

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA STAVEBNÍ

Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí

Spoje dřevěných konstrukcí

Joints of Timber Structures

Bakalářská práce

Studijní program: Stavební inženýrství

Studijní obor: Konstrukce pozemních staveb

Vedoucí práce: Ing. Anna Kuklíková, Ph.D.

Miroslav Mařík

Praha, květen 2018



ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Mařík Jméno: Miroslav Osobní číslo: 438364

Zadávací katedra: Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí

Studijní program: Stavební inženýrství

Studijní obor: Konstrukce pozemních staveb

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce: Spoje dřevěných konstrukcí

Název bakalářské práce anglicky: Joints of Timber Structures

Pokyny pro vypracování:

Esej bude změřena na spoje dřevěných konstrukcí a bude obsahovat výpočet vybraného spoje.

Seznam doporučené literatury:

- [1] Kuklík: Dřevěné konstrukce, ČVUT Praha
- [2] Kuklík, Kuklíková, Mikeš: Dřevěné konstrukce 1, Cvičení, ČVUT Praha
- [3] Studnička, Holický: Ocelové konstrukce 20 - Zatížení staveb, ČVUT Praha
- [4] http://fast10.vsb.cz/temtis/documents/handbook_2_CZ.pdf
- [5] ČSN EN 1995-1-1

Jméno vedoucího bakalářské práce: Ing. Anna Kuklíková, Ph.D.

Datum zadání bakalářské práce: 19.2.2018

Termín odevzdání bakalářské práce: 27.5.2018

Údaj uvěďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného akv roku

Podpis vedoucího práce

Podpis vedoucího katedry

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v bakalářské práci a při citování postupovat v souladu s metodickou příručkou ČVUT „Jak psát vysokoškolské závěrečné práce“ a metodickým pokynem ČVUT „O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací“.

19.02.2018
Datum převzetí zadání

Podpis studenta(ky)

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem svou bakalářskou práci na téma: Spoje dřevěných konstrukcí vypracoval samostatně pod vedením paní Ing. Anny Kuklíkové, Ph.D.

Dále prohlašuji, že veškeré použité informační zdroje jsem uvedl v souladu s Metodickým pokynem O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací.

Miroslav Mařík

V Praze dne 21.5.2018

.....

podpis studenta

Poděkování

Rád bych chtěl poděkovat vedoucí bakalářské práce paní Ing. Anně Kuklíkové, Ph.D. za odborné vedení práce a drahocenné rady při zpracovávání této práce.

Anotace

Bakalářská práce se zabývá spoji dřevěných konstrukcí. Cílem této bakalářské práce je zmapovat co nejvíce spojů dřevěných konstrukcí. Nejvíce rozepsanou kapitolou budou tesařské spoje, vzhledem k mé oblibě tohoto řemesla. Dále se zmíním o spoji s mechanickými spojovacími prostředky a nakonec se budu stručně zabírat lepenými spoji. Práce se zaměřuje jak na spoje používané, tak na spoje již málo používané, ale i na spoje nepoužívané.

Na začátku práce se zaměřím také na základní informace o dřevu, které by měl každý dřevař mít v povědomí. Pozornost je věnována i popisu provádění dřevěných spojů a nástrojů k jejich výrobě a v neposlední řadě také popisu spojovacích prostředků. Samotný text je doplněn názornými obrázky, nákresey i vlastními fotografiemi provedených spojů.

Práce obsahuje také jeden výpočet tesařského spoje. Počítal jsem, jakou maximální silou lze zatížit vzperu ležaté stolice, která je jednoduše čelně zapuštěna do vazného trámu. Nakonec jsem možným řešením návrhu krovu z praxe opodstatnil smysluplnost provedeného výpočtu.

Klíčová slova

Dřevo, dřevěné spoje, provádění spojů, spojovací prostředky, tesařské spoje, lepené spoje

Annotation

Bachelor thesis is concerned with joints of timber structures. Aim of this bachelor thesis is to map as many joints of timber structures as possible. The most comprehensive chapter will be about carpentry joints given my liking of this craft. Furthermore, I will mention joints with mechanical fastening, in the end I will briefly mention glue joints. This thesis focuses on currently used joints, on rarely used joints, but also on joints which are no longer used.

At the beginning I will also provide basic information about wood itself, which every woodman should know. Attention is also given to description of constructing wooden joints, the tools to make them, and last but not least, also a description of means of fastening. The text contains pictures, sketches and my own photos of constructed joints.

Thesis contains also one calculation of carpentry joint. I calculated the maximum force which can be used to pressurize a brace, which is simply frontally embedded into a tie beam. In the end I justified meaningfulness of this calculation with a possible solution to a real draft of timber roof truss.

