano-betonske iz područja u kojima su dominirale, jer dolazi do pomanjkanja čeličnog materijala. Istovremeno se znanstveno i eksperimentalno ispituju tehnička svojstva drva, odnosno područje primjene drvenih konstrukcija.

U međurazdoblju prvog i drugog svjetskog rata, znanstvena dostignuća omogućila su izvedbu takvih nosivih drvenih konstrukcija koje mogu u izgradnji građevnih objekata uspješno konkurirati ostalim materijalima. U toj konkurentnoj borbi, odnosno u suvremenoj izgradnji objekata drvom, dolazi do primjene industrijskog ili montažnog građenja drvenih konstrukcija, kao važnog utjecajnog činioca za uspjeh u tehničko-ekonomskom pogledu.

Pratimo li razvitak primjene lijepljenog drva u gradnji, može se zaključiti da postoji stalan porast takve izgradnje. Otprilike nakon 1930. godine dolazi do prvog većeg uspona navedenog načina izgradnje, kad se u izvedbi lijepljenih konstrukcija počinju primjenjivati ljepljena na bazi sintetskih smola koje otvrdnjavaju na hladno. Nakon završetka drugog svjetskog rata, napredovanjem istraživačkog rada na području upotrebe lijepljenog ili lameliranog drva u izgradnji objekata, postepeno se sve više proširuje njegova primjena. Ona je posljednjih godina znatno uznapredovala i postigla vrlo veliki opseg.

Daljnji stupanj usavršavanja lijepljenog drvnog materijala jest primjena prednaprežanja tog materijala, odnosno prednapregnutog drva u izgradnji nosača nosive konstrukcije građevnih objekata. Ideja prednaprežanja kod upotrebe drva već je davno bila poznata, a primijenjena je i u izradi bačava, pa se ta konstrukcija može smatrati prvijencem izvedbe s prednapregnutim drvom. Primjena prednapregnutog betona počinje tek godine 1928. zaslugom Francuza Freyssineta, a nagli uspon te primjene nastaje poslije drugog svjetskog rata.

Odmah po završetku drugog svjetskog rata upotreba drva u izgradnji privremenih i pomoćnih mostova znatno se povećava. Zbog manje nosivosti tih objekata, nerazmjerno visokih troškova održavanja i ostalih negativnih činilaca, danas se kod nas izvode mostovi većinom samo za pješački i biciklistički promet i mostovi za šumske putove opterećene vozilima manjeg osoviniskog pritiska. Međutim, u SSSR-u oko 30% mostova na auto-cestama izgrađeno je od drva, a također se i u SAD-u grade mostovi od drva manjeg raspona. Danas se od drva izgrađuju uglavnom gospodarske i industrijske zgrade, a kod stambenih zgrada krovne konstrukcije.

Upotreba konstrukcijskog drva u izgradnji građevnih objekata varirala je u odnosu na ostale materijale. U svakom slučaju može se ustvrditi da će se u budućnosti primjenom lijepljenog prednapregnutog drvnog materijala njegovo područje još više proširiti. No, pri izboru drvnog materijala za gradnju objekata, preporučljivo je upotrijebiti taj materijal ako se s tehničko-ekonomskog stanovišta dokaže opravdanost njegove primjene.

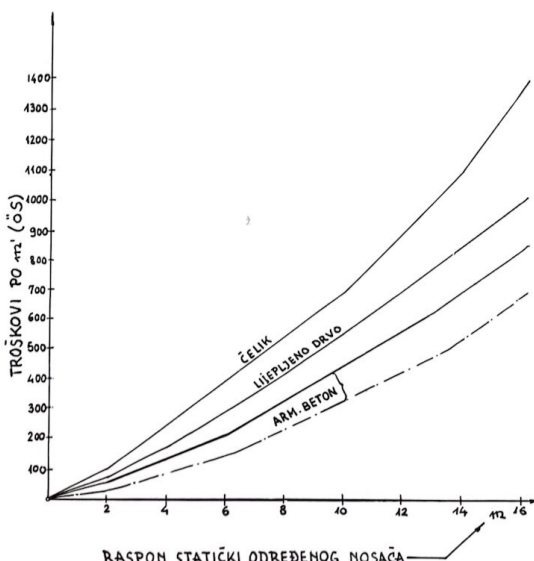
3. PODACI O PRIMJENI LIJEPLJENOG PREDNAPREGNUTOG DRVNOG MATERIJALA U IZVEDBI KONSTRUKCIJA OD DRVA

