

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA LESARSTVO

Andraž NAGODE

LESENE STREŠNE KONSTRUKCIJE

DIPLOMSKI PROJEKT
Visokošolski strokovni študij – 1. stopnja

WOODEN ROOF CONSTRUCTIONS

B. Sc. THESIS
Professional Study Programmes

Ljubljana, 2011

Diplomski projekt je zaključek Visokošolskega strokovnega študija tehnologij lesa in vlaknatih kompozitov – 1. stopnje. Opravljen je bil na Katedri za lepljenje, lesene kompozite in obdelavo površin, Oddelka za lesarstvo, Biotehniške fakultete, Univerze v Ljubljani.

Terensko delo je potekalo v podjetju Kregar v Selu pri Ihanu.

Senat Oddelka za lesarstvo je za mentorico diplomskega projekta imenoval doc. dr. Manjo Kitek Kuzman ter za somentorja viš. pred. dr. Srečka Vratušo, za recenzenta pa izr. prof. dr. Milana Šerneka.

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik:

Član:

Član:

Datum zagovora:

Naloga je rezultat lastnega raziskovalnega dela. Podpisani se strinjam z objavo svojega diplomskega projekta na spletni strani Digitalne knjižnice Biotehniške fakultete. Izjavljam, da je projekt, ki sem ga oddal v elektronski obliki, identičen tiskani verziji.

Andraž Nagode

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD Dv1
DK UDK 694.5
KG lesene strešne konstrukcije/povezje/lesne zveze
AV NAGODE, Andraž
SA KITEK KUZMAN, Manja (mentorica)/VRATUŠA, Srečko (somentor)/ŠERNEK, Milan (recenzent)
KZ SI-1000 Ljubljana, Rožna dolina, c. VIII/34
ZA Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo
LI 2011
IN LESENE STREŠNE KONSTRUKCIJE
TD Diplomski projekt (visokošolski strokovni študij – 1. stopnja)
OP III, 49 str., 1 pregl., 81 sl., 26 vir.
IJ sl
JI sl/en
AI Uporaba lesa kot materiala za nosilne konstrukcijske elemente je pri stanovanjskih, javnih ter gospodarskih objektih najbolj pogosta pri strešnih konstrukcijah. Podali smo zgodovinski pregled razvoja lesenih strešnih konstrukcij. Prikazali smo najpomembnejše izume, ki so omogočili izdelavo zahtevnejših konstrukcij večjega razpona (lok, paličje, sestavljeni nosilci, lepljeni lamelirani nosilci). Vloga strešne konstrukcije se je skozi čas spreminjala in vse pomembnejša je postajala izkoriščenost prostora. Streha je sestavljena iz krova (nosi kritino) ter ostrešja (nosi obremenitve, vključno s težo krova in lastno težo). Sistematično smo pregledali različne tipe strešnih konstrukcij in opisali njihove sestavne dele. Za sodobne lesene strešne konstrukcije je značilna uporaba veznih sredstev. Ugotovili smo, da se z izbiro pravilne lesne zveze mehanska odpornost in stabilnost lesene strešne konstrukcije lahko bistveno poveča. Na kratko smo opisali tradicionalne in sodobne lesne zveze. Preučili in prikazali smo sodobno izdelane lesene strešne konstrukcije – od načrtovanja do postavitve. Obiskali smo podjetje Kregar, kjer z uporabo sodobne računalniško vodene linije za obdelavo lesa izdelujejo tudi zahtevnejša tesarska dela. Med drugim so naredili najvišji samostoječi leseni objekt v Sloveniji - razgledni stolp na Planini nad Vrhniko.

KEY WORDS DOCUMENTATION

DN Dv1
DC UDC 694.5
CX wooden roof constructions/roof timber/carpentry joints
AU NAGODE, Andraž
AA KITEK KUZMAN, Manja (supervisor)/VRATUŠA, Srečko (co-supervisor)
/ŠERNEK, Milan (reviewer)
PP SI-1000 Ljubljana, Rožna dolina, c. VIII/34
PB University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Department of Wood Science
and Technology
PY 2011
TI WOODEN ROOF CONSTRUCTIONS
DT B. Sc. Thesis (Professional Study Programmes)
NO IV, 49 p., 1 tab., 81 fig., 26 ref.
LA sl
AL sl/en
AB In roof constructions, using wood as a material for load-bearing structural elements in housing, public and other buildings is most common. A historical overview of the development of wooden roof structures is presented, so as the most important inventions that have enabled the manufacturing of a demanding wider range of structures (arch construction, stick construction, assembled constructions, and laminated carriers). The role of the roof structure has changed over time, and is becoming increasingly important for space utilization. The roof consists of a deck and a roof timber (to bear the burden, including the weight of the deck and its own weight). We systematically reviewed the various types of roof structures and described their components. The use of advanced fasteners is characteristic for modern wooden roof constructions. We have found that by selecting the correct timber joints mechanical resistance and stability of wooden roof structures can be significantly increased. We briefly described the traditional and modern wood carpentry joints. We examined and demonstrated a contemporary designed wooden roof structure - from planning to the final assembling. We visited the Kregar firm, where the usage of modern computer-controlled woodworking lines also produces sophisticated carpentry. Among other things, they made the highest standing wooden building in Slovenia - the lookout tower on Planina above Vrhnika.

KAZALO VSEBINE

str.

Ključna dokumentacijska informacija (KDI)	III
Key Words Documentation (KWD)	Napaka! Zaznamek ni definiran.
Kazalo vsebine	V
Kazalo preglednic	VI
Kazalo slik	VII

1	UVOD	1
2	ZGODOVINSKI PREGLED RAZVOJA LESENIH STREŠNIH KONSTRUKCIJ	2
2.1	STREŠNE KONSTRUKCIJE SESTAVLJENE IZ VEČ ELEMENTOV	2
2.2	RAZVOJ LESENIH PALIČNIH STREŠNIH KONSTRUKCIJ	5
2.3	RAZVOJ NOSILCA V OBLIKI LOKA	7
3	OPIS KONSTRUKCIJSKIH ELEMENTOV IN OBLIK STREH	9
3.1	SESTAVA STREHE	9
3.2	OPIS SESTAVNIH DELOV STREHE	10
3.3	OBLIKA, NAKLON TER MATERIALI ZA STREHO	11
3.4	SESTAVNI DELI POVEZJA IN PODOLŽNE ZVEZE	18
3.5	SESTAVNI DELI NOSILNEGA DELA KRITINE	20
4	NAJPOGOSTEJŠI PRIMERI IZVEDB LESENIH STREŠNIH KONSTRUKCIJ	20
4.1	STREHE DVOKAPNICE	21
4.1.1	Povezje s trikotnim vešalom	23
4.1.2	Povezje s trapeznim vešalom	24
4.1.3	Povezje s trojnim vešalom	24
4.1.4	Kombinirane konstrukcije vešal in razpiral	24
4.2	PALIČNE KONSTRUKCIJE	25
4.3	SESTAVLJENI NOSILCI	26
5	LESNE ZVEZE IN VEZNA SREDSTVA	28
6	PRIMER IZDELAVE SODOBNE LESENE STREŠNE KONSTRUKCIJE ..	35
6.1	PREDSTAVITEV SODOBNEGA TESARSKEGA OBRATA	35
6.2	PROCES PRIPRAVE LESA ZA STREŠNO KONSTRUKCIJO	35
6.3	NAČRTOVANJE IN IZDELAVA STREHE	37
7	RAZPRAVA IN SKLEPI	43
8	POVZETEK	45
9	VIRI	47

ZAHVALA

KAZALO PREGLEDNIC

	str.
Preglednica 1: Vrsta kritine glede na naklon strešin	17

KAZALO SLIK

	str.
Slika 1: Strešna konstrukcija sestavljena iz dveh ravnih palici, ki sta bili pod določenim kotom na vrhu križno spojeni ter spodaj zabiti v zemljo in obloženi s kamenjem (Kujundžić, 1983).....	2
Slika 2: Zaslon, okrogli šotor (Frei, 1982) in dolgi šotor (Brezar, 1987)	3
Slika 3: Purlin roof (Brezar, 1987).....	3
Slika 4: Povezovanje vozlišč z ovijalkami, kitami, črevesjem, kožnimi jermeni in naravna rogoviła, ki se na vrhu razvije na dve tanjši strukturi v obliki črke y (Frei, 1982)	3
Slika 5: Kolišča – streha ni bila pritrjena v tla, ampak na ogrodje hiše (zaradi padavin obloženo z lesom z vseh štirih strani), ki je bilo pritrjeno na lesena tla (l. 4500 pr. n. št.) (Bergant, 1996).....	4
Slika 6: Značilna strešna konstrukcija na Kitajskem (l. 500) - poleg ravnih tudi ukrivljeni elementi strešne konstrukcije (Kujundžić, 1983)	4
Slika 7: Paviljon iz dobe dinastije Sung, Kitajske (l. 960 - 1279) - vsak element strešne konstrukcije je natančno obdelan (Kujundžić, 1983)	4
Slika 8: Strešna konstrukcija v času renesanse v Italiji (l. sredi 15. stoletja) – celotna strešna konstrukcija je bila postavljena na masivnem zidu. Uporaba enostavnih strešnih elementov ter lokov (razpona od 12 – 20 m) (Kujundžić, 1983).....	4
Slika 9: Skica projekta paličnega mostu Leonarda da Vincija (l. konec 15. stoletja) (Kujundžić, 1983).....	5
Slika 10: Leseni palični most čez reko Cismone- sistem izumil A. Paladia (l. 1570) (mnogi ga imenujejo kot očeta lesenih paličnih konstrukcij). Paladio (1518 – 1580) je razvil ločni most z dvojnimi diagonalnimi in vertikalnimi elementi (Kujundžić, 1983)	5
Slika 11: Leseni palični nosilec - sistem izumil Tuchscherer (l. 1920) (dokazano je bilo, da imajo leseni nosilci sistema Tuscher od 60 – 80% večjo nosilnost od navadnih nosilcev) (Kujundžić, 1983)	6
Slika 12: Glavni nosilec (pritrjen v tla) koncertne dvorane v Drezdnu – sistem izumil A. Noaka (l. 1925) (Kujundžić, 1983).....	6
Slika 13: Trapezni in trikotni tip paličnega nosilca ter palični nosilec z ukrivljenim zgornjim pasom - sistem (Buldog) izumil O. Teodorsen (l. 1920). Glavni problem je bil pravilna razporeditev sil v sistemu. (Kujundžić, 1983)	6
Slika 14: Leseni palični lok (konstrukcija železniške postaje v Københavnu na Danskem) – sistem izumil F. Stephan (l. 1910) (Kujundžić, 1983).....	6
Slika 15: Leseni lamelni lok – strešne konstrukcije primerne za stanovanjske hiše ter javne ustanove (l. sredi 20. stoletja) (Kujundžić, 1983).....	7
Slika 16: Delormeov lok, spojen na posameznih mestih – lamele postavljene v vertikalni smeri (l. 1561) (Kujundžić, 1983)	7
Slika 17: Emijev lok, spojen na posameznih mestih – lamele postavljene v horizontalni smeri (l. 1828) (Kujundžić, 1983)	8
Slika 18: Konstrukcija koncertne dvorane v obliki polkroga na Dunaju (razpona 56 m) - izvedel H. Otte (l. konec 19. Stoletja) na podlagi Delormeevega ter Emijevega sistema (Kujundžić, 1983).....	8
Slika 19: Lepljena lamelna konstrukcija - izvedel Otto Hetzer (l. 1907) (Kujundžić, 1983) ...	8
Slika 20: Montaža 44-metrskih nosilcev za streho bazena v Kopru (Montaža, 2011).....	9
Slika 21: Sestavna elementa strešne konstrukcije: krov in ostrešje (Deu, 2004).....	10

Slika 22: Poimenovanje delov strehe - odtok vode je vedno pravokotno na kap	11
Slika 23: Primer strehe enokapnice (Karlovšek in Mušič, 1951).....	12
Slika 24: Tloris šotoraste strehe (Karlovšek in Mušič, 1951)	12
Slika 25: Mansardna streha (naklon strešin je različen) (Karlovšek in Mušič, 1951)	13
Slika 26: Žagasta streha (Karlovšek in Mušič, 1951)	13
Slika 27: Tloris stolpne strehe (Karlovšek in Mušič, 1951).....	14
Slika 28: Dve različni izvedbi kupolaste strehe (Karlovšek in Mušič, 1951).....	14
Slika 29: Bazilikalna streha (Karlovšek in Mušič, 1951)	15
Slika 30: Naklon strešin	16
Slika 31: Strešni elementi omogočajo izkoriščanje sončne energije (Enerson, 2010).....	17
Slika 32: Sestavni elementi povezja in podolžne zveze (Karlovšek in Mušič, 1951).....	19
Slika 33: Sestavni deli povezja in podolžne zveze (Karlovšek in Mušič, 1951)	19
Slika 34: Strešna konstrukcija – sistem “Dahstuhl“ (Kujundžić, 1983)	21
Slika 35: Najenostavnejše povezje brez leg (Karlovšek in Mušič, 1951).....	21
Slika 36: Povezje z eno podprto lego (Karlovšek in Mušič, 1951).....	22
Slika 37: Povezje z dvema podprtima legama (Karlovšek in Mušič, 1951)	22
Slika 38: Enostavno povezje s trikotnim vešalom (Karlovšek in Mušič, 1951)	23
Slika 39: Povezje s trapeznim vešalom (Karlovšek in Mušič, 1951).....	24
Slika 40: Povezje, kombinirano z vešalom in razpiralom (z dvema stebroma) (Schunck, 2003)	25
Slika 41: Palična konstrukcija, primerna za industrijsko halo (Saje, 1997).....	25
Slika 42: Primer enostavne žebljane konstrukcije (Karlovšek in Mušič, 1951)	26
Slika 43: Ojačeni tramovni nosilci (Karlovšek in Mušič, 1951).....	26
Slika 44: Polnostenski pasovni nosilci (Karlovšek in Mušič, 1951).....	26
Slika 45: Opažno - stenski pasovni nosilci (Karlovšek in Mušič, 1951)	27
Slika 46: Enosmerni opažni nosilec (Karlovšek in Mušič, 1951).....	27
Slika 47: Enostavni palični nosilec (Saje, 2009).....	27
Slika 48: Sodobni stiki z uporabo najrazličnejših jeklenih veznih elementov (npr jeklenih pločevin z paličnimi mozniki). Utoře za pločevino in trne se izvede s CNC stroji za obdelavo lesa (Žarnić in Dujić, 2008).	28
Slika 49: Razdelitev spojev v lesnih konstrukcijah (povzeto po Žarnić in Dujić, 2008).....	29
Slika 50: Enostavni slemenski čep ter slemenski čep z naslonom (Karlovšek in Mušič, 1951)	29
Slika 51: Zveza - nataknitev: izrezan samo škarnik ali izrezana škarnik ter vmesna lega (Karlovšek in Mušič, 1951)	30
Slika 52: Ravni pretaknjen čep, ravni kratek čep, ravni dvojni čep in čep s sklopom (Karlovšek in Mušič, 1951)	30
Slika 53: Manj pogostejše vezi - repasti pretaknjeni celi čep ter repasti kratki čep (Karlovšek in Mušič, 1951).....	30
Slika 54: Polovični čep, trapezni čep, čep v skriti zvezi in križni čep (Karlovšek in Mušič, 1951).....	31
Slika 55: Pravilno izvedena lesna zveza - uleg s čepom (Karlovšek in Mušič, 1951).....	31
Slika 56: Zveza (med stebrom, razpiralnikom in veznikom) ojačena s spono (Karlovšek in Mušič, 1951).....	32
Slika 57: Veznik visi na vešalnem železu (Karlovšek in Mušič, 1951).....	32
Slika 58: Poševni uleg (statično najboljša zveza), izmaknjen uleg in uleg na peto (Karlovšek in Mušič, 1951).....	32

Slika 59: Zarezane samo klešče ali zarezana klešče in škarnik (Karlovšek in Mušič, 1951) ..	33
Slika 60: Najpogostejše zveze s križanjem na delni sklop, sklop na greben in križni greben (Karlovšek in Mušič, 1951)	33
Slika 61: Navadni čep s pravokotnim naslonom ali zabiti čep s poševnim naslonom (Karlovšek in Mušič, 1951)	33
Slika 62: Različne oblike ročic in izvedba lesnih zvez, značilne predvsem za stare kozolce (Karlovšek in Mušič, 1951)	34
Slika 63: Čep z delno poševnim naslonom in sklop s poševnim naslonom (Karlovšek in Mušič, 1951)	34
Slika 64: Zveza z ulegom ter delnim čepom in zveza s sklopom na lastovičji rep (Karlovšek in Mušič, 1951)	34
Slika 65: Nepravilno skladiščenje hlodovine (foto: Andraž Nagode)	36
Slika 66: Žaga za razrez hlodovine (Pucelj, 2010) in pravilno sušenje žaganega lesa (Gorišek, 2004)	36
Slika 67 : Izris sodobne lesene konstrukcije s programom Sema (Kregar, 2008; Sema 2007)	37
Slika 68: Računalniško vodena linija Hundegger-K2i z natančnostjo obdelave do desetinke milimetra natančno (foto: Andraž Nagode)	38
Slika 69: Obdelava lesa na računalniško vodeni linija Hundegger-K2i (arhiv podjetja Honkatalog, 2007)	38
Slika 70: Skladiščenje lesa in opravljanje manjših montažnih del (foto: Andraž Nagode)	38
Slika 71: Primer izdelave sodobne strešne konstrukcije (kapelica v Bovcu) l. 2009 (Kregar, 2009)	38
Slika 72: Primer izvedbe sodobne strešne konstrukcije (kapelica v Bovcu) l. 2009 (Kregar, 2009)	39
Slika 73: Razgledni stolp, ki je bil zgrajen leta 1955 (arhiv občine Vrhnika, 2007)	39
Slika 74: Razgledni stolp, ki ga je izdelalo podjetje Kregar (foto: Andraž Nagode)	40
Slika 75: Z odmikom lesa od tal se podaljša trajnost lesenih stebrov (foto: Andraž Nagode)	40
Slika 76: Neprimerna zaščita lesenih konstrukcijskih elementov (foto: Andraž Nagode)	40
Slika 77: Tradicionalne lesne zveze (polno ravno preklapljanje vogalnih zvez, čepna vez in plitvo preklapljanje) (foto: Andraž Nagode)	41
Slika 78: Osrednji steber, ki je namenjen obešanju zastave, dodatno pritrjen z jeklenim profilom. Steber stoji na nosilnih elementih, ki sta povezana z polno preklopno vezjo (foto: Andraž Nagode)	41
Slika 79: Pri ograji je uporabljena topa vez, pritrjena z vijaki (foto: Andraž Nagode)	41
Slika 80: Povezovanje konstrukcijskih elementov z jeklenimi vijaki (foto: Andraž Nagode)	42
Slika 81: Natančna izvedba lesne zveze (ravno preklapljanje s poševnim stikom), ki je pritrjena z jeklenimi vijaki (foto: Andraž Nagode)	42

1 UVOD

Streha je del, ki pokriva in ščiti stavbo pred padavinami (SSKJ, 1993) oz. gornji zaključek poslopja iz strešnih nosilcev in kritine (Veliki slovar tujk, 2002).

V ovojni lupini stavbe je streha zgornji zaključni del, stavbni pokrov, ki stene ščiti pred neposrednimi vremenskimi vplivi: padavinami, soncem, vetrom, mrazom in vročino ter pred hrupom, prahom in plini. Oblikovana je tako, da odvaja vodo, zato je vedno nagnjena od horizontalne ravnine. Njena zaščitna vloga v oblikovanju raznovrstnih objektov, ki so se skozi zgodovino razvili iz preprostih bivališč, se kaže tudi v raznovrstni terminologiji.

Streha, sestavljena iz nosilne konstrukcije – ostrešja in krova, je različno oblikovana. Oblika strehe se je razvila in prilagodila namenu oz. funkciji in okolju ter pomembno vpliva na videz stavbe. Streha s svojo obliko pomembno vpliva na likovni videz stavbe ter sooblikuje njeno razpoznavno podobo, posredno tudi podobo naselja in kulturne krajine (Deu, 2004).

V diplomskem projektu smo želeli predstaviti razvoj lesenih strešnih konstrukcij od začetka do danes. Predvsem zaradi lahke dostopnosti materiala, dobrih mehanskih lastnosti, estetskega videza, enostavne obdelave ter ostalih dobrih lastnosti se lesene strešne konstrukcije še vedno množično izdelujejo. Prikazali smo potek izdelave sodobne lesene strešne konstrukcije podjetja Kregar.

Z nalogo smo želeli z zbranimi podatki prikazati povezavo različnih konstrukcijskih tipov z namembnostjo in velikostjo (predvsem razponov) objektov, opisati vsak element strešne konstrukcije ter preučiti lesne zveze, ki so pomemben element strešne konstrukcije.

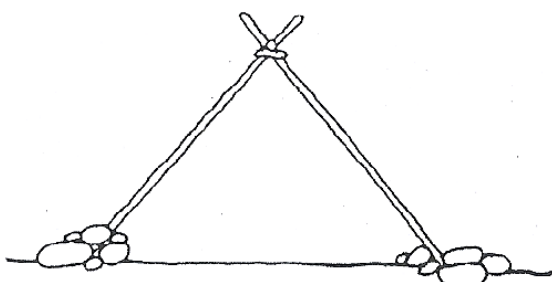
V času diplomskega projekta smo obiskali podjetje Kregar in si ogledali delo na računalniško vodeni liniji za obdelavo lesa Hundegger – K2i in najvišji samostoječi leseni objekt v Sloveniji (razgledni stolp na Planini nad Vrhniko).

Podrobno smo analizirali Razgledni stolp na Planini nad Vrhniko. Predvidevamo, da se bo v Sloveniji podobno kot v svetu uporaba masivnega lesa za strešne konstrukcije delno zamenjala z lepljenim lameliranim lesom.

2 ZGODOVINSKI PREGLED RAZVOJA LESENIH STREŠNIH KONSTRUKCIJ

Gradnja iz masivnega lesa je ena izmed najstarejših gradbenih tehnik. Les je naraven material pri katerem so lastnosti odvisne od pogojev rasti. Če želimo les uporabiti kot nosilni material v konstrukcijah, moramo poznati njegove mehanske lastnosti – predvsem njegovo trdnost. Pri lesenih strešnih konstrukcijah je lahko les obremenjen upogibno, tlačno oz. natežno ter strižno.

Strehe predstavljajo prvo konstrukcijo, ki jo je pračlovek realiziral. Prve strešne konstrukcije (slika 1) so bile narejene iz tanjših debel, palic ali kolov, pokrite z listjem, travo ali živalsko kožo (l. 8000 pr. n. št.) in so predstavljale zaščito pred dežjem, snegom in vetrom.



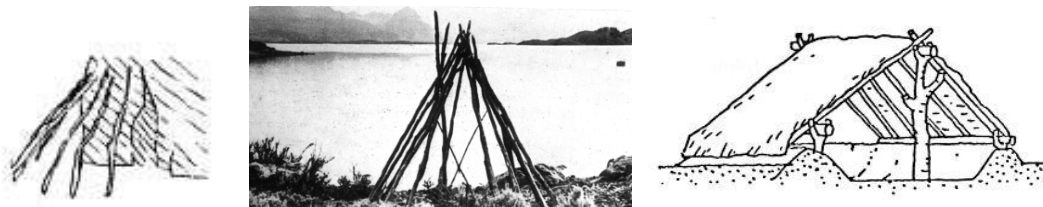
Slika 1: Strešna konstrukcija sestavljena iz dveh ravnih palic, ki sta bili pod določenim kotom na vrhu križno spojeni ter spodaj zabiti v zemljo in obloženi s kamenjem (Kujundžić, 1983)

2.1 STREŠNE KONSTRUKCIJE SESTAVLJENE IZ VEČ ELEMENTOV

Prva preprosta bivališča:

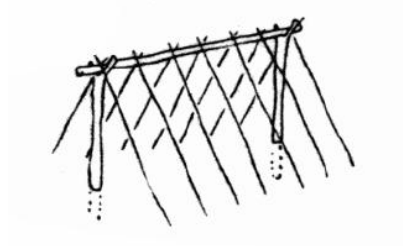
- zasloni - sestavljeni iz palic prislonjenih ob zid
- okrogli šotor - sestavljajo palice v obliki stožca, ki so na vrhu povezane skupaj

- dolgi šotor sestavljajo tramovi, ki so v parih povezani med seboj in tvorijo slemensko lego.

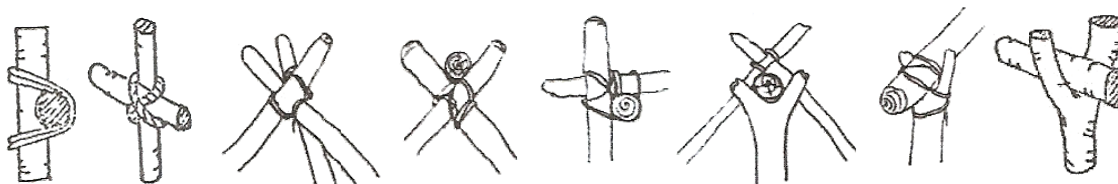


Slika 2: Zaslon, okrogli šotor (Frei, 1982) in dolgi šotor (Brezar, 1987)

"Purlin roof" (letev strehe) (slika 3) je prva lesena strešna konstrukcija v današnjem pomenu besede. Dva stebra oz. opornika sta zakopana v zemljo in s tem fiksirana.



Slika 3: "Purlin roof" (Brezar, 1987)



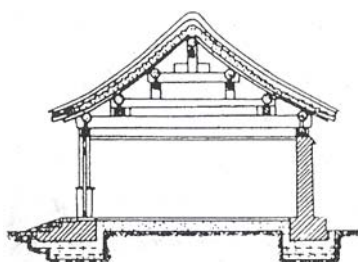
Slika 4: Povezovanje vozlišč z ovijalkami, kitami, črevesjem, kožnimi jermeni in naravna rogovila, ki se na vrhu razvije na dve tanjši strukturi v obliki črke y (Frei, 1982)

Prvi pravi element strešne konstrukcije je bil nosilec.

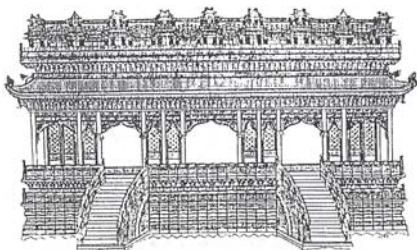
Gradnja z lesom se je zelo hitro razvijala in ljudje so vse bolj začeli uporabljati svojo domišljijo ter bili pri tem zelo uspešni. Z znanjem, ki so ga imeli tedaj, so tesarski mojstri naredili kolišča (horizontalno ploščad so nosili navpično v jezersko dno zabiti koli, na njej pa so bile postavljene stavbe).



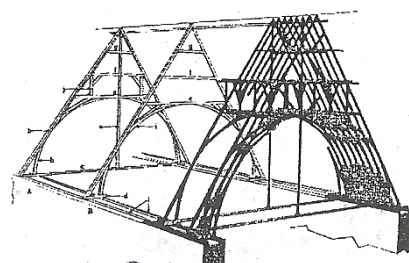
Slika 5: Kolišča – streha ni bila pritrjena v tla, ampak na ogrodje hiše (zaradi padavin obloženo z lesom z vseh štirih strani), ki je bilo pritrjeno na lesena tla (l. 4500 pr. n. št.) (Bergant, 1996)



Slika 6: Značilna strešna konstrukcija na Kitajskem (l. 500) - poleg ravnih tudi ukrivljeni elementi strešne konstrukcije (Kujundžić, 1983)



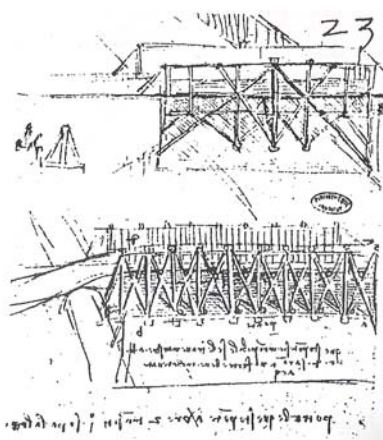
Slika 7: Paviljon iz dobe dinastije Sung, Kitajske (l. 960 - 1279) - vsak element strešne konstrukcije je natančno obdelan (Kujundžić, 1983)



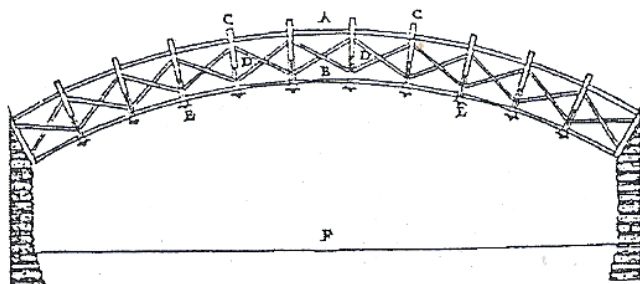
Slika 8: Strešna konstrukcija v času renesanse v Italiji (l. sredi 15. stoletja) – celotna strešna konstrukcija je bila postavljena na masivnem zidu. Uporaba enostavnih strešnih elementov ter lokov (razpona od 12 – 20 m) (Kujundžić, 1983)

2.2 RAZVOJ LESENIH PALIČNIH STREŠNIH KONSTRUKCIJ

Razvoj lesene palične strešne konstrukcije je omogočil izdelavo strešnih konstrukcij večjih razponov. Leonardo da Vinci (1452 – 1519) je ugotovil, da je težava predvsem s stabilnostjo lesenih krožnih palic ter da je upogib lesenega nosilca največji v sredini razpona. Za vojne potrebe je predlagal gradnjo gibljivih lesenih mostov (slika 9). Prvi načrti paličnih nosilcev so dela Leonarda da Vincija.

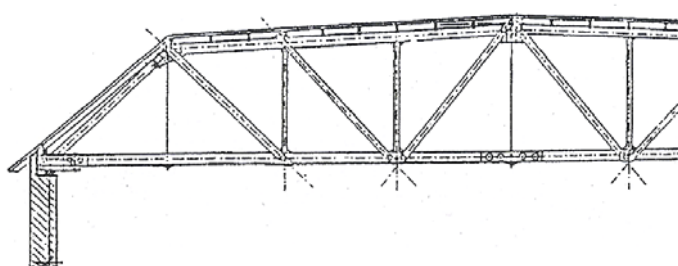


Slika 9: Skica projekta paličnega mostu Leonarda da Vincija (l. konec 15. stoletja) (Kujundžić, 1983)

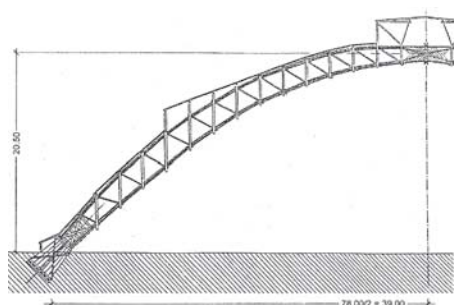


Slika 10: Leseni palični most čez reko Cismone- sistem izumil A. Paladia (l. 1570) (mnogi ga imenujejo kot očeta lesenih paličnih konstrukcij). Paladio (1518 – 1580) je razvil ločni most z dvojnimi diagonalnimi in vertikalnimi elementi (Kujundžić, 1983)

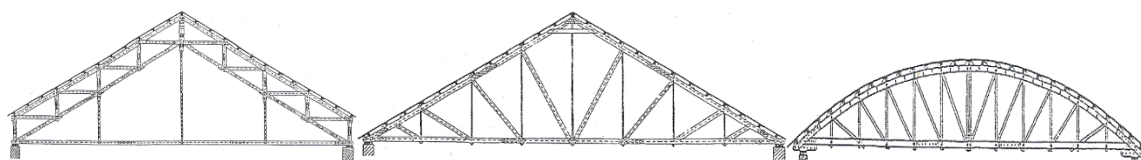
Na začetku 20. stoletja so posamezne elemente paličja začeli povezovat z različnimi veznimi oz. spojnimi sredstvi.



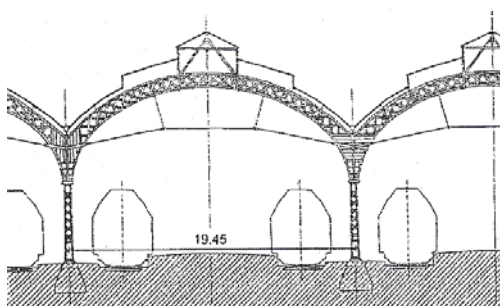
Slika 11: Leseni palični nosilec - sistem izumil Tuchscherer (l. 1920) (dokazano je bilo, da imajo leseni nosilci sistema Tuscher od 60 – 80% večjo nosilnost od navadnih nosilcev) (Kujundžić, 1983)



Slika 12: Glavni nosilec (pritrjen v tla) koncertne dvorane v Drezdnu – sistem izumil A. Noaka (l. 1925) (Kujundžić, 1983)

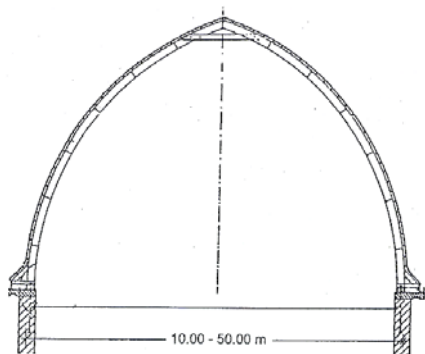


Slika 13: Trapezni in trikotni tip paličnega nosilca ter palični nosilec z ukrivljenim zgornjim pasom - sistem (Buldog) izumil O. Teodorsen (l. 1920). Glavni problem je bil pravilna razporeditev sil v sistemu. (Kujundžić, 1983)



Slika 14: Leseni palični lok (konstrukcija železniške postaje v Københavnu na Danskem) – sistem izumil F. Stephan (l. 1910) (Kujundžić, 1983)

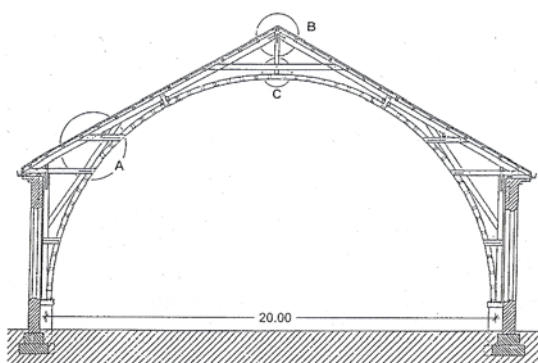
Razvoj lesenih strešnih konstrukcij se je nadaljeval z uvedbo lamelnih lokov, pri čemer so bili razponi od 10 do 50 m.



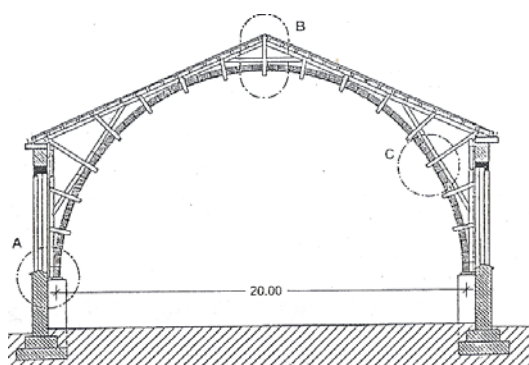
Slika 15: Leseni lamelni lok – strešne konstrukcije primerne za stanovanjske hiše ter javne ustanove (l. sredi 20. stoletja) (Kujundžić, 1983)

2.3 RAZVOJ NOSILCA V OBLIKI LOKA

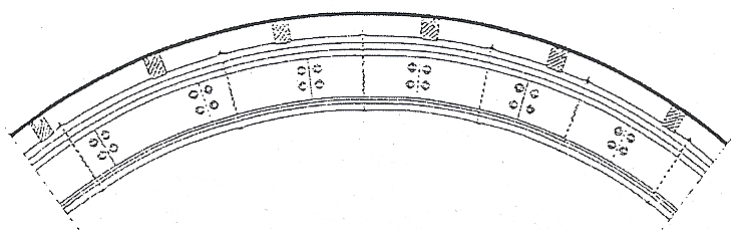
Francoz Filiber Delorme je leta 1561 naredil leseni lok razpona 20 m, ki je bil na posameznih mestih spojen z ostalimi elementi strešne konstrukcije (slika 16). S tem se je izognil problemu neenakomernega delovanja sil po celotnem loku. Prav lok Delormea se istoveti za predhodni model sodobne lepljene lamelne konstrukcije. V Franciji je še danes ohranjenih nekaj strešnih konstrukcij, ki so narejene na podlagi Delormeevega sistema.



Slika 16: Delormeov lok, spojen na posameznih mestih – lamele postavljene v vertikalni smeri (l. 1561) (Kujundžić, 1983)

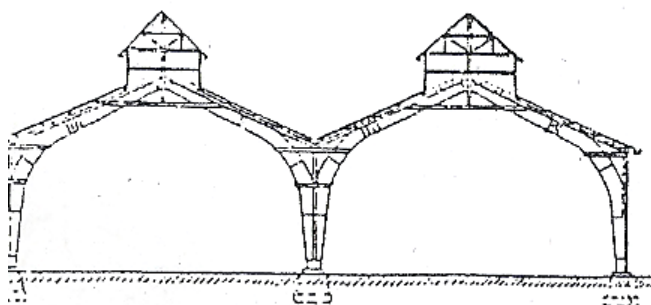


Slika 17: Emijev lok, spojen na posameznih mestih – lamele postavljene v horizontalni smeri (l. 1828) (Kujundžić, 1983)



Slika 18: Konstrukcija koncertne dvorane v obliki polkroga na Dunaju (razpona 56 m) - izvedel H. Otte (l. konec 19. Stoletja) na podlagi Delormeevega ter Emijevega sistema (Kujundžić, 1983)

Nemec Otto Hetzer je izvedel prvo lepljeno lamelirano konstrukcijo po pravilih, ki se jih še danes upošteva pri gradnji najsodobnejše lesene strešne konstrukcije (slika 19). Najprej se je za lepljenje lamel uporabljalo kazeinsko lepilo, ki pa je slabo odporno na vlago. Danes se uporabljajo sintetična lepila, ki so odporna proti vlagi in staranju, stabilna pri višjih temperaturah, imajo trden in kvaliteten spoj, kemijsko in mehansko odporna in primerna za modifikacijo (npr: MUF).



Slika 19: Lepjena lamelna konstrukcija - izvedel Otto Hetzer (l. 1907) (Kujundžić, 1983)

Pri nas v Sloveniji je podjetje Hoja začelo že l. 1970 izdelovati lesene lepljene lamelirane nosilce. Leta 2010 so naredili 44 metrov dolge nosilce za streho bazena v Kopru (slika 20). V posamezen nosilec je vgrajenih 22 kubičnih metrov slovenskega smrekovega lesa, lepljeni pa so z vodoodpornim melaminskim lepilom. Les je bil pred obdelavo umetno osušen na 8-12% ravnovesne lesne vlage. Nosilci so dvakrat zaščiteni z lazurnim premazom. Skozi nosilce so narejeni preboji, kjer so nameščene prezračevalne cevi (potrebna je bila dodatna ojačitev) (arhiv podjetja Hoja, 2011).



Slika 20: Montaža 44-metrskih nosilcev za streho bazena v Kopru (Montaža, 2011)

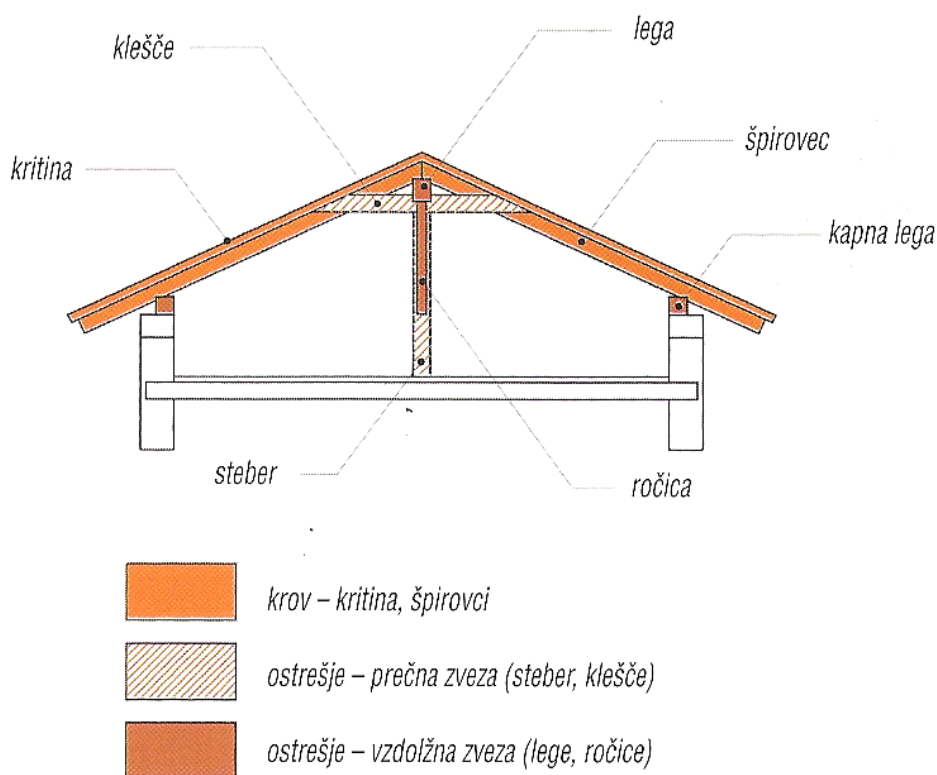
3 OPIS KONSTRUKCIJSKIH ELEMENTOV IN OBLIK STREH

Med gradivi, uporabljenimi za ostrešje, še vedno prevladuje les. Lesene konstrukcije streh so različne.

3.1 SESTAVA STREHE

Streha je sestavljena iz krova in nosilne konstrukcije – ostrešja (slika 21). Krov nosi kritino, ostrešje pa vse obremenitve vključno s težo krova in lastno težo, ki jo prenaša na nosilne stene.

Krov je sestavljen iz kritine, letev ali opaža in škarnikov (špirovcev), ostrešje pa iz prečne in vzdolžne (podolžne) zveze (Deu, 2004).

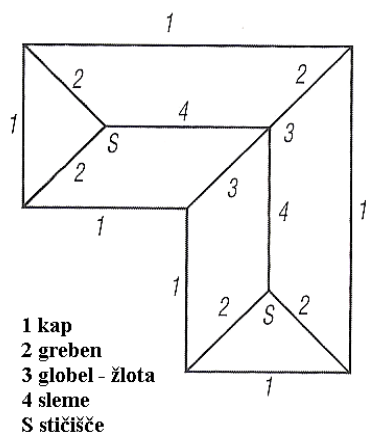


Slika 21: Sestavna elementa strešne konstrukcije: krov in ostrešje (Deu, 2004)

3.2 OPIS SESTAVNIH DELOV STREHE

- *Strešine* - so bolj ali manj nagnjene strešne ploskve, navadno ravne, redko upognjene ali ukrivljene.
- *Kap* - spodnji najnižji zaključek strešin.
- *Sleme* - gornji vodoravni zaključek strešin ali presečišče dveh strešin z vzporednima kapoma.
- *Greben* - presečišče dveh strešin, katerih kapa se sečeta pod kotom, ki je manjši od 180° .
- *Globel ali žlota* - presečišče dveh strešin, katerih kapa se sečeta pod kotom, ki je večji od 180° .
- *Stečišče ali kuklja* - točka, kjer se stika dvoje, troje ali tudi več strešnih ploskev ali presečišč posameznih robov – sleme, greben, žlota.

- *Delni greben* (dopolnitveni ali odpadni greben) - veže dvoje različno visokih slemen.



Slika 22: Poimenovanje delov strehe - odtok vode je vedno pravokotno na kap

3.3 OBLIKA, NAKLON TER MATERIALI ZA STREHO

Oblika strehe

Odvisna je od števila in naklona strešin ter vrst kritine. Po obliki delimo strehe v eno-, dvo- in več kapne zelo strme, strme, položne ter strehe z majhnim in zelo majhnim naklonom (ravne).

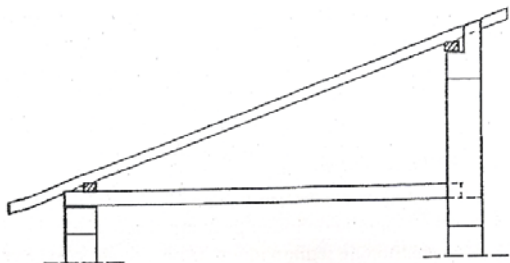
Gladko teksturo strešine ustvarimo s kritino, izdelano iz bitumenskih trakov, bitumenskih premazov ali sintetičnih folij. Drobno teksturo strešin ustvarjajo kritine, sestavljene iz manjših elementov, izdelanih iz gline, betona, azbestnega cementa, kamna, lesa in kovine.

Tlorisna površina stavbe je lahko pokrita s streho iz ene same ravno ali ločno oblikovane strešine ali pa s streho, sestavljeno iz dveh ali več po obliki ravnih ali ločenih strešin.

Glede na različne načine združevanja strešin, kar je odvisno tudi od oblike tlorisa stavbe (pravokotni tloris, kvadratni tloris, okrogli tloris), poznamo strehe različnih oblik in jih glede na smeri odtoka strešne vode različno imenujemo: enokapnica, dvokapnica, streha s štirimi kapi, križna streha, mansardna streha, ravna streha, valjasta streha, žagasta ali

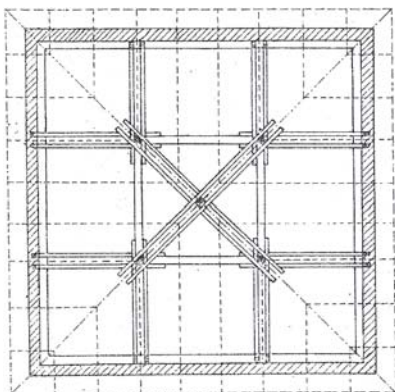
šedova streha, stolpna streha, stožčasta streha, kupolasta streha, bazilikalna ali dvoranska streha, kolenčasta streha, pristrešek in vzdolžna sedlasta streha.

- *Enokapnica* - z eno strešino, voda teče v eno stran in ima en kap.



Slika 23: Primer strehe enokapnice (Karlovšek in Mušič, 1951)

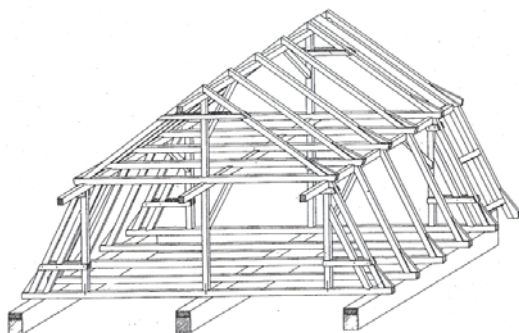
- *Dvokapnica ali sedlasta streha* - ima dve strešini, voda odteka k dvema kapoma (podrobni opis 4.1). Je najpogostejša lesena strešna konstrukcija za stanovanjske hiše.
- *Streha s štirimi kapi* - streha na čope, ki ima štiri strešine s kapi na štiri strani (šotorasta streha).



Slika 24: Tloris šotoraste strehe (Karlovšek in Mušič, 1951)

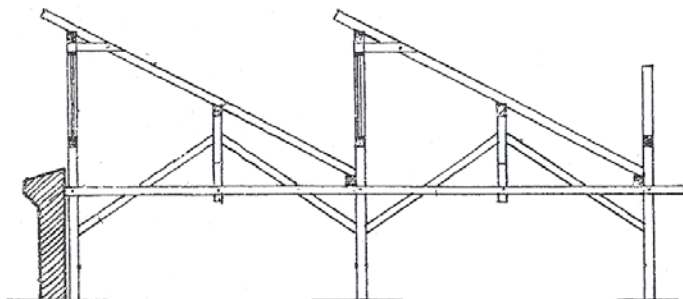
- *Križna streha* - streha z dvema križajočima se slemenoma. Izvedba take strehe je draga, vendar svetloba prihaja z vseh štirih strani.
- *Mansardna streha* - ima lomljene strešine (lom poteka v višini razpirnikov) (slika 25). Strešini nista pod enakim naklon, zgornja strešina ima manjši naklon od

spodnje strešine. Mansardna streha je pogosto uporabljena za podstrešno stanovanje.



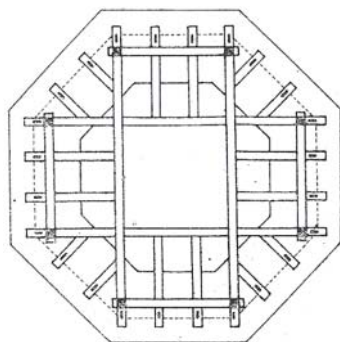
Slika 25: Mansardna streha (naklon strešin je različen) (Karlovšek in Mušič, 1951)

- *Ravne strehe* - naklon strehe od 1 do 6° (izjemoma do 10°). Pri tej obliki strehe so škarniki hkrati stropniki. Na škarnike pritrdimo plohe, ki so klinasto prirezani, in nanje pritrdimo opaž slabše kvalitete.
- *Valjasta streha* - streha, ki ima obliko polovičnega valja.
- *Žagasta ali šedova streha* - sestavljena iz nesimetričnih dvokapnic. Strešine, ki so strmejše, so zastekljene ter obrnjene na severno stran. Žagaste strehe se postavlja vzporedno drugo poleg druge, saj s tem dosežemo enakomerno razsvetljavo v prostoru za npr. dvorane. Poznamo tudi žagaste strehe po načinu enokapnice, kjer stena z okni stoji navpično (slika 26), škarniki pa so pritrjeni na legi navpične stene. Pomembna je kvalitetna izvedba za odvodnavanje padavin.



Slika 26: Žagasta streha (Karlovšek in Mušič, 1951)

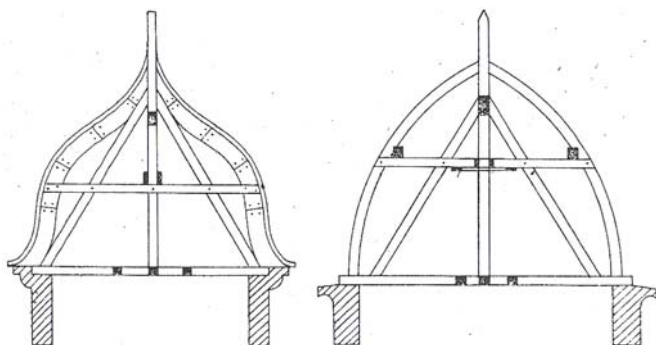
- *Stolpna in stožčasta streha* - obe sta brez slemenske črte in imata vrh v eni točki. Strehe so visoke ter zelo strme (naklon strehe večji od 60°). Razlika med stolpno ter šotorasto streho je, da stolpne strehe dosegajo večjo višino, zato jih je potrebno pritrditi globoko v zidovje (glavni dejavnik je veter).



Slika 27: Tloris stolpne strehe (Karlovshek in Mušič, 1951)

Krive stolpne strehe: draga ter zamudna izdelava (npr. baročni stolpi, stolpi molilnic, ki imajo čebulasto oblikovane strehe).

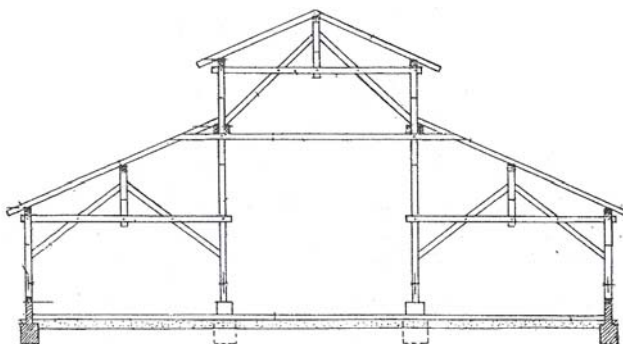
- *Kupolasta streha* - ima obliko polkrogle ali elipsoida (slika 28). Predvsem značilne so strehe v šilastem loku.



Slika 28: Dve različni izvedbi kupolaste strehe (Karlovshek in Mušič, 1951)

- *Bazilikalna ali dvoranska streha* - streho sestavljata dve enokapnici ter ena dvokapnica (slika 29). Gradnja takšne strehe je primerna za tovarne, delavnice ali

razstavne dvorane. Višinska razdalja med obema oblikama strešin je potrebna zaradi dodatne svetlobe.

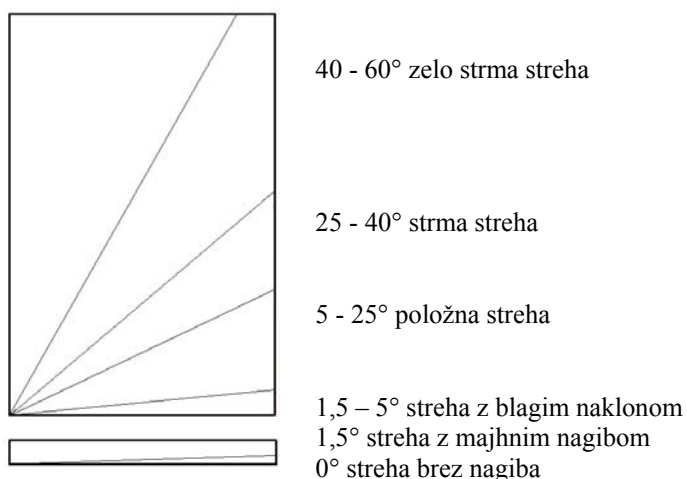


Slika 29: Bazilikalna streha (Karlovšek in Mušič, 1951)

- *Kolenčasta streha* - kap strehe leži nad veznikom (tramom).
- *Pristrešek* - običajno se ga naredi, da pridobimo dodatne gospodarske prostore ter jih pri tem zavarujemo pred vremenskimi vplivi.
- *Vzdolžna sedlasta streha* - oblika strehe je nastala in je ohranjena v cerkvenem stavbarstvu. S pomočjo lesenih, železnih ali armiranobetonskih podpor se naredi več streh, s tem se izognemo visoki strehi. Problem pri izvedbi samo ene visoke strehe je skupna teža in višina. Izvedba te vrste strehe je zahtevna ter draga.

Naklon strehe

Glede na velikost nagiba strešne ploskve ločimo ravne, položne in strme strehe. Ravne strehe so skoraj brez nagiba strešine, zelo strme pa imajo nagib od 40° do 60° . Vmesna pahljača je razdeljena na strehe z majhnim nagibom (nagib strešine je do $1,5^\circ$), z blagim nagibom (nagib strešine je od $1,5^\circ$ do 5°), položne strehe (nagib strešine je od 5° do 25°) in strme strehe (nagib strešine je od 25° do 40°). Med kritinami prevladujejo naklonom prilagojeni izdelani elementi iz gline, betona, bitumenskih smol in kovine različnih oblik, barv ter površinskih tekstur. Poleg vidne podobe strehe z njeno obliko sta pomembni še barva in tekstura strešin, ki ju določa zaključni sloj- kritina.



Slika 30: Naklon strešin

Materiali za kritino ter strešno konstrukcijo

Kritina, ovojni sloj strehe, ščiti strešno konstrukcijo in druge stavbne člene pod njo pred vremenskimi vplivi, zato mora biti iz gradiva, ki je čim bolj odporno proti vremenskim in drugim zunanjim vplivom. Kritina je pogojevala tudi obliko strehe, predvsem njen naklon (preglednica 1). Vse do konca 19. stoletja sta bili v večinskem stavbarstvu najbolj razširjeni vrsti kritine slama ter les. Na Primorskem so bile mnoge hiše krite tudi s prevladujočim avtohtonim gradivom, kamnom. Od 17. stoletja dalje se je začelo uporabljati tudi opečnato kritino. V osrednjem in vzhodnem delu Slovenije so uporabljali opečnati bobrovec, na širšem primorskem območju pa korec. Obe vrsti opečne kritine sta počasi izpodrivali prvotni kritini – slamo in les (bobrovec) ter slamo in kamen (korec) – do začetka 20. stoletja pa sta popolnoma obvladovali prostor. Po prvi svetovni vojni je bilo mnogo hiš kritih z opečnim zareznikom. Pred drugo svetovno vojno, v času ekonomske stagnacije, je veliko graditeljev zaradi denarne stiske stavbe prekrilo s cenejšo betonsko kritino, z industrijsko izdelanimi rombastimi strešniki - cementnimi špičaki ali betonskimi zarezniki.

V sedemdesetih letih prejšnjega stoletja se je zaradi nizke cene, enostavnega in hitrega pokrivanja ter lahke dostopnosti uveljavila industrijsko izdelana azbestno – cementna kritina. Lahkim salonitnim ploščam so se mestoma pridružile še kritine, izdelane iz kovine in bitumenskih smol (Deu, 2004). Danes se uporablja opeko (zareznik, korec) ter zasnovane strešnike, izdelane iz betona, kovine in bitumenskih smol.

Na izbiro vrste kritine na strehi vpliva naklon strešin.

Preglednica 1: Vrsta kritine glede na naklon strešin

<i>Vrste kritine na strehi</i>	<i>Minimalni naklon (°)</i>	<i>Maksimalni naklon (°)</i>
<i>Redko položeni bobrovci</i>	45	50
<i>Gosto položeni bobrovci</i>	33	60
<i>Vlečeni strešniki</i>	33	45
<i>Stisnjeni strešniki</i>	22	45
<i>Betonski strešniki</i>	22	45
<i>Valovite vlakneno cementne plošče</i>	8	45
<i>Valovita pocinkana pločevina</i>	12	35
<i>Slama in trsovina</i>	45	80

Najbolj primeren les za strešne konstrukcije je smrekovina in jelovina, ki sta na trgu lahko dosegljivi ter poceni, obdelava je enostavna, pri tem pa imata obe vrsti lesa dobre upogibne ter elastične lastnosti, trajnost obeh vrst je srednje dolga (pomembna je zaščita lesa proti vremenskim vplivom ter rjavi in beli trohnobi). Predvsem pri bolj zahtevnih strešnih konstrukcijah v sedanjem času srečujemo kombinacijo lesa z armiranim betonom ali železom.

Sodobni trendi posegajo na področje vključevanja fotovoltaike (veda, ki preučuje pretvorbo energije svetlobe, natančneje energijo fotonov v elektriko) (slika 31) – kot strešnih elementov, ki omogočajo izkoriščenje sončne energije. Količina sončne energije je odvisna od letnega časa in lokacije.

Načini izkoriščanja sončne energije: pasivne solarne zgradbe in aktivni solarni sistemi (sončni kolektorji, sončne celice ter toplotne črpalke).



Slika 31: Strešni elementi omogočajo izkoriščanje sončne energije (Enerson, 2010)

3.4 SESTAVNI DELI POVEZJA IN PODOLŽNE ZVEZE

Povezje oz. prečna zveza običajno vsebuje pet sestavnih delov strešne konstrukcije (v povezavi s škarnikom ali brez njega).

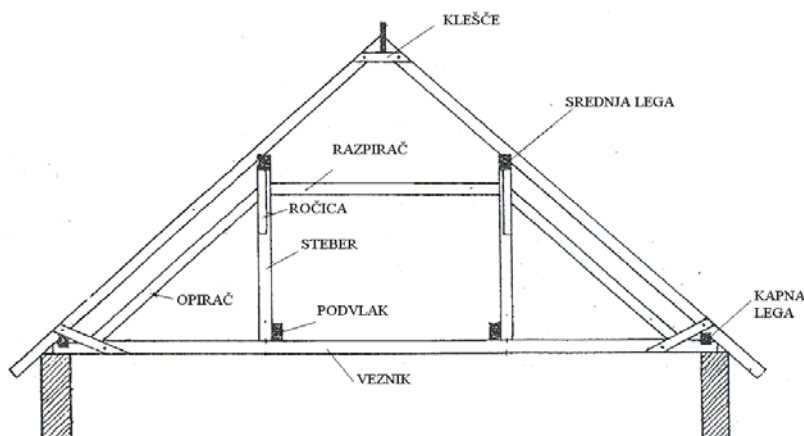
- *Veznik* - eden izmed pomembnejših elementov konstrukcije, ki ima nalogo, da veže celoten sestav povezja skupaj. Debelina ter širina veznika je odvisna od dimenzij stebrov ter opirača. Veznik je običajno nepretrgan, pri čemer se glavo veznika ne obzida tesno, saj je pomembno, da se les zrači - diha.
- *Steber* - navadno je kvadratastega profila in veznika ne sme obremenjevati na upogib, zato se izdelata konstrukcija z vešalom, ki prenese vse obremenitve na ležišče veznika. Pri ostrešjih z vešalom je steber obremenjen na vlek. Pri stoječih ostrešjih je obremenjen na tlak ali uklon.
- *Opirač* - obremenjen na tlak ali uklon. Opirači so poševno postavljeni elementi, ki imajo nalogo, da prevzamejo vso težo srednjega dela ostrešja. Celotno težo po vezniku prenesejo na zunanje zidove.
- *Razpirač* - vodoravni tram med stebri. Profil razpirač je enak profilu opirač. Višina razpirača ni točno določena, vendar je zaželena vsaj 1,8 m, saj se s tem omogoči prehod. Obremenjena je na tlak ali uklon.
- *Klešče* - poznamo klešče, ki imajo funkcijo, da ostrešje samo povezujejo, in klešče, ki prevzamejo tudi natege. Običajno so dvojne.

Med podolžno zvezo uvrščamo sestavne elemente strehe, ki vežejo streho v podolžni smeri in nosijo krov.

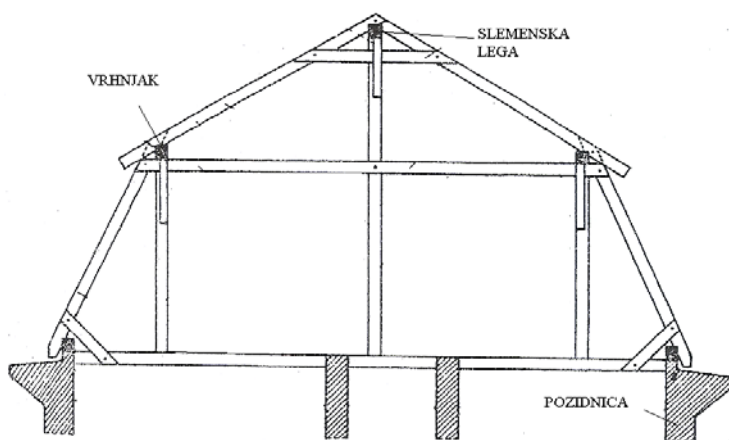
- *Kapna lega* - običajno leži po vsej dolžini zida ter nosi in povezuje škarnike. Škarniki so na kapno lego privijačeni z vijaki ali pribiti s žebli.
- *Srednja in slemenska lega* - sta podprti s stebri v povezjih običajno na vsake 4 m. Vmesne lege so obremenjene na upogib. Pri enokapnicah je slemenska lega vedno prisotna, pri dvokapnicah pa le takrat, kadar je potrebno škarnike podpreti zaradi prevelike dolžine na slemenu.
- *Ročice* - čepimo v lege ali stebre pod kotom 45° . Pri konstrukcijah, kjer pomembno vlogo odigra estetski videz, uporabimo ročice v obliki loka (premer loka je odvisen

od velikosti konstrukcije). Z dodajanjem ročic se skrajša dolžina nepodprte lege ter poveča stabilnost celotne konstrukcije.

- *Pozidnica* - vodoravni tram, ki leži na obodnem nosilnem zidu in porazdeli pritisk povezij enakomerno na podporni zid. Namesto pozidnice se lahko naredi armirano – betonska vez.
- *Vrhnjak* - lega, ki ima nalogo, da podpira razpirnike pri ostrejših. Profil vrhnjaka je enak profilu vmesne lege.
- *Podvlak* - nosilni tram, ki je obešen na poveznike, da nosi stropnike, kjer ni nosilnega srednjega zidu. Nosilni tram je brez ročic (dimenzije po prečnem preseku so večje).



Slika 32: Sestavni elementi povezja in podolžne zveze (Karlovšek in Mušič, 1951)



Slika 33: Sestavni deli povezja in podolžne zveze (Karlovšek in Mušič, 1951)

3.5 SESTAVNI DELI NOSILNEGA DELA KRITINE

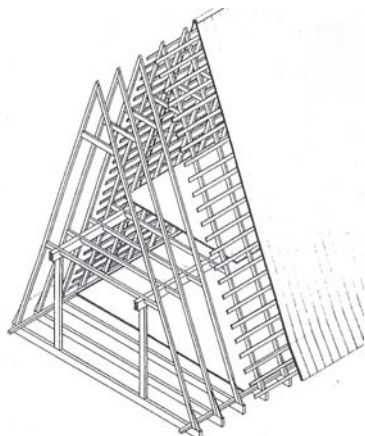
- *Škarniki (špirovci, škarjevci)* - strehi dajejo obliko od kapa do slemena ter so neposredni nosilni del kritine. Za določitev profila škarnika je potrebno vedeti razdaljo med legami, vrsto kritine ter obtežbo (odvisna od vremenskih vplivov).
- *Menjalniki* - konstrukcijski element, ki se ga uporablja tam, kjer je potrebno prekiniti škarnik zaradi dimnika ali drugega zidovja.
- *Razpirniki* - profil je enak profilu škarnikov. Njihova naloga je, da razpirajo škarnike in jim krajšajo statično odprtino. Če strešna konstrukcija vsebuje razpirnike, se konstrukcija podraži.
- *Robnik ali grebenjak* - poševni tram, položen po grebenu šopaste strehe. Robnik je po višini vedno višji od škarnika, saj mu je potrebno posneti robove.
- *Žlotnik* - poševni tram položen po žlotu. Vrhnja ploskev trama je izžlebičena pod kotom.
- *Odkladniki* - kratki škarniki med robnikom in kapno lego.
- *Prikladniki* - kratki škarniki med slemenom in žlotnikom.
- *Nakladniki* - kratki škarniki med robnikom in žlotnikom.

4 NAJPOGOSTEJŠI PRIMERI IZVEDB LESENIH STREŠNIH KONSTRUKCIJ

Vse klasične strešne konstrukcije vsebujejo vsaj dva konstrukcijska elementa:

- strešne letve ali nosilci – primarna raven konstrukcije,
- strešni škarnik – sekundarna raven konstrukcije.

Navedena elementa sta se pojavila že pri najstarejših strešnih konstrukcijah. V Evropi je bil uveljavljen sistem Dahstuhl.

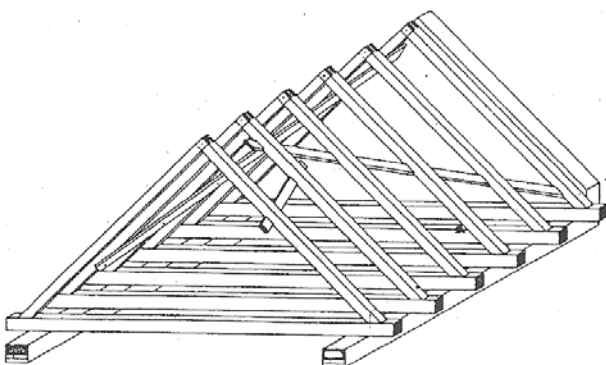


Slika 34: Strešna konstrukcija – sistem “Dahstuhl” (Kujundžić, 1983)

4.1 STREHE DVOKAPNICE

Sestavni elementi strešne konstrukcije so med seboj spojeni z različnimi lesnimi vezmi.

- *Povezje brez leg* - konstrukcija je primerna, če podstrešje izkoristimo za stanovanje. Močne letve običajno poševno pribijemo z žablji na notranjo stran škarnikov za podolžno povezavo. Da dosežemo trdnost veznikov ter škarnikov, uporabimo enojne klešče (klešče v obliki ploha ali trama). Če je razpetina ostrešja manjša od 5 m, ni potrebno uporabiti razpirnikov. Razpirnike je potrebno podpreti z vrhnjakom (nosijo jih stebri, ki so postavljeni na veznike), če je razpetina ostrešja med 7 in 9 m.

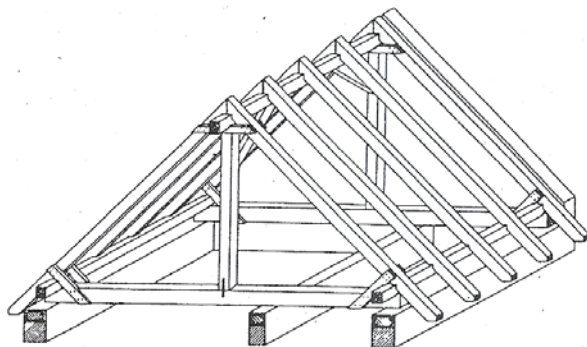


Slika 35: Najenostavnejše povezje brez leg (Karlovšek in Mušič, 1951)

- *Povezja s podprtimi legama* - so strešne konstrukcije, podprte na srednjih nosilnih zidovih. Konstrukcija mora biti izvedena tako, da ostane okoli dimnikov vsaj 5 cm prostora za izolacijo. Podprte lege so ojačene z ročicami, ki jih včepimo v steber ter lego. Na legah so privijačeni vsi škarniki, ki povezujejo povezja v podolžni smeri ostrešja.

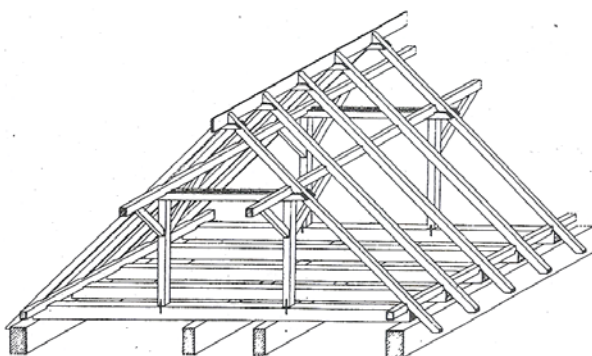
Ločimo:

- *Povezje z eno podprto lego* do razpetine 8 m. Sestavljajo ga poveznik, steber in škarnik. Steber podpira z ročicami ojačeno slemensko lego. Dvojne klešče manjših dimenzij (pritrjene pod kotom) imajo nalogo, da ojačijo zvezo pri kapni legi in pri slemenu.



Slika 36: Povezje z eno podprto lego (Karlovesek in Mušič, 1951)

- *Povezje na dve podprti legi* (maksimalni razpetina 13 m). Povezje ima dva stebra, ki sta povezana s dvojnimi kleščami. Stebrov ne postavimo v navpični smeri, kadar želimo prenesti vertikalne sile v celoti na srednje nosilno zidovje. Na slemenu med obema škarnikoma lahko dodamo plošč, ki nam služi za pritrditev slemenjakov.



Slika 37: Povezje z dvema podprtima legama (Karlovesek in Mušič, 1951)

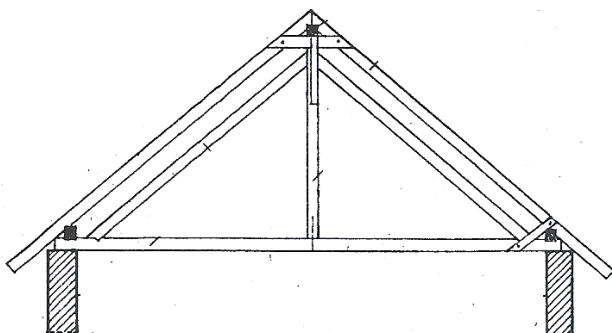
- *Ostrešja brez povezij* - predvsem popularna v državah, ki imajo malo lesa (npr. Italija, Španija...). Konstrukcija je sestavljena iz leg ter škarnikov. Lege so običajno podprte s prečnimi zidovi. Srednje lege so povezane s kleščami, kapne lege pa morajo biti dobro zasidrane v zidovje.
- *Povezje z vešalom in razpiralom* - uporabljamo pri večjih razpetinah ostrešij, ki niso podprta z vmesnimi zidovi. *Enojno trikotno razpiralo* nastane, če je tram podprt samo na sredini in se opirači stikata topo z navadnim spahom. *Dvojno ali trapezno razpiralo* nastane, če med opirači vstavimo razpiráč.

Steber in obe opirači ustvarijo skupno z veznikom trdno trikotno povezavo – *enojno ali trikotno vešalo*. Opirači prenašata breme na ležišče veznika, ta pa naprej na zid, ki prevzame vse vertikalne obtežbe. Če veznik podpremo na dveh mestih, nastane *dvojno ali trapezno vešalo* (med stebroma se doda razpiráč).

4.1.1 Povezje s trikotnim vešalom

Povezje s trikotnim vešalom uporabljamo pri zgradbah kjer ni vmesnih podpor oz. nosilnih srednjih zidov. Konstrukcija sestoji iz veznika, dveh opirač in stebra. Če kapna lega leži na zidu ali kolenčastem stebri, govorimo o kolenčasti strehi.

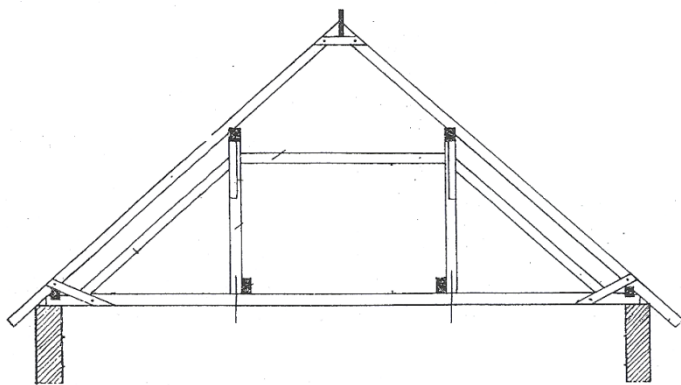
Najpomembnejša je zveza opirače z veznikom, ki jo izdelamo z čepom ter enojnim ali dvojnim ulegom. Pri tem je potrebno pravilno usmeriti opiračo (najbolje je, da poteka njena središčnica proti jedru zida). Veznikova glava, na kateri leži kapna lega, ne sme biti tesno obzidana zaradi delovanja oz. zračenja lesa. Z vpeljavo dvojnih klešč v prečni smeri izboljšamo trdnost povezave kapnega vozlišča.



Slika 38: Enostavno povezje s trikotnim vešalom (Karlovšek in Mušič, 1951)

4.1.2 Povezje s trapeznim vešalom

Za povezja s trapeznim vešalom se odločimo, kadar je razdalja razpetin od 8 do 13 m. Konstrukcija sestoji iz dveh opirač, dveh stebrov, veznika ter razpirrača. Pri tem povezju ni slemenske lege, temveč sta dve vmesni legi. Ležeče povezje s poševnimi stebri uporabimo, kadar potrebujemo v podstrešju večje prostore. Pri tem mora biti izpolnjen pogoj, da je stropna konstrukcija zadnje etaže dovolj podprta z zidovi in stebri. Klešče imajo pomembno vlogo, saj povezujejo posamezne elemente v tog sistem.



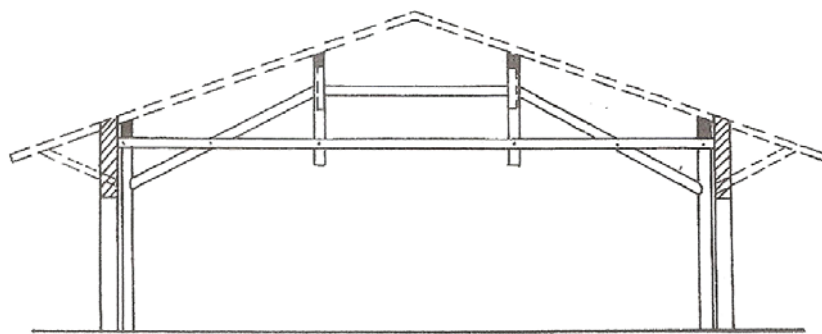
Slika 39: Povezje s trapeznim vešalom (Karlovshek in Mušič, 1951)

4.1.3 Povezje s trojnim vešalom

Sestoji iz treh stebrov, ki jih lahko izvedemo na tri različne načine (kombinacija enega velikega in dveh malih vešal, kombinacija enega enojnega in enega trapeznega vešala, povezje s tremi stebri, ki je v sredi podprto in ima ob strani dve trikotni vešali).

4.1.4 Kombinirane konstrukcije vešal in razpiral

Tovrstne konstrukcije uporabljamo pri gradnji mostov. Veznik je potrebno vezati kot klešče, saj se nosilna konstrukcija nahaja pod in nad njim. Še do nedavnega se je ta konstrukcija uporabljala za strehe dvoran, delavnic, skladišč, danes pa jo je nadomestila palična konstrukcija.



Slika 40: Povezje, kombinirano z vešalom in razpiralom (z dvema stebroma) (Schunck, 2003)

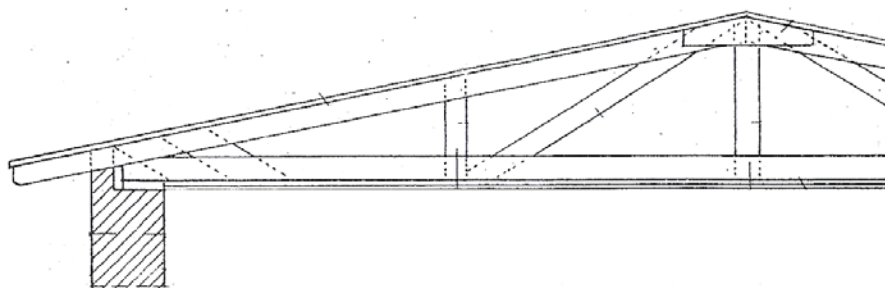
4.2 PALIČNE KONSTRUKCIJE

Palično konstrukcijo se običajno uporablja za strešne konstrukcije posebnih oblik ali velikih razponov, kar omogoča prosto načrtovanje tlorisnih površin pri projektiranju. Elementi paličja so običajno iz enega kosa lahko pa tudi iz dveh kosov (najpogosteje kadar je element natezni).



Slika 41: Palična konstrukcija, primerna za industrijsko halo (Saje, 1997)

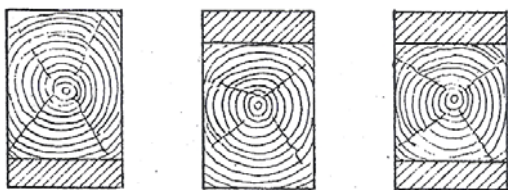
Žebeljane konstrukcije so sestavljene predvsem iz desk ter plohov standardne dolžine 4 m (v izjemnih primerih do 8 m). Širina desk oz. plohov ni točno določena, vendar je zaželeno, da je manjša od 16 cm, saj se s tem izognemo večjemu delovanju lesa. Uporabljamo različna vezna sredstva: žeblje, vijake, ježevke,... Oblika nosilcev je odvisna od uporabe prostora pod konstrukcijo.



Slika 42: Primer enostavne žebljane konstrukcije (Karlovšek in Mušič, 1951)

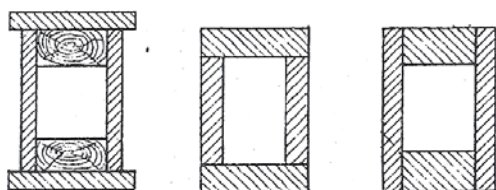
4.3 SESTAVLJENI NOSILCI

- *Ojačeni tramovni nosilec* – osnovni tram, ojačen z deskami na spodnji ali zgornji strani, lahko pa tudi na obeh straneh.



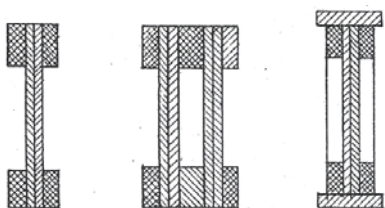
Slika 43: Ojačeni tramovni nosilci (Karlovšek in Mušič, 1951)

- *Polnostenski pasovni nosilec* - sestavljen je iz pasnic (prevzamejo tlačne in natezne napetosti) ter stranic (prevzamejo strižne napetosti).



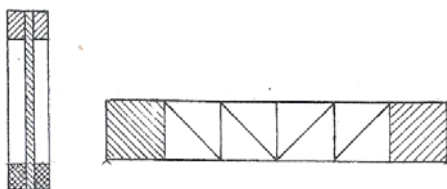
Slika 44: Polnostenski pasovni nosilci (Karlovšek in Mušič, 1951)

- *Opažno – stenski pasovni nosilec* – sestavljen je iz pasov (sestoje iz bočnic, pasnic...) ter opažne stene. Stena sestoji iz dveh plasti desk. Za dodatno vertikalno ojačitev se na stene privijači še prečke.



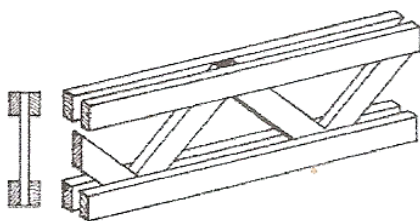
Slika 45: Opažno - stenski pasovni nosilci (Karlovšek in Mušič, 1951)

- *Enosmerno opažno – stenski pasovni nosilec* – sestoji iz pasov, prečk (vertikalne prečke, obremenjene na tlak) ter diagonalne stene. Ne glede na število desk, ki predstavljajo steno (deske obremenjene na nateg), so vse obrnjene v isto smer.



Slika 46: Enosmerni opažni nosilec (Karlovšek in Mušič, 1951)

- *Palični nosilec* – sestavljen iz zgornjega ter spodnjega pasu ter vmesnih palic, z njim lahko premostimo večje razpone. Vertikale so krajše od diagonal, zato so obremenjene na tlak, medtem ko so diagonale obremenjene na nateg. Zaželeno je, da pri povezavi pomembnih konstrukcijskih elementov med seboj poleg žebljane zveze uporabimo še lesne vezi (ulegi).

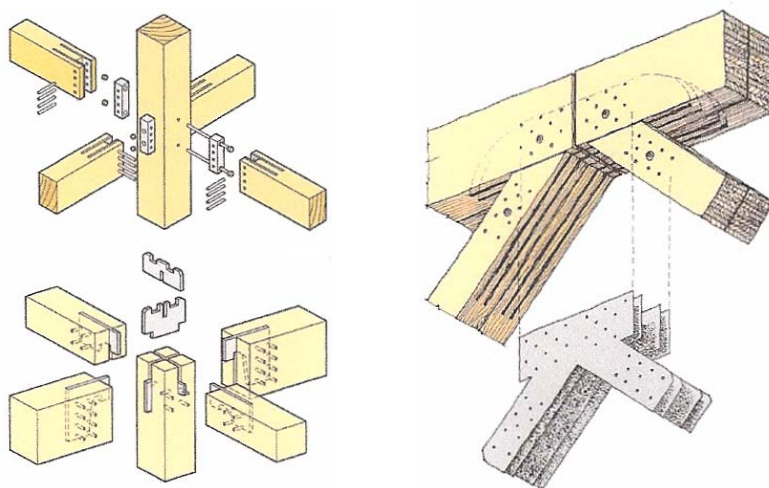


Slika 47: Enostavni palični nosilec (Saje, 2009)

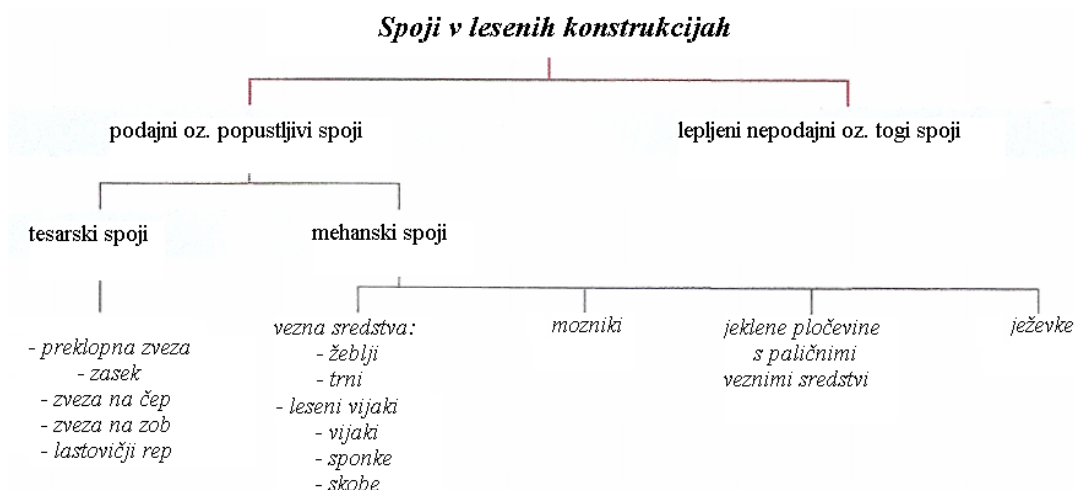
5 LESNE ZVEZE IN VEZNA SREDSTVA

Izbira ustreznih veznih sredstev je odvisna zlasti od tipa obravnavanega konstrukcijskega elementa in od dimenzij njegovih sestavnih delov. Za medsebojno spajanje elementov konstrukcije se uporabljajo vijaki, mozniki, ježevke in različna specialna sredstva ter lepljenje (Langenbach, 2008). V primeru medsebojnega spajanja tanjših sestavnih elementov je za vezna sredstva smiselno uporabljati žeblje, ježevke in lepilo. Medsebojno lepljenje debelih sestavnih elementov pa je zaradi delovanja in posledičnega krivljenja lesa manj primerno (Saje, 2009).

S pravilnim konstruiranjem stikov se lahko obremenitvam lesa pravokotno na vlakna izognemo (večino napetosti poteka pravokotno na vlakna). V primeru obremenitev v stiku je potrebno z določenimi konstrukcijskimi detajli takšne porušitve preprečiti. Običajno se uporablja ojačitve, ki preprečijo razkol lesa (npr: vijaki, objemke, vezane pločevine...) (Žarnić in Dujič, 2008).



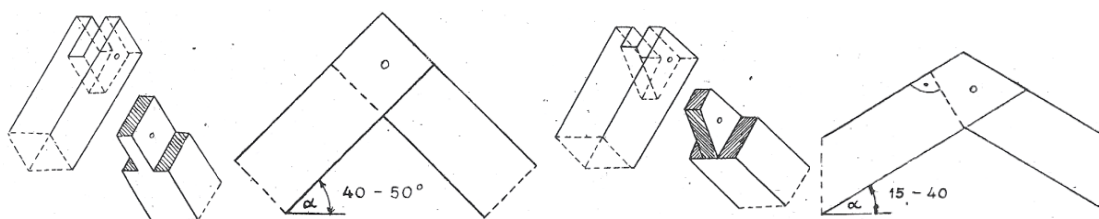
Slika 48: Sodobni stiki z uporabo najrazličnejših jeklenih veznih elementov (npr jeklenih pločevin z paličnimi mozniki). Utoře za pločevino in trne se izvede s CNC stroji za obdelavo lesa (Žarnić in Dujič, 2008).



Slika 49: Razdelitev spojev v lesenih konstrukcijah (povzeto po Žarnić in Dujič, 2008)

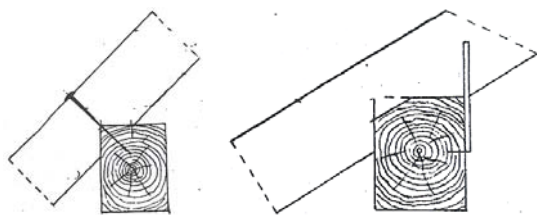
Opis tradicionalnih lesnih zvez

- *Škarnik s škarnikom* - glede na naklon strešine izberemo vrsto slemenskega čepa. Enostaven slemenski čep uporabimo pri naklonu strešine od 40° do 50° , pri naklonu strešine od 15° do 40° uporabimo slemenski čep z naslonom. Za ojačitev zveze se uporabi leseni klin. Če škarnika ne slonita na slemenski legi, se uporabi deske, ki se jih pribije pod škarnike, pod tem pa se oba škarnika poveže z enojnimi kleščami.



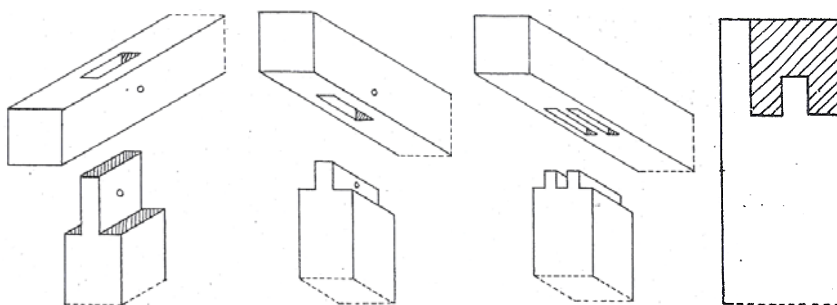
Slika 50: Enostavni slemenski čep ter slemenski čep z naslonom (Karlovshek in Mušič, 1951)

- *Škarnik z lego* - najenostavnejše ter najhitrejše naleganje je takrat, ko je izrezan le škarnik (pogoj: lega mora biti ostroroba, v nasprotnem primeru je izrezana tudi lega). V primeru zastajanja vode v ulegu pride do propadanja lesa zaradi okužbe lesa z glivami.

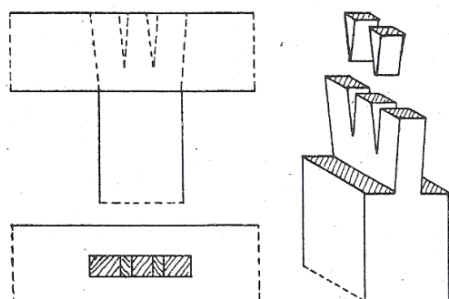


Slika 51: Zveza - nataknitev: izrezan samo škarnik ali izrezana škarnik ter vmesna lega (Karlovshek in Mušič, 1951)

- *Steber z lego* - vežemo s čepom. Čep se izdelava na stebru, medtem ko se utor naredi v legi. Izdelavo čepa je potrebno prilagoditi funkciji (položaju) stebra.
 - Na **srednjem stebru** se lahko izdelava ravni pretaknjen čep, ravni kratki $1/2 - 1/3$ višine lege, ravni dvojni čep, čep s sklopom ter repasti celi ali repasti kratki čep. Z uporabo spojke se izboljša trdnost zveze.

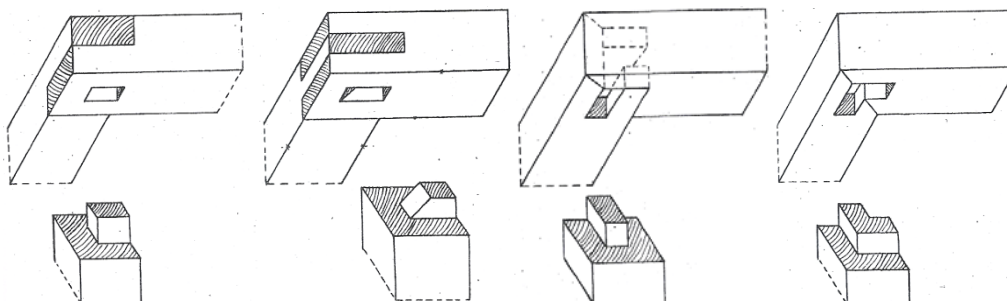


Slika 52: Ravni pretaknjen čep, ravni kratek čep, ravni dvojni čep in čep s sklopom (Karlovshek in Mušič, 1951)



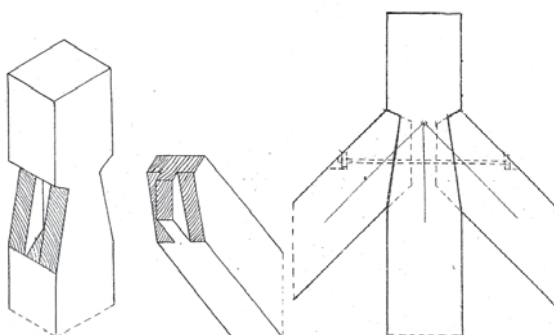
Slika 53: Manj pogostejše vezi - repasti pretaknjeni celi čep ter repasti kratki čep (Karlovshek in Mušič, 1951)

- Na **vogalnem stebru** se lahko izdelata polovični čep v širino in višino, trapezni čep, čep v skriti zvezi in križni čep.



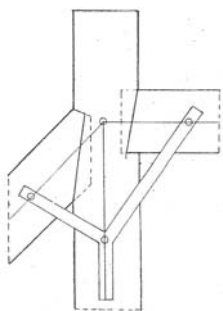
Slika 54: Polovični čep, trapezni čep, čep v skriti zvezi in križni čep (Karlovshek in Mušič, 1951)

- *Steber z opiračo* - običajno se uporabi zvezo - uleg s čepom. Pravilno izvedena zveza pomeni, da srednjice stebra, opore in razpirače potekajo skozi eno točko. Z uporabo vijakov ali posebnega okovja se izboljša trdnost zveze.



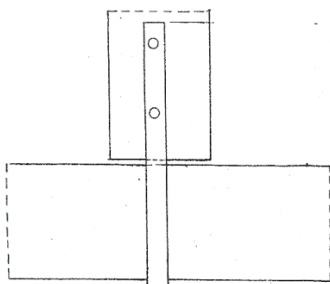
Slika 55: Pravilno izvedena lesna zveza - uleg s čepom (Karlovshek in Mušič, 1951)

- *Steber z razpiračem* - primerna je le ena lesna zveza in sicer kratki uleg s čepom.
- *Steber z veznikom* - običajno se uporabi topi spah, ki ga poveže vešalno železo. Spono se lahko uporabi le v primeru uporabe zveze z delnim čepom.



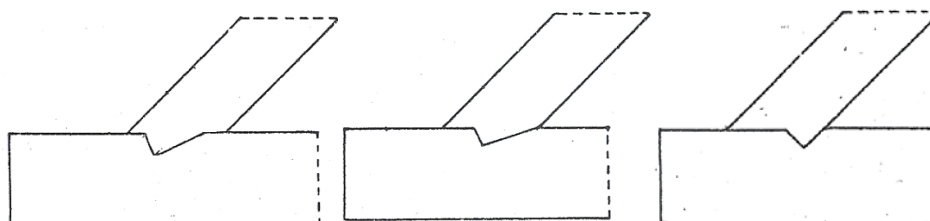
Slika 56: Zveza (med stebrom, razpiralnikom in veznikom) ojačena s spono (Karlovšek in Mušič, 1951)

Konstrukcija more biti izvedena tako, da je med stebrom ter veznikom malo razmika, ker more vešalno železo nositi veznik.



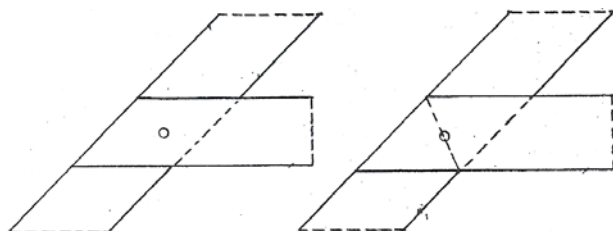
Slika 57: Veznik visi na vešalnem železu (Karlovšek in Mušič, 1951)

- *Opirača z veznikom* - najboljše je, da se srednjici opirače ter veznika sekata nad zidom. Veznikova brada je običajno dolga od 25 – 30 cm, njena naloga je, da prevzame vse strižne napetosti vodoravnih sil. Zveza med opiračo in veznikom je uleg brez čepa ali s čepom. Čep varuje zvezo pred stranskim izmikom (čep s pravokotnim naslonom varuje zvezo pred navpičnim izmikom). Uporablja se poševni uleg, izmaknjeni uleg ali uleg na peto (uporabi se pri manjši bradi).



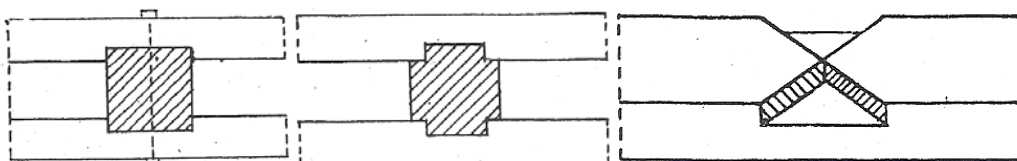
Slika 58: Poševni uleg (statično najboljša zveza), izmaknjeni uleg in uleg na peto (Karlovšek in Mušič, 1951)

- *Klešče s škarnikom* - možni sta dve zvezi in sicer v obliki delnega sklopa ali stik brez zareze. Uporaba vijakov je obvezna.



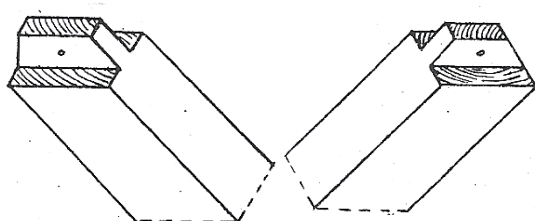
Slika 59: Zarezane samo klešče ali zarezana klešče in škarnik (Karlovšek in Mušič, 1951)

- *Klešče z opiračo ali s stebrom* - pri obeh elementih se uporabljajo podobne zveze in sicer zveza s križanjem na delni sklop, ravni greben ali križni greben. Uporaba vijakov je obvezna.



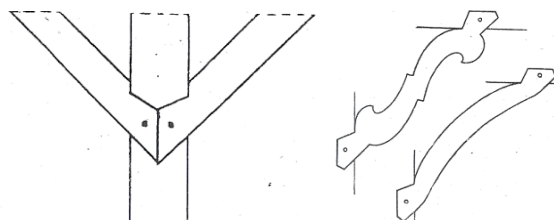
Slika 60: Najpogostejše zveze s križanjem na delni sklop, sklop na greben in križni greben (Karlovšek in Mušič, 1951)

- *Ročica z lego* - zvezo se naredi s poševnim čepom in s pravokotnim čepovim naslonom na lego ali pa z zabitim čepom in s poševnim čepovim naslonom na lego. Oblika ročic je različna, vendar se še vedno najpogosteje uporablja ročico, ki leži pod naklonskim kotom 45° glede na lego in steber.



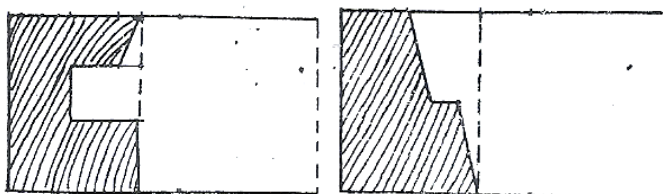
Slika 61: Navadni čep s pravokotnim naslonom ali zabiti čep s poševnim naslonom (Karlovšek in Mušič, 1951)

- *Ročica s stebrom* - uporablja se poševni čep. Predvsem pri starih kozolcih je značilna zveza na polni sklop (na rep).



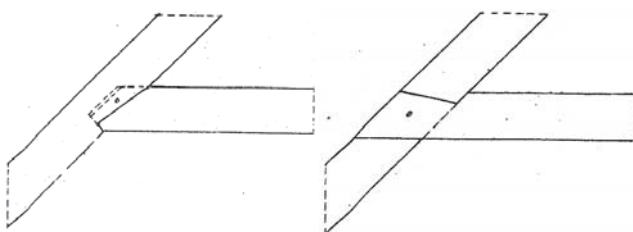
Slika 62: Različne oblike ročic in izvedba lesnih zvez, značilne predvsem za stare kozolce (Karlovšek in Mušič, 1951)

- *Menjalnik s škarnikom* - zvezo se naredi z delnim čepom ali s sklopom in poševnim naslonom.



Slika 63: Čep z delno poševnim naslonom in sklop s poševnim naslonom (Karlovšek in Mušič, 1951)

- *Razpirnik s škarnikom - razpirnik podprt* – zveza z ulegom in delnim čepom, *razpirnik ni podprt* – zveza s sklopom na lastovičji rep. Potrebna je povezava z vijaki oz. žebli.



Slika 64: Zveza z ulegom ter delnim čepom in zveza s sklopom na lastovičji rep (Karlovšek in Mušič, 1951)

6 PRIMER IZDELAVE SODOBNE LESENE STREŠNE KONSTRUKCIJE

6.1 PREDSTAVITEV SODOBNEGA TESARSKEGA OBRATA

Predvsem za zahtevnejše lesene strešne konstrukcije je zelo pomembna sodobna tehnologija za obdelavo lesa. V okviru diplomskega projekta sem obiskal Tesarstvo Kregar.

Podjetje Tesarstvo Kregar je bilo ustanovljeno leta 1914, z delovanjem pa je pričelo maja leta 1919, ko se je po koncu 1. svetovne vojne iz Galicije vrnil njegov ustanovitelj Josip Kregar, po poklicu tesarski mojster. Po njegovi smrti je podjetje prevzel sin Josip Kregar. Od leta 1993 do 2005 je podjetje vodil Jože Kregar, po poklicu gradbeni inženir. Od leta 2005 dalje vodi podjetje Martin Kregar, ki je prav tako po izobrazbi gradbeni inženir.

V podjetju opravljajo vsa zahtevnejša tesarska dela na stanovanjskih, industrijskih in inženirskih objektih. Izdelujejo ostrešja, skeletne hiše, brunarice, nadstreške, vrtno ute, mostove in druge lesene konstrukcije po naročilu.

V podjetju so dobro tehnično opremljeni, saj so že od leta 1984 naprej začeli z računalniško obdelavo načrtov, izračuni ter izrisom.

6.2 PROCES PRIPRAVE LESA ZA STREŠNO KONSTRUKCIJO

Najprimernejši čas za sekanje lesa je v zimskem času in sicer od oktobra do konec marca (v naravi je prisotnih manj škodljivcev, vsebnost beljakovin v lesu je med 0,2 do 0,8%, manjša je nevarnost poškodb stoječih dreves – tla so zmrznjena). Takoj po poseku je potrebno les čim hitreje odpeljati na žago ter ga pravilno skladiščiti, saj se s tem izognemo napadu različnih insektov. Pravilno skladiščene hlodovine pomeni, da ni v stiku z zemljo ter da so tla rahlo nagnjena, saj se s tem prepreči zadrževanje vode.



Slika 65: Nepravilno skladiščenje hlodovine (foto: Andraž Nagode)

Z premazovanjem čel s stipol pasto preprečimo hitrejše sušenje lesa ter preprečimo nastanek razpok. Pomembna je operacija lupljenja hlodovine, saj se med skorjo in beljavo nahaja največ hranil (hrana za insekte). Olupljeno hlodovino se običajno škropi z vodo ali namaka v bazenih in s tem prepreči površinsko pokanje lesa.

Razrez hlodovine poteka na žagarskih obratih. Glede na kvaliteto hloda se običajno odločimo, na kakšne elemente bomo hlod razžagali. Za strešne konstrukcije običajno uporabljamo les srednje kakovosti.

Zložaj žaganega lesa je običajno dvignjen od tal od 40-60 cm ter širok 1 m. Višina zložaja ni točno določena. Med skladovnicami žaganega lesa mora biti razmik, da se omogoči kroženje zraka. Žagan les je potrebno pravilno letvičiti ter ga pokriti s primerno kritino.



Slika 66: Žaga za razrez hlodovine (Pucelj, 2010) in pravilno sušenje žaganega lesa (Gorišek, 2004)

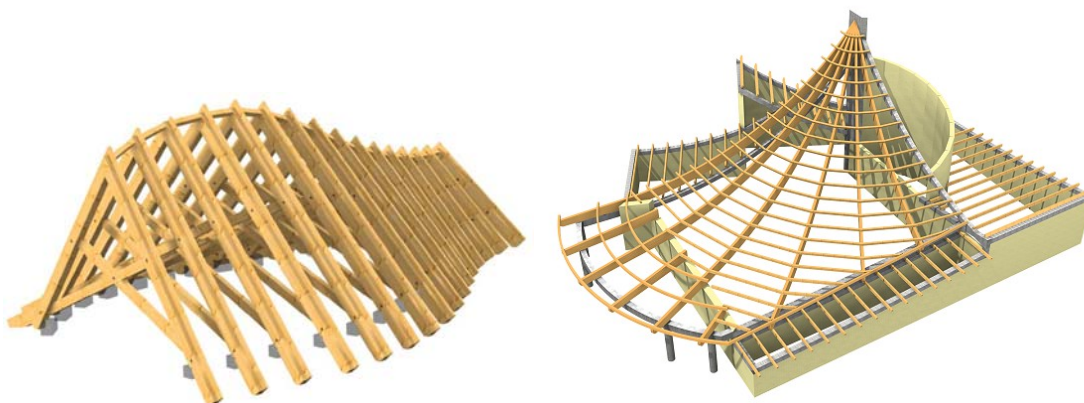
Les po naravnem sušenju vsebuje okoli 16 % ravnovesne lesne vlažnosti, kar pomeni, da je primeren za strešne konstrukcije. Dražje in hitrejše sušenje lesa je tehnično sušenje, ki poteka v sušilnicah. Vse pogostejše se uporablja dolžinsko spojen ter lameliran lepljen les

za strešne konstrukcije. Z uporabo lepljenega lesa se izboljša dimenzijska stabilnost lesa, poveča se nosilnost, prepreči se pikanje lesa in zvijanje lesa...

6.3 NAČRTOVANJE IN IZDELAVA STREHE

Potek izdelave lesene strešne konstrukcije v podjetju Kregar:

- izris konstrukcije s programom Sema - Programska oprema Sema, temelji na modularni strukturi, pri svojem delu pa jo lahko uspešno uporabljajo mizarji, tesarji ter proizvajalci montažnih hiš.
- razrez s CNC strojem,
- kompletiranje razrezanih delov tako, da je montaža kar se da učinkovita,
- izdelavo natančnega načrta za sestavljanje.



Slika 67 : Izris sodobne lesene konstrukcije s programom Sema (Kregar, 2008; Sema 2007)

S pomočjo CNC strojev so tehnološki procesi avtomatizirani, razrez in poraba materiala optimirana, kakovost izdelka stalna, delovni pogoji lažji in stroški dela manjši. Hundegger-K2i je CNC stroj podprt z računalniškim programom, ki ga uporabljajo za konstruiranje in izris delavniških risb sestavnih elementov strešne konstrukcije. Program omogoča neposreden prenos podatkov na CNC stroj kar odpravlja motnje v procesu in napake, ki bi lahko bile posledica človeškega faktorja.

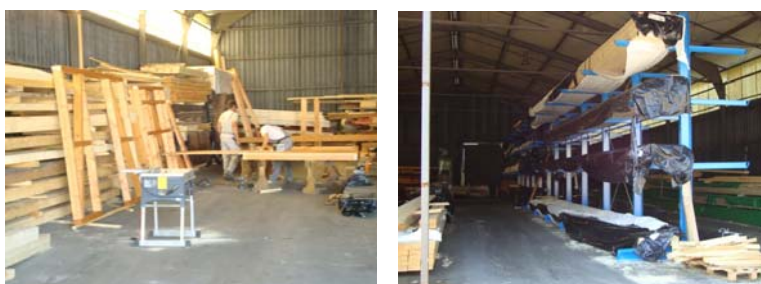


Slika 68: Računalniško vodena linija Hundegger-K2i z natančnostjo obdelave do desetinke milimetra natančno (foto: Andraž Nagode)



Slika 69: Obdelava lesa na računalniško vodeni liniji Hundegger-K2i (arhiv podjetja Honkatalog, 2007)

Les skladiščijo v posebni hali, kjer opravljajo manjša montažna dela. Les je skladiščen po vrsti ter dimenzijah lesa in zložen na kovinska stojala. Določen les je ovit z črno folijo, s tem se prepreči dodatno navlaževanje lesa.



Slika 70: Skladiščenje lesa in opravljanje manjših montažnih del (foto: Andraž Nagode)



Slika 71: Primer izdelave sodobne strešne konstrukcije (kapelica v Bovcu) l. 2009 (Kregar, 2009)



Slika 72: Primer izvedbe sodobne strešne konstrukcije (kapelica v Bovcu) l. 2009 (Kregar, 2009)

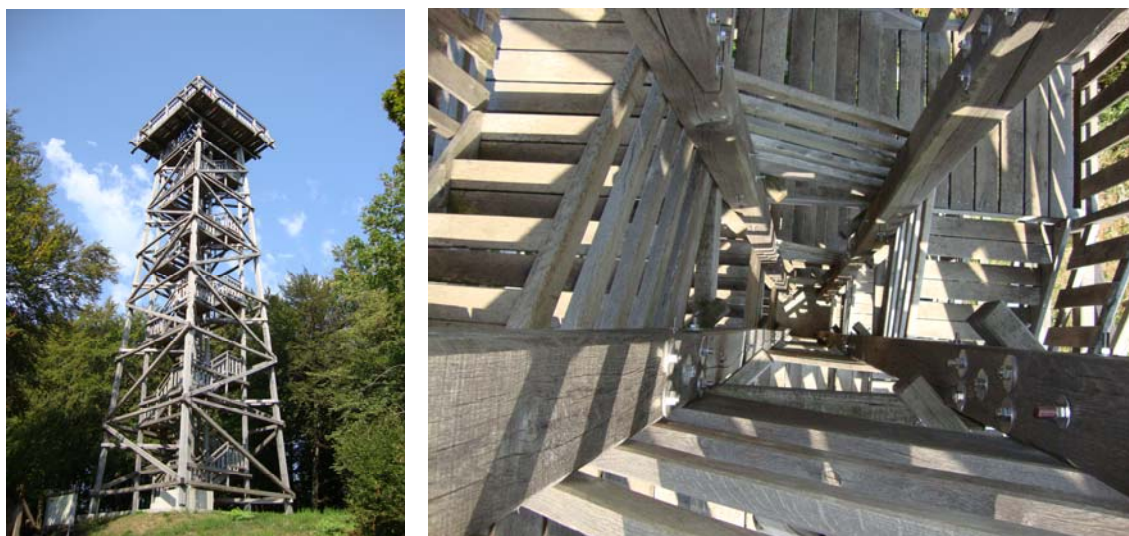
Razgledni stolp narejen iz hrastovega lesa

Okoli leta 1930 je bil zgrajen prvi razgledni stolp na Planini nad Vrhniko. V višino je meril 3 m. Leta 1934 so zgradili novega, višine 16 m, vendar so ga med vojno porušili ter ga ponovno postavili leta 1955. Vse do leta 2008 se je na razglednem stolpu opravljajo nujna vzdrževalna dela.



Slika 73: Razgledni stolp, ki je bil zgrajen leta 1955 (arhiv občine Vrhnika, 2007)

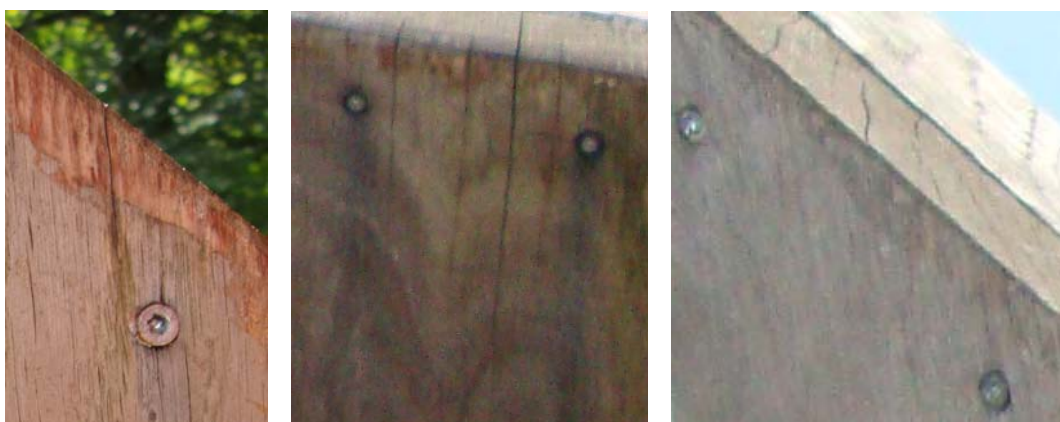
10. maja 2008 je podjetje Kregar izdelalo nov razgledni stolp višine 22 m na Planini nad Vrhniko, ki velja za najvišji samostoječi leseni objekt v Sloveniji.



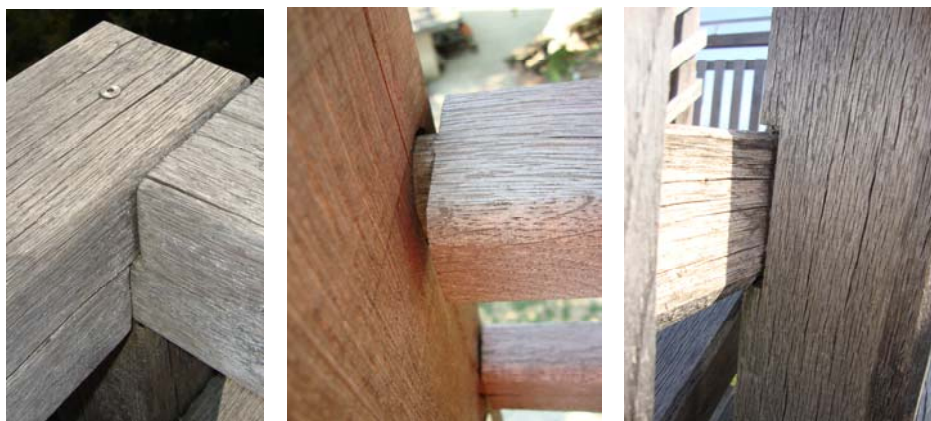
Slika 74: Razgledni stolp, ki ga je izdelalo podjetje Kregar (foto: Andraž Nagode)



Slika 75: Način za podaljšanje trajnosti lesenih stebrov – odklik lesa od tal (foto: Andraž Nagode)



Slika 76: Neprimerna zaščita lesenih konstrukcijskih elementov (foto: Andraž Nagode)



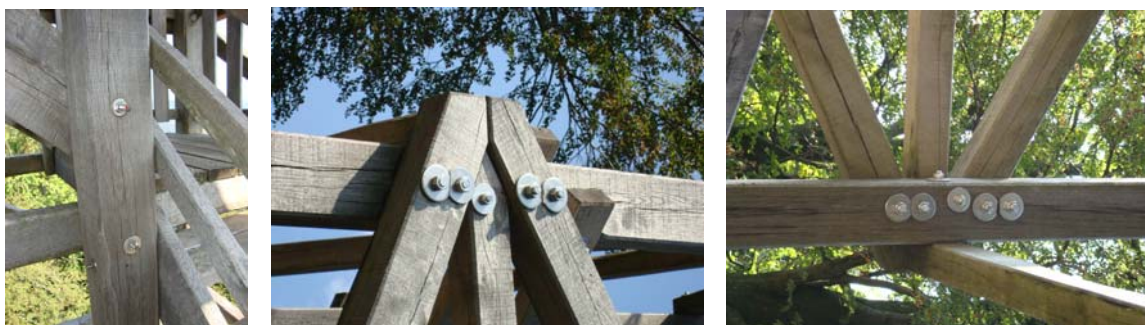
Slika 77: Tradicionalne lesne zveze (polno ravno preklapljanje vogalnih zvez, čepna vez in plitvo preklapljanje) (foto: Andraž Nagode)



Slika 78: Osrednji steber, ki je namenjen obešanju zastave, dodatno pritrjen z jeklenim profilom. Steber stoji na nosilnih elementih, ki sta povezana z polno preklopno vezjo (foto: Andraž Nagode)



Slika 79: Topa vez pri ograji, pritrjena z vijaki (foto: Andraž Nagode)



Slika 80: Povezovanje konstrukcijskih elementov z jeklenimi vijaki (foto: Andraž Nagode)



Slika 81: Natančna izvedba lesne zveze (ravno preklapljanje s poševnim stikom), ki je pritrjena z jeklenimi vijaki (foto: Andraž Nagode)

7 RAZPRAVA IN SKLEPI

Včasih so gradili večinoma z lesom, saj jim je bil najlažje dostopen in je imel dobre mehanske lastnosti. Les so nato za nekaj časa zamenjali drugi gradbeni materiali, in sicer železo, jeklo in beton, s katerimi so lažje premagovali večje razpone. Slabosti lesa so bile, da je zaradi spremenljivih zunanjih vplivov pokal, se krčil in krivil, bil dovzeten za škodljivce ter propadal s starostjo, kakor tudi nizek modul elastičnosti, trdnost lesenih spojev, prožnost pri krčenju in vpliv vlage. V današnjem času je poraba lesa zopet narasla, saj so pretehtale njegove dobre lastnosti, ki jih strokovnjaki, skladno z ekološko zavestjo, še izboljšujejo. Uporaba lesa kot materiala za nosilne konstrukcijske elemente je pri stanovanjskih, javnih ter gospodarskih objektih najbolj pogosta pri strešnih konstrukcijah. Skozi zgodovinski pregled razvoja lesenih strešnih konstrukcij so prikazani najpomembnejši izumi, ki so omogočili izdelavo zahtevnejših konstrukcij večjega razpona (lok, paličje, sestavljeni nosilci, lepljeni lamelirani nosilci). Lepljeni lamelirani nosilci ob pravilni in natančni vgradnji premagujejo velike razpone in zdržijo spremenljive zunanje okoliščine. Ugotovili smo, da se je vloga strešne konstrukcije skozi čas spreminjala, saj je postajala vsa pomembnejša izkoriščenost prostora pod strešno konstrukcijo. Prednosti sodobnih lesenih strešnih konstrukcij sta večja izkoriščenost materiala in boljša izraba strešnih prostorov zaradi zmanjšanja števila podpornih elementov. Za sodobne lesene strešne konstrukcije je značilna uporaba veznih sredstev. Potrdili smo, da je izbira ustreznih veznih sredstev odvisna zlasti od tipa obravnavanega konstrukcijskega elementa in od dimenzij njegovih sestavnih delov. Za medsebojno spajanje elementov konstrukcije se uporabljajo vijaki, mozniki, ježevke in različna specialna sredstva ter lepljenje. S pravilnim konstruiranjem stikov se lahko obremenitvam lesa pravokotno na vlakna izognemo, v primeru obremenitev v stiku, je potrebno z določenimi konstrukcijskimi detajli takšne porušitve preprečiti. Običajno se uporablja ojačitve, ki preprečijo razkol lesa. Ugotovili smo, da se z izbiro pravilne lesne zveze mehanska odpornost in stabilnost lesene strešne konstrukcije lahko bistveno poveča.

Danes nam razvoj tehnologije in znanosti omogoča vedno nove metode uporabe lesa. Računalniško podprto načrtovanje s standardiziranimi knjižnicami konstrukcijskih elementov, ki so pogoj za učinkovitost konstruiranja, omogoča načrtovanje specifičnih

individualnih projektov strešnih konstrukcij v modernem okolju. Sodobne računalniško vodene linije za obdelavo lesa izvajajo tudi najzahtevnejša tesarska dela.

8 POVZETEK

Uporaba lesa kot materiala za nosilne konstrukcijske elemente je pri stanovanjskih, javnih ter gospodarskih objektih najbolj pogosta pri strešnih konstrukcijah. Namen diplomske naloge je bilo predstaviti zgodovinski pregled različnih strešnih konstrukcij in jih sistematično prikazati po namembnosti objektov in konstrukcijskih tipih.

V prvem delu diplomskega projekta smo podali zgodovinski pregled razvoja lesenih strešnih konstrukcij. Predstavili smo glavne izume, ki so se razvijali skozi zgodovino. Eden izmed najpomembnejših je bil izum A. Paladia, ki je naredil leseni palični most na osnovi skice Leonarda da Vincija. Z vpeljavo spojnih elementov v konstrukcijske elemente se je nosilnost celotne strešne konstrukcije bistveno izboljšala (60-80%).

Ob koncu 19. stoletja je Otto Hetzer izumil prvo strešno konstrukcijo iz lepljenega lesa. Nadaljnji razvoj je omogočil široko uporabo elementov iz lepljenega lesa. Podjetje Hoja je v Kopru naredilo 44- metrski lepljeni nosilec, ki velja za najdaljšega v Sloveniji. Lastnosti lepljenega lesa so v primerjavi z masivnim lesom bistveno boljše; predvsem ima višjo tlačno in natezno trdnost in boljšo dimenzijsko stabilnost.

V drugem delu diplomskega projekta je bil narejen sistematični pregled različnih oblik in konstrukcijskih tipov lesenih streh. Osredotočili smo se na opis sestavnih delov strehe. Streha je sestavljena iz krova (nosi kritino) ter ostrešja (nosi obremenitve vključno s težo krova in lastno težo). Na izbiro strehe, ki je lahko različnih oblik vpliva število oz. naklon strešin in vrste kritine. Vsaka lesena strešna konstrukcija je sestavljena iz nosilcev ter škarnikov. Najpogostejša oblika za stanovanjske hiše ter javne objekte je streha dvokapnica različnih izvedb. Danes se vse pogosteje uporablja sestavljene nosilce različnih profilov zaradi zmanjšanja delovanja lesa ter boljših mehanskih lastnosti.

V tretjem delu so bile preučene lesne zveze, ki se pojavljajo pri strešnih konstrukcijah. Obremenitvam v spoju se lahko izognemo z uporabo ojačitev (npr: vijaki, objemke, vezne

pločevine...). Pravilna izbira ter natančna izdelava lesne zveze bistveno olajša izdelavo strešne konstrukcije.

V zadnjem delu diplomskega projekta smo spoznali sodoben tesarski obrat in raziskali možnosti napredne izdelave strešnih konstrukcij s sodobno tehnologijo. Ogledali smo si leseno konstrukcijo razglednega stolpa na Planini nad Vrhniko in prikazali različne lesne zveze, ki so uporabljene.

9 VIRI

- Bajec A. 1993. Slovar slovenskega književnega jezika. Ljubljana, Državna založba Slovenije.
- Bergant T. 1996. Pozdravljeni prednamci. Ljubljana od prazgodovine do srednjega veka. Ljubljana, Mestni Muzej, Cankarjev dom: 10 str.
- Bresson T. et J. 1978. Maisons de bois architectures scandinaves. Paris, Espace&Architecture Dunod: 19 str.
- Brezar V. 1987. Detajl kot element arhitektonskega jezika. Ljubljana, VTOZD Arhitektura: 17 str.
- Deu Ž. 2004. Obnova stanovanjskih stavb na slovenskem podeželju. Ljubljana, Založba kmečki glas: 212–228
- Enerson. 2010. Maribor,
<http://www.enerson.si/aktualne-informacije/problematika-gradbenih-dovoljenj-za-soncne-elektrarne-na-strehah-objektov> (31. avg. 2011)
- Frei O. 1982. Naturliche konstruktionen. Stuttgart, Deutsche Verlags-Anstalt: 136 str.
- Gorišek Ž. 2004. Sušenje na prostem. Ljubljana,
<http://www.korak.ws/clanki/suenje-na-prostem.html> (31. avg. 2011)
- Honkatalog. 2007. Stockholm,
<http://www.honkatalog.fi/swe/kontakt.html> (26. avg. 2011)
- Kajundžić V., Tekić Ž., Đorđević S. 2004. Savremeni sistemi drvenih konstrukcija. Beograd, Arhitektonski fakultet. Orion art: 464 str.

Karlovšek J., Mušič V. 1951. Gradbeni elementi 8. – Strešne konstrukcije. Skripta za visoke in nizke gradnje. Ljubljana, Knjižnica za vzgojo strokovnih kadrov, št. 83

Kitek Kuzman M. et al, 2008. Gradnja z lesom – izziv in priložnost za Slovenijo. Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo: 309 str.

Knez F. 2010. Strehe tako in drugače. Gradbenik, 14, 7: 6-7

Kregar M. 2009. Tesarstvo Kregar. Ljubljana,
<http://www.tesarstvokregar.si/1%20Domov%20NOVO/Index.html> (8. avg. 2011)

Milutinović A. 1949. Tesarstvo. Beograd, Ministrstvo železnica odeljene na štampu: 183 str.

Montaža 44-metrskih nosilcev za streho bazena v Kopru. 2011. Gradbenik, 15, 2: 65

Natterer J., Herzog, T., Volz M. 1996. Holzbau Atlas. Köln, Rudolf Muller: 384 str.

Premrov M., Dobrila P. 2008. Lesene konstrukcije. Maribor, Fakulteta za gradbeništvo: 347 str.

Pucelj M. 2010. Iz Selc po vsem svetu. Selce,
http://dnevnik.si/tiskane_izdaje/nedeljski/1042329591 (31. avg. 2011)

Saje F. 1997. Linijske konstrukcije iz masivnega in lameliranega lesa. Gradbeni vestnik: 139

Saje F. 2009. Katedra za masivne in lepljene konstrukcije: 146–147

Sema GmbH. 2007. Programska oprema Sema. Wildpoldsried,
<http://www.sema-soft.com/si/start.htm> (21. avg. 2011)

Tavzes M., Adlešič G. 2002. Veliki slovar tujk. Ljubljana, Cankarjeva založba.

Vratuša S. 2000. Evropski predstandard EC 5 – ENV 1995 – Lesene konstrukcije.

Gradbeni vestnik, 49, 12: 281–289

Žagar Z. 1999. Drvene konstrukcije. Zagreb, Pretei: 561 str.

Žarnić R., Dujič B. 2009. Vezana sredstva. V: Gradnja z lesom – izziv in priložnost za Slovenijo: 182–187

ZAHVALA

Iskreno se zahvaljujem mentorici doc. dr. Manji Kitek Kuzman ter somentorju dr. Srečku Vratuši za pomoč in vodenje pri izdelavi diplomskega projekta.

Rad bi se zahvalil g. Kregarju, Tesarstvo Kregar, ki mi je omogočilo ogled njihove proizvodnje.

Zahvaljujem se tudi izr. prof. dr. Milanu Šerneku za recenzacijo diplomskega projekta.

Posebna zahvala pa gre moji družini za potrpežljivost in podporo pri izdelavi diplomskega projekta.

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA LESARSTVO

Andraž NAGODE

LESENE STREŠNE KONSTRUKCIJE

DIPLOMSKI PROJEKT

Visokošolski strokovni študij – 1. stopnja

Ljubljana, 2011