

VIŠJA STROKOVNA ŠOLA ACADEMIA,
MARIBOR

DIPLOMSKA NALOGA

**PRIMERJAVA LESENIH IN JEKLENIH NOSILCEV NA
OBJEKTU OŠ LJUDSKI VRT PTUJ**

Priimek in ime: Dejan DUKARIČ

Študent študija ob delu

Številka indeksa: 11190060071

Program: Gradbeništvo

Mentor: Tadej GRUDEN, univ. dipl. inž. grad.

Mentor v podjetju: Zdenka PAUKO, inž. grad.

Maribor, junij 2011

IZJAVA O AVTORSTVU DIPLOMSKE NALOGE

Podpisani Dejan DUKARIČ, št. Indeksa 11190060071, sem avtor diplomskega dela z naslovom, PRIMERJAVA JEKLENIH IN LESENIH NOSILCEV NA OBJEKTU OŠ LJUDSKI VRT PTUJ, ki sem ga napisal pod mentorstvom profesorja. Tadeja GRUDENA univ.dipl.inž.grad.

S svojim podpisom zagotavljam, da:

- je predložena diplomska naloga izključno rezultat mojega dela,
- sem poskrbel, da so dela in mnenja drugih avtorjev, ki jih uporabljam v predloženi nalogi, navedena oz. citirana skladno s pravili Višje strokovne šole Academia,
- se zavedam, da je plagiatorstvo – predstavljanje tujih del oz. misli, kot moje lastne –kaznivo po Zakonu o avtorskih in sorodnih pravicah; UL št. 16/2007; (v nadaljevanju ZASP), prekršek pa podleže tudi ukrepom VSŠ Academia skladno z njenimi pravili,
- skladno z 32. členom ZASP dovoljujem VSŠ Academia objavo diplomske naloge na spletnem portalu šole.

Maribor, junij 2011

Podpis študenta:

Dejan DUKARIČ

ZAHVALA

Zahvaljujem se mentorju g. Tadeju Grudnu za pomoč in podporo pri izdelavi diplomskega dela, vsem zaposlenim na šoli za njihov trud in razumevanje, še zlasti gospe Mirjani Ivanuša za moralno vzpodbudo med celotnim študijem.

Zahvaljujem se podjetju GP Project Ing d.o.o., kjer sem zaposlen.

Hvala sodelavki Zdenki Pauko in direktorjema Antunu Daljavcu ter Alešu Vobnerju za pomoč in razumevanje v času celega študija.

Hvala Alešu Zorecu iz podjetja Hass Dom d.o.o. za literaturo in pomoč pri diplomskem delu.

Ne nazadnje pa hvala mojim najdražjim, ki so mi ves čas študija trdno stali ob strani.

POVZETEK

Nosilec je eden izmed najpomembnejših konstruktivnih elementov. Nosilci prevzamejo obtežbo ter jo prenašajo skozi zidove in stebre na temeljna tla. Skozi človeško zgodovino so se skozi tisočletja uporabljali leseni nosilci – tramovi. Prve sledi lepljenega lesa segajo že v egipčansko kulturo. Kot prva lepljena konstrukcija iz slojnega lesa velja hala kralja Edwarda Collegeja iz leta 1860. Lepljeni nosilci imajo estetski izgled, lahko premoščajo velike razpone (do 200 m). Imajo odlične odporne lastnosti na ogenj, saj prevajajo toploto 300 do 400 krat počasneje kot jeklo. Lepljeni nosilci obdržijo osnovne karakteristike lesa in so lep, kakovosten in trajen izdelek. Za izdelavo lepljenih nosilcev se uporablja kvaliteten posušen les, katerega vlažnost je okrog 15 %. Omenjena vlažnost zagotavlja, da lepljenih nosilcev ni potrebno dodatno ščititi s kemijskimi premazi. Ker je les primerno osušen, ne prihaja do površinskih razpok. Nosilci so zlepljeni z brezbarvnim lepilom tako, da so spoji skoraj neopazni. Jeklo kot sam material sega okoli 4000 let pr. n. št. vendar se ni uporabljalo kot konstrukcijski elementi. Jekleni nosilci se pojavljajo v 20. stoletju. Zaradi svojih dobrih lastnosti, kot so visoka trdnost, nizka teža konstrukcije, hitrost gradnje, relativno enostavne spremembe z dodajanjem ali odzemanjem konstrukcije ter vedno bolj pomembno lastnostjo, to je možnostjo reciklaže odsluženih profilov, so zavzele jeklene konstrukcije vidno mesto v gradbeništvu.

Ključne besede: nosilec, lepljeni nosilec, jekleni nosilec, razpon, možnost reciklaže.

ZUSAMMENFASSUNG

Die Institution ist eine der konstruktiven Elemente. Institution und übernehmen die Last durch die Wände und Säulen der zugrunde liegenden Boden übertragen. Während der Geschichte der Menschheit über Jahrtausende mit hölzernen Klammern, Balken. Die ersten Spuren von Brettschichtholz zurück auf die ägyptische Kultur. Als erste Brettschichtholz Bau der King Edward Hall ist Collegeja 1860. Geklebtem Institutionen haben ein ästhetisches Erscheinungsbild, kann die große Reichweite (bis 200 m) zu überbrücken. Sie haben hervorragende Brandschutzeigenschaften, als Wärmeträger 300 bis 400-mal langsamer als Stahl. Geklebtem Institutionen behalten die grundlegenden Eigenschaften von Holz und haben schöne, hochwertige und langlebige Produkte. Für die Herstellung von Brettschichtholz hochwertige getrocknetes Holz verwendet wird, ist die Luftfeuchtigkeit etwa 15%. Diese Feuchtigkeit sorgt dafür, dass Brettschichtholz keine weiteren Schutz der chemischen Beschichtungen. Da das Holz richtig getrocknet ist, gibt es keine Oberflächenrisse. Klammern sind mit einer farblosen Leim, so dass die Gelenke nahezu unsichtbar sind verklebt. Stahl als Material selbst stammt aus 4000 Jahren v. Chr. aber nicht als Strukturelemente eingesetzt. Stahlträger, um anzuzeigen, den 20. Jahrhundert. Wegen seiner guten Eigenschaften wie hohe Festigkeit, geringes Gewicht, Geschwindigkeit des Aufbaus eine relativ einfache Änderung das Hinzufügen oder Entfernen von Strukturen und eine zunehmend wichtige Attribut ist die Möglichkeit der Verwertung der Profile, nahm eine Stahlkonstruktion sichtbaren Stelle im Gebäude.

Schlüsselwörter: Halter, geklebt Institution, Stahlträger, Reichweite, Möglichkeit des Recyclings.

KAZALO VSEBINE

ZAHVALA	3
POVZETEK.....	4
1 UVOD	10
1.1 Opredelitev obravnavane zadeve	10
1.2 Namen, cilji in osnovne trditve diplomskega dela	10
1.2.1 Namen diplomskega dela	10
1.2.2 Cilji diplomskega dela	11
1.2.3 Osnovne trditve diplomskega dela.....	11
1.3 Predpostavke in omejitve	11
1.4 Predvidene metode raziskovanja	11
2 LEPLJENI NOSILCI.....	12
2.1 Splošno o lepljenih nosilcih	12
2.2.1 Uporaba lepljenih nosilcev.....	16
2.2.2 Nosilnost lepljenih nosilcev	17
2.2.3 Prednosti ter slabosti lepljenih nosilcev.....	33
2.2.4 Zaščita lepljenih nosilcev	34
2.2.5 Predračun za izvedbo lepljenih nosilcev	37
2.2.6 Terminski plan	38
3 JEKLENI NOSILCI.....	39
3.1 Splošno o jeklenih nosilcih.....	39
3.3.1 Uporaba jeklenih nosilcev	43
3.1.2 Nosilnost jeklenih nosilcev	45
3.1.3 Prednosti ter slabosti jeklenih nosilcev	62

3.1.4	<i>Zaščita jeklenih nosilcev</i>	64
3.1.5	<i>Predračun za izvedbo jeklenih nosilcev</i>	66
3.1.6	<i>Terminski plan</i>	66
4	SMISELNA IZBIRA NOSILCEV V PRAKSI	67
4.1	<i>Področje uporabe</i>	67
5	KRITERIJI PRIMERJAVE JEKLENIH IN LESENIH LEPLJENIH NOSILCEV	
	69	
5.1	<i>Kriteriji požarne zaščite</i>	69
5.2	<i>Kriteriji glede na razpore</i>	71
5.3	<i>Kriteriji glede na prednosti ter slabosti lepljenih in jeklenih nosilcev</i>	72
5.4	<i>Kriteriji terminskega plana izvedbe nosilcev</i>	73
6	STROŠKOVNA PRIMERJAVA JEKLENIH IN LESENIH LEPLJENIH	
	NOSILCEV	75
7	ZAKLJUČEK	76
8	UPORABLJENI VIRI IN LITERATURA	77

KAZALO SLIK

Slika 1: Prikaz lameliranega lesenega lepljenega nosilca na športni dvorani OŠ Ljudski vrt Ptuj.....	13
Slika 2: Prikaz vzdolžnega spajanja lamel	13
Slika 3: Primer lepljenja nosilca.....	14
Slika 4: Mikroskopski izgled lepilnega sloja.....	15
Slika 5: Shematski prikaz proizvodnje lepljenega lameliranega lesa po kontinuiranem postopku	16
Slika 6: Struktura porabe lepljenega lesa	17
Slika 7: Različni prečni prerezi stebrov in nosilcev iz lepljenega lesa.....	18
Slika 8: Najpogostejše uporabljene oblike prečnih prerezov.....	18
Slika 9: Lepljeni leseni nosilci za velike razpetine	19
Slika 10: Prečni prerez telovadnice	20
Slika 11: Prečni prerez lesenega nosilca	21
Slika 12: Diagrami notranjih statičnih količin lesenega lepljenega nosilca.....	28
Slika 13: Organizmi, ki ogrožajo les glede na mesto uporabe	35
Slika 14: Razvrstitev pomembnejših lesnih vrst po naravni odpornosti	36
Slika 15: Različne oblike prečnih prerezov jeklenih nosilcev	42
Slika 16: Različne oblike jeklenih paličnih nosilcev	44
Slika 17: Primer jeklenih paličnih nosilcev na športni dvorani OŠ Ljudski vrt Ptuj	45
Slika 18: Delovni diagram jekla.....	45
Slika 19: Prečni prerez izvedenih jeklenih nosilcev telovadnice	46
Slika 20: Diagrami notranjih statičnih količin jeklenih nosilcev s kombinacijami optežb50	
Slika 21: Diagrami notranjih statičnih količin jeklenih nosilcev s kombinacijami optežb55	
Slika 22: Prečni prerez jeklenega nosilca s izračunanimi silami.....	57
Slika 23: Prerez jeklenega nosilca s prikazanimi silami	58
Slika 24: Diagrami notranjih statičnih količin jeklenih nosilcev	60
Slika 25: Nosilnost lesa v požaru v primerjavi z jeklom.....	70

KAZALO TABEL

Tabela 1: Statični izračun lesenih lepljenih nosilcev.....	33
Tabela 2: Predračun za izvedbo lepljenih nosilcev	37
Tabela 3: Terminski plan izvedbe lepljenih nosilcev	38
Tabela 4: Statični izračun jeklenih nosilcev	62
Tabela 5: Predračun z izvedbo jeklenih nosilcev	66
Tabela 6: Terminski plan izvedbe jeklenih nosilcev	66
Tabela 7: Finančna primerjava protipožarne zaščite jeklene in lesene konstrukcije na objektu OŠ Ljudski vrt Ptuj	71
Tabela 8: Terminski plan izvedbe lesenih lepljenih in jeklenih nosilcev.....	74
Tabela 9: Stroškovna primerjava lesenih lepljenih in jeklenih nosilcev	75

KAZALO GRAFOV

Graf 1: Proizvodnja in poraba lepljenega lesa v vzhodni in zahodni Evropi	17
Graf 2: Letna poraba konstrukcijskega jekla po posameznih državah Evropske unije, v letu 2005	42
Graf 3: Svetovna proizvodnja surovega jekla 1992–2005	43

1 UVOD

Naslov diplomskega dela je **PRIMERJAVA LESENIH IN JEKLENIH NOSILCEV NA OBJEKTU OŠ LJUDSKI VRT PTUJ**.

1.1 Opredelitev obravnavane zadeve

Pri izgradnji večnamenske športne dvorane s jedilnico na Ptuju sem sodeloval pri izgradnji od začetka do konca. Gradnja objekta je trajala 10 mesecev. Gradnja objekta je bila zelo zahtevna, pogodbene cene so bile zelo nizke kot vsepovsod v današnjem času. Pri izgradnji smo lahko privarčevali edino pri spremembi strešne konstrukcije večnamenske dvorane. V projektu je bila zasnovana strešna konstrukcija od lesenih lepljenih nosilcev velikih prerezov in višin. Prepričan sem bil, da je ugodnejša varianta sprememba lesenih lepljenih nosilcev s jeklenimi paličnimi nosilci in to bom tudi dokazal. Zaradi tega sem izbral obravnavano temo in želim narediti medsebojno primerjavo lesenih lepljenih nosilcev in jeklenih nosilcev in ekonomsko upravičenost le-teh.

1.2 Namen, cilji in osnovne trditve diplomskega dela

1.2.1 Namen diplomskega dela

Namen diplomskega dela je prikaz ekonomske upravičenosti med jeklenimi in lesenimi lepljenimi nosilci, izbira najugodnejše variante nosilcev v praksi ter zmanjšanje stroškov vgradnje.

1.2.2 Cilji diplomskega dela

Cilj diplomskega dela je primerjava jeklenih in lesenih lepljenih nosilcev.

1.2.3 Osnovne trditve diplomskega dela

Osnovna trditev diplomskega dela je, da so za razpone, večje od 25 m, racionalnejši in finančno bolj ugodni od lesenih nosilcev jekleni oziroma jeklena konstrukcija od lesene lepljene konstrukcije.

1.3 Predpostavke in omejitve

Pri izdelavi diplomskega dela smo se zaradi trenutnega padanja cen jekla na svetovnem trgu in zaradi povečevanja uporabe jekla v gradbeništvu iz cenovnih razlogov odločili za spremembo materiala. V pomoč mi bodo lastne delovne izkušnje v firmi GP Project Ing, kjer sem pomočnik vodje gradbišča. Med drugimi deli spada v moje področje tudi skrb za finančno vodenje gradbišča. V desetih letih poslovanja podjetja Gp Project Ing d.o.o. smo izvedli veliko objektov s jeklenimi in lesenimi nosilci. Na osnovi teh izkušenj bom prikazal zgoraj navedene trditve.

1.4 Predvidene metode raziskovanja

Za izdelavo teoretičnega dela diplomskega dela bom uporabil zbrano slovensko in tujo strokovno literaturo, prospektni material, internetne strani s tega področja, gradbene revije ... Pri raziskovalnem delu diplomskega dela bom uporabil metodo deskripcije oz. opisovanja. Podatke za raziskovalni del diplomskega dela bom večinoma pridobil iz lastne evidence dela pri tem objektu in iz evidence podjetja. Primerjavo različnih nosilcev bom prikazal tabelarično in ponazoril s fotografijami.

2 LEPLJENI NOSILCI

2.1 *Splošno o lepljenih nosilcih*

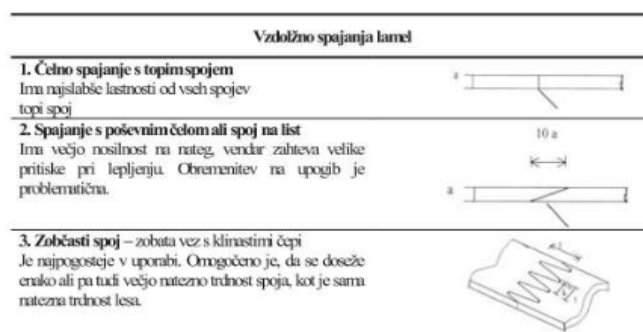
Drevesa so najstarejši in največji živi organizmi na svetu. Med najstarejše rastline na zemlji sodijo bori, stari tudi več kot 4000 let, največja drevesa pa so sekvoje, ki lahko dosežejo višino več kot 100 m. Vse to nam pove, da je les poleg gline in kamna najstarejši in eden od najpomembnejših naravnih materialov, ki se že tisočletja intenzivno uporablja in to predvsem v konstrukcijske namene pri gradnji objektov. V preteklosti se je les uporabljal tako za premostitvene objekte kot za stavbe, njegova uporaba v visoki gradnji pa je bila omejena predvsem na upogibne elemente (stropove, ostrešja, preklade). Pri tem so uporabljali različne vrste lesa glede na geografsko območje, gozdni sestav in tudi glede na gmotne zmožnosti graditeljev. Zlasti so dobro poznali zgradbo lesa in različne lesne zveze. Sprva je bila uporaba lesa predvsem posledica njegove dostopnosti, ko še ni bilo tako široke izbire umetnih materialov za gradnjo. Danes je les v gradnji cenjen predvsem zaradi njegovih pozitivnih lastnosti. Les je vsestransko uporaben material in je nepogrešljiv v gradbeništvu. Pri gradnji je cenjen predvsem zaradi ugodnih mehanskih lastnosti, njegovih pozitivnih vplivov na objekt in bivanje v njem. Je namreč eden najbolj zdravih gradbenih materialov. Zaradi dobrih fizikalnih, mehanskih in estetskih lastnosti je les človeku skozi zgodovino predstavljal material za najrazličnejšo uporabo: za kurjavo, za izdelavo orodja, pohištva in transportnih sredstev ter za gradnjo. (Ščernjavič, 2008, 3)

Za razvoj lesnih lepljenih nosilcev, njihovo vsestransko uporabo in njihove ugodne lastnosti imajo veliko zaslug predvsem sintetična lepila, ki se odlikujejo po odpornosti proti najtežjim klimatskim pogojem, temperaturi, kemikalijam ter mikroorganizmom. Uporaba takih lepil zagotavlja lesenim lepljenim konstrukcijam v določenih primerih prednost pred klasičnimi masivnimi lesenimi konstrukcijami in železnimi oz. betonskimi konstrukcijami. Lepljeni nosilci iz masivnega lesa (oz. lameliran lepljen les) so sodoben kompozit, ki ima bolj enakomerne in boljše mehanske lastnosti kot masiven les. (Kitek Kuzman, Hrovatin, Kušar, 2006, 45)



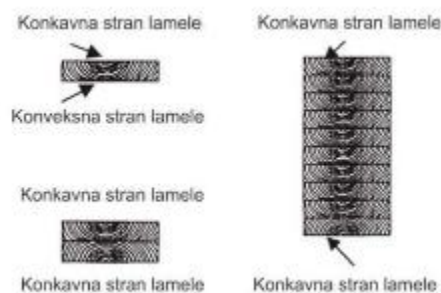
Slika 1: Prikaz lameliranega lesenega lepljenega nosilca na športni dvorani OŠ Ljudski vrt
Ptuj
Vir: Lasten

Lepljeni nosilci so oblikovani iz sortimentov vzporedno z rastjo žaganega lesa različnih debelin (najpogosteje do 32 mm, izjemoma do 42 mm) in različnih lesnih vrst, ki so sestavljeni v lamele. Te pa so posušene na 8 % do 12 % vlažnost in vzporedno zlepljene druga na drugo z visokokvalitetnimi lepili, ki so namenjena za konstrukcijsko uporabo in imajo visoko trdnost in trajnost, so odporna proti vodi, vlagi, temperaturi in biološkim dejavnikom (rezorcionolna, fenolna, melaminska ali poliuretanska). Lamele so lahko med sabo dolžinsko spojene, vrsta spoja pa je odvisna od načina obremenitve lepljenega nosilca in je lahko zobati, poševni ali topi spoj. Ta način lepljenja nam omogoča izvedbo zelo dolgih in širokih lameliranih lepljenih nosilcev. (Ščernjavič, 2008, 10)



Slika 2: Prikaz vzdolžnega spajanja lamel
Vir: Kitek Kuzman, Hrovatin, Kušar, 2006, 45