Key words

Timber, timber joints, construction of joints, means of fastening, carpentry joints, glue joints

Obsah

1. Úvod.....	10
2. Obecně o dřevě.....	11
2.1. Úvod o dřevě.....	11
2.2. Stavba dřeva.....	11
2.2.1. Kůra.....	12
2.2.2. Kambium.....	12
2.2.3. Dřevo.....	12
2.2.4. Dřeň.....	12
2.3. Vlastnosti dřeva.....	12
2.3.1. Dělení dřevin.....	13
2.3.2. Vybrané hodnoty vlastností dřeva.....	14
2.3.3. Důsledky změn vlhkosti dřeva.....	15
2.4. Vady dřeva.....	16
2.4.1. Sukovitost.....	16
2.4.2. Svalovitost.....	17
2.4.3. Kořenice.....	17
2.4.4. Lískovcové dřevo.....	18
2.4.5. Reakční dřevo.....	18
2.5. Biologičtí škůdci dřeva.....	19
2.5.1. Dřevokazné houby.....	19
2.5.2. Dřevokazný hmyz.....	19
2.6. Ochrana dřeva proti škůdcům.....	21
3. Základní dělení spojů dřevěných prvků.....	22

4. Tesařské spoje.....	22
4.1. Úvod.....	22
4.2. Provádění tesařských spojů.....	23
4.3. Používané nástroje k výrobě spojů.....	24
4.4. Základní rozdělení tesařských spojů.....	25
4.5.1. Tesařské vazby podélné.....	26
4.5.1.1. Plát.....	26
4.5.1.2. Sraz.....	28
4.5.1.3. Štěpování.....	30
4.5.2. Tesařské vazby příčné.....	31
4.5.2.1. Překládání.....	31
4.5.2.2. Zadrápnutí.....	32
4.5.2.3. Lípnutí.....	32
4.5.2.4. Osedlání.....	33
4.5.2.5. Čepování.....	36
4.5.2.6. Kampování.....	37
4.5.2.7. Zapuštění.....	40
4.5.3. Tesařské vazby zesilující.....	42
4.5.3.1. Zesílení svislých prvků.....	42
4.5.3.2. Zesílení vodorovných prvků.....	43
4.5.4. Tesařské vazby rozšiřující.....	45
4.5.4.1. Sraz.....	45
4.5.4.2. Překládání.....	45
4.5.4.3. Drážkování.....	46
4.5.4.4. Svlakování.....	48

5. Mechanické spojovací prostředky.....	49
5.1. Kolíky.....	50
5.2. Tesařské skoby.....	50
5.3. Hřebíky.....	51
5.3.1. Stavební hřebíky.....	51
5.3.2. Konvexní hřebíky.....	52
5.3.3. Kroucené hřebíky.....	53
5.3.4. Ostatní hřebíky.....	53
5.4. Vrutky.....	54
5.5. Svorníky.....	54
5.6. Ocelové prvky.....	55
5.7. Kotevní prostředky.....	58
5.8. Moderní spojovací systémy.....	59
5.8.1. Systém Greimbau.....	59
5.8.2. Vlepované závitové tyče.....	60
5.8.3. Vložené třmeny.....	60
5.8.4. Systém MKD.....	61
5.8.5. Systém BSB.....	61
5.8.6. Rybinové zámky.....	62
5.8.7. Systémy firmy SFS intec.....	62
6. Lepené spoje.....	66
6.1. Úvod.....	66
6.2. Lepidla.....	66
6.3. Lepené lamelové dřevo.....	67
6.4. Konstrukční lepené dřevo.....	67
6.5. Hranoly DUO / TRIO.....	68

6.6. Křížem vrstvené dřevo.....	69
7.Závěr.....	70
8. Seznam obrázků.....	71
9. Seznam použitých zdrojů informací.....	77
9.1. Knižní zdroje.....	77
9.2. Internetové zdroje.....	77
9.3. Normy.....	79
Příloha č. 1: Výpočet příkladu k BP.....	80
Příloha č. 2: Výkres krovu z příkladu.....	82

1. Úvod

Jednou ze základních lidských potřeb od vývoje lidstva byla potřeba bydlet. Zejména se naši předkové museli chránit před nepřízní počasí své doby. První obydlí byla velmi primitivní a skládala se z dostupných materiálů tehdejší doby. Největší zastoupení mezi stavebními materiály tvořily hlína, kámen a dřevo. Právě od těchto počátků lidstva museli naši předkové vymýšlet způsoby, jak mají spojovat dané materiály.

Největší rozvoj spojů dřevěných prvků přišel s počátkem vyvíjení a používání tesařských spojů. Historické krovy se mohly pyšnit mnoha různými druhy tesařských spojů za použití minima spojovacích prostředků. Některé spoje už dnes na stavbách nenajdeme, v důsledku jejich pracnosti a složitosti provedení.

V dnešní době se začínají prosazovat prefabrikované spoje prováděné pomocí dřevoobráběcích CNC strojů. Způsobil to zejména nedostatek kvalifikovaných tesařů a dále zvyšující se cena jejich poctivé a tvrdé práce.

Výhled do budoucnosti je velmi hektický pro společnost, ale na druhou stranu velmi příznivý pro samotné kvalitní tesaře. Zhruba před třiceti lety se tesařem na škole učilo přibližně devadesát učňů. Dnes se na té samé škole učí dva tesaři v ročníku. A ještě jsou k tomu spojení s několika dalšími obory. U rekonstrukcí krovů jsou CNC stroje zatím k ničemu. Z toho plyne zajímavá budoucnost.