Osnovni preduvjeti uspješno izvedene konstrukcije građevnog objekta primjenom različitih građevnih materijala jesu: trajnost, postojanost oblika i povoljne cijene izgradnje. Drvene konstrukcije mogu potpuno udovoljiti navedenim preduvjetima, no i pored toga, na svim područjima gdje dolazi do njihove primjene, nailaze na

konkurenciju čeličnih i armirano-betonskih konstrukcija. Negativni su momenti u toj konkurenciji da se u mnogim slučajevima kod drvenih konstrukcija primjenjuju statički određeni sistemi nosača. Povoljnije prilagođivanje drva za statički neodređene nosače na tok stvarnih sila nije moglo biti provedeno zbog skupog spajanja. Dalja negativna činjenica jest da se stupanj sigurnosti za građevine od drva tokom vremena samo neznatno poboljšao u odnosu na gradnju ostalim građevnim materijalima, iako, prema iskustvu W. Rabischniga, kod drvenih konstrukcija, makar da su bile i preopterećene ili nedovoljno dimenzionirane, nije došlo do rušenja objekata.

Dimenzije i oblici nosivih elemenata u drvenim konstrukcijama određuju se na osnovi tehničkih i ekonomskih proračuna. Za takve drvene konstrukcije upotrebljava se drvo u oblom stanju i piljenjem prerađeno ili lijepljeno drvo, odnosno lamelirano. Mogućnosti primjene lijepljenog drva veće su nego li oblog i piljenog zbog znatnih prednosti njegove primjene u konstrukcijama. Prije primjene lijepljenja, drvene konstrukcije bile su ovisne o dimenzijama drvnog materijala, uvjetovanim njegovim prirodnim rastom. Ako su bile potrebne veće dimenzije, drvo se međusobno povezivalo raznim spojnim sredstvima, a ako ni taj način građenja nije zadovoljio, izvodile su se rešetkaste drvene konstrukcije. Primjena lijepljenih nosača (lameliranih) omogućila je da se dimenzije presjeka pojedinih elemenata znatno povećaju, no problematika povezivanja sudarnih i spojnih mjesta bila je i ostala slaba strana izvedbe drvenih konstrukcija.

Analizom troškova lijepljenih drvenih konstrukcija (do 1964. godine), vidljivo je da su oni vrlo često bili veći u usporedbi s troškovima drvenih konstrukcija spojenih čavlima, odnosno drugim veznim sredstvima. Međutim, postepenim snižavanjem troškova primjenom industrijski proizvedenih konstrukcija od drva, ostale se drvene konstrukcije sve manje upotrebljavaju. S obzirom da drvo pri svojoj upotrebi u izgradnji nosača drvene konstrukcije građevnog objekta nailazi često na konkurenciju čelika i betona, potrebno je orijentaciono razmotriti troškove izgradnje tim materijalom. Prema austrijskim podacima iz godine 1976, najjeftinija je izvedba nosača nosive konstrukcije građevnog objekta od armiranog betona, nešto skuplja od lijepljenog drva, a najskuplja od čelika. Prednost armiranog betona vidljiva je iz Podataka W. Rabischniga na slici 1, gdje je prikazana ovisnost troškova o rasponu statički određenog nosača na dva ležaja pod stanovitim uvjetima uz upotrebu armiranog betona, lijepljenog drva i čelika. Iako taj odnos troškova za navedene materijale nije pravilo, ipak pokazuje da bi se to stanje moglo poboljšati u korist lijepljenih konstrukcija primjenom prednapreznja, dakle na sličan način kao što je postignuto prednapreznjem kod betona.