Les za lepljenje lameliranih nosilcev mora biti kategorije 1. razreda, mora biti zdrav, brez napak in primerno suh (do 15 %). Za lepljenje lameliranih nosilcev lahko uporabljamo vse vrste lesa, najpogosteje pa uporabljamo les smreke in jelke. Standard EN 386 in proizvajalci lepil zahtevajo, da je lahko razlika vlažnosti med lamelami največ 4 %, saj se les pri kasnejši spremembi vlažnosti širi in krči izrazito različno v različnih smereh. Zaradi problema zvijanja je pomembna izbira desk za izdelavo lamel (krajne ali deske iz sredine), saj s pravilnim obračanjem lamel za lepljenje lahko zmanjšamo nezaželene napetosti v ravnini lepljenja. Lamele morajo imeti glede na potek letnic primerno orientacijo tako morajo biti v primeru dveh lamel te obrnjene tako, da so konveksni deli letnic v stiku lepljenja. Prav tako velja za večslojne prečne prereze, kjer se lepijo konveksne s konkavnimi stranmi lamel razen krajnih lamel, kjer se zlepijo med seboj po konveksni strani. (Ščernjavič, 2008, 10)

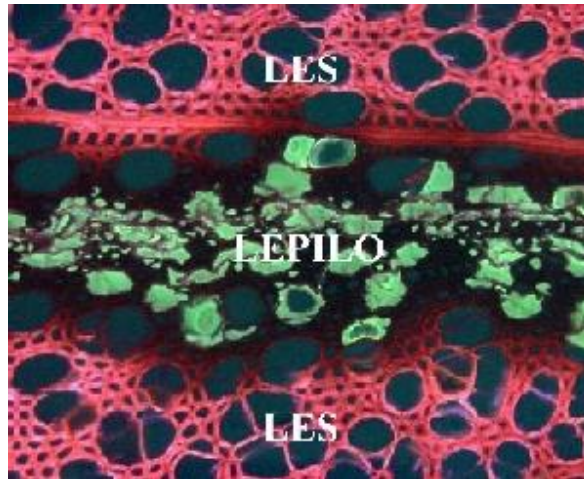


Slika 3: Primer lepljenja nosilca

Vir: Kitek Kuzman, Hrovatin, Kušar, 2006, 46

Postopek izdelave lameliranih lepljenih nosilcev je enostaven. Masiven les je sprva razžagan in naravno sušen, sledi umetno sušenje, kjer lamele osušimo na želeno stopnjo vlažnosti. Pred uporabo lamele skladiščimo v delavnici, kjer morata biti temperatura in RZV konstantni in kontrolirani. Sledi skobljanje lamel, testiranje lamel, izžagovanje napak, izdelava spoja in čelni nanos lepila, ploskovni nanos lepila, spajanje lamel, nanos lepila in lepljenje lamel v

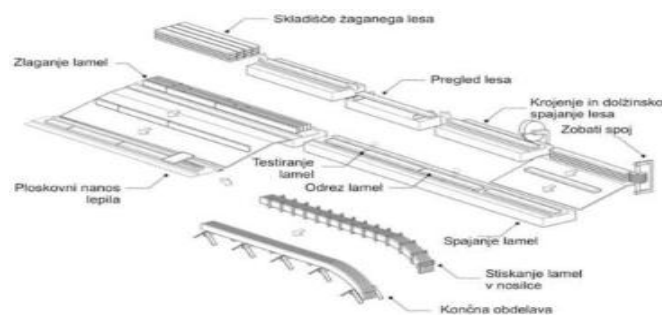
lameliran lepljen les. Za lepljenje mehkejših lesnih vrst uporabljamo tlak 3 do 7 barov, za trde lesne vrste pa 5 do 10 barov. Pri lepljenju in stiskanju moramo paziti na vse parametre, ki jih predpiše proizvajalec lepila. (Ščernjavič, 2008, 10)



Slika 4: Mikroskopski izgled lepilnega sloja

Vir: Šernek, Jošt, 2004, 50

Les lepimo zato, da povečamo izkoristek lesa, da mu izboljšamo mehanske in fizikalne lastnosti, ga oplemenitimo, povečamo dimenzije, izdelamo lesni kompozit, ga oblikujemo, zaščitimo, mu povečamo kvaliteto, dobimo nove konstrukcijske povezave in mu povečamo obseg uporabnosti. Na koncu sledi končna obdelava lameliranega lepljenega lesa in obvezno kondicioniranje. Nosilce lahko obremenimo šele po končanem kondicioniranju, med samo izdelavo pa moramo opravljati stalno kontrolo, da preprečimo kakršnokoli napako. (Ščernjavič, 2008, 17)

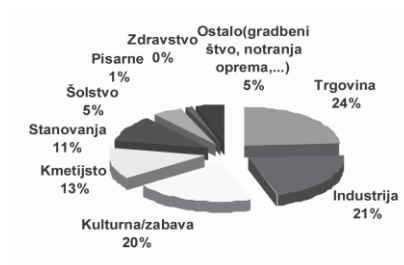


Slika 5: Shematski prikaz proizvodnje lepljenega lameliranega lesa po kontinuiranem postopku

Vir: Kitek Kuzman, Hrovatin, Kušar, 2006

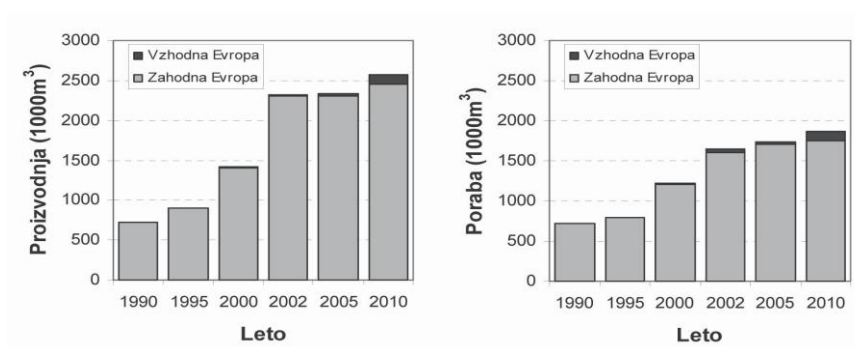
2.2.1 Uporaba lepljenih nosilcev

Lepljeni les je nepogrešljiv pri konstrukcijah, kjer je potrebna večja trdnost, dimenzijska stabilnost in ustrezen estetski videz lesnega proizvoda. Po zadnjih raziskavah se največ lepljenega lesa v EU porabi za izgradnjo nestanovanjskih stavb, kamor spadajo: trgovski objekti, objekti za šport in prosti čas, sledijo jim industrijske stavbe in skladišča ter kulturni objekti. Delež stanovanjskih objektov je 11 %. Panoga za izgradnje lesenih zgradb za kulturne namene je v največjem porastu. Lepljene lesene konstrukcije nudijo gospodarne rešitve pri športnih objektih, tipskih dvoranah, pri skladiščih, bazenih, šolskih objektih, razstavnih objektih, mostovih in drugih objektih. Lepljeni konstrukcijski elementi so lahko enostavni ali sestavljeni nosilci, stebri, okvirji, različna vešala, palični nosilci in paneli (lahko so sestavljeni iz elementov iz masivnega lesa in laminiranega lesa). Uporabljajo se povsod, kjer se zahtevajo lahke konstrukcije, posebne oblike ali veliki razponi, vse tja do 200 m. (Kitek Kuzman, Hrovatin, Kušar, 2006, 111)



Slika 6: Struktura porabe lepljenega lesa

Vir: FIBC, 2002, 41

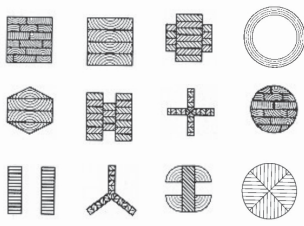
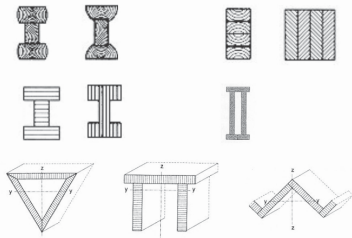


Graf 1: Proizvodnja in poraba lepljenega lesa v vzhodni in zahodni Evropi

Vir: CEI – Bois, Roadmap, 2004, 16

2.2.2 Nosilnost lepljenih nosilcev

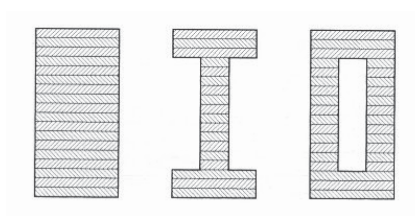
Les je bil že od nekdaj material, ki se je uporabljal predvsem za prevzem upogibnih obremenitev. Pomanjkljivo je le dejstvo, da je modul elastičnosti lesa sorazmerno nizek, kar pomeni, da bi morali biti leseni nosilci za premagovanje večjih razponov zelo visoki. Dolgo se je za kontrolo nosilnosti uporabljala metoda dopustnih napetosti, ki predstavlja klasični način dimenzioniranja lesenih elementov. Leseni lepljeni nosilci imajo visoko nosilnost glede na težo.

RAZLIČNI PREREZI NOSILCEV IN STEBROV IZ LEPLJENEGA LESA	
STEBER Vrsta obrmenitve: pretežno osna	NOSILEC Vrsta obrmenitve: pretežno upogibna
	

Slika 7: Različni prečni prerezi stebrov in nosilcev iz lepljenega lesa

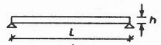
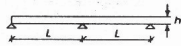
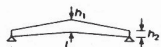
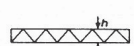
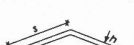
Vir: Holz Austria, 2002, 84

Leseni lepljeni elementi imajo dobre trdnostne lastnosti v primerjavi z drugimi materiali ter visoko nosilnost glede na prostorninsko maso. Danes se množično izdelujejo lepljeni elementi s spremenljivo višino in celo ločeno elementi, ko omogočajo premagovanje razponov preko 100 metrov.



Slika 8: Najpogostejše uporabljene oblike prečnih prerezov

Vir: Müller, 2000, 32

Statični sistem	Označba	Dovoljeni naklon v stopinjah	Običajna razpetina	Višina elementa
1 	prostoležeči	0	10–30	$h \sim L/17$
2 	kontinuirani	0	10–25	$h \sim L/20$
3 	sedlasti – prostoležeči (spodnji rob je lahko raven)	3–15	10–30	$h_1 \sim L/16$ $h_2 \sim L/30$
4 	mrežasti – palični –	0	30–60	$h \sim L/13$ $- L/10$
5 	konzolni	0–10	5–15	$h \sim L/10$
6 	lomljeni nosilec (opornik ali natezna vez)	12	15–50	$h \sim S/20$ $- S/18$
7 	2- ali 3-členski lok (opornik ali natezna vez)	$f = 0, 135 L$	20–100	$h \sim L/50$
8 	2- ali 3-členski okvir	0–60	15–60	$h \sim (s_1 + s_2)/15$ $- (s_1 + s_2)/20$
9 	okvir preko več podpor	0–15	10–25	$h \sim L/20$

Slika 9: Lepljeni leseni nosilci za velike razpetine

Vir: Žitnik, Berdajs, 2004, 214

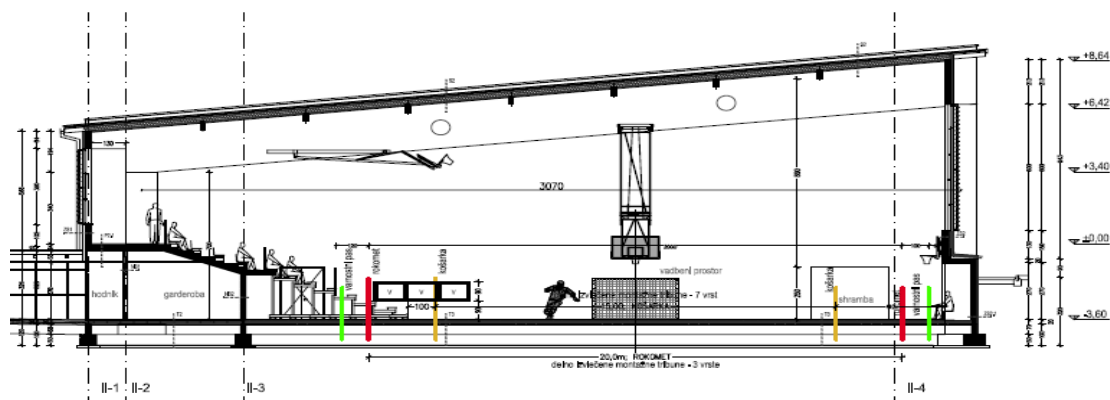
DVORANA – OSTREŠJE

Material: lepljeni les, razpon 30, 70 m

Geometrija: 22/220 cm z dvema prebojema fi 80 cm na odmiku 10,60 m +10,70 m
(požarna odpornost min. 60 min)

ZAVETROVANJE VSAKO DRUGO POLJE S FI 16 + NAPENJALO

Kontrola nosilnost in statični izračuni so bili opravljeni s programi TOWER5, FRILO.



Slika 10: Prečni prerez telovadnice

Vir: PGD – Načrt gradbenih konstrukcij, 2009, 99

Obtežba Lastna les $5,00 \text{ kN/m}^3$

$2,42 \text{ kN/m}^1$

Stalna

S2 STREHA – nad telovadnico, jedilnico

kritina – trapezna pločevina s protikondenznim obrizgom

podkonstrukcija za kritino (letve $8/5 \text{ cm}$, $e=150 \text{ cm}$) 5 cm

podkonstrukcija: 1. sloj (letve $8/5 \text{ cm}$) – prezračevalni sloj 5 cm

paroprepustna folija (npr.: Tyvek Solid)

sekundarni nosilci ($12/20 \text{ cm}$); vmes toplotna izolacija 20 cm

(npr. URSA SF 35) 20 cm

podkonstrukcija za notranje obloge (letve $5/5 \text{ cm}$);

vmes toplotna izolacija 5 cm (npr. URSA SF 35) 5 cm

parna ovira (npr.: URSA SECO 700)

leseni vidni opaz (deske $d=2,5 \text{ cm}$) $2,5 \text{ cm}$

primarna nosilna konstrukcija (lepljeni leseni nosilci)

$1,00 \text{ kN/m}^2$

na podporo vpliv $4,8 \text{ m} \times 15,5 \text{ m}$ $74,40 \text{ kN}$

Koristna strojne instalacije $0,20 \text{ kN/m}^2$

na podporo vpliv $4,8 \text{ m} \times 15,5 \text{ m}$ $14,88 \text{ kN}$

sneg $1,50 \text{ kN/m}^2$

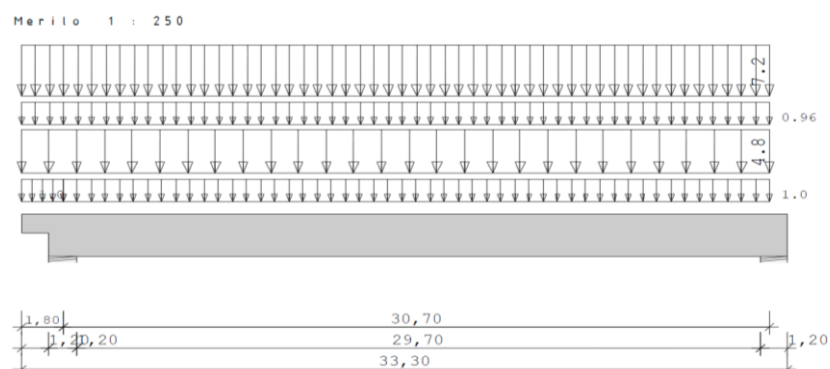
na podporo vpliv $4,8 \text{ m} \times 15,5 \text{ m}$ $111,60 \text{ kN}$

lastna teža $37,50 \text{ kN}$

skupaj na podporo

238,39 kN

PROJEKT: dvorana POS: NOSILEC 3070



Slika 11: Prečni prerez lesenega nosilca

Vir: PGD – Načrt gradbenih konstrukcij, 2009, 100

H o l z t r ä g e r BS 14

E-Modul E = 1100 kN/cm²

Mit Schubverformung gerechnet: G = 60 kN/cm²

SYSTEM	Länge	Querschnittswerte			
Feld	L (m)		b (cm)	d (cm)	I _y (cm ⁴)
1	30.70	x = 0.00	22.0	220.0	1.952e+7
		x = 30.70	22.0	220.0	1.952e+7
Kragarm					
links	1.80	konstant	22.0	100.0	1.833e+6

BELASTUNG Lasttyp : 1=Gleichlast über L , 2=Einzellast bei a
 (kN,m) 3=Einzelmoment bei a , 4=Trapezlast von a - a+b
 5=Dreieckslast über L, 6=Trapezlast über L

Feld	Typ	EG	Gr	g _L /r	p _L /r	Faktor	Abstand	Länge	ausPOS	Phi
1	1			0.00	1.00	1.00				
Kragarm										
Krli	1			0.00	1.00	1.00				

TRÄGERBEZOGENE LASTEN (kN,m) Typ 11, 14..16 p-Ansatz nicht feldweise

Typ	EG	Gr	VK	g _L /r	p _L /r	Faktor	Abstand	Lb/Lc	ausPOS	Phi
1				1.00	0.00	4.80				
1				0.00	0.20	4.80				
1				0.00	1.50	4.80				

Eigengewicht des Trägers ist mit Gamma = 5.0 kN/m³ berücksichtigt.

Rechenteil Version 2006.1

Die Schnittgrößen sind mit Schubverformung gerechnet.

Feldmomente Maximum						(kNm , kN)	
Feld		Mf	M li	M re	Q li	Q re	
1	x0 = 15.37	1924.97	-9.56	0.00	251.74	-251.12	
	x = 10.60	1738.70		zug Q =	78.12	78.12	
	x = 21.30	1636.88		zug Q =	-97.15	-97.15	

Feldmomente Minimum (kNm , kN)

Feld		Mf	M li	M re	Q li	Q re
1	x0 = 15.35	838.40	-24.40	0.00	111.62	-110.03
	x = 10.60	753.17		zug Q =	35.09	35.09
	x = 21.30	715.32		zug Q =	-42.16	-42.16

Stützmomente Maximum (kNm , kN)

Stütze	M li	M re	Q li	+ Q re	= max V	min V
1	-24.40	-24.40	-27.11	252.23	279.34	121.76
2	0.00	0.00	-251.12	0.00	251.12	110.03

Stützmomente Minimum (kNm , kN)

Stütze	M li	M re	Q li	Q re	V
1	-9.56	-9.56	-10.62	111.14	121.76
2	0.00	0.00	-110.03	0.00	110.03

Stützmomente Vollast (kNm , kN)

Stütze	M li	M re	Q li	Q re	V
1	-24.40	-24.40	-27.11	252.23	279.34
2	0.00	0.00	-250.64	0.00	250.64

Stützmomente Eigenlast (kNm , kN)

Stütze	M li	M re	Q li	Q re	V
1	-9.56	-9.56	-10.62	111.14	121.76
2	0.00	0.00	-110.52	0.00	110.52

Momentengrenzlinien

x/L =	.0	.1	.2	.3	.4	.5	.6	.7	.8	.9	1.0
Feld											
0	0.00	-0.24	-0.98	-2.20	-3.90	-6.10	-8.78	-12.0	-15.6	-19.8	-24.4
0	0.00	-0.10	-0.38	-0.86	-1.53	-2.39	-3.44	-4.68	-6.12	-7.74	-9.56

1	-24.4	284	525	697	802	838	807	707	540	304	0.00
1	-9.56	686	1227	1614	1847	1925	1849	1618	1233	694	0.00

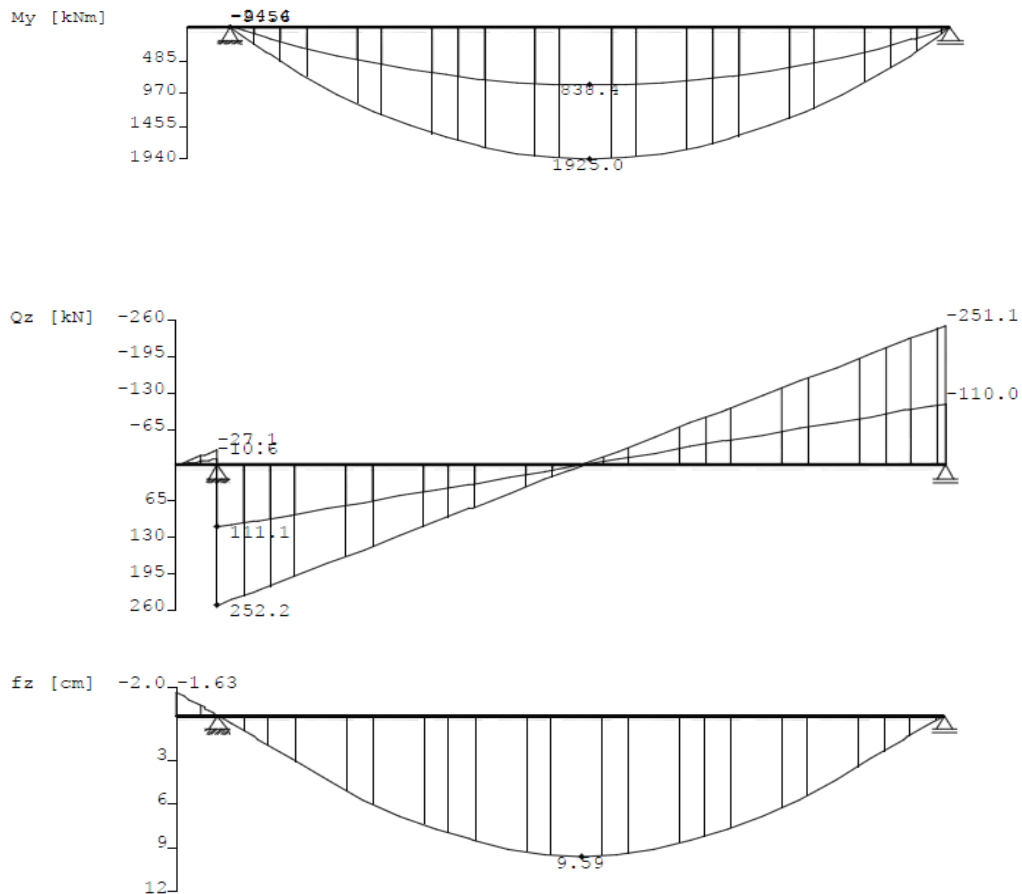
Auflagerkräfte (kN)

Stütze	aus g	max p	min p	Vollast	max	min
1	121.76	157.58	0.00	279.34	279.34	121.76
2	110.52	140.61	-0.48	250.64	251.12	110.03
Summe:	232.27	298.18	-0.48	529.97	530.46	231.79

Durchbiegungen maximale minimale

Feld Nr.	x (m)	f (cm)	Komb	x (m)	f (cm)
1	15.35	9.594	3	30.70	0.000
Kragarme					
Krli	1.80	0.000	4	0.00	-1.634

Merilo 1 : 333



Bemessung: BS 14 E = 1100 kN/cm² G = 60 kN/cm²
zul σ B = 17.5 zul τ = 1.5 N/mm² LF HZ

Normalspannungen

Der Druckgurt ist kontinuierlich gehalten.

Feld Nr.	x (m)	My (kNm)	σ_o	σ_u (N/mm ²)	kb	η
Krli	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00
	1.80	-24.40	0.67	-0.67	1.00	0.04
1	0.00	-24.40	0.14	-0.14	1.00	0.01
	10.60	1738.70	-9.80	9.80	1.00	0.56
	15.37	1924.97	-10.85	10.85	1.00	0.62

21.30	1636.88	-9.22	9.22	1.00	0.53
30.70	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00

Bei Querschnittssprüngen sind zusätzliche Nachweise erforderlich.

Schubspannungen

Stütze	x	Qz	τ_Q	η
Nr.	(m)	(kN)	(N/mm ²)	
1	li	0.001	-27.09	0.18
	re	0.001	252.21	0.78
2	li	0.001	-251.11	0.78
				0.52

Auflager *DIN 1052 Tab. 5 Zeile 5a

Stütze Nr.	b (cm)	d (cm)	max V (kN)	σ (N/mm ²)	zul σ^* (N/mm ²)	η (N/mm ²)
1	120.0	40.0	279.3	1.1	3.1	0.34
2	120.0	40.0	251.1	1.0	2.5	0.38

Zulässige Durchbiegungen : im Feld $zul f = L / 300$
Kragarm $L / 150$

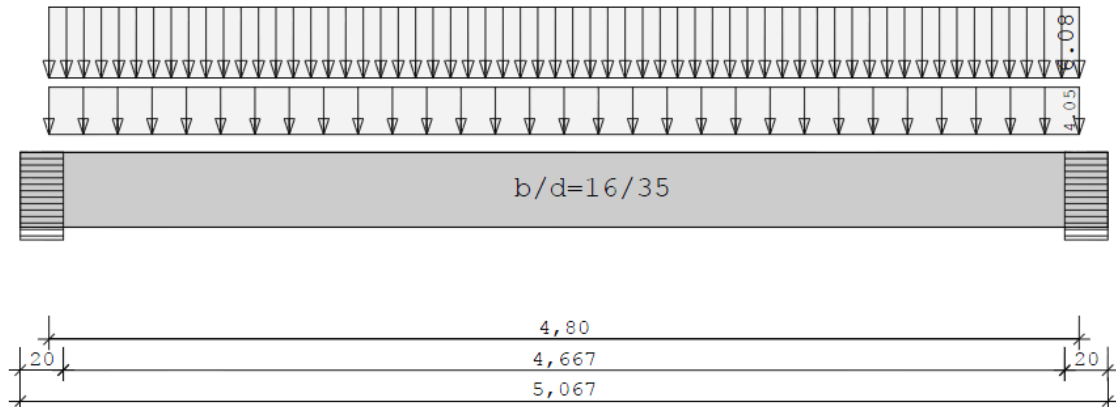
Durchbiegungen mit Schubverformung gerechnet.

Feld Nr.	x (m)	fg (cm)	f _q (cm)	f _k (cm)	f (cm)	zul f (cm)	η (cm)
Kr li	0.000	-0.71	-1.63	-1.63	1.20	1.36!!	
1	15.350	4.21	9.59	9.59	10.23		0.94

PROJEKT: DVORANA

POS: NOSILEC sekundarni

Merilo 1 : 33



Holzträger BS 11

E-Modul E = 1100 kN/cm²

Mit Schubverformung gerechnet: G = 55 kN/cm²

SYSTEM	Länge	Querschnittswerte			
Feld	L (m)		b (cm)	d (cm)	I _y (cm ⁴)
1	4.80	konstant	16.0	35.0	57166.7

TRÄGERBEZOGENE LASTEN (kN,m)

BELASTUNG Lasttyp : 1=Gleichlast über L , 2=Einzellast bei a
(kN,m) 3=Einzelmoment bei a , 4=Trapezlast von a - a+b
5=Dreieckslast über L, 6=Trapezlast über L

Typ	EG	Gr	VK	g _{l/r}	p _{l/r}	Faktor	Abstand	Lb/Lc	ausPOS	Phi
1				1.00	0.00	4.05				
1				0.00	1.50	4.05				

Eigengewicht des Trägers ist mit Gamma = 5.0 kN/m³ berücksichtigt.

Rechenteil Version 2006.1

Die Schnittgrößen sind mit Schubverformung gerechnet.

Feldmomente Maximum (kNm , kN)

Feld		M _f	M _{li}	M _{re}	Q _{li}	Q _{re}
1	x ₀ = 2.40	29.97	0.00	0.00	24.97	-24.97

Feldmomente Minimum (kNm , kN)

Feld		M _f	M _{li}	M _{re}	Q _{li}	Q _{re}
1	x ₀ = 2.40	12.47	0.00	0.00	10.39	-10.39

Stützmomente Maximum (kNm , kN)

Stütze	M _{li}	M _{re}	Q _{li}	+	Q _{re}	= max V	min V
1	0.00	0.00	0.00		24.97	24.97	10.39
2	0.00	0.00	-24.97		0.00	24.97	10.39

PROJEKT: DVORANA

POS: NOSILEC sekundarni

Stützmomente Minimum (kNm , kN)

Stütze	M li	M re	Q li	Q re	V
1	0.00	0.00	0.00	10.39	10.39
2	0.00	0.00	-10.39	0.00	10.39

Stützmomente Vollast (kNm , kN)

Stütze	M li	M re	Q li	Q re	V
1	0.00	0.00	0.00	24.97	24.97
2	0.00	0.00	-24.97	0.00	24.97

Stützmomente Eigenlast (kNm , kN)

Stütze	M li	M re	Q li	Q re	V
1	0.00	0.00	0.00	10.39	10.39
2	0.00	0.00	-10.39	0.00	10.39

Momentengrenzlinien

x/L =	.0	.1	.2	.3	.4	.5	.6	.7	.8	.9	1.0
Feld											
1	0.00	4.49	7.98	10.5	12.0	12.5	12.0	10.5	7.98	4.49	0.00
1	0.00	10.8	19.2	25.2	28.8	30.0	28.8	25.2	19.2	10.8	0.00

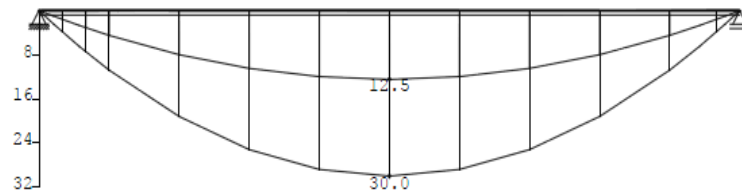
Auflagerkräfte (kN)

Stütze	aus g	max p	min p	Vollast	max	min
1	10.39	14.58	0.00	24.97	24.97	10.39
2	10.39	14.58	0.00	24.97	24.97	10.39
Summe:	20.78	29.16	0.00	49.94	49.94	20.78

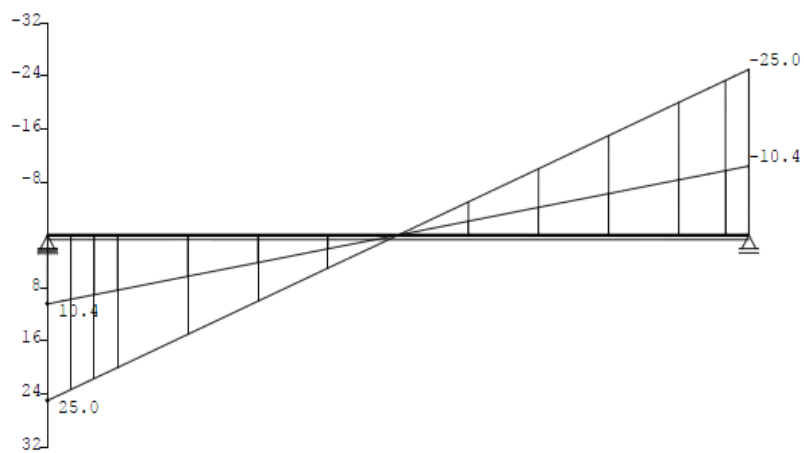
Durchbiegungen			maximale	minimale		
Feld Nr.	x (m)	f (cm)	Komb	x (m)	f (cm)	
1	2.40	1.260	2	0.00	0.000	0

Merilo 1 : 50

My [kNm]

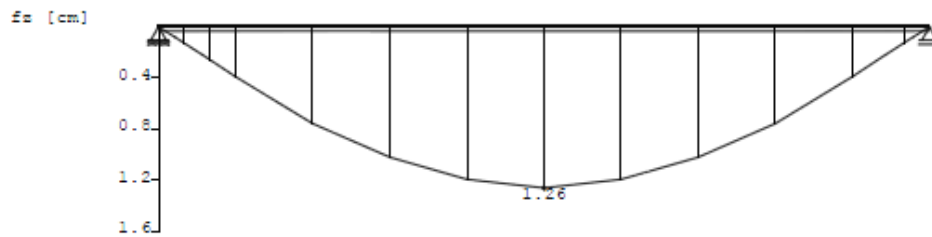


Qz [kN]



Slika 12: Diagrami notranjih statičnih količin lesenega lepljenega nosilca

Vir: PGD – Načrt gradbenih konstrukcij, 2009, 107



Bemessung: BS 11 $E = 1100 \text{ kN/cm}^2$ $G = 55 \text{ kN/cm}^2$
 zul $\sigma_B = 13.8$ zul $\tau = 1.5 \text{ N/mm}^2$ LF HZ

Normalspannungen

Der Druckgurt ist kontinuierlich gehalten.

Feld Nr.	x (m)	My (kNm)	σ_o (N/mm ²)	σ_u (N/mm ²)	kb	η
1	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00
	2.40	29.97	-9.17	9.17	1.00	0.67
	4.80	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00

Schubspannungen

Stütze Nr.	x (m)	Qz (kN)	τ_Q (N/mm ²)	η
1 re	0.001	24.96	0.67	0.45
2 li	0.001	-24.96	0.67	0.45

Auflager *DIN 1052 Tab. 5 Zeile 5a

Stütze Nr.	b (cm)	d (cm)	max V (kN)	σ (N/mm ²)	zul σ^* (N/mm ²)	η
1	20.0	10.0	25.0	1.2	2.5	indirekt
2	20.0	10.0	25.0	1.2	2.5	indirekt

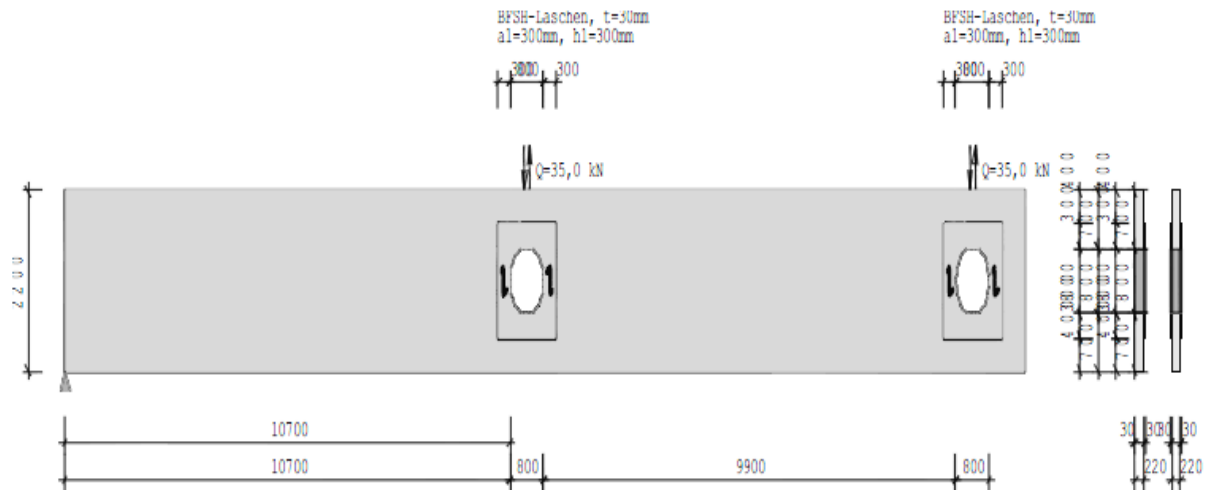
Zulässige Durchbiegungen : im Feld zul $f = L / 300$
 Durchbiegungen mit Schubverformung gerechnet.

Feld Nr.	x (m)	fg (cm)	f _q (cm)	f _k (cm)	f (cm)	zul f (cm)	η
1	2.400	0.52	1.26		1.26	1.60	0.79

PROJEKT: DVORANA

POS: preboj nosilcev

Merilo 1 | : 175



MATERIAL: Brettschichtholz BS 14

ABMESSUNGEN

Träger Breite $b = 220 \text{ mm}$ Höhe $h = 2200 \text{ mm}$
 Länge $l_v = 28,70 \text{ m}$ Überst. $\bar{u} = 0 \text{ mm}$

DURCHBRUCH Nr. 1 (rund) nach DIN 1052:1988

ABMESSUNGEN

Abstand	gew l_A	= 10,70 m	> min l_A	= 1,10 m	
	gew l_V	= 10,70 m	> min l_V	= 2,20 m	
Randabstand	gew $h_{A,1}$	= 700 mm	> min $h_{A,1}$	= 660 mm	
	$h_{A,2}$	= 700 mm	> min $h_{A,2}$	= 660 mm	
Länge	gew a	= 800 mm	< max a	= 2200 mm	
Höhe	gew h_s	= 800 mm	< max h_s	= 880 mm	

NACHWEISE

Querkraft vorh Q = 35,0 kN (LF H, in Durchbruchsmitte)
vorh Q = 80,0 kN (LF HZ)

Bezogene Schubspannung im Vollquerschnitt:

LF H	vorht	=	0,11 MN/m2	<		zult	=	1,20 MN/m2	(0,09)
LF HZ	vorht	=	0,25 MN/m2	<		zult	=	1,50 MN/m2	(0,17)

Bezogene Schubspannung im Restquerschnitt:

LF H	vorht	=	0,17 MN/m ²	<	zult	=	1,20 MN/m ²	(0,14)
LF HZ	vorht	=	0,39 MN/m ²	<	zult	=	1,50 MN/m ²	(0,26)

Grenzdurchmesser des Durchbruches

LF H vorh d = 800 mm > lim d = 95 mm !
 LF HZ vorh d = 800 mm > lim d = 90 mm !

-> es ist eine Verstärkung notwendig

Verstärkung mit Baufurniersperrholzlaschen

Überstand gew a₁ = 300 mm > min a₁ = 220 mm
 Überstand gew h₁ = 300 mm > min h₁ = 220 mm
 Trg.breite gew b = 220 mm < max b = 220 mm
 Laschendicke gew t = 30 mm > erf t_{LFH} = 21 mm (0,71)
 > erf t_{LFHZ} = 27 mm (0,91)

DURCHBRUCH Nr.2 (rund) nach DIN 1052:1988

ABMESSUNGEN

Abstand gew l_A = 21,40 m > min l_A = 1,10 m
 gew l_V = 21,40 m > min l_V = 2,20 m
 gew l_Z = 9,90 m > min l_Z = 2,20 m
 Randabstand gew h_u = 700 mm > min h_u = 660 mm
 h_u = 700 mm > min h_u = 660 mm
 Länge gew a = 800 mm < max a = 2200 mm
 Höhe gew h_e = 800 mm < max h_e = 880 mm

NACHWEISE

Querkraft vorh Q = 35,0 kN (LF H, in Durchbruchsmittle)
 vorh Q = 80,0 kN (LF HZ)

Bezugene Schubspannung im Vollquerschnitt:

LF H vorht = 0,11 MN/m² < zult = 1,20 MN/m² (0,09)
 LF HZ vorht = 0,25 MN/m² < zult = 1,50 MN/m² (0,17)

Bezugene Schubspannung im Restquerschnitt:

PROJEKT: DVORANA

POS: preboj nosilcev

LF H vorht = 0,17 MN/m² < zult = 1,20 MN/m² (0,14)
 LF HZ vorht = 0,39 MN/m² < zult = 1,50 MN/m² (0,26)

Grenzdurchmesser des Durchbruches

LF H vorh d = 800 mm > lim d = 95 mm !
 LF HZ vorh d = 800 mm > lim d = 90 mm !

-> es ist eine Verstärkung notwendig

Verstärkung mit Baufurniersperrholzlaschen

Überstand gew a₁ = 300 mm > min a₁ = 220 mm
 Überstand gew h₁ = 300 mm > min h₁ = 220 mm
 Trg.breite gew b = 220 mm < max b = 220 mm
 Laschendicke gew t = 30 mm > erf t_{LFH} = 21 mm (0,71)
 > erf t_{LFHZ} = 27 mm (0,91)

PROJEKT: STREHA

POS: ZAVETROVANJE

Baustoffe : Stahl St 37, Holzschutz nach DIN 68800

gew.: Dachverbände als Diagonalenfachwerk mit druck-schlaffen Stahldiagonalen (kreuzweise angeordnet).

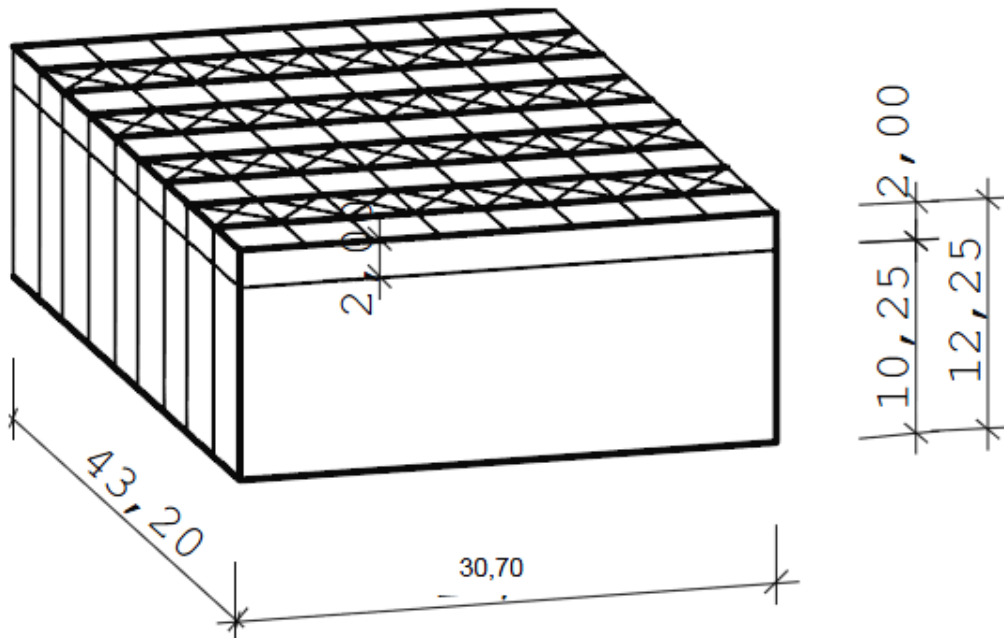
Vertikalstäbe : Dachpfetten

Gurtstäbe : Obergurte der Fachwerkbinder

Die Binder sind als Parallelbinder ausgeführt.

Es werden 4 Verbände mit je 8 Feldern angeordnet.

Merilo 1 : 750



Binderspannweite	l	=	30,70	m
Hallenlänge	L	=	43,20	m
Binderabstand	aB	=	4,80	m
Anzahl der Felder	n	=	9	Felder
Anzahl der Binder	m	=	10	Binder

Spannweite des Verbandes $l' = 9,60$ m

Giebelwand - Ansicht :

Firsthöhe	f	=	12,25	m	
Binder-höhe	f_0	=	2,00	m	$f_a = 2,00$ m
Stiel -höhe	f_u	=	10,25	m	

Windbelastung auf Giebelwand

Winddruckbeiwert $c_{pD} = 0.80$ Staudruck nach DIN 1055

Windlast am First $w_D' = 3,29 \text{ kN/m}$
Windlast in Rechng $w_D' = 3,29 \text{ kN/m} == w_D' \text{First}$

Seitenlast q_s für Kippaussteifung der Binder

Obergurtkraft i. Mi. $N = 50,00 \text{ kN}$
Seitenlast $q_{s1} = 0,17 \text{ kN/m}$ je Binder
Seitenlast $q_s = 0,43 \text{ kN/m}$ je Verband

Lastfall H $q = 1,65 \text{ kN/m}$ je Verband
Lastfall HZ $q = 1,26 \text{ kN/m}$ je Verband

Maßgebend ist Lastfall H

Maximale Auflagerkraft $\max A = 23,63 \text{ kN}$

PROJEKT: STREHA

POS: ZAVETROVANJE

STABKRÄFTE LF H (kN)

Nr. Untergurt Obergurt Vertikalstäbe Diagonalen
1 0,00 -15,45 -23,63 25,81
2 15,45 -26,49 -20,67 18,44
3 26,49 -33,11 -14,77 11,06
4 33,11 -35,32 -8,86 3,69
5 -5,91

Diagonalen aus ST 37 mit Querschnitt $>143,39 \text{ mm}^2$: AF =
DIAGONALNE PALICE Z NAPENJALOM FI16MM (2,01 mm²)

Die Stabkräfte der Vertikalstäbe sind bei der Bemessung der Pfetten zu berücksichtigen.

Die Stabkräfte in den Gurten sind bei der Bemessung der Binder zu berücksichtigen.

Durchbiegungsnachweis entbehrlich, da $l' / aB = 2,0 < 6,0$

Tabela 2: Statični izračun lesenih lepljenih nosilcev

Vir: PGD – Načrt gradbenih konstrukcij, 2009, 99-109

2.2.3 Prednosti ter slabosti lepljenih nosilcev

Lepljeni leseni nosilci so se morali najprej uveljaviti pred običajnimi lesenimi, jeklenimi in armirano betonskimi konstrukcijami. Lepljeni leseni nosilci so z ugodnimi cenami, visoko stopnjo prefabrikacije in krajšim časom gradnje prednjačili pred jeklenimi in železobetonskimi nosilci.

Prednosti sta enostavna obdelava in preprosto sestavljanje. Leseni lepljeni nosilci imajo izredno veliko trdnost na obremenitev v smeri vlaken. Porušne napetosti so enake napetostim, ki nastanejo pri lomu betona. Leseni lepljeni nosilci nam dajejo možnost izbire najrazličnejših oblik in velikosti prečnega preseka ter statičnih sistemov. Leseni lepljeni nosilci so lahki

gradbeni elementi, saj pri istem volumnu predstavljajo le 20 % teže. Z razvojem lepil se je rešil problem omejenosti dolžin. So dimenzijsko bolj obstojni in imajo manjše torzijske deformacije, odporni so na glive in insekte, obnovljivi, imajo dober estetski videz, dobro izolativnost, hitro montažo, vzdrževanje pa je relativno enostavno. Prilagodljivost v fazi načrtovanja v smislu projektiranja. Projektiranje s pomočjo CAD/CAM programov je mnogo bolj enostavno, kot je bilo nekoč ročno risanje načrtov, predvsem pa se načrte v elektronski obliki mnogo lažje spreminja in prilagaja. Velika prednost lesenih lepljenih nosilcev je možnost oblikovanja vzdolžne osi nosilca. Les je v izdelkih ekološko neoporečen, biološko razgradljiv. Leseni lepljeni nosilci so gorljivi, vendar v primerjavi z jeklom prevzemajo večje požarne obremenitve. Glede potresne varnosti so dosedanje raziskave in posledice na objektih, ki so bili izpostavljeni potresnim sunkom, pokazale zelo dobro potresno odpornost lesenih objektov. Lepljeni nosilci pridejo na gradbišče kot gotov industrijsko prefabriciran izdelek.

Slabosti lesenih lepljenih nosilcev sta krajša življenjska doba in gorljivost lesa. Trajnost objekta je najbolj odvisna od tega, kako ga znamo zaščititi pred vlago. Cena je tudi ena od slabosti lesenih lepljenih nosilcev, kajti približna cena m³ lepljenega nosilca je 600 €. Cena raste sorazmerno z večjo debelino lamele in manjšim radijem. Slabosti lesenih lepljenih nosilcev so tudi škodljive impregnacije ter proizvodnja lepil, pomanjkljiva seznanjenost z vsemi možnostmi uporabe konstrukcij iz lepljenega lesa, hitro zagorijo, nastanek dima pri požaru, zahtevnejša analiza nosilnosti in uporabnosti elementov, vzdrževanje, zaščitni premazi. S izdelavo utorov za inštalacije lesenemu lepljenemu nosilcu zmanjšujemo nosilnost in povečujemo prerez nosilca. Slabost je tudi prevoz gotovih prefabriciranih lepljenih nosilcev, ker so masivni in so stroški prevoza sorazmerno visoki.

2.2.4 Zaščita lepljenih nosilcev

Lepljeni nosilci se impregnirajo in zaščitijo v samem proizvodnem procesu oziroma v industriji. Na gradbišče pridejo že impregnirani in pripravljeni za montažo. Končna obdelava nosilcev je odvisna od zahtev. Delitev glede na zaščito:

POVRŠINSKA ZAŠČITA – Lepljeni nosilci so sestavljeni iz lesa, ki je kot naravni organski material izpostavljen abiotičnim (neživim) in biotičnim (živim) dejavnikom razgradnje. Zaradi vremenskih vplivov – sonce, dež, veter, sneg, onesnažen zrak in podobno – začne les delovati oziroma se poškodbe najprej pojavijo na površini. Spremeni se barva lesa, površina sčasoma postane reliefna. Površinska zaščita se predvidi glede na razred izpostavljenosti.

<i>Razred ogroženosti</i>	<i>Izpostavitveni položaj</i>	<i>Vlaženje</i>	<i>Ogroženost zaradi</i>				<i>Vsebnost vlage</i>
			<i>Insekti</i>	<i>Glive</i>	<i>Izpiranje</i>	<i>modrivke</i>	
I.	nad tlemi pokrito	stalno suho	+	-	-	-	pod 18 %
II.	nad tlemi, pokrito, nevarnost močenja	občasno močenje	+	+	-	-	občasno nad 18%
III.	nad tlemi, nepokrito	pogosto močenje	+	+	+	+/-	često nad 20 %
IV.	v tleh ali vodi	stalna izpostavljenost	+	+	+	+	stalno nad 20 %
V.	v morski vodi	stalna izpostavljenost močenju morske vode	+	-	+	-	stalno nad 20%

Slika 13: Organizmi, ki ogrožajo les glede na mesto uporabe

Vir: SIST EN 335-1, 2006, 13

Lepljeni les s standardno debelino lamel približno 40 mm se lahko uporablja za razred 1. in 2. V kolikor je vgrajen v okolje, kjer je večja izpostavljenost vlagi (npr. bazeni), se uporabi tanjša debelina lamel, in sicer 32 mm. Za razred ogroženosti 4 smrekov lepljen les ni primeren. Za omenjene prve tri razrede se tako uporabljajo različne systemske zaščite s premazi (različni proizvajalci). Tako lesenim konstrukcijam podaljšamo trajnost, obenem pa poudarimo njihove dekorativne lastnosti.

Globinska tlačna impregnacija lepljenega lesa ni primerna, saj vidno spremeni les že obdelano površino, lahko pa pride tudi do razpok na lepljenem nosilcu, kar dodatno negativno vpliva na zunanji izgled. V kolikor so zahteve po tlačni impregnaciji zaradi trajnosti konstrukcije, se tako uporabi žagan les (npr. smreka oz. listavci, ki so že brez impregnacije dosti bolj trajni).

V grobem razdelimo les v tri bistveno različno obstojne skupine:

- zelo obstojen les (hrast, brest, gaber),
- dobro obstojen les (smreka, jelka, bor, jesen, kostanj),
- slabo obstojen les (bukev, javor, breza, lipa, topol, vrba).

Preglednica 3: Razvrstitev pomembnejših lesnih vrst po naravni odpornosti (po SIST EN 350-2)		
Trajnostni razred		Lesne vrste
1	zelo odporne	afzelija (doussié), muhuhu, jarrah, merbau (2), iroko (2), belinga, afrormozija (2), padouk, robinija (2), tik, makore
2	odporne	tisa, kostanj, sipo (3), karri, kempas, azobe, wenge, hrast, bangkirai, meranti (4)*, mahagoni am., framire (3)
3	zmerno odporne	macesen, rdeči bor (4), duglazija, bintangor, tiama, sapeli, oreh
4	slabo odporne	jelka, smreka, okume, limba, brest
5	neodporne	kriptomerija, javor, divji kostanj, jelša, breza, gaber, bukev, jesen, topol, lipa, samba (wawa, abachi)

*Meranti predstavlja komercialno skupino več lesnih vrst

Slika 14: Razvrstitev pomembnejših lesnih vrst po naravni odpornosti

Vir: SIST EN 350-2, 2005, 13

OGNJEODPORNA ZAŠČITA – Na tržišču obstaja veliko požarnih premazov za les, vendar nimajo takšnih učinkov, da bi mogli ščititi les direktno pred požarom. Pri lesenih lepljenih nosilcih oziroma pri lesu je problem, ker ima les gorljivo zgornjo plast lesa. Obenem je to slabost in prednost, ker zagori samo plast 5–10 mm površine, notranjost lesenega prereza pa ostane praktično nepoškodovana. Vzrok je predvsem v izredno slabi termični prevodnosti lesa. Pri gorenju ustvarja namreč na svoji površini zoglenelo plast, ki deluje kot neka vrsta samozaščite.

2.2.5 Predračun za izvedbo lepljenih nosilcev

1	STREHA - nad športno dvorano - (oznaka S2)			
	Kompletna izdelava lesenega ostrešja. Izdelano iz			
	kvalitetnega lesa v dim. točno po projektu. Kompletno z			
	vsemi veznimi sredstvi in sidranjem ostrešja.			
	Ostrešje nad športno dvorano :			
-	lepljeni nosilci (lepljen les II. kategorije)			
-	primarni leseni lepljeni nosilci velikosti 22/220 cm (kom 10)			
	na razmaku 380 cm, 375 cm in 90 cm, dolžina lepljenih nosilcev je cca 32,60 m,			
	(prilagoditi a.b. stebrom)			
-	sekundarci 16/35 cm, na razmaku cca 400 - 410 cm, lepljene lege,			
	dožina sekundarcev cca 360,0 cm, (kom 16)			
-	sekundarci 16/35 cm, na razmaku cca 400 - 410 cm, lepljene lege,			
	dožina sekundarcev cca 475 - 480 cm, (kom 56)			
-	nosilci 20/84 cm, lepljeni nosilci,			
	dožina nosilcev cca 450, 0 cm, (kom 2)			
-	nosilci 20/84 cm, lepljeni nosilci,			
	dožina nosilcev cca 460,0 cm, (kom 7)			
-	nosilci 20/213 cm, lepljeni nosilci,			
	dožina nosilcev cca 450, 0 cm, (kom 2)			
-	nosilci 20/213 cm, lepljeni nosilci,			
	dožina nosilcev cca 460,0 cm, (kom 7)			
-	špirovci 10/20 cm, na razmaku cca 100 cm, lepljeni,			
	skupna dožina špirovcev cca 1605,0 m			
-	zaključne letve - prilagoditi višini nosilcev in debelini izolacije, cca 30,0 cm,			
	skupna dožina cca 87,00 m			
-	vzdolžno zavetrovanje,			
-	zavetrovanje - napenjala,			
	izvedeno z M16, M20, M22			
-	dobava sidrnih pločevin in sidranje v nosilno konstrukcijo po navodilih			
	in detajlih dobavitelja lesene konstrukcije.			
-	odprtine za instalacije po koordinacijskem načrtu			
	Po navodilih in detajlih proizvajalca !			
	(glej konstrukcijo)			
m2		1,623.30	108.87	170,235.47
	SKUPAJ BREZ DDV			170,235.47
	DDV			34,047.09
	SKUPAJ Z DDV			204,282.56

Tabela 3: Predračun za izvedbo lepljenih nosilcev

Vir: Lasten

2.2.6 Terminski plan

OBJEKT: PRIZIDAVA IN DOZIDAVA OSNOVNA ŠOLA LJUDSKI VRT -FAZA II																																	
2. ŠPORTNA DVORANA, KUHINJA																																	
Zap.št.	OPIS DELA	FEBRUAR 2010						MAREC 2010						APRIL 2010						MAJ 2010													
		1	4	9	12	17	22	25	26	1	3	8	11	16	22	25	31	1	6	9	14	19	22	26	30	3	6	11	14	19	24	27	31
	OBRTNIŠKA DELA																																
I.	KROVSKO-KLEPARSKA DELA																																
	Montaža lepljenih nosilcev																																
-	Meritev na gradbišču																																
-	Izris delavniškega načrta ter potrditev z strani projektanta																																
-	Naročilo materiala ter proizvodnja lepljenih nosilcev																																
-	Naročilo transporta ter vseh potrebnih sredstev za transport																																
-	Transport in montaža lepljenih nosilcev nad športno dvorano																																
-	Priprava dokumentacije za teh. pregled, končni obračun del																																

Tabela 4: Terminski plan izvedbe lepljenih nosilcev

Vir: Lasten

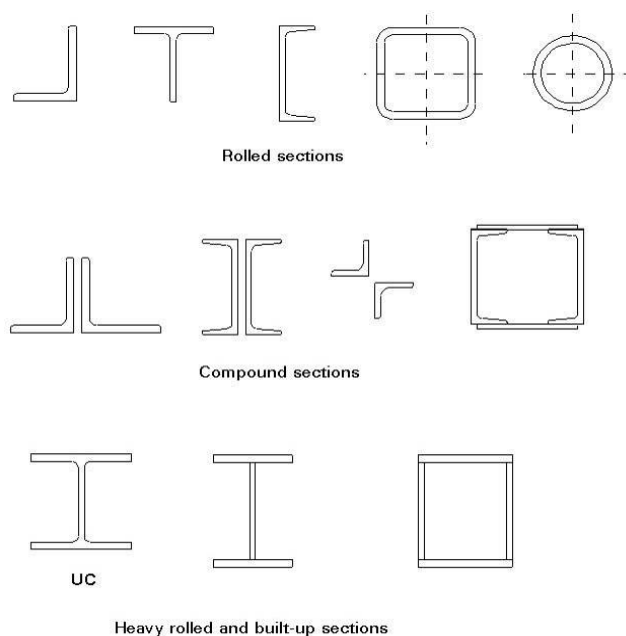
3 JEKLENI NOSILCI

3.1 *Splošno o jeklenih nosilcih*

Najstarejše najdbe, ki kažejo prve znake uporabe železa, izhajajo iz starega Egipta in Mezopotamije in datirajo okoli 4000 let pr. n. št. Egipčani in Sumeri so v tem času iz železa izdelovali nakit, konice sulic in bodala. Železo, ki so ga obdelovali, vsebuje več kot 6 % niklja kot snov meteoritov, kar nakazuje, da je izvor tega železa nezemeljski oz. iz meteoritov. Nikelj (železo) je bil primeren za obdelavo, ne da bi ga bilo potrebno predhodno segreti do temperature tališča čistega železa. Prve najdbe železnih predmetov, ki ne vsebujejo niklja in so zemeljskega izvora, so iz obdobja med 3000 in 2000 let pr. n. št. ter izhajajo iz Anatolije (danes Turčije), Egipta in Mezopotamije. Manjše kepe železa so našli v talilnicah bakra, kar podpira teorijo, da je bilo to železo stranski produkt proizvodnje bakra. Z vpihovanjem zraka skozi votle cevi so v pečeh dosegali višje temperature ognja (do 1200 °C), hkrati pa se je temperatura tališča železove rude z dodajanjem ogljika v obliki oglja znižala. Tako so iz železove rude dobili grude stopljenega železa ali t. i. železov cvet. Ne glede na to, ali so železov cvet dobili kot stranski produkt ali z načrtno proizvodnjo, so v tem obdobju železovo rudo že lahko obdelovali. Ogret železov cvet so nadalje obdelovali s kladivom, da so se znebili neželenih primesi. V Evropi lito železo do 14. stol. ni bilo cenjeno. S pričetkom uporabe jekla za topove pa se je zanimanje za železovo rudo povečalo. Pomemben pobudnik razvoja je bila tudi železnica s svojimi potrebami. Železničarji so potrebovali kvalitetnejši material za tirnice, ki so jih sicer morali menjavati vsakih 6 mesecev in so bile vzrok za številne nesreče. Povečana pridelava jekla je terjala porabo velikih količin oglja, kar je pomenilo ogromno krčenje gozdov, zato je v 17. stol. prišlo do zamenjave oglja s premogom, vendar je premog vseboval žveplo, kar je naredilo jeklo krhko. Rešitev so našli pivovarji, ki jim je pri uporabi premoga za varjenje piva nezaželeno žveplo dajalo smrdljiv priokus pivu. Žvepla so se znebili tako, da so premog pekli, tako da je ostal čisti ogljik – koks. Švedski kemik Torbern Olof Bergman je leta 1781 v svoji znanstveni razpravi *Disseratio Chemica de Analyti Ferri* razkril pomembno vlogo ogljika v železni zlitini in determiniral kompozicijo litega železa, jekla in surovega železa. Odslej je bila razlika med železom in jeklom jasno določena. Britanski izumitelj Henry Bessemer je izumil tehniko masovne proizvodnje jekla in

jo leta 1855 patentiral. Bessemer je med projektiranjem topovskih izstrelkov za britansko vojsko prišel na idejo, da bi iz poceni železne zlitine odstranjevali ogljik, namesto da so ga dodajali dragemu nizko karbonskemu surovemu jeklu. Bessemerjev postopek je zajemal vpihovanje zraka pod velikim pritiskom (s pomočjo parnega stroja) v staljeno surovo železo, kar je imelo dvojni učinek: kisik je nase vezal ogljik in se izločil kot ogljikov dioksid, hkrati pa je oksidacija dobavljala toploto, ki je bila potreba za ohranjanje taline, saj se je z zniževanjem ravni ogljika poviševala talilna temperatura. Odkritje je pomenilo pričetek poceni industrijske proizvodnje jekla. Nemški inženir Carl Wilhelm Siemens je leta 1856 predstavil izboljšavo talilne peči. Iznašel je regeneracijski postopek, na osnovi katerega sta Francoza Emile in Pierre Martin leta 1864 konstruirala in patentirala peč. Ta je dobila ime Siemens-Martinova peč. Pri teh pečeh se uporablja postopek regeneracije toplote tako, da se v plamenskih pečeh temperatura bistveno zviša s predogrevanjem zraka in generatorskega plina, ki služi kot gorivo. S konvektorskim postopkom se proizvajajo kislina in bazična jekla glede na vrsto obloge v konvektorjih, kjer se poleg grodlja tali tudi staro železo. Možnost uporabe starega železa pri proizvodnji novega je pomenila pomemben korak naprej v jeklarski industriji. Angleža Percy Carlyle Gilchrist in Sidney Gilchrist Thomas sta leta 1878 modificirala Bessemerjev proces. Z dodajanjem apnenca ali dolomita sta iz taline odstranila fosfor in žveplo. Možnost odstranjevanja nečistoč je pomenila novo prelomnico, saj sta postali angleška in nemška železova ruda, ki sta vsebovali veliko fosforja, prav tako uporabni za pridelavo kvalitetnega jekla, kot je bila prej švedska ruda. Proces je poimenovan po izumitelju Thomasov proces. Po številnih poizkusih izumiteljev v 19. stol. je elektropeči leta 1900 razvil Francoz Paul L. T. Heroult. V elektropečeh je s pomočjo oglenih elektrod tik nad surovinami ustvarjen električni oblok, ki tali surovine ter zgoreva ogljik. Pri tem postopku ni bilo potrebno dovajati zraka, zato se v talini niso ustvarjali dodatni zračni mehurčki. Elektroobločni postopek je omogočil izdelavo visokokakovostnih in posebnih vrst jekel velike čistoče, ki so jih uporabljali za orodja in vzmetnice. Osnovna pomanjkljivost električnih peči je visoka količina porabljene energije. V 19. stoletju arhitekti visokogradenj uvidijo prednostne lastnosti železa in ga pričnejo uporabljati v svojih konstrukcijah. Najprej uporabijo kovano in potem lito železo. V arhitektonskih konstrukcijah se železo prvič pojavi leta 1785 v Boulognu v Franciji za izgradnjo stropnih konstrukcij. Uporabljali so kovano železo. Te stropne konstrukcije so delo arhitekta Angoa, razponi pa znašajo do 6,50 m. Kmalu za tem kovano železo uporabljajo tudi za izdelavo strešnih konstrukcij. Prvi koraki na poti do

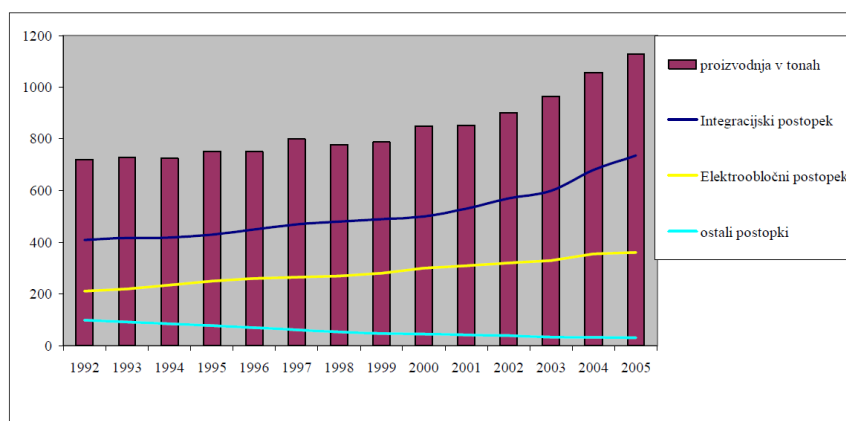
kovinskih, predvsem jeklenih, delno steklenih stavb v visokogradnji so bili narejeni v angleških predilnicah bombaža. Da bi pridobili več prostora in večjo nosilnost podnih površin za stroje, so najprej lesene stebre zamenjali s stebri iz litega železa. Prav tako so izvedli zamenjavo lesenih grednih stropnih nosilcev z nosilci iz litega železa. Ta način gradnje je dal prve železne skelete notranjih zidov, katerih najlepši predstavnik je nedvomno industrijska tekstilna tovarna Manchester v Salfordu, zgrajena leta 1801. Zgradba je dolga 42 metrov, široka 14 metrov in za tisti čas je dosegla rekordno višino z 7 nadstropji. Pri tem so bili stropni nosilci prvič izvedeni v obliki predhodnika današnjega I profila. Leta 1815 se pojavijo prve litoželezne strešne konstrukcije v obliki vešalk in razpiralk po vzoru lesenih konstrukcij. Natezne diagonale so bile iz kovanega železa, tlačne pa iz litega železa. Palične konstrukcije sistema proste grede se najprej pojavijo v Angliji, in sicer leta 1830, na začetku so bile grajene v kombinaciji železa in lesa, pozneje pa samo iz železa. Od 1869 leta se prične proizvodnjo odboje litega jekla. Lito jeklo je zaradi večje nosilnosti in boljših mehanskih lastnosti zelo hitro zamenjalo lito železo. Začenja se masovna proizvodnja litega jekla. Danes je jeklo najbolj recikliran material na svetu. Ocenjujemo, da je od novo proizvedenega jekla približno 42,3 % recikliranega materiala. Vso jeklo, ki je na razpolago, se reciklira. Dolga življenjska doba in uporaba v konstrukcijske namene pomeni zalogo za recikliranje v prihodnosti, da pa bi zapolnili današnje potrebe, je potrebno proizvodnjo tudi jekla iz železove rude. Noben drugi material nam ne bogati življenja tako kot kovine. Vsakodnevno nam kovine prinašajo številne kvalitete življenja, nudijo učinkovito preskrbo z energijo, varujejo toploto in svetlobo, omogočajo lažje potovanje, dajejo našemu življenju varnost in so zgledno okolju prijazne. (Kržič, 1994,5-25)



Slika 15: Različne oblike prečnih prerezov jeklenih nosilcev

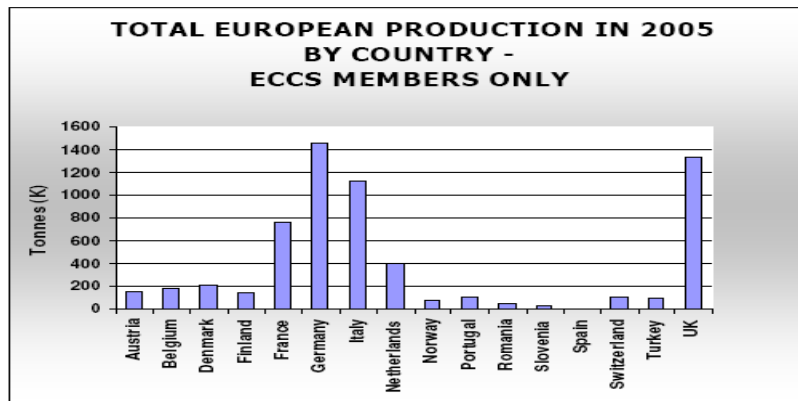
Vir: Domazet, Krstulović-Opara, 2006, 9

Poznamo tri vrste jeklenih nosilcev. Vroče valjani nosilci, pri katerih ni nevarnosti lokalnega izbočenja, so zelo kompaktni, ne potrebujemo ojačitve, najpogosteje so to nosilci iz I profilov. Poznamo še hladno valjane nosilce (HOP) ter varjene nosilce. (Domazet, Krstulović-Opara, 2006, 9)



Graf 5: Letna poraba konstrukcijskega jekla po posameznih državah Evropske unije, v letu 2005

Vir: ECCS, European Convention for Constructional Steelwork, Statistical report 2006

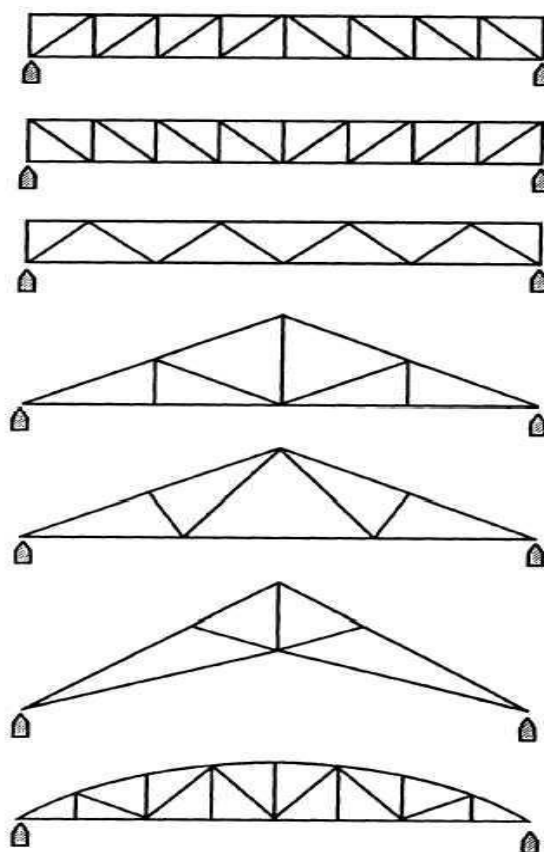


Graf 6: Svetovna proizvodnja surovega jekla 1992–2005

Vir: UK Steel key statistics 2006, Iron and Steel Statistics Bureau (ISSB), London, 2006

3.3.1 Uporaba jeklenih nosilcev

Jekleni nosilci so ena od konstrukcijskih oblik, ki je zelo pogosta pri projektiranju. Omogočajo velike razpone in so zelo pogosto uporabljeni. Jekleni nosilci imajo veliko trdnost, veliko elastično področje in duktilnost, kar jim omogoča širok spekter uporabe.



Slika 16: Različne oblike jeklenih paličnih nosilcev

Vir: Lasten

Jeklene nosilce lahko glede na vrsto uporabe v gradbeništvu delimo v dve glavni skupini:

– *arhitektonske zgradbe*

Mednje uvrščamo konstrukcije za posamezne dele zgradb (npr. strešne konstrukcije in skeletne konstrukcije za arhitektonske, gospodarske, industrijske, prometne in druge zgradbe) ter celotne objekte, kot so hale in športni objekti velikih izmer.

– *inženirski objekti*

Mednje uvrščamo mostove (cestne, železniške in mostove za peš promet, dvizne in okretne mostove, akvadukte ...). Področja uporabe jeklenih konstrukcij se z uveljavljanjem novih tehnologij širijo.

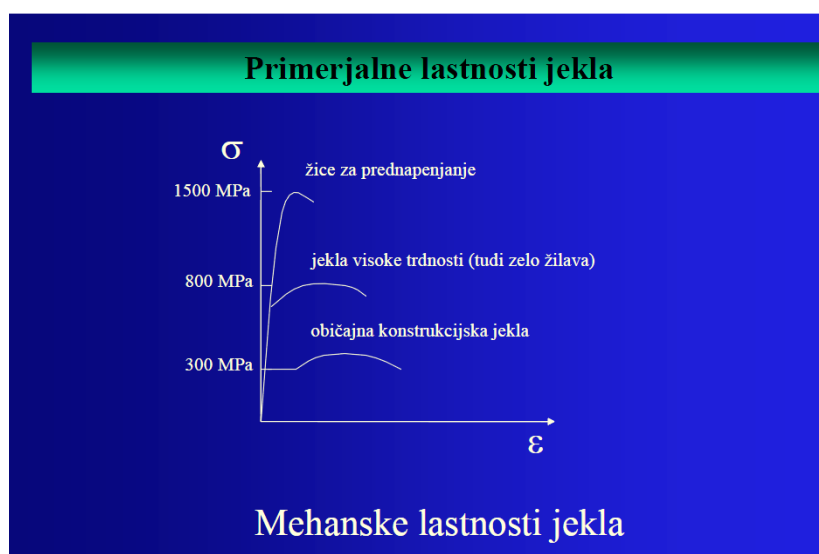


Slika 17: Primer jeklenih paličnih nosilcev na športni dvorani OŠ Ljudski vrt Ptuj

Vir: Lasten

3.1.2 Nosilnost jeklenih nosilcev

Jeklo spada med materiale, ki se po svojih lastnostih in obnašanju lahko na nek način primerjajo z živo materijo. Pri obremenitvah se kovine namreč obnašajo zelo podobno kot les, ki pa je najbolj naraven material. Z deformacijami opozarjajo na trenutke, ko je nosilnost izčrpana – t. i. duktilni lom. Poznan pa je seveda tudi t. i. krhki lom, ki je zelo nevaren in za katerega je značilno, da se porušitev pojavi brez predhodnih deformacij in se ga moramo izogibati. (Kržič, 1990, 17)



Slika 18: Delovni diagram jekla

Vir: Kržič, 1990, 17

Vir: PZI – Načrt gradbenih konstrukcij, 2009, 3

SKUPAJ $0,19 + 0,08 + 0,30 = 0,57 \text{ KN/m}^2$

vozlišče $0,57 \times 4,80 \times 3,06 = 8,40 \text{ KN/vozlišče}$

KORISTNA OBTEŽBA STREH [2]

$0,50 \text{ KN (50 kg)/m}^2$ vključno s fotovoltaike 18 kg/m^2

V vozlišču

$4,80 \times 3,06 \times 0,50 = 7,30 \text{ KN/vozlišče}$

INSTALACIJE [3] 5 kg/m^2

vozlišče $4,80 \times 3,06 \times 0,05 = 0,73 \text{ KN/vozlišče}$

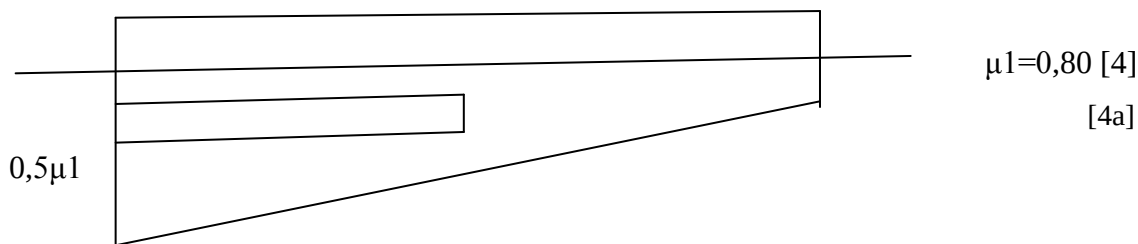
OBTEŽBA SNEGA [4] [4a]

Ptuj nm=250 m cona A2

Sneg na tleh

$s_k = 1,293[1 + (250 / 728)^2] = 1,45 \text{ KN/m}^2$

naklon strehe $6^\circ \rightarrow$ enokapne strehe



$S = 0,18 \times 1,45 = 1,68 \text{ KN/m}^2$

$s/2 = 0,58 \text{ KN/m}^2$

v vozlišču

$s = 1,16 \times 4,80 \times 3,06 = 17,04 \text{ KN/vozlišče}$

$s/2 = 17,04 / 2 = 8,52 \text{ KN}$

OBTEŽBA VETRA [5]

Objekt $l=44$ m, $\text{š}=31$ m

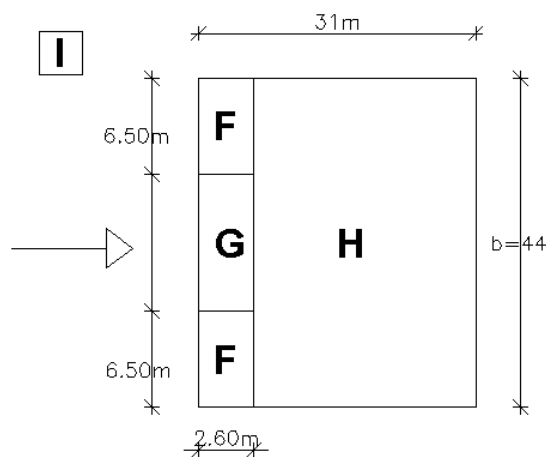
Cona 1, $h < 800$ m, $v = 20$ m/sek

$$q_b = v^2 / 1600 = 0,25 \text{ KN/m}^2$$

višina objekta $H=13$ m $\rightarrow$ kategorija terena **III**

$$C_e(z) = 1,80$$

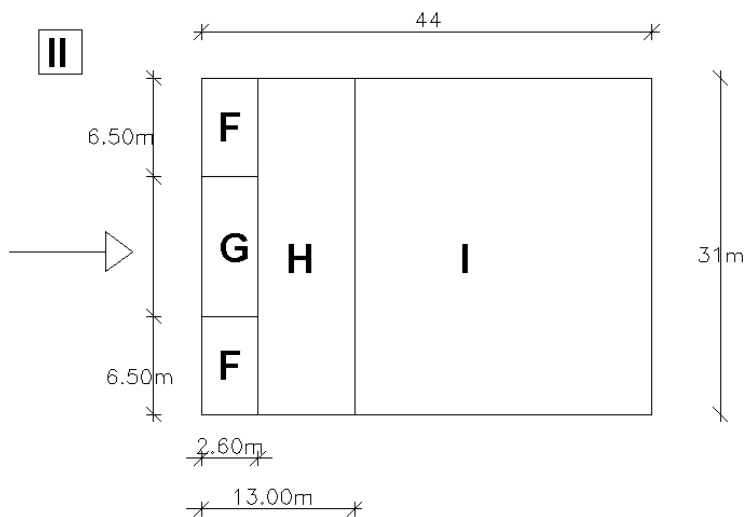
$$q_p = q_b \times C_e(z) = 0,25 \times 1,80 = 0,45 \text{ KN/m}^2$$



$$e=2h=26\text{m}$$

C_{pe}

$$\begin{array}{l} F=-2.50 \\ G=-2.00 \\ H=-1.20 \end{array} \left| \begin{array}{l} \theta 180^\circ \\ \text{zrcalno} \end{array} \right.$$



C_{pe}

$$\begin{array}{l} F=-2.60 \\ G=-1.80 \\ H=-1.20 \\ I=-0.50 \end{array}$$

$$\underline{C_{pi}=\pm 0.30}$$

Ploskev G

$$c_{pe}+c_{pi} = -2 - 0,30 = -2,30$$

$$q_w = -2,30 \times 0,45 = -1,04 \text{ KN/m}^2$$

Ploskev H

$$C = -1,20 - 0,30 = -1,50$$

$$q_w = -1,50 \times 0,45 = -0,68 \text{ KN/m}^2$$

Varnostni faktorji pri dvigu strehe

STALNE TEŽE → KRITINA

LEGE

NOSILEC

$$\text{KRITINA} = 0,33 \text{ KN/m}^2$$

$$\text{LEGE} = 0,08 \text{ KN/m}^2$$

$$\text{NOSILEC} = 0,90 / 0,48 = 0,19 \text{ KN/m}^2$$

$$= 0,57 \text{ KN/m}^2$$

$$\text{VETER } 2,60 \times 1,04 + (3,0 + -2,60) \times 0,68 = 21,81 / 30,70 = 0,71 \text{ KN/m}^2$$

$$G < W_k$$

$$\gamma_g = 1,00$$

$$\gamma_Q = 1,50$$

V vozlišču

$$W = 0,71 \times 4,80 \times 3,06 = 10,43 \text{ KN/vozl}$$

$$W/2 = 10,43 / 2 = 5,21 \text{ KN/vozl}$$

ZAVESA [6]

$$\Sigma g + \text{podkonstr.} \quad 16 \text{ KN} / 7 = 2,30 \text{ KN/vozl}$$

$$\text{Veznik} \quad l = 30,70 \text{ m} \quad e = 4,80 \text{ m}$$

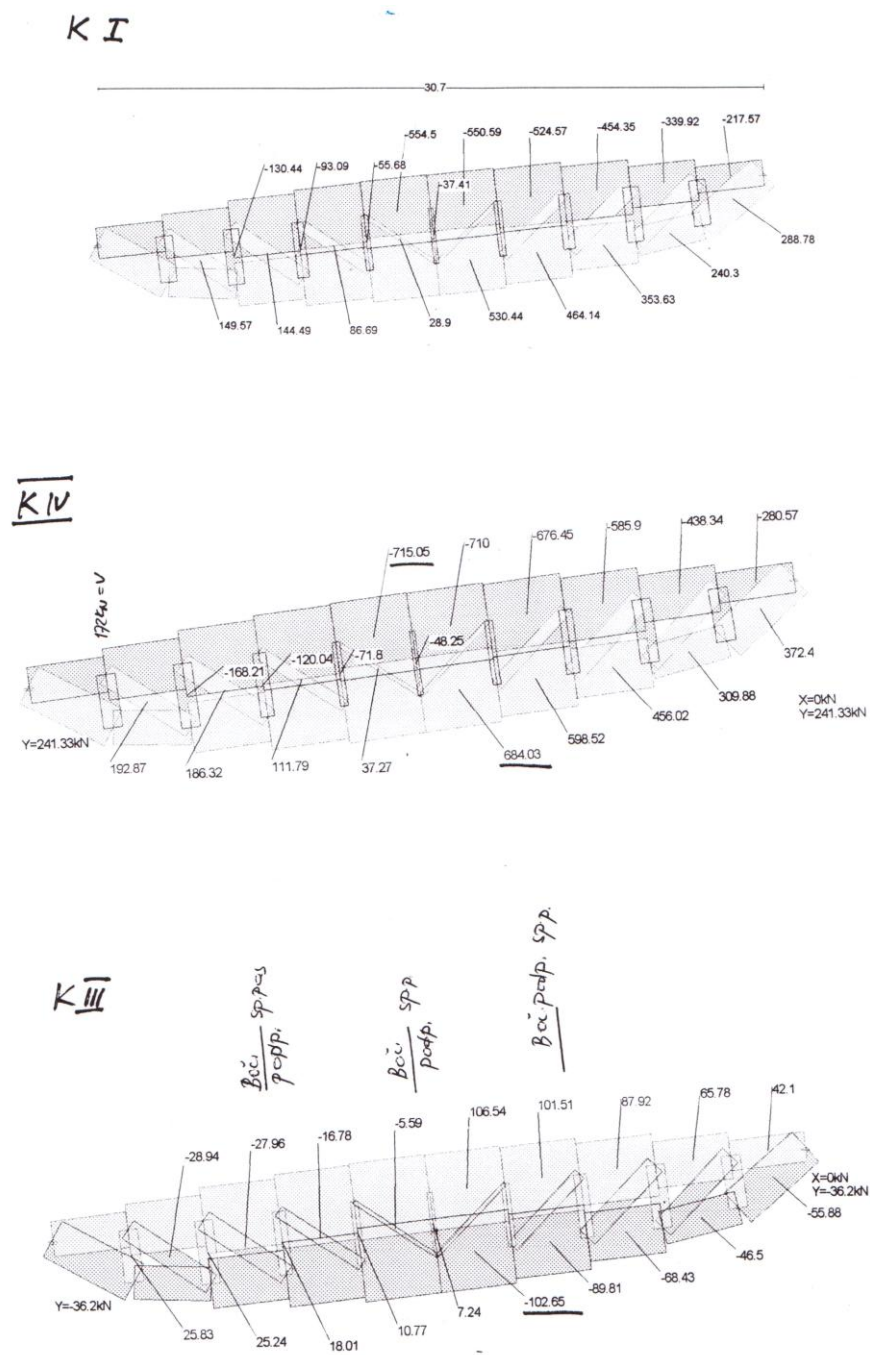
KOMBINACIJE OBREMENITEV

$$\text{K I} \quad 1,35 [1] + 1,50 [4]$$

$$\text{K II} \quad 1,35 [1] + 1,50 [4a]$$

$$\text{K III} \quad 1,00 [1] + 1,50 [5]$$

$$\text{K IV} \quad 1,35 [1] + 1,50 [4] + 1,35 [2][3]$$



Slika 20: Diagrami notranjih statičnih količin jeklenih nosilcev s kombinacijami optežb

Vir: PZI – Načrt gradbenih konstrukcij, 2009, 8

ZG. PAS HEA 180

S235 JR

STABILIZACIJSKE SILE

$$m=1$$

$$e_0 = \alpha_m L / 500 \quad \alpha_m = \sqrt{0.50(1+1/m)} = 1$$

$$q_d = 3 \Sigma N_{ed} / L = 1 / 43 \times (2 \times 715 + 535 / 30,70) = 1,50 \text{ KN/m}$$

$$M_d = q_l^2 / 8 = (30,70^2 \times 1,50) / 8 = 176,70 \text{ KN} \quad N_d = 176,70 / 4,80 = 37 \text{ KN}$$

$$N_{sd} = 715 + 37 = 752 \text{ KN}$$

$$\text{bočno varovanje } L_T = 3 \text{ m}$$

$$N_b \geq R_d = 774 \text{ KN} > 752 \text{ KN}$$

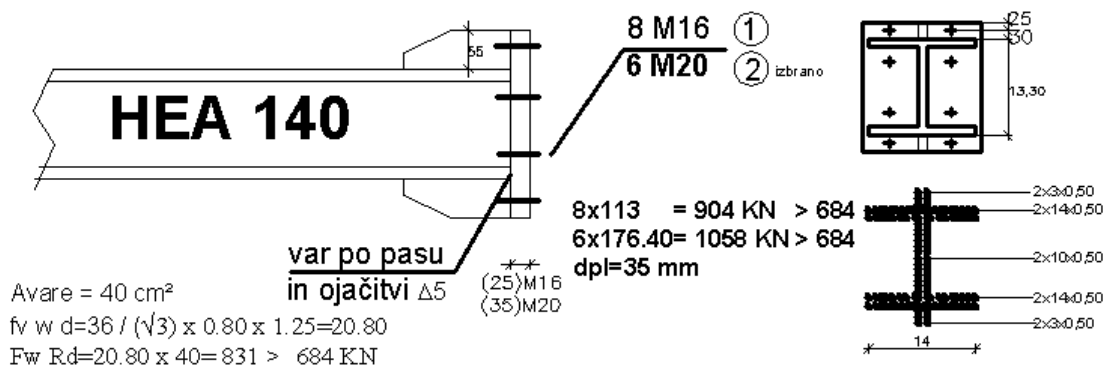
SP. PAS HEA 140 S235 JR

$$\text{nateg } 684 \text{ KN}$$

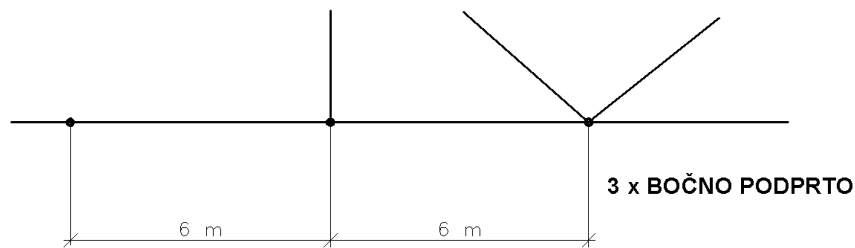
$$\text{tlak } 103 \text{ KN (srednji del pasu)}$$

$$L_T = 2 \times 3,07 = 6,14 \text{ m}$$

$$\text{nateg } N_{sd} < A f_y / \gamma (=1) = (31,40 \times 23,50) / 1 = 747 \text{ KN} > 684 \text{ KN}$$

**SP. PAS**

$$\text{tlak}$$



$N_{sd} = 103 \text{ KN tlak} < 172 \text{ KN Nb z Rd}$

D1 , D2 100 x 60 x 5

S 235 JR

$F = 14,1 \text{ cm}^2 \quad i = 2,36 \text{ cm} \quad L_u = 4,05 \text{ m} \quad g = 11,10 \text{ kg/m}$

nateg 193 KN

tlak 29 KN

$N_{sd} < A f_y / \gamma = 14,10 \times 23,50 / 1$

$193 < 331 \text{ KN}$

var $\Delta 5$

$f_v w_{Rd} = 36 / \sqrt{3} \times 0,80 \times 1,25 = 20,80 \text{ KN/m}$

$A_v = 0,50 \times (20 + 10) = 15 \text{ cm}^2$

$F_v w_{Rd} = 15 \times 20,8 = 312 \text{ KN} > 193 \text{ KN}$

$N_b z_{Rd} = 84 \text{ KN} > 29$

VERTIKALE V1 V2 100 x 100 x 4

S 235 JR, hladno valjano

$g = 12 \text{ kgm}$

$L_u = 260 \text{ cm}$

$F = 15 \text{ cm}^2$

$i = 3,91$

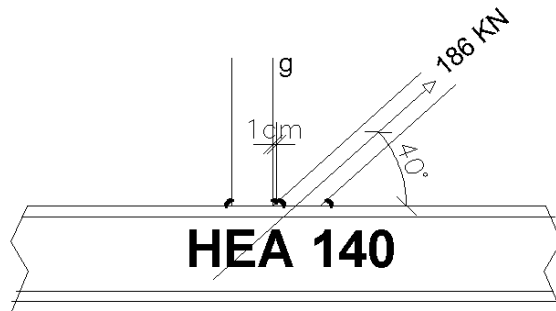
$\Lambda = 66,50$

$N_b z_{Rd} = 274 \text{ KN} > 172 \text{ KN}$

var Δy

$F_v w_{Rd} = 40 \times 0,40 \times 20,80 = 332$

KONTROLA PRIKLJUČKOV D1 , D2



$$G / t_f = > 20 - 28 \zeta \rightarrow 1,18 > 20 - 28 \times 0,75$$

$$1,18 > 0$$

$$g / t_f = 1 / 0,85 = 1,18 \rightarrow 1,18$$

$$\zeta = 10 / 14 = 0,71$$

$$\gamma = 10 / 0,50 \times 2 = 10$$

$$\zeta < 1,0 - 0,03 \times 10 = 0,70$$

Ni kontrole ef. šir

STABILNOST STOJINE PASU

$$(f_y t_w b) / \sin 40^\circ \times 1,10 = 23,50 \times 0,85 \times 14 / (0,64 \times 1,10) = 397 \text{ KN} > 186 \text{ KN}$$

STRIG PASU

$$A_v = A - 2 b t_f + (t_w + 2 r) \times t_f = 31,40 - 2 \times 14 \times 0,85 + (0,55 + 2 \times 1,20) \times 0,85 = 10,11$$

$$N_i R_d = (23,50 \times 10,11) / (\sqrt{3} \sin 40^\circ \times 1,10) = 194 \text{ KN} > 186 (192)$$

VERTIKALA V3

$$L_u = 260 \text{ cm} \quad N_{sd} = 120 \text{ KN}$$

90 x 90 x 3,20

$$N_b R_d = 180 \text{ KN} > 120$$

$$V_{AR} = 4 \times 9 \times 0,30 = 10,80 \text{ cm}^2$$

$$F_v w R_d = 10,80 \times 20,80 = 224 \text{ KN} > 120$$

$$\text{VERTIKALA V4} \quad \mathbf{90 \times 90 \times 3,20} \rightarrow 180 > 71$$

$$\text{VERTIKALA V5} \quad \mathbf{80 \times 80 \times 3,20}$$

$$N_b R_d = 150 \text{ KN} > 48 \text{ KN}$$

D3, D4 90 x 50 x 4 S 235 JR

tlak -17 KN $F = 10,10 \text{ cm}^2$

nateg 112 KN

Nb Rd= 44 > 17

$A_{xfy} / \gamma = 10,10 \times 23,50 / 1 = 237 \text{ KN} > 112$

NIŽJI NOSILEC

Glej tudi prejšnja izvajanja

[1] STALNA 0,57 KN/m²

Vozl. $0,57 \times 3,06 \times 2,80 = 4,90 \text{ KN}$

[2] KORISTNA STREHE 0,50 KN/m²

Vozl. $0,50 \times 3,06 \times 2,80 = 4,30 \text{ KN}$

[3] INSTALACIJE 5 kg/m²

Vozl. $0,05 \times 3,06 \times 2,80 = 0,43 \text{ KN}$

[4] SNEG SIMETRIČNO

$1,16 \times 3,06 \times 2,80 = 9,95 \text{ KN}$

[4 a] SNEG ASIMETRIČNO

5,00 KN

[5] VETER

$0,71 \times 3,06 \times 2,80 = 6,10 \text{ KN}$

[6] ZAVESA

Vozl = 2,20 KN

KOMBINACIJE OBREMENITEV

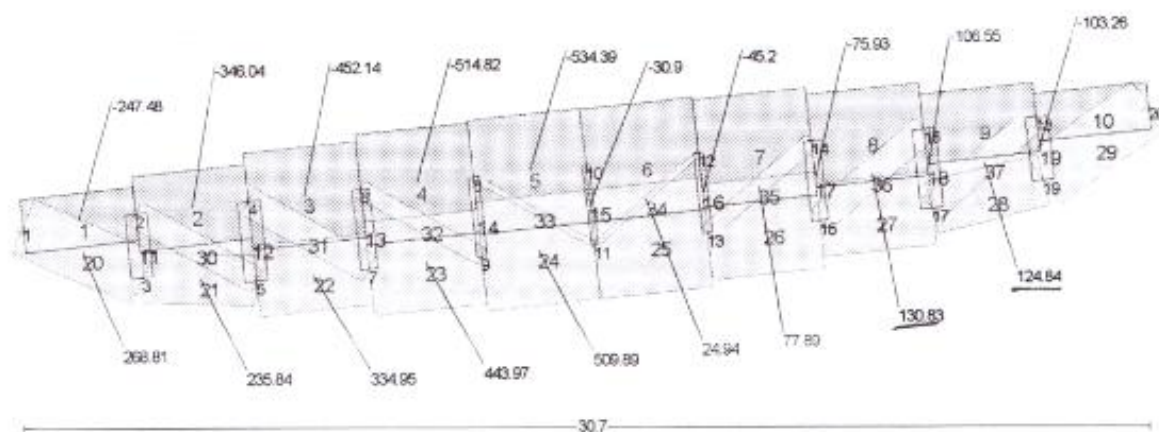
K I 1,35 [1] + 1,50 [4]

K II 1,35 [1] + 1,50 [4a]

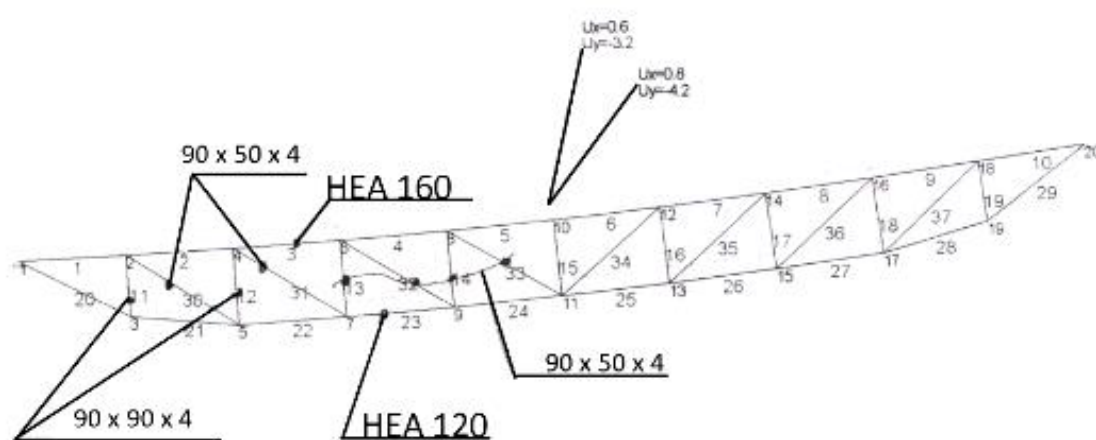
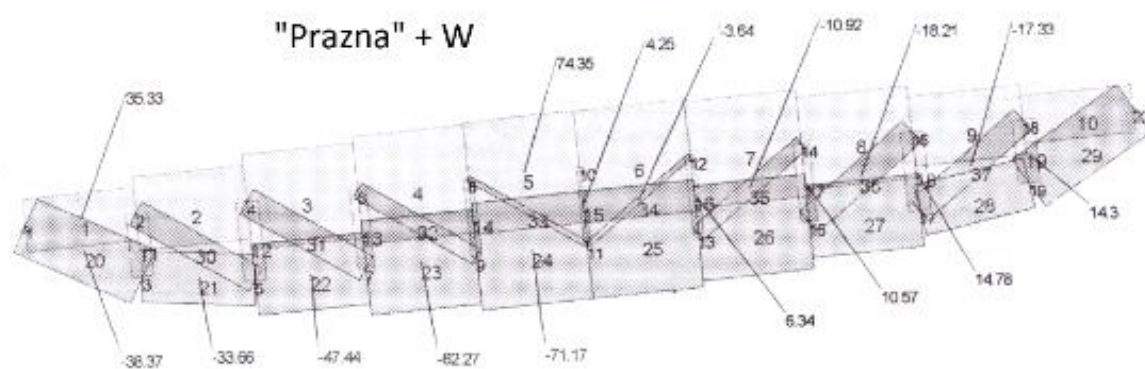
K III 1,00 [1] + 1,50 [5]

K IV 1,35 [1] + 1,50 [4] + 1,35 [2][3] [6]

Polna K4



"Prazna" + W



Slika 21: Diagrami notranjih statičnih količin jeklenih nosilcev s kombinacijami obtežb

Vir: PZI – Načrt gradbenih konstrukcij, 2009, 8

ZGORNJI PAS HEA 160 S235 JR

$N_{sd} = 74 \text{ KN}$ nateg

$N_{sd} = 535,40 \text{ KN}$ tlak

Bočne podpore pri tlaku $L_t = 3 \text{ m}$

$N_b \text{ z } R_d = 608 \text{ KN} > 535,40 \text{ KN}$

SPODNJI PAS HEA 160 S235 JR

$N_{sd} = 510 \text{ KN}$ nateg

$N_{sd} = 71 \text{ KN}$ tlak

$A f_y = 25,30 \times 23,50 = 594,60 \text{ KN} > 510 \text{ KN}$ nateg

Tlak boč. Podp. $L_t = 6 \text{ m}$

$N_z \text{ z } R_d = 107 \text{ KN} > 71 \text{ KN}$

spoj principiarno enako

D1, D2	90 x 50 x 4
---------------	--------------------

S235 JR $A = 10,10 \text{ cm}^2$ $i_{\min} = 2 \text{ cm}$ $L_u = 380$

nateg 130 KN

tlak 18 KN

$A f_y = 10,10 \times 23,50 = 237 \text{ KN} > 130 \text{ KN}$

$N_z \text{ z } R_d = 45 \text{ KN} > 18 \text{ KN}$

VSE DIAGONALE ENAKO

$V_1 = 90 \times 90 \times 4$

$L_u = 175 \text{ cm}$

$N_{sd} = 103 \text{ KN}$ $N_b \text{ z } R_d = 275 \text{ KN} > 103 \text{ KN}$

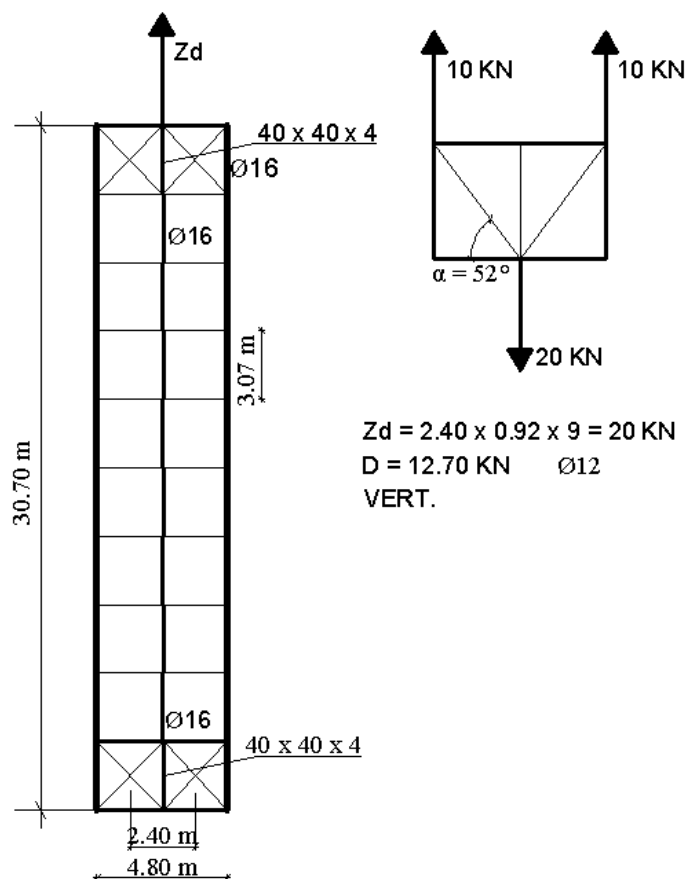
$V_2 = 90 \times 90 \times 4$

$L_u = 220 \text{ cm}$

$N_{sd} = 107 \text{ KN}$ $N_b \text{ z } R_d = 250 \text{ KN} > 107 \text{ KN}$

OSTALE VERTIKALE 90 x 50 x 4

IN DIAGONALE 90 x 50 x 4



Slika 23: Prerez jeklenega nosilca s prikazanimi silami

Vir: PZI – Načrt gradbenih konstrukcij, 2009, 11

STREŠNE LEGE IPE 160 S235 JR

vmesne razdalje $l = 3,07 \text{ m}$

kontinuiran nosilec $L = 3 \times 4,80 \text{ m}$

naklon 6°

lastna teža 19 kg/m

bočne podpore $LT = 4,80 / 2 = 2,40 \text{ m}$

Obtežba :

$LT = 0,20 \text{ kN/m}$

Kritina $0,30 \times 3,07 = 0,92 \text{ kNm}$

Koristna obtežba strehe $0,50 \times 3,07 = 1,54 \text{ kN/m}$

Instalacije $0,05 \times 3,07 = 0,15 \text{ KN/m}$

Sneg $1,16 \times 3,07 = 3,56 \text{ KN/m}$

WETER: OBMOČJE F

$$W1 = (2,60 + 0,30) \times 3,07 \times 0,45 = 4 \text{ KNm}$$

OBMOČJE G

$$W1 = (1,20 + 0,30) \times 3,07 \times 0,45 = 2,10 \text{ KNm}$$

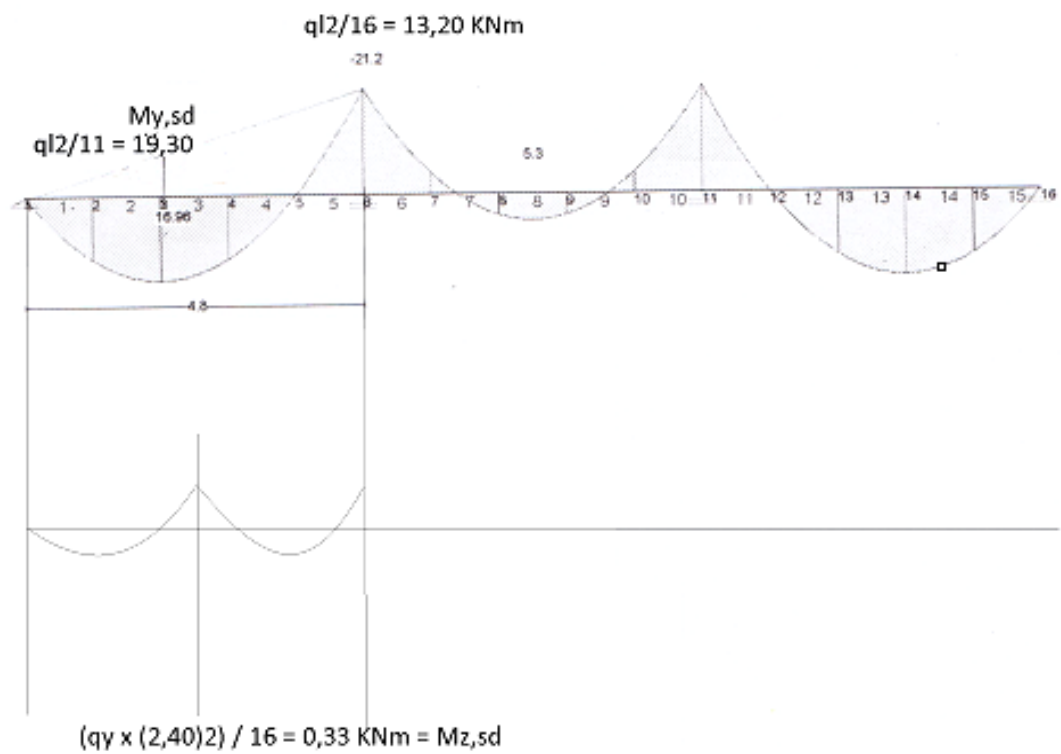
Wfd pri $\gamma_g = 1,00$

$$\gamma_w = 1,50$$

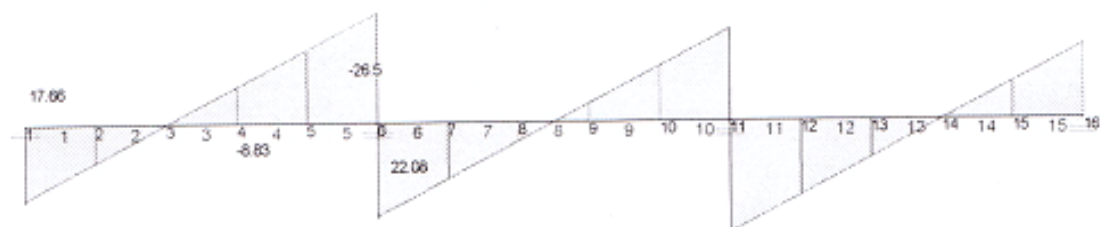
$$Wfd = 1,00 (0,20 + 0,92) + 1,50 \times 4 = -5,90 \text{ KNm}$$

$$Wgd = 1,00 (0,20 + 0,92) + 1,50 \times 2,10 = 3,15 \text{ KNm}$$

ni merodajne Msd = 8,50 KNm



→ ←
 $N_{sd} = 20,80$ KN (glej vezi)



Slika 24: Diagrami notranjih statičnih količin jeklenih nosilcev

Vir: PZI – Načrt gradbenih konstrukcij, 2009, 13

Maximalna obremenitev leg

G = KRITINA, KORISTNA OBTEŽBA STREHE, LT, INSTALACIJE

$$0,30 + 0,50 + 0,08 + 0,05 = 0,93 \text{ KN/m}^2$$

$$S = \text{sneg} = 1,16 \text{ KN/m}^2$$

$$q_{zd} = (0,93 \times 3,07) \times 1,35 + 1,16 + 3,07 \times 1,50 = 3,85 + 5,34 = 9,20 \text{ KN/m}$$

$$q_{yd} = 0,92 \times \sin 6^\circ = 0,92 \text{ KNm}$$

$$M_{sy} \rightarrow y_1 \rightarrow 0,93 \times 3,07 + 1,16 \times 3,07 = 2,86 + 3,56 = 6,40 \text{ KNm}$$

$$d_{1z} = 0,56 \text{ cm} \quad 1 / 857 \quad \left| \quad 1,26 \text{ cm} \quad 1/380\right.$$

$$d_{2z} = 0,70 \text{ cm} \quad 1 / 685$$

$$d_y = 0,30 \text{ cm}$$

$$d = \sqrt{1,26^2 + 0,30^2} = 1,30 \rightarrow 480/1,30 = 1/370$$

PRVO POLJE IPE 160 S235 JR

1 x bočno podprt , klasa I $\rightarrow$ up + tlak

$$M_{ysd} = 19,30 \text{ KNm}$$

$$M_{zsd} = 0,33 \text{ KNm}$$

$$N_{sd} = 20,80 \text{ KN}$$

$$V_{zsd} = 0 \text{ KN}$$

Odpornost prereza

$$M_{pl} y R_d = 29,40 \text{ KNm} > 19,30 \text{ KNm}$$

$$M_{pl} z R_d = 6,20 \text{ KNm} > 0,33 \text{ KNm}$$

$$N c R_d = 476 \text{ KN} > 20,80 \text{ KN}$$

$$P_{ri} V_{sd} < 0,50 V R_d$$

$$N_{sd} < 0,25 N R_d$$

$$N_{sd} < 0,50 A_{st} f_y$$

$$M_{sd}^{\gamma} < M_{n \gamma} R_d$$

Odpornost elementa

TLAČNA SILA

$$N_y \text{ b } R_d = 422 \text{ KN}$$

$$N_z \text{ b } R_d = 173 \text{ KN (1 x bočno podprt)}$$

BOČNO IZVIJANJE

$$M_b R_d = 17,40 (0,106 \times 4,80 + 1,044) = 27,20 \text{ KNm} > 19,30 \text{ KNm}$$

INTERAKCIJA M, N z bočnim izvijanjem

$$M_q = 24$$

$$\Delta M = 13,20 + 19,30 = 32,50$$

$$\begin{aligned} \zeta_{My} &= 1,80 + (M_q / \Delta M) (\zeta_{Mq} - \zeta_{M\phi}) \\ &= 1,80 + (24 / 32,50) (1,40 - 1,80) = 1,50 \end{aligned}$$

$$\bar{\Lambda}_z = L_{iz} / i_z \Lambda_1 = 240 / (1,84 \times 93,90) = 1,40$$

$$\mu_{LT} = 0,15 \times 1,40 \times 1,50 - 0,15 = 0,17 < 0,90$$

$$k_{LT} = 1 - ((0,17 \times N_{sd}) / N_z R_d) = 0,98 < 1$$

$$\begin{aligned} N_{sd} / N_z \text{ b } R_d + ((k_{LT} M_{ysd}) / M_b R_d) &= 20,80 / 173 + ((0,98 \times 19,30) / 27,20) = 0,12 + 0,70 \\ &= 0,82 < 1 \end{aligned}$$

Tabela 7: Statični izračun jeklenih nosilcev

Vir: PZI – Načrt gradbenih konstrukcij, 2009, 3-22

3.1.3 Prednosti ter slabosti jeklenih nosilcev

Jeklene konstrukcije sodobnih materialov imajo naslednje dobre lastnosti:

Z jeklom je mogoče doseči izjemno estetski izgled. Medsebojno spajanje jeklenih delov s pomočjo sodobne tehnologije varjenja, ki je možno v vseh položajih in okoljih (celo pod vodo), daje konstrukcijo res lep estetski videz gladke površine. Jeklo po svoji naravi omogoča čiste linije, vitkost in velike razpone za prestižne arhitekturne dosežke. Jeklo poleg arhitekturne lepote izkazuje lastnikove ambicije. Številne jeklene konstrukcije spadajo med največje svetovne dosežke. Jeklene konstrukcije so zgrajene iz homogenega in žilavega materiala z visokimi statičnimi in dinamičnimi trdnostnimi lastnostmi. Zaradi izjemno ugodnega razmerja med nosilnostjo in težo so zelo lahke in zahtevajo manjše temelje. Jekleni

skeletni sistemi s sovprežnimi stropnimi ploščami in stebri se v primeru potresa obnesejo mnogo bolje od betona, zato so posebej primerni za gradnjo na potresnih območjih. V fazi načrtovanja se lahko investitor odloči za postopno gradnjo po sklopih. V primeru povečanja pogojev obtežitve, se lahko enostavno okrepijo posamezni nosilni elementi, dodajo novi ali se drugače prilagodijo. Prilagodljivost v fazi načrtovanja v smislu projektiranja pa omogoča razvoj računalništva. Projektiranje s pomočjo CAD/CAM programov je mnogo bolj enostavno, kot je bilo nekoč ročno risanje načrtov, predvsem pa se načrte v elektronski obliki mnogo lažje spreminja in prilagaja. Objekt lahko izvajalec zgradi v izredno kratkem času. Na gradbišču se lahko izvaja več del hkrati. Ob dokončanju gradbenih del ene etaže, se lahko nadaljujejo dela na naslednji etaži, hkrati pa se na prejšnji etaži izvaja obrtniška dela. Izdelava predsestavljenih konstrukcijskih elementov poteka v delavnicah in je neodvisna od vremena in letnega časa, torej ne omejuje možnosti letnega časa graditve objekta. Večinska izdelava konstrukcije v tovarni zmanjšuje stroške gradbišča. Na gradbišču ugotovljene pomanjkljivosti se odpravljajo lažje kot pri betonski in leseni izvedbi. Objekt je enostavneje prilagajati potrebam. V primeru večjega svetlega prostora brez ovir, se lahko naknadno vgradi dopolnilne modularne konstrukcijske elemente, kot je npr. zavesna stena, ki se enostavno in učinkovito priključi na konstrukcijo. Pri jeklenih konstrukcijah se lahko doseže od 12 do 18 m in več svetle širine prostorov, kar omogoča uporabniku, da enostavno spreminja namembnost uporabe stavbe. Dograjevanje in nadgradnja sta enostavnejša, zlasti če sta v projektih že predvidena. Relativno majhna teža jekla omogoča enostavno izvedbo adaptacij v prihodnosti tudi brez dodatnih ojačitev. Spreminjaje instalacij se lahko izvede hitro in učinkovito, saj se lahko spojene konstrukcijske elemente hitro razstavi in ponovno sestavi v kakršnikoli obliki je potrebno. Enostavno se lahko uvedejo novi vijačni ali varjeni spoji za dodatne namene ali spremembe uporabe. Objekt je možno tudi demontirati in ga po potrebi parcialno ali v celoti prestaviti na drugo lokacijo. Ena najpomembnejših prednosti jeklenih konstrukcij je reciklabilnost. Druga, prav tako pomembna, je možnost zasnovanja zgradbe, ki bo energetsko izjemno varčna. Jeklo je v osnovi čist, uporabniku prijazen material brez prahu in okruškov ter z malo odpadkov in posledično tudi brez uporabe opreme, ki bi povzročala take probleme. Izgled jekla se velikokrat označuje kot nenaraven videz, čeprav je jeklo naraven material. Arhitekt lahko s sodobnimi materiali načrtuje objekt, ki bo po videzu ohranjal prvobitno in nedotaknjeno naravo ter z barvanjem doseže učinkovito prilagojenost objekta k okolju. Z

nesimetričnimi oblikami se lahko objekt umesti v naravni okvir tako, da je čim bolj neopazen in se z naravo čim bolj spoji. Prilagodljiv je tudi za vodenje elektro in strojnih instalacij.

Jeklene konstrukcije sodobnih materialov imajo naslednje slabe lastnosti, med katere spadajo:

- Korozija jeklenih nosilcev povzroča veliko ekonomsko škodo, zato si stalno prizadevamo za njeno zmanjšanje. Na korozijo vplivajo različni dejavniki. Pojavlja se pri različnih pogojih in izkazuje se v mnogih oblikah. Najpogostejši mediji, povezani s korozijo, so vodne raztopine, kot so naravne vode, atmosferska vlaga, dež in tudi umetne raztopine. Ti mediji imajo ionsko prevodnost, saj so delno ali v celoti dislocirani. Jeklo je material, ki se glede odziva na ogenj obravnava kot razred A1 in ga ni treba preskušati. A1 pomeni, da je negorljiv in ne prispeva k požarni obremenitvi. Problem pa nastane drugje.
- Pri povišani temperaturi pa jeklo te svoje dobre mehanske lastnosti izgubi. Stroka je vpeljala izraz »kritična temperatura«. To je temperatura, pri kateri jeklo prestopi mejo plastičnosti in ni več nosilni gradbeni element. V povprečju je ta temperatura približno 500 °C. Pri tem nastanejo visoki stroški požarne zaščite jeklene konstrukcije.
- Gradnja s jeklom je rentabilna le pri večjih objektih. Za manjše objekte je nabavna cena materialov prevelika v primerjavi s ceno gotovega objekta.

3.1.4 Zaščita jeklenih nosilcev

Odvisno od zahtev se zaščita jeklenih nosilcev nanaša samo za zaščito s antikorozijsko barvo. Sodobna protikorozijska zaščitna sredstva zagotavljajo jeklenim konstrukcijam potrebno trajnost. Poznamo temeljne, medstojne, pokrivne in namenske premaze, ki so lahko enokomponentni, dvokomponentni ali večkomponentni s cinkovim prahom ter metalizacijo jekla s cinkom. Primerna specifikacija in ustrezna izvedba zaščite pa znatno zmanjšata stroške vzdrževanja v prihodnosti. V večini primerov pa je potrebna požarna zaščita jeklenih nosilcev. (Celarc, 1998, 3-9)

Požarno zaščito jeklenih konstrukcij lahko razdelimo na tri skupine:

- ***požarno odporni premazi,***
- ***požarno odporni obrizgi in***
- ***požarno odporne plošče.***

Vsaka skupina ima svoje prednosti in tudi slabosti.

Požarno odporni premazi so večslojni premazi, ki nudijo požarne odpornosti običajno do 30 minut. Jekleno konstrukcijo se speska, zaščiti z ustrezno antikorozijsko osnovno barvo, nanese se zaščitni intumescenčni sloj (sloj, ki pri povišani temperaturi močno poveča svoj volumen in nastane ogljikova pena, ki je dober izolator) in končni ali zaključni premaz (ta se uporablja tam, kjer je intumescenčni premaz izdelan na vodni osnovi, saj bi lahko vpliv vode na za sloj povsem izničil delovanje zaščitnega premaza). Pri nanašanju zaščite je vedno potrebno upoštevati navodila proizvajalca in za to delo zadolžiti ljudi, ki dobro poznajo vse postopke nanašanja premaza. Premazi se nanašajo v več slojih in največkrat z zračnimi pištolami za brizganje, katere pa predstavljajo od 10 do 20 % izgube pri nanašanju, odvisno od oblike konstrukcije.

Požarno odporni obrizgi so mešanice različnih materialov s hidravličnimi vezivi in dodatki za doseganje posebnih lastnosti. Osnovni materiali, ki se uporabljajo v teh maltah, so vedno materiali, ki so že sami po sebi negorljivi. To je bil včasih azbest, nato mineralna volna, danes sta to vermikulit ali perlit. Nanašanje obrizga na jekleno konstrukcijo je zahtevno in zamudno delo, četudi je strojno, njegova bistvena slabost pa je, da obteži konstrukcijo z dodatno težo približno 25 kg/m² zaščitene površine.

Požarno odporne plošče so plošče različnih debelin iz različnih materialov, ki so požarno odporne in se enostavno pritrjujejo na jekleno konstrukcijo različnih oblik. Vse te plošče morajo zadostiti osnovnim zahtevam požarnega varstva ter zahtevam različnega okolja, kateremu bodo izpostavljene v uporabi. Glede na težo plošč za požarno zaščito lahko razdelimo v 3 skupine: plošče s težo do 300 kg/m³ (plošče iz mineralne volne, ki jih poleg nizke teže odlikuje še nizka cena); plošče s težo od 300 kg/m³ do 600 kg/m³ (večja teža zahteva poseben sistem pritrdjevanja in prenos teže na nosilno konstrukcijo); plošče s težo nad

600 kg/m³ (so najbolj kompaktne in nudijo najdaljšo požarno odpornost). Pri ploščah je zelo pomemben podatek, iz kakšnih sestavin je material in kako ga po uporabi skladiščimo na deponiji. Različni standardi predpisujejo različne razrede požarne zaščite jeklenih konstrukcij. (Celarc, 1998, 3-9)

3.1.5 Predračun za izvedbo jeklenih nosilcev

1	Izdelava nosilne jeklene konstrukcije športne dvorane kompletno sa zavetrovanjem in s protipožarnim premazom EI 30. Z vsem potrebnim pritrdilnim materialom in prevozi					
kg				40,601.80	4.00	162,407.20
SKUPAJ BREZ DDV						162,407.20
DDV						32,481.44
SKUPAJ Z DDV						194,888.64

Tabela 8: Predračun z izvedbo jeklenih nosilcev

Vir: Lasten

3.1.6 Terminski plan

Zap.št.	OPIS DELA	FEBRUAR 2010								MAREC 2010								APRIL 2010								MAJ 2010							
		1	4	9	12	17	22	25	26	1	3	8	11	16	22	25	31	1	6	9	14	19	22	26	30	3	6	11	14	19	24	27	31
	OBRTNIŠKA DELA																																
I.	KROVSKO-KLEPARSKA DELA																																
	Montaža jeklenih nosilcev																																
-	Meritev na gradbišču																																
-	Izris delavniškega načrta ter potrditev z strani projektanta																																
-	Naročilo materiala ter proizvodnja jeklenih nosilcev																																
-	Naročilo transporta ter vseh potrebnih sredstev za transport																																
-	Transport in montaža jeklenih nosilcev nad športno dvorano																																
-	Protipožarna zaščita jeklenih nosilcev																																
-	Priprava dokumentacije za teh. pregled, končni obračun del																																

Tabela 9: Terminski plan izvedbe jeklenih nosilcev

Vir: Lasten

4 SMISELNA IZBIRA NOSILCEV V PRAKSI

4.1 Področje uporabe

Pri izgradnji objekta OŠ Ljudski vrt Ptuj (večnamenska telovadnica) smo smiselno in racionalno s spremembo lesenih lepljenih nosilcev z jeklenimi paličnimi nosilci privarčevali s spremembo. Kot se je pokazalo kasneje, smo se dobro odločili iz več razlogov:

- estetski videz,
- lahka konstrukcija,
- preboj za instalacije,
- namestitev in usklajevanje opreme.

V času gradnje se je kasneje izkazalo, da je bila sprememba dobra odločitev.

Z vidika gradnje, izkušenj in področja uporabe je izbira nosilcev v praksi odvisna od dveh zahtev:

- glavni objekt oz. objekti s potrebo po požarni varnosti do 15 m (industrijski objekti, večnamenski prostori, stanovanjski objekti ...),
- glavni objekt oz. objekti s potrebo po požarni varnosti nad 15 m (dvorane, industrijski objekti, strešne konstrukcije, gospodarski objekti ...),
- pomožni objekt oz. objekti, kjer ni potrebe po požarni varnosti (železnice, mostovi ...).

Izbira nosilcev v praksi:

Za glavne objekte oz. objekte s potrebo po požarni varnosti do 15 m se v praksi izbirajo lepljeni nosilci. Do 15 m imajo še vedno malo statično višino in mali prerez nosilca. Jekleno konstrukcijo podraži protipožarni premaz in so še vedno s finančnega vidika ugodnejši leseni lepljeni nosilci. Glede estetskega videza in izbora pa je odvisno od zahtev investitorja oziroma od izbire arhitekta.

Za glavne objekte oz. objekte s potrebo po požarni varnosti od 15 m naprej se v praksi izbirajo še vedno lepljeni nosilci, večja pa je razdalja za premoščanje, cenejša in ugodnejša je jeklena konstrukcija. Nad 15 m imajo leseni lepljeni nosilci veliko statično višino in prerez

nosilca se povečuje. S potrebo za preboje oziroma za izreze v lesenem lepljenem nosilcu slabšamo konstrukcijo in še bolj povečujemo prerez nosilca. Jeklena konstrukcija pridobi zaradi dražjega požarnega premaza na vitkosti in manjši porabi materiala in s finančnega vidika postaja ugodnejša od lesenih lepljenih nosilcev. Glede estetskega videza in izbora pa je odvisno od zahtev investitorja oziroma od izbire arhitekta. Glede na potrebe za preboj in vitkost konstrukcije se izbirajo jekleni nosilci, ker so vitkejši in se instalacije izvedejo skozi jeklene nosilce.

Za pomožne objekte oz. manjše objekte, kjer ni potrebe po požarni varnosti, se iz izkušenj večinoma iz finančnega razloga izbere izvedba lesenih lepljenih nosilcev, kajti lepljeni nosilci imajo malo statično višino, mali prerez nosilca. Glede estetskega videza in izbora pa je odvisno od zahtev investitorja oziroma od izbire arhitekta. Glede na vzdrževanje je dolgoročno gledano jeklena konstrukcija s finančnega vidika ugodnejša varianta od lesenih lepljenih nosilcev. Glede na vitkost in preboje za instalacije narašča odločitev arhitektov oz. investitorjev danes za izbiro jeklenih nosilcev in jeklene konstrukcije v gradbeništvu.

5 KRITERIJI PRIMERJAVE JEKLENIH IN LESENIH LEPLJENIH NOSILCEV

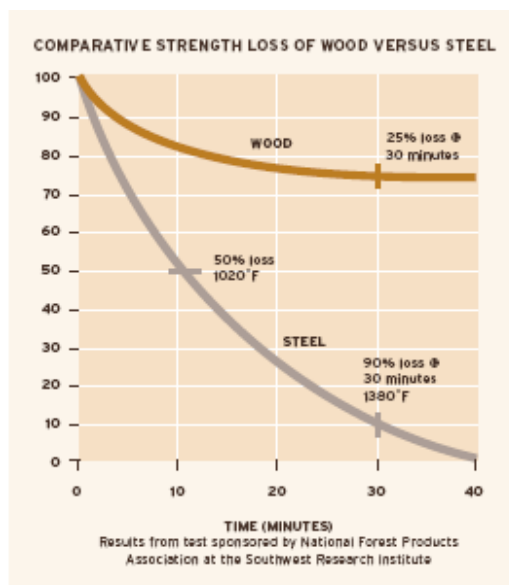
5.1 *Kriteriji požarne zaščite*

Konstruktivski gradbeni in zaporni elementi morajo imeti potrebno požarno odpornost. Ta se giblje od 30 minut do nekaj ur, odvisno od namembnosti, požarne obremenitve in požarne ogroženosti objekta oz. prostora. Kriteriji za požarno odpornost so izolativnost, celovitost in stabilnost. Izolativni material prepreči prekomerno prehajanje toplote s kondukcijo. Celovitost je sposobnost elementa, da prepreči prehod plamenov in vročih plinov (brez razpok in odprtih). Stabilnost je sposobnost konstrukcije, da pri požaru ne pride do porušitve. Na širjenje požara v prostoru nastanka požara vplivajo predvsem naslednje lastnosti vgrajenega materiala:

- toplotna kapaciteta,
- toplotna emisivnost,
- gostota,
- gorljivost,
- vnetljivost,
- temperatura vžiga in samovžiga,
- oblika in velikost površine,
- mejne koncentracije vnetljivosti in eksplozivnosti,
- hitrost širjenja plamena po površini,
- hitrost sproščanja toplote.

Dobre lastnosti jeklenih konstrukcij so visoka trdnost, hitrost gradnje, relativno enostavne spremembe z dodajanjem ali odvzemanjem konstrukcije ter možnost reciklaže odsluženih profilov. V požarih ohrani les trdnost dlje časa kot jeklo. Preden se lesena konstrukcija poruši, glasno poka. Imamo čas, da se pravočasno umaknemo iz območja. Nezaščiteno jeklo hitro zgubi trdnost ter se v trenutku zruši, največkrat brez opozorila. Les izgubi trdnost počasneje – s pooglenitvijo površine oziroma z izgubo mase. Požarno nezaščitenu jeklu se začne manjšati nosilnost pri temperaturi okoli 230 °C, pri temperaturi 500 °C se prepolovi, pri temperaturi okoli 750 °C ima jeklo samo še 10 % začetne trdnosti. Koeficient toplotnega

raztezka je pri jeklenih konstrukcijah visok, na 1 m se nosilec podaljša za približno 9 mm. Sprememba dolžine pripelje do deformacije ali celo do porušitve objekta. Les se vžge pri temperaturi okoli 250 °C. Pri gorenju lesa se ustvari zunanja plast oglja, ki naravno zaščiti les. Pri požarih poznamo za les tipično oceno oglenitve 0,6 mm/min, kar upoštevamo pri oblikovanju lesenih konstrukcij. (Mikuljan, 2005, 14)



Slika 25: Nosilnost lesa v požaru v primerjavi z jeklom

Vir: Mikuljan, 2005, 14

1	Izvedba protipožarnega premaza jeklene konstrukcije športne dvorane				
	EI 30. Z vsem potrebnim pritrdilnim materialom in prevozi				
kg		40,601.80	1.50	60,902.70	
	SKUPAJ BREZ DDV			60,902.70	
	DDV			12,180.54	
	SKUPAJ Z DDV			73,083.24	
1	Izvedba protipožarnega premaza lesenih lepljenih nosilcev ni potrebna				
m2		1,623.30	0.00	0.00	
	SKUPAJ BREZ DDV			0.00	
	DDV			0.00	
	SKUPAJ Z DDV			0.00	

Tabela 10: Finančna primerjava protipožarne zaščite jeklene in lesene konstrukcije na objektu OŠ Ljudski vrt Ptuj
Vir: Lasten

5.2 Kriteriji glede na razpone

Jekleni nosilci in leseni lepljeni nosilci pridejo na gradbišče dolžine do 15 m zaradi standardnega prevoza in dolžine. Sestavljajo se skupaj do zahtevane dolžine s vijačenjem ali varjenjem elementov. Leseni lepljeni nosilci pridejo narejeni v celem kosu. Jekleni nosilci in leseni lepljeni nosilci lahko danes premoščajo izredne razpone. Kriterij glede premoščanja razpona je za lesene lepljene nosilce določen v današnjem času nekje maksimum do 200 m (s dodajanjem vmesnih podpor). Kriterija glede premoščanja razpona za jeklene nosilce v bistvu ni, ker lahko jeklene konstrukcije premoščajo razdalje brez omejitev sicer s podporami. Glede premoščanja razponov iz finančnega vidika ima jeklena konstrukcija malo prednost pred lesenimi lepljenimi nosilci zaradi premoščanja razdalj in zaradi transporta, kajti prevoz nosilcev dolžine do 15 m je še v standardnih dimenzijah. Za vse elemente oziroma nosilce, ki

presega standardne dimenzije transporta, se cena sorazmerno dviguje, in sicer lahko do 10 % proizvodnih stroškov.

5.3 Kriteriji glede na prednosti ter slabosti lepljenih in jeklenih nosilcev

Lepljeni leseni nosilci in jekleni nosilci so industrijsko visoko prefabricirani elementi, ki pridejo na gradbišče kot gotovi elementi pripravljeni za montažo. Izdelava elementov je torej neodvisna od vremena in letnega časa, torej ne omejuje možnosti letnega časa graditve objekta. Prednosti enih in drugih sta hitro in preprosto sestavljanje konstrukcije. Leseni lepljeni nosilci imajo izredno veliko trdnost na obremenitev v smeri vlaken. Jeklene konstrukcije imajo visoko statično in dinamično trdnost. Porušne napetost v lesenih lepljenih nosilcih je enaka napetostim, ki nastanejo pri lomu betona. Če pride do loma pri jeklu, pride do krhkega oz. trenutnega loma in jeklo hipno popusti. Estetski videz lepljenih in jeklenih nosilcev je lep videz gladke površine. Leseni lepljen nosilec je masivni element v primerjavi s jeklenim nosilcem, ki pa je vitek in lahek element. Jekleni in leseni lepljeni nosilec sta narejena iz naravnega materiala, kajti jeklo spada tudi med naravne materiale. Vzdrževanje jeklenih nosilcev v primerjavi s lesenimi lepljenimi nosilci je dolgoročno ceneje od zaščite lepljenih nosilcev. Lepljeni nosilci so biološki razgradljivi, jeklene nosilce je možno reciklirati, kar je velika prednost pred lepljenimi nosilci. Pri lepljenih nosilcih oblikujemo vzdolžno os nosilca, pri jeklenih nosilcih pa oblikujemo z nesimetričnimi oblikami. Leseni lepljeni in jekleni nosilci so prilagodljivi v fazi projektiranja. Leseni lepljeni nosilci so gorljivi, jekleni nosilci pa so negorljivi, ampak leseni lepljeni nosilci v primerjavi z jeklom prevzamejo večje požarne obremenitve. Največja pomanjkljivost jeklenih nosilcev je požarna zaščita, ki bistveno podraži ceno in izvedbo v primerjavi s lesenimi lepljenimi. V primeru povečanja obtežbenih pogojev se pri jeklenih nosilcih lahko enostavno okrepijo posamezni nosilni elementi, dodajo novi ali se drugače prilagodijo, pri lesenih lepljenih nosilcih pa je to težje izvedljivo, saj sta dograjevanje in nadgradnja enostavnejša pri jeklenih nosilcih. Glede potresne varnosti imajo jekleni in lepljeni nosilci zelo dobro potresno odpornost. Montaža jeklenih nosilcev je možna v vseh položajih in okoljih (celo pod vodo) pri lesenih lepljenih nosilcih pa to načeloma ni možno. Pri jeklu se na gradbišču ugotovljene pomanjkljivosti odpravljajo lažje kot pri leseni lepljeni izvedbi. Spreminjaje inštalacij se pri jeklenih nosilcih

lahko izvede hitro in učinkovito, saj se lahko spojene konstrukcijske elemente hitro razstavi in ponovno sestavi v kakršnikoli obliki je potrebno, pri lesenih lepljenih nosilcih pa je to največja pomanjkljivost. Spreminjanje instalacij pri leseni lepljenih nosilcih ni možno, kajti ko se enkrat v nosilcih naredijo izrezi, izvedba novih izrezov ni dovoljena zaradi zmanjšanja nosilnosti nosilca. Vsak izrez izredno oslabi konstrukcijo in poveča prerez nosilca, obenem pa še moramo zavarovati prerez z zaplatami. Jeklene nosilce je možno tudi demontirati in jih po potrebi parcialno ali v celoti prestaviti na drugo lokacijo, pri lesenih lepljenih nosilcih pa je to težje izvedljivo ali celo neizvedljivo. Pri lesenih lepljenih nosilcih raste cena sorazmerno s težo in prerezom lepljenih nosilcev. Pri jeklu in lesu je pomanjkljivost vlaga, ki negativno vpliva na oba materiala.

5.4 Kriteriji terminskega plana izvedbe nosilcev

Glede terminskega plana izvedbe lesenih lepljenih nosilcev in jeklenih nosilcev je termin izvedbe in čas montaže skoraj enak. Ker je pri lesenih lepljenih nosilcih daljši rok montaže, ker so nosilci izdelani v celem kosu, je pri jeklenih nosilcih krajši rok montaže in je daljši rok zaščite nosilcev.

OBJEKT: PRIZIDAVA IN DOZIDAVA OSNOVNA ŠOLA LJUDSKI VRT -FAZA II

2. ŠPORTNA DVORANA, KUHINJA

Zap.št.	OPIS DELA	FEBRUAR 2010							MAREC 2010							APRIL 2010							MAJ 2010									
		1	4	9	12	17	22	25	26	1	3	8	11	16	22	25	31	1	6	9	14	19	22	26	30	3	6	11	14	19	24	27
	OBRTNIŠKA DELA																															
I.	KROVSKO-KLEPARSKA DELA																															
	Montaža lepljenih nosilcev																															
-	Meritev na gradbišču																															
-	Izris delavniškega načrta ter potrditev z strani projektanta																															
-	Naročilo materiala ter proizvodnja lepljenih nosilcev																															
-	Naročilo transporta ter vseh potrebnih sredstev za transport																															
-	Transport in montaža lepljenih nosilcev nad športno dvorano																															
-	Priprava dokumentacije za teh. pregled, končni obračun del																															

Zap.št.	OPIS DELA	FEBRUAR 2010							MAREC 2010							APRIL 2010							MAJ 2010									
		1	4	9	12	17	22	25	26	1	3	8	11	16	22	25	31	1	6	9	14	19	22	26	30	3	6	11	14	19	24	27
	OBRTNIŠKA DELA																															
I.	KROVSKO-KLEPARSKA DELA																															
	Montaža jeklenih nosilcev																															
-	Meritev na gradbišču																															
-	Izris delavniškega načrta ter potrditev z strani projektanta																															
-	Naročilo materiala ter proizvodnja jeklenih nosilcev																															
-	Naročilo transporta ter vseh potrebnih sredstev za transport																															
-	Transport in montaža jeklenih nosilcev nad športno dvorano																															
-	Protipožarna zaščita jeklenih nosilcev																															
-	Priprava dokumentacije za teh. pregled, končni obračun del																															

Tabela 11: Terminski plan izvedbe lesenih lepljenih in jeklenih nosilcev

Vir: Lasten

6 STROŠKOVNA PRIMERJAVA JEKLENIH IN LESENIH LEPLJENIH NOSILCEV

[illegible]

Tabela 12: Stroškovna primerjava lesenih lepljenih in jeklenih nosilcev

Vir: Lasten

Kot je razvidno iz tabele, je za razpone od 25 m cenejša in s finančnega vidika ugodnejša izvedba jeklenih nosilcev.

7 ZAKLJUČEK

Nosilec je eden izmed najpomembnejših konstruktivnih elementov. Nosilci prevzamejo obtežbo ter jo prenašajo skozi zidove in stebre na temeljna tla. Za zagotavljanje te funkcije lahko uporabimo različne materiale izvedbe nosilcev.

V obravnavani tematiki sem se osredotočil zgolj na jeklene in lepljene nosilce ter jih medsebojno primerjal.

Pri izbiri nosilcev je potreben statični izračun nosilcev, upoštevati je potrebno zadane pogoje, če so določeni in zahtevani ter finančno primerjati izbrane nosilce. Primerjava jeklenih ter lesenih lepljenih nosilcev pokaže, da so jekleni nosilci:

- cenovno ugodnejši za razpone nad 25 m,
- kvalitetno ustrezni,
- montaža je hitrejša,
- enostavnejša montaža,
- bolj požarno varni,
- estetsko lepši,
- manjši so stroški vzdrževanja,
- vzdrževanje je lažje.

Za manjše razpone in razpone do 25 m so finančno ugodni leseni lepljeni nosilci zaradi:

- požarne varnosti,
- finančne upravičenosti,
- cene surovine,
- estetskega videza,
- hitre montaže.

V mojem primeru zaradi velikega razpona nosilcev in zaradi velikih prebojev strojnih instalacij skozi nosilce ugotavljam, da so jekleni nosilci finančno ugodnejši in estetsko zadovoljivi v primerjavi z lesenimi lepljenimi nosilci.

8 UPORABLJENI VIRI IN LITERATURA

LITERATURA:

1. Androić, B.: *Čelične konstrukcije I*, I. A. Projektiranje d.o.o., Zagreb, 2009.
2. Domazet, Ž., Krstulović-Opara, L.: *Metalne konstrukcije*, Fakultet elektrotehnike strojarstva i brodogradnje Split, Split, 2006.
3. Gojković, M.: *Drvene konstrukcije*; Građevinski fakultet Beograd, Beograd, 1989.
4. Kitek Kuzman, M.: *Gradnja z lesom izziv in priložnost za Slovenijo*; Biotehniška fakulteta LJ, Oddelek za lesarstvo; Ljubljana, 2008.
5. Kitek Kuzman, M., Hrovatin, J., Kušar, J.: *Lesene lepljene konstrukcije v arhitekturi*; Biotehniška fakulteta LJ, Oddelek za lesarstvo; Ljubljana, 2006.
6. Kržič, F.: *Jeklene konstrukcije I*, FAGG-KMKG LJ, Ljubljana, 1994.
7. Salmon, C., G., Johnston, J., E.: *Steel Structures: Design & Behavior*, Harper Collins College Publishers, New York, 1996.
8. Ščernjavič, D.: *Lepljen les za konstrukcijske namene*; Diplomsko delo; Biotehniška fakulteta LJ, Ljubljana, 2008.
9. *Tehničar – Građevinski priručnik*: IRO Građevinska knjiga; Beograd, 1988.
10. Theodore, V., Galambos Andrea, E., Surovek.,: *Structural Stability of Steel: Concepts and Applications for Structural Engineers*, New Jersey, 2008.
11. Žitnik, D., Berdajs, A.: *Gradbeniški priročnik*; Tehniška založba Slovenije, Ljubljana, 2004.

VIRI:

12. Celarc, V.: Požar – Strokovna revija za varstvo pred požari, *Praktični primeri izvedbe pasivne požarne zaščite jeklenih konstrukcij*, letnik 4, številka 4, Ljubljana, december 1998.
13. Šernek, M., Jošt, M.: Strokovna revija za lesno gospodarstvo, *Konstrukcijski kompozitni les*, letnik 56, številka 7/8, Ljubljana, 2004.
14. Tematske revije Gradbenik, Ljubljana, 2004–2010.

INTERNETNI VIRI:

15. <http://www.haas-dom.si/haas/index.htm> z dne 15. 1. 2011

16. <http://www.svea.si/> z dne 15. 1. 2011
17. <http://dkum.uni-mb.si/> z dne 1. 2. 2011
18. <http://www.lesena-gradnja.si> z dne 28. 12. 2010
19. <http://www.uksteel.org.uk/Download/uk%20steel%20stats%20guide%202006.pdf> z dne 28. 1. 2011
20. <http://www.steelconstruct.com/eccs/annual/statistic2006.pdf> z dne 28. 1. 2011