Obrázek 1 – Historické spojení dřevěných prvků

2. Obecně o dřevě

2.1. Úvod

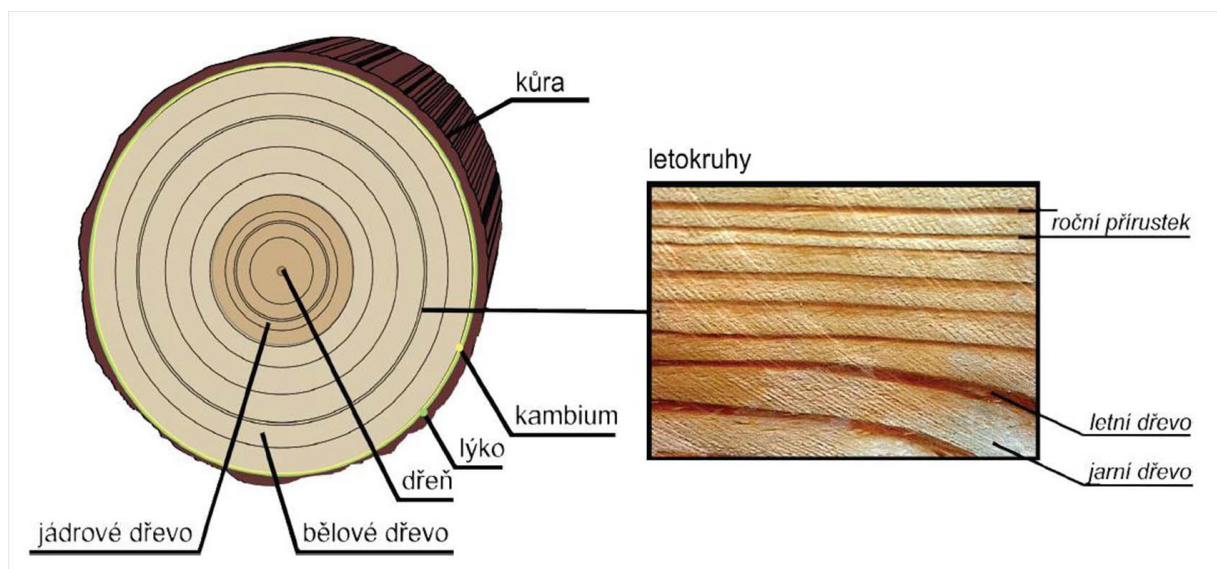
V České republice se nejvíce na konstrukční řezivo používá smrkové dřevo. Tesaři si velmi oblíbili smrkové dřevo díky svým dobrým vlastnostem. Méně oblíbené je borovicové dřevo, protože obsahuje více pryskyřice, suků a je křehčí. Na konstrukční dřevo se používá také dřevo z jedle nebo modřinu a to většinou na dřevěné obklady.

Jako dekorativní dřevo můžou být použity téměř všechny druhy dřev. Jedná se zejména o masivní dřevěný nábytek, dřevěné obklady a další možná využití.

Abychom byli vůbec schopni se dřevem pracovat, je nezbytné znát některé jeho vlastnosti. Důležité je navrhovat dřevo tam, kam v konstrukcích patří. Proto se v této úvodní části zaměřím na stavbu dřeva, jeho vlastnosti, vady, hlavní škůdce a ochranu před nimi.

2.2. Stavba dřeva

Chemické složení dřeva tvoří především organické prvky v přibližně stejném množství u každého druhu dřeva. Největší zastoupení má uhlík (49 %), kyslík (43 %), vodík (6,1 %) a dusík (0,3 %). Z pohledu chemické struktury je dřevo složeno ze tří hlavních složek: celulózy, hemicelulózy, ligninu. Dále je doplněno vedlejšími složkami: pryskyřicemi, vosky, tříslovinami, barvivy, alkaloidy a minerálními látkami. Z příčného řezu kmene můžeme pozorovat: kůru, kambium, dřevo a dřevň.



Obrázek 2 - Stavba dřeva

2.2.1. Kůra

Povrch stromů tvoří kůra, která nabývá různých podob a tloušťky v závislosti na druhu dřeviny. Zaujímá přibližně 6 – 25 % objemu stromu.

Kůra se skládá ze tří částí. Z lýka, zelené kůry a borky. Borka je vnější odumřelá část kůry, která slouží k ochraně dřeva před vnějšími vlivy. Hladká borka se vyskytuje u buku, a silnou borku můžeme pozorovat u borovice. Druhou částí je zelená kůra (Feloderm), kterou si můžeme představit jako rostlinné pletivo, které obsahuje chlorofyl. Vnitřní část kůry se nazývá lýko. Lýko vede vodu se živinami kmenem a také vede produkty fotosyntézy z koruny do všech částí stromu.

2.2.2 Kambium

Kambium je tenká vrstva (30 - 60 μm), která se nachází mezi lýkem a dřevem. Zajišťuje schopnost dělení buněk a s tím i růst stromu.

2.2.3 Dřevo

Dřevo najdeme mezi kůrou a dřemí. Tvoří ho různě barevné zóny – běl, jádro a vyžralé dřevo.