Slika 1. — Ovisnost troškova gradnje o rasponu nosača (Rabischnig W.)

Poznato je da je kod oštre konkurentne borbe betona i čelika u gradnji mostova primjenom prednapreznja betona upotreba čelika smanjena za 95%. Isto tako kod gradnje hala velikih raspona do 30 m dominira primjena betona. Tehnika prednapreznog betona na području izgradnje mostova raspona iznad 30 m uspješno je primijenjena. Armirano-betonski mostovi bez upotrebe prednapreznog betona dolaze u obzir samo za raspone ispod cca 30 m. U izgradnji objekata upotrebom čelika također se primjenjuje prednapreznje, ali ne u tako velikom opsegu.

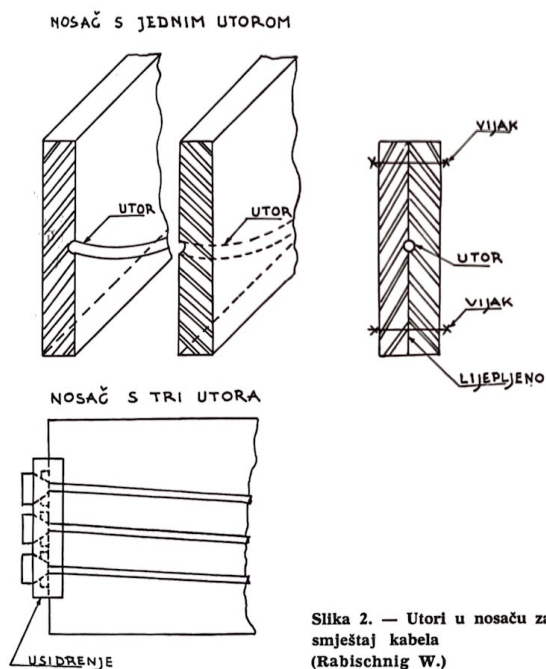
Prema austrijskim iskustvima, uz primjenu lijepljenog prednapreznog drva u izgradnji nosača kod drvenih konstrukcija, ekonomske prednosti imaju nosači velikog raspona, odnosno kontinuirani, gdje se njihova povezanost može postići bez upotrebe spojnica, zatim kod rešetkastih nosivih sistema kod kojih se ne mogu uspješno riješiti čvorne točke, te nosača drvenih konstrukcija visećih krovova.

Na osnovi izloženog, može se pretpostaviti da će upotreba lijepljenog prednapreznog drva, iako je zasad pojedinačno primijenjena u izgradnji nekih objekata, ipak dovesti do uspjeha, kao što je to postignuto s prednapreznim betonom.

4. IZVEDBA NOSAČA KROVNE KONSTRUKCIJE SAJAMSKE HALE BR. 5 U KLAGENFURTU

U ovom razmatranju prikazat će se izvedba ravninskog nosača pravokutnog presjeka za krovnu konstrukciju sajamske hale br. 5 u Klagenfurtu. Primjenom lijepljenog prednapreznog drva izrađen je nosač na sličan način kao kod prednapreznute betonske grede.

Princip prednaprezanja sastoji se u izazivanju prethodnog tlaka u presjeku nosača u kojem nastaje vlak nakon opterećenja. Prema navedenom principu, ostvarenje sile prednaprezanja postignuto je spletom žica (kablovima) od čelika visoke otpornosti. Drveni nosač se izrađuje od dva jednaka dijela. Po dužini svakog dijela na odgovarajućim mjestima izglodani su utori u koje su položene omotne cijevi kabela. Zatim su oba dijela nosača slijepljena i, za svaku sigurnost, pričvršćena vijcima (sl. 2). Kroz podužnu rupu, kojih može biti i više, provuče se kabel i pomoću preše zategne. Ovako zategnuti kabel usidri se na krajevima nosača. Taj se kabel nastoji povratiti na prvobitnu duljinu pa preko sidra izazove silu tlaka u nosaču.



Slika 2. — Utori u nosaču za smještaj kabela (Rabischnig W.)

Na taj je način moguće iskoristiti cijeli presjek nosača kođ lijepljenog prednapregnutog drvnog materijala, odnosno smanjiti njegov presjek i postići uštedu na materijalu. Time se mogu svladati veći rasponi, što proširuje područje primjene drvnih konstrukcija. Negativna strana upotrebe lijepljenog prednapregnutog drvnog materijala jest da su presjeci i proizvodnja složeniji, izrada skuplja i teža. Uz to potrebni su posebni uređaji i sredstva za izvedbu.

Za ostvarenje sile prednaprezanja u elementima od prednapregnutog drvnog materijala služi čelik velike čvrstoće. Samo takav čelik omogućava trajnu prisutnost navedene sile u potrebnim

granicama presjeka nosača. Sila postignuta u momentu izvedbe prednaprezanja smanjuje se tokom vremena, a smanjenje ovisi o utezanju materijala, elastičnog trenutnog skraćenja konstrukcije, načinu sidrenja kablova, otpuštanju žice i trenju u otmotnim cijevima. Taj gubitak sile prednaprezanja, odnosno početnog i trajnog napreznja, od velike je važnosti, i njega treba uzeti u obzir pri proračunu nosivih elemenata od prednapregnutog drva. Katkad ga je teško precizno odrediti. Upotrebom čelika visoke kvalitete možemo ostvariti velike sile prednapreznja, a gubitak navedene sile neće ugroziti sigurnost konstrukcije. Kod izvedbe nosača krovišta sajamske hale br. 5 u Klagenfurtu upotrijebljen je čelik 160/180 kp/mm², tj. granice popuštanja od 160 kp/mm² i čvrstoće od 180 kp/mm².

Utezanje drva u smjeru vlakanca je neznatno i iznosi 0,1 do 0,5%, a okomito na vlakanca je znatno veće. Prema tome, prednapreznje je moguće samo u smjeru vlakanca. Pored utezanja drva, treba uzeti u obzir i njegovo puzanje (deformacija po toku vremena), jer je sila prednapreznja trajna, a ne povremena. Čelik nema gotovo nikakve znatne deformacije zbog puzanja pri dopuštenom trajnom opterećenju.

Prema francuskim propisima (Règles C. B. 71.) od 1972. g., izračunavanje deformacija zbog puzanja drva kod drvenih konstrukcija određuje se jednadžbom:

$$E_{\infty} = \frac{E_i}{\Theta}$$

gdje je:

E_{∞} = računski E — modul za određivanje trajne deformacije; E_i = E — modul za određivanje kratkotrajne deformacije (povremenog opterećenja); Θ = faktor koji se izračunava prema formuli:

$$\Theta = 1 + \left(\frac{u + \Delta u}{12} \right) \left(\frac{\Delta u + 15}{20} \right) \left(\frac{\sigma_s}{\sigma_{ds}} - 0,2 \right);$$

u = vlažnost drva pri ugradbi objekta u %; Δu = razlika između najveće i najmanje vlažnosti kod upotrebe u %; σ_{ds} = dopušteno napreznje građevnog elementa; σ_s = stvarno napreznje građevnog elementa.

Na osnovi izloženog, deformacije nosivog elementa konstrukcije zbog puzanja drva ovise o slijedećem: vrsti drva, napreznjima, vlažnosti u času ugradbe i najvećim promjenama vlažnosti u upotrebi, te ostalim s tim u vezi. Kod tog izračunavanja deformacija zbog trajnog opterećenja ni-

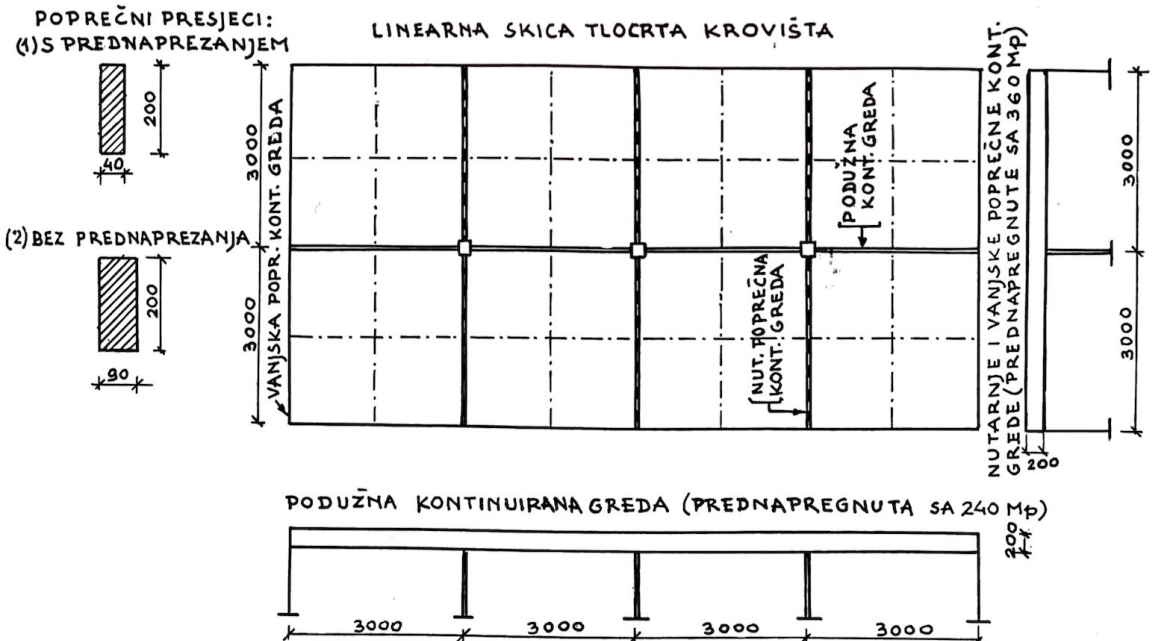
je uzeta u obzir temperatura, iako je poznat njezin utjecaj na puzanje drva. Dakle, pored mehaničkih, postoje i klimatski utjecaji, koji otežavaju ili onemogućavaju praktičnu primjenu laboratorijski rezultata u praksi. Uglavnom, vrijednost faktora Θ kreće se od 1 — 3, a treba uzeti veći ukoliko su više temperature i prosječna vlažnost, odnosno njezine razlike pri pogonu objekta, zatim veća osjetljivost objekta na deformacije, duže vrijeme stalnog opterećenja i manje dimenzije nosivih elemenata. Zbog veće sigurnosti preporuča se kod izvedbe ostaviti mogućnost naknadnog ostvarenja prednaprezanja nakon dovršetka objekta. Pri izvedbi nosača navedene sajamske hale uzeti su u obzir svi navedeni činioci, ali bez primjene formula prema francuskim propisima. Proračuni su izvršeni na temelju pomnih ispitivanja postojećih uvjeta izgradnje objekta i izračunavanja deformacija starih objekata zbog puzanja drva.

Iako izloženi način obračuna puzanja drva prema francuskim propisima nije upotrijebljen u izgradnji klagensfurtske sajamske hale, ipak primijenjeni način obračuna pokazuje jednu mogućnost praktičnog određivanja deformacija nosivih elemenata konstrukcija zbog trajnog opterećenja. U svakom slučaju uočljiva je složenost proračunavanja i izvedbe nosača od lijepljenog prednapregnutog drva, pa će biti potrebno dalje usavršavanje na tom području za mogućnost veće primjene u izgradnji objekata.

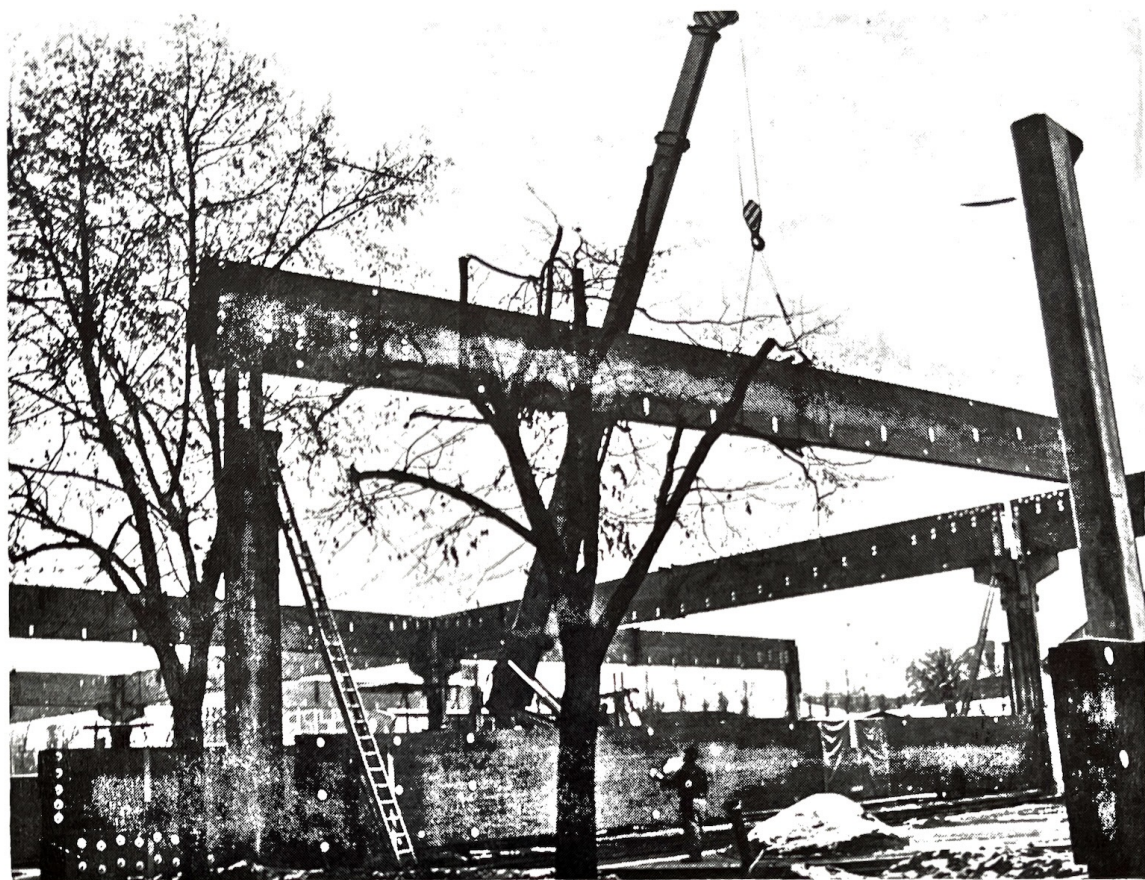
5. TEHNIČKI PRIKAZ IZGRADNJE KROVIŠTA KLAGENFURTSKE SAJAMSKE HALE

Prilikom izgradnje sajamske hale br. 5 u Klagenfurtu, nastojalo se, kao i kod svake gradnje, uz što manje troškove izvesti navedeni objekt, a prema postojećim građevinskim propisima i zahtjevima investitora. Halu je trebalo izgraditi s prenosivom konstrukcijom, zatim predvidjeti grijanje i što veći izložbeni prostor sa što manjim brojem unutarnjih oslonaca. Predviđena tlocrtna površina hale iznosila je 7000 m², s mogućnošću izvedbe od betona, čelika ili drva. Prednost bi se dala drvu ukoliko ne bi postojale razlike u troškovima izgradnje u odnosu na druge materijale. Rok trajanja izgradnje objekta bio je 6 mjeseci, tj. od IX 1975. do III 1976.

Nakon podrobnijih ispitivanja, prihvaćena je izgradnja nosive krovne konstrukcije hale upotrebom lijepljenog prednapregnutog drvnog materijala prema prijedlogu W. Rabischniga. Tlocrt krovne konstrukcije hale, površine 120x60 m, predočep je linearnom skicom u prilogu 3. Nosiva konstrukcija sastoji se od jedne podužne kontinuirane grede na pet oslonaca (ležišta), odnosno s četiri jednaka raspona od 30 m, te tri unutarnje poprečne kontinuirane grede i dvije vanjske poprečne grede na 3 oslonca s dva jednaka raspona također od 30 m.



Slika 3. — Tlocrt krovišta, podužna kont. gređa, po prečne kont. gređe i poprečni presjeci (Rabischnig W).



Slika 4. — Montaža nosive krovne konstrukcije od lijepljenog prenapregnutog drva sajamske hale br. 5 u Klagenfurtu (Rablschnlg W.)

Sve te grede izvedene su od lijepljenog prednapregnutog drva s poprečnim presjekom 40/200 cm. Bez primjene prednapreznja bio bi potreban poprečni presjek 90/200 cm. Sila prednapreznja podužne nosive grede ostvarena je s dva kabela $2 \times 120 = 240 \text{ Mp}$, a poprečnih nosivih greda s tri kabela $3 \times 120 = 360 \text{ Mp}$. Nepovoljna opterećenja nosivih greda bili su agregati za grijanje, klimatski uređaji i razni vodovi.

Podužna kontinuirana greda i poprečne kontinuirane grede izvedene su od pojedinačnih greda duljine 30 m, koje su industrijski izrađene i dopremljene na gradilište (sl. 4). Nakon smještaja tih pojedinačnih greda na stupove od armiranog betona (oslonce), te postupkom provedbe prednapreznja kao kod prednapregnutog betona, ostvarena je kontinuiranost podužne nosive grede, odnosno ostalih poprečnih nosivih greda. Izrada pojedinačnih greda opisana je prije. Potrebno je napomenuti da su kao zaštita od korozije

upotrijebljeni pocinčani kabele, ali ta se zaštita može izvesti i bitumenskom emulzijom.

U svakom slučaju do izgradnje sajamske hale upotrebom drva ne bi došlo da se nije pokazala prednost načina građenja lijepljenim prednapregnutim drvnim materijalom u tehničko-ekonomskom pogledu.

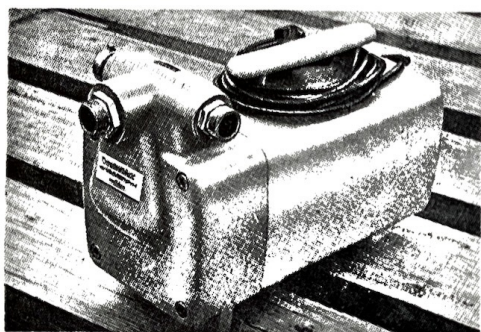
6. ZAKLJUČAK

U ovom izlaganju prikazan je način upotrebe lijepljenog prednapregnutog drvnog materijala u izvedbi konstrukcija od drva i mogućnost njegove primjene u građenju objekata. Taj način građenja je u početnoj fazi razvitka, a primijenjen je u izgradnji sajamske hale br. 5 u Klagenfurtu. Ta hala je svakako među prvim objektima te vrste u svijetu, pa u svakom slučaju, zbog postignutog uspjeha u tehničko-ekonomskom pogledu, zaslužuje posebnu pažnju.

L I T E R A T U R A

- BADUN, S.: Komparativna ocjena kvalitete smrekovine iz SSSR-a i dvije domaće vrste bora. Drvna industrija 5/6, Zagreb, 1977.
- BADUN, S.: Ponašanje drva kod sušenja i predušenja. Bilten ZIDI, Sum. fak. Zagreb, 3 (1973), 3/4.
- FLÖGL, S.: Gradnja mostova. Nakladni zavod Hrvatske, Zagreb, 1950.
- FONROBERT, F.: Grundzüge des Holzbaues im Hochbau, Verlag von Wilhelm Ernst Sohn, Berlin, 1960.
- HORVAT, I.: Drvo. Tehnička enciklopedija, br. 3, Zagreb, 1969.
- HRULEV, V. M.: Derevjanie konstrukcii i detalii. Moskva, Stroizdat, 1975.
- KOCH, W.: Brückenbau. Werner — Verlag. (1, 2, 3, 4), 1968.
- LEHMANN, H. A. i STOLZE, B. J.: Ingenieurholzbau. B. G. Teubner, Stuttgart, 1969.
- LESIC, L.: Rezultati naučnoistraživačkog rada iz područja lijepljenih konstrukcija. Građevinar, br. 11/12, Zagreb, 1975.
- MEIERHOFER, U. A.: Zeitabhängige Verformungen von Holzbauteilen unter mechanischer und klimatischer Beanspruchung. Schweizerische Bauzeitung Heft 25, 1976.
- MIHAČ, B.: Mostogradnja na šumskim putovima i prugama. Univerzitet u Sarajevu, 1969.

- RABISCHNIG, W.: Podaci izvedbenog elaborata sajamske hale br. 5 u Klagenfurtu, 1976. i predavanje »Vorgespannte Leimkonstruktionen«.
- Règles de calcul et de conception des charpentes en bois. Règles CB 71, Edition Eyrolles, Paris, 1972.
- SABLIC, S.: Drvene konstrukcije u svijetu i u nas. Građevinar, br. 2, Zagreb, 1976.
- SCHUTTE, FH. L.: Zur Optimierung der Bemessung verleimter Parallelträger aus Brettschichtholz. Bauingenieur, Heft 12, Springer-Verlag, 1976.
- STRASSLER, H.: Entwicklungen im Ingenieur — Holzbau. Schweizerische Bauzeitung, Heft 25, 1976.
- STOJADINOVIC, Đ.: Tehnička mehanika. Šumarski fakultet, Sarajevo (u rukopisu), 1974. g.
- SESTOPEROV, S. V.: Dorožno — stroitelnie materialii. (1 i 2), Moskva, V. škola, 1976. i 1977.
- Tehničar, građevinski priručnik. Građevinska knjiga, (1, 2 i 3), Beograd, 1975 — 1977.
- TONKOVIC, K. i LONČAR, Z.: Drvene (inženjerske) konstrukcije. Tehnička enciklopedija, br. 3, Zagreb, 1969.
- TUSUN, D.: Obloge od profiliranog drva i prednapregnuti drveni nosači. Drvna industrija br. 9/10, Zagreb, 1976.



E-L-79 Samousisna

CENTRIFUGALNA PUMPA

za prskanje agresivnih tekućih sredstava za zaštitu drva na bazi organskih i vodenih otopina.

Tehnički dotjerana, kompaktna i pouzdana.

**Stanislaus und
Alois Schmid**

Import — Export

8472 STRASS, Stmk., Tel. 034 53/25 11

A U S T R I J A

Kordun

TVORNICA METALNIH PROIZVODA

Karlovac, M. Laginje 10

Proizvodimo:

GATER PILE

— dvostruko ozubljene, obične, okovane, tvrdo kromirane

KRUŽNE PILE

— razne, od krom-vanadium čelika, tvrdo kromirane

KRUŽNE PILE

— s tvrdim metalom

PRIBOR

— napinjači i sl.

GLODALA

— Svih vrsta i namjena za obradu drva s pločicama od tvrdog metala i brzoreznog čelika

RUČNE PILE

— razne

Telex broj: 23-727

Telefon: 23 506

Telegram: »Kordun«