2.2.4 Dřeň

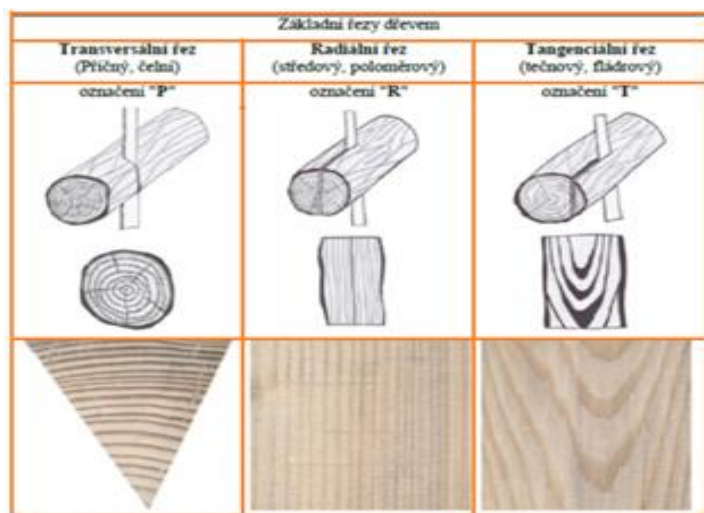
Dřeň najdeme nedaleko geometrického středu kmene. Nejčastěji má kruhový nebo oválný tvar a průměr 2 – 5 mm.

2.3. Vlastnosti dřeva

Dřevo patří mezi nehomogenní materiál a vyznačuje se anizotropií. Proměnlivé vlastnosti závisí zejména na druhu dřeviny, ale také na ostatních významných faktorech, kterými jsou například podmínky při růstu, hustota okolního porostu, nebo typ půdy.

Na fyzikálně mechanických vlastnostech se podílí významně šířka letokruhu. Z tohoto hlediska dělíme dřevo na jarní a letní. Jarní dřevo vzniká na počátku vegetačního období. Tvoří vnitřní část letokruhu a má zejména vodivou funkci. Letní dřevo vzniká v druhé polovině vegetačního období, vyniká tmavším zbarvením a je hustší. Tvoří vnější část letokruhu a má zejména mechanickou funkci. Čím větší je podíl letního dřeva, tím jsou hodnoty fyzikálních a mechanických veličin vyšší.

Vlastnosti dřeva velmi ovlivňuje také typ řezu dřevem. Důležitou roli při tom sehrává i umístění dřevěného profilu v průměru kmene.



Obrázek 3 - Základní druhy řezů dřevem



Obrázek 4 – Příklad rozmitnutí kmene na profily

2.3.1. Dělení dřevin

Dřeviny můžeme dělit podle několika hledisek.

Za základní dělení dřevin můžeme považovat dělení na:

- a) **jehličnaté C (coniferous):** smrk, borovice, modřín...
- b) **listnaté D (deciduous):** dub, buk, ovocné stromy...

Dřeviny značíme právě podle základního dělení písmeny C nebo D. Druhým označením dřevin je charakteristická třída pevnosti v ohybu. Kompletním označením je například D35. Z toho usoudíme, že se jedná o listnatou dřevinu s charakteristickou hodnotou pevnosti v ohybu 35 MPa.

Podle tvrdosti dřeva můžeme rozdělit dřeviny do 3 kategorií:

- a) **měkké** – pevnost do 40 MPa: smrk, jedle, borovice, topol, lípa
- b) **středně tvrdé** – pevnost v rozmezí od 40 MPa do 80 MPa: jasan, jilm, dub, ořech
- c) **tvrdé** – pevnost větší než 80 MPa: habr, akát, tis

Podle tvrdosti dřeva se ještě zavádí podrobnější rozdělení do 6 kategorií:

- a) **velmi měkké** – pevnost do 35 MPa: smrk, jedle, borovice, topol, lípa, vrba
- b) **měkké** – pevnost 35 – 50 MPa: olše, bříza, modřín, jíva, jalovec
- c) **středně tvrdé** – pevnost 50 – 65 MPa: jilm, lístka, jírovec
- d) **tvrdé** – pevnost 65 – 100 MPa: jabloň, javor, dub, buk, tis, hrušeň
- e) **velmi tvrdé** – pevnost 100 - 150 MPa: zimostřez, ptačí zob
- f) **neobyčejně tvrdé** – pevnost větší než 150 MPa: mahagon, eben

Podle objemové hmotnosti v suchém stavu dělíme dřeviny do 6 kategorií:

- a) **velmi lehké** – do 400 kg/m³: topol, borovice vejmutovka
- b) **lehké** – 400 až 500 kg/m³: borovice, smrk, jedle
- c) **mírně těžké** – 500 až 600 kg/m³: modřín, mahagon, vrba
- d) **středně těžké** – 600 až 700 kg/m³: buk, dub, bříza, jasan
- e) **těžké** – 700 až 1000 kg/m³: habr, akát
- f) **velmi těžké** – nad 1000 kg/m³: eben

Podle hustoty stanovené při 12% vlhkosti dělíme dřeviny do 3 kategorií:

- a) **dřeva s nízkou hustotou**, to je menší než 540 kg/m³: borovice, smrk, lípa, osika
- b) **dřeva se střední hustotou**, to je 540 až 750 kg/m³: dub, modřín, buk, bříza, jasan
- c) **dřeva s vysokou hustotou**, to je vyšší než 750 kg/m³: akát, habr, dřín, moruše

2.3.2. Vybrané hodnoty vlastností dřeva

Nejpoužívanější dřevinou v dnešních konstrukcích je jednoznačně smrk. Průměrný smrk doroste do výšky 40 metrů a to přibližně během sta let.

Objemová hmotnost surového řeziva ze smrku se pohybuje kolem 800 kg/m³. Po vysušení řeziva na běžnou vlhkost 15 % klesne objemová hmotnost na hodnotu kolem 450 kg/m³. Rozlišují se v zásadě 3 druhy objemových hmotností. Objemová hmotnost dřeva v suchém stavu, tou je hmotnost objemové jednotky zcela vysušeného dřeva. Objemová hmotnost při vlhkosti 12 %. Poslední hodnotou je objemová hmotnost při určité vlhkosti větší než 0 %.

Všechny dřeviny se charakterizují přibližně stejnou hustotou dřevní hmoty, která má hodnotu 1550 kg/m³. Hustota dřevní hmoty označuje poměr hmotnosti a objemu dřeva bez buněčných dutin.

Smrky v ČR můžeme najít v různých hodnotách pevností. Nejběžněji počítáme se smrky C22 a nebo C 24. Hodnota pevnosti v ohybu 24 MPa značí 5% kvantil ze všech zkoušených vzorků smrků.

Důležité je u dřeva rozlišit charakteristické hodnoty pevnosti rovnoběžně s vlákny a kolmo k vláknům. Proto s tím při navrhování dřevěných spojů musíme počítat. U smrku C24 je dle normy tahová pevnost rovnoběžně s vlákny 14 MPa, ale kolmo k vláknům pevnost nabývá hodnoty jen 0,4 MPa. To samé platí pro tlakové pevnosti. Tlaková pevnost smrku C24 rovnoběžně s vlákny je 21 MPa, ale kolmo k vláknům už její hodnota klesá na 2,5 MPa. Malých hodnot nabývá také smyková pevnost. U dřeva C24 má hodnotu 4 MPa.

Dřevo se charakterizuje nízkou teplotní vodivostí, která závisí na objemové hmotnosti, vlhkosti a teplotě dřeva. Je nutné rozlišit tepelnou vodivost ve směru vláken a kolmo na vlákna. Ve směru vláken je dřevo dvakrát vodivější než ve směru kolmo k vláknům. Součinitel tepelné vodivosti udávaný při 12% vlhkosti se pohybuje rovnoběžně s vlákny kolem 0,3 W/mK. Kolmo na vlákna se pohybuje kolem 0,1 W/mK.

Důležitými parametry u dřeva jsou požární vlastnosti. Mezi ně můžeme zařadit bod hoření, bod vzplanutí a bod zápalnosti. Bod hoření značí teplotu, při které dřevo samovolně hoří po oddálení plamene. Teplota bodu hoření dřeva je 290 °C. Bod vzplanutí značí teplotu, při které při přiblížení plamene se dřevo samovolně vznítí, ale hned uhasne. Teplota se pohybuje v rozmezí hodnot 180 až 270 °C a závisí na vlhkosti dřeva, chemickém složení, hustotě nebo druhu dřeva. Bod zápalnosti charakterizuje teplotu, při které se dřevo samovolně vznítí. Teplota se pohybuje v rozmezí hodnot 300 až 500 °C.

Vliv teplotní roztažnosti se u dřeva řešit nemusí, protože je velmi malá. Dilatační spáry u dřeva je nutné provádět jen kvůli objemovým změnám způsobené vlhkostí.

Elektrická vodivost je v suchém stavu dřeva prakticky nulová, avšak se vzrůstající vlhkostí se rapidně zvyšuje. Na tomto principu fungují přístroje pro měření vlhkosti dřeva.

Dřevo se charakterizuje dobrými akustickými vlastnostmi. Důležitou roli hraje rychlost šíření zvuku ve dřevě. Pro naše dřeviny se rychlost šíření zvuku pohybuje kolem 1100 m/s v příčném směru a kolem 4500 m/s v podélném směru.

2.3.3. Důsledky změn vlhkosti dřeva

Bobtnání

Bobtnáním nazýváme u dřeva schopnost zvětšovat své lineární rozměry, objem nebo plochu v závislosti na příjmu vázané vody. Vázaná voda je přijímána v rozsahu od 0 % do 30 %, což je přibližně mez nasycení buněčných stěn. Bobtnání je přímo úměrné hustotě dřeva, s rostoucí hustotou se snižuje.

Bobtnání se uvádí v procentech a stanoví se jako podíl změny rozměru k původnímu rozměru. V podélném směru dokáže dřevo bobtnat o 0,1 až 0,6 %, v radiálním směru o 3 až 6 % a v tangenciálním směru o 6 až 12 %.

Sesychání

Přesným opakem bobtnání je sesychání. Sesycháním nazýváme u dřeva schopnost zmenšovat své lineární rozměry, objem nebo plochu v závislosti na úbytku vázané vody. Vázaná voda ubývá v rozsahu od 30 %, to je přibližně mez nasycení buněčných stěn, do 0 %. Sesychání je opět přímo úměrné hustotě dřeva.

Podle koeficientu objemového sesychání $K_{\beta V}$ dělíme dřeviny do třech skupin:

- *málo sesychavé*: $K_{\beta V} < 0,4$ – tis, jírovec, olše, akát, topol
- *středně sesychavé*: $K_{\beta V} = 0,4 - 0,47$ – smrk, borovice, dub, jedle, ořešák, jilm, jasan
- *hodně sesychavé*: $K_{\beta V} > 0,47$ – lípa, líska, modřín, bříza

Borcení

V důsledku objemových změn dřeva dochází k tvorbě drobných trhlin a následně ke změnám tvaru řeziva. Změnou tvaru označíme borcení. Borcení dřeva přímo souvisí s bobtnáním a sesycháním. Hlavní příčinou borcení jsou rozdíly mezi radiálním a tangenciálním sesycháním a dále nerovnoměrné vysychání při sušení, které je způsobeno pomalým pohybem vody ve dřevu.

Borcení pozorujeme u prvků ve dvou směrech a to v příčném nebo v podélném. Příčné borcení vyvolává rozdílné radiální a tangenciální sesychání. Příčné borcení závisí přímo úměrně na vzdálenosti od dřeně k obvodu kmene. Čím je vzdálenost větší, tím větší je borcení.

Podélné borcení způsobí nerovnoměrné podélné sesychání dřeva. Jednoduché boční prohnutí nebo plošné prohnutí můžeme na řezivu pozorovat skoro vždy. Tesaři dbají na to, aby prvek byl dán do konstrukce tak, že zmíněné prohnutí prvku se umístí proti předpokládanému průhybu prvku. Označují to jejich slangem umístování prvku „kobyloou nahoru“. Nejhorším případem podélného prohnutí je šroubovitě prohnutí, tesaři označované jako dřevo do vrtule. S tímto prohnutím už si tesaři opravdu vyhraji, chtějí-li prvek srovnat.

2.4. Vady dřeva

Vady dřeva chápeme jako odchylky od normálního stavu dřeva. Většinou mají významný vliv na vlastnosti materiálu. Mezi klasické vady dřeva patří: sukovitost, svalovitost, reakční dřevo, ale také dřevokazné organismy a hmyz.

2.4.1. Sukovitost

Pozůstatek po živých nebo odumřelých větvích se nazývá suk. Suky se vyskytují u všech druhů dřevin. Jejich množství závisí na typu dřeviny, stanovišti, ale i lokaci ve kmenu. Suky narušují pravidelnou stavbu dřeva. Z toho vyplývá, že významně zhoršují mechanické vlastnosti dřeva.

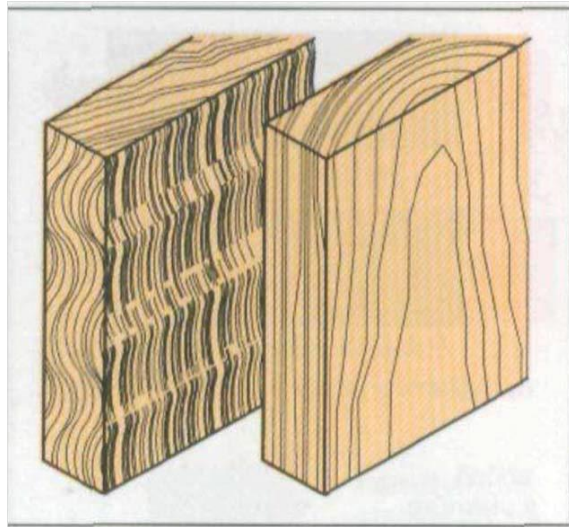


Obrázek 5 – Sukovitost dřeva

2.4.2. Svalovitost

Pod tímto pojmem rozumíme zvlnění nebo spletení průběhu dřevních vláken ve směru osy kmene. Po rozštípnutí kmene svalovitost pozorujeme zvlněným povrchem a střídáním lesklých a matných pruhů vláken. Tato vada velmi znesnadňuje opracování dřeva. Ale na druhou stranu je svalovité dřevo vyhledáváno na výrobu nábytku a hudebních nástrojů, díky svému vzhledu.

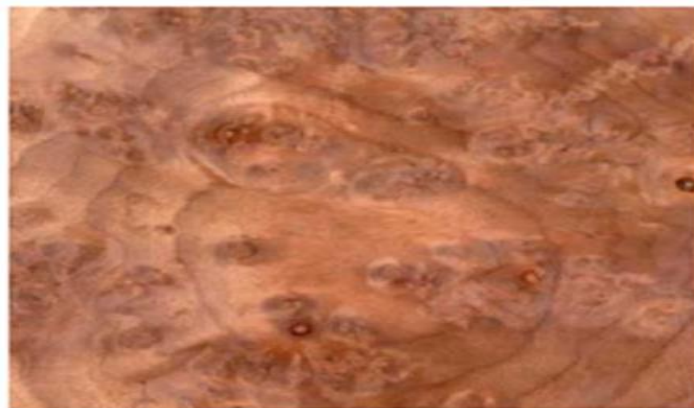
Nejvíce ohrožené jsou tvrdé listnaté dřeviny. Významně se projevuje svalovitost u tisu v jeho celé délce. Můžeme si jí také všimnout u habru v oddenkové části kmenu.



Obrázek 6 – Svalovitost dřeva

2.4.3. Kořenice

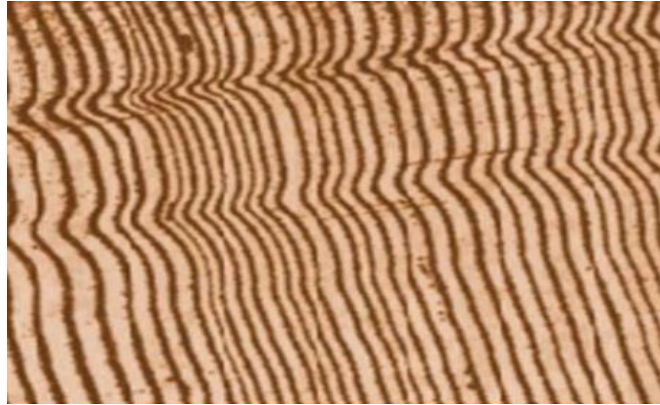
Kořenice představuje přechod mezi kořeny a kmenem. Letokruhy kořenů vrůstají do kmene, kde se přizpůsobují letokruhům kmene. Je viditelná u listnatých dřevin – ořešák, jasan, dub. Používá se k dekoracním účelům.



Obrázek 7 – Kořenice

2.4.4. Lískovcové dřevo

Lískovcové dřevo se projevuje u některých dřev na příčném řezu jako lokální zvlnění a způsobuje zakřivení letokruhů v radiálním směru. Nejvíce se vada projevuje u smrku, dále u jedle nebo u buku. Vada snižuje mechanické vlastnosti napadeného dřeva.



Obrázek 8 – Lískovcové dřevo

2.4.5. Reakční dřevo

Reakční dřevo můžeme pozorovat u dřevin namáhaných větrem, sněhem nebo ledem. Projevuje se význačnou excentricitou kmene. Charakterizuje ho místní změna struktury dřeva, která se projeví jednostranným zvýšením podílu letního dřeva v letokruzích, které dává tmavší zabarvení. Je příčinou borcení a praskání dřeva.

Reakční dřevo lze rozdělit na tlakové a tahové. Tlakové dřevo vzniká u jehličnatých stromů v místě tlakového namáhání zesílením buněčných stěn. Vypadá jako hnědá zóna zasahující jeden nebo několik letokruhů a je méně pružné než okolní dřevo. Tahové dřevo vzniká v listnatých stromech zesílením buněčných stěn vlivem zvýšeného obsahu celulózy. Jeví se na příčném řezu jako lesklá bílá plocha.



Obrázek 9 – Reakční dřevo

2.5. Biologičtí škůdci dřeva

Dřevo jakožto přírodní materiál je velmi náchylné na napadení biologickými škůdci. Napadení je způsobeno bakteriemi, houbami nebo dřevokazným hmyzem. Houby vytvářejí plísně, mění zbarvení dřeva nebo způsobují rozklad dřeva. A v neposlední řadě vytváří podmínky pro napadení dřeva dřevokazným hmyzem, který způsobí destrukci dřeva.

2.5.1. Dřevokazné houby

Podmínkou k výskytu hub je vlhkost dřeva 18 – 20 % a teplota 2 – 40 °C. V interiéru jsou tyto hodnoty dosaženy při zatékání dešťové vody, při haváriích potrubí, nebo při kondenzaci vodní páry. V exteriéru jsou tyto hodnoty dosaženy skoro vždy.

Nejznámější houbou je Dřevomorka domácí (*Serpula lacrymans*). Velmi nebezpečná houba, která prorůstá listnaté i jehličnaté dřevo. Přes své myceliové provazce čerpá vodu ze vzdálenějších míst, tudíž může růst i na suchých místech. Způsobí velmi intenzivní úplný rozklad dřeva a dokáže prorůst i zdivem. Doporučuje se napadené dřevo odstranit a spálit.



Obrázek 10 – Dřevomorka



Obrázek 11 – Napadená podlaha Dřevomorkou domácí

2.5.2. Dřevokazný hmyz

Podmínkou k výskytu hmyzu je vlhkost dřeva 12 % a teplota nad 10 °C. Tyto hodnoty jsou běžně splněny v exteriéru i interiéru. Dřevokazný hmyz napadá stavební konstrukce, krovky, podlahy, nábytek a jiné dřevěné předměty. Nebezpečné jsou zejména larvy hmyzu, které vyhlodávají skryté chodby pod povrchem dřeva.

Nejznámějším hmyzem jsou kůrovci, zejména potom lýkožrout smrkový (*Ips typographus*). Kůrovci jsou nepřitelem všech majitelů lesa. Strom po napadení usychá a hmyz se šíří na další stromy. Největší problémy s kůrovci mají na Šumavě.



Obrázek 12 - Lýkožrout



Obrázek 13 – Strom napadený kůrovci

Dalším známým hmyzem jsou červotoči – Červotoč proužkovaný (*Anobium striatum* Olivier) nebo Červotoč umrlčí (*Anobium pertinax* Linnaeus). V měsících duben až červenec probíhá jejich hromadné rojení. Napadají převážně jehličnaté dřeviny.



Obrázek 14 – Červotoč proužkovaný



Obrázek 15 – Červotoč umrlčí

Nesmím opomenout také Tesaříka krovového (*Hylotrupes bajulus* L.). Díky velikosti a způsobené škodě na dřevu patří k nejnebezpečnějším škůdcům dřeva. Napadá dřevo jehličnatých dřevin. Larvy se zavrtávají tak hluboko, dokud se dřevo nerozpadne. V konstrukci ho detekujeme nápadným chroupáním.



Obrázek 16 – Tesařík krovový



Obrázek 17 – Larva Tesaříka krovového

2.6. Ochrana dřeva proti škůdcům

Zásadní otázkou je ochrana dřeva proti škůdcům. Někteří odborníci tvrdí, že je to zbytečné, druzí zase zastávají názor, že je to nezbytně nutné. V minulosti se dřevo nechránilo vůbec a nebyl s tím problém. Dnes je na zvážení každého z nás, zda stojí za to ušetřit několik tisíc za ochranu dřeva, naproti riziku destrukce celé stavby. Napadení dřeva škůdci závisí na podmínkách, ve kterých se dřevo nachází, a to zejména na zvýšené vlhkosti.

Pohledové dřevo je dobré opatřit nátěry. Nejznámějším druhem nátěru je Luxol či Herbol, samozřejmě je také penetrační nátěr. Dřevo, které není pohledové, je doporučeno opatřit nátěry typu Lignofix, Bochemit nebo Červostop. Ochrana se aplikuje tlakově nebo beztlakově. Nejjednodušší je beztlakový nátěr provedený ručně pomocí štětců, postřikem pomocí stříkačky nebo ponořením prvků do lázně. Tlaková aplikace ochrany je založena na rozdílu tlaků a chrání dřevo do větší hloubky.

Při neošetřeném napadeném dřevu se provádí tlaková injektáž několikanásobné dávky impregnace. Ale může být použita i mikrovlnná technologie, která je založena na ohřátí prvku nad teplotu 56 °C a po dobu minimálně čtyř minut. Larvy jsou potom většinou ozářením zahubeny, nebo uhynou později v důsledku teplotních změn.



Obrázek 18 – Ruční impregnace dřeva nátěrem



Obrázek 19 – Impregnace ponořením dřeva do vany

3. Základní dělení spojů dřevěných prvků

Podle uspořádání dělíme spoje dřevěných prvků na:

- *nastavování* = spojování v podélném směru
- *sdružování* = spojování v příčném směru
- *spojování do styčniku* = spojování pod různými úhly roviny a prostoru

Podle charakteru působení a druhu spojovacího prostředku dělíme dřevěné spoje na:

- *poddajné*, které se dále dělí na:
 - a) tesařské spoje
 - b) spoje s mechanickými spojovacími prostředky
- *nepoddajné*, kterými se rozumí lepené spoje

Podle přenosu sil ve spoji dělíme spojovací prostředky na:

- *kolíkového typu* – kolíky, hřebíky, vruty, svorníky, sponky
- *povrchového typu* – hmoždíky (= bulldogy), desky s prolisovanými trny

4. Tesařské spoje

4.1. Úvod

Tesařské spoje jsou nejstarším druhem spojování dřevěných profilů. V minulosti byly spoje s minimem spojovacích prostředků. Objevovaly se převážně dřevěné dubové kolíky, později ocelové tesařské skoby, neboli kramle, a ještě později ocelové hřebíky. V dnešní době mistři tesaři provádějí tesařské spoje, které už spojovací prostředky obsahují. Nejpoužívanějšími spojovacími prostředky jsou ocelové hřebíky, svorníky ze závitové tyče, nebo také ocelové plechy.

V dnešní době mají tesařské spoje největší uplatnění při rekonstrukcích historických budov, zejména tam, kde je přítomen Odbor památkové péče. U těchto staveb je nutné zachovat jak nepoškozené dřevěné prvky, tak i jejich spoje. A pokud jsou spoje poničené, památkáři vyžadují přesné kopie těchto spojů.

Druhou oblastí používání tesařských spojů jsou krovy a pergoly prováděné tradičními mistry tesaři. Nicméně spoje najdeme i ve dřevostavbách, hrázděných nebo srubových stavbách. Některé tesařské spoje provádí i CNC stroje.

4.2. Provádění tesařských spojů

Nejlepší spoje jsou takové, které vynikají svojí jednoduchostí. Jednoduchost spočívá ve snadné proveditelnosti a zároveň v co nejefektivnějším přenosu vnitřních sil. Vnitřní síly vzniklé zatížením prvků se přenáší v kontaktní ploše spoje převážně tlakem.

Důležitou roli hraje vlhkost dřeva a zároveň jeho rovinnost. Dřevo by mělo být dostatečně vysušené. Ideální vlhkost by měla být 12 – 15 %. Zvýšená vlhkost se projeví vznikem mezer ve spoji v důsledku seschnutí. Nicméně tesaři rádi používají na krovky dřevo, které má vyšší hodnotu vlhkosti. Jedním důvodem je, že dřevo přivezené rovnou z pily nepodléhá kroucení, borcení a jiným nepříznivým vlivům. Zároveň je čerstvé dřevo levnější. Jeden metr krychlový čerstvého dřeva stojí kolem 6 000 Kč. Vysušené dřevo na optimální vlhkost může stát dvojnásobek ceny. A pokud si někdo myslí, že si dřevo vysuší sám doma, plete. Ze své tesařské praxe mohu potvrdit, že se to nevyplácí. I kvalitně proložené dřevo se při vysychání časem zkroucí, zbortí a zprohýbá. S tímto dřevem je v konečném důsledku dvakrát více práce, než s čerstvými rovnými profily.

Styčné spoje by měly být přesně opracovány, aby k sobě doléhaly celou plochou. Při částečném nebo bodovém doléhání klesá únosnost spoje. Při práci s čerstvým dřevem tesaři dbají na přesnost spoje, zejména potom na těsné spojení, protože počítají s lehkým uvolněním spojů.

Únosnost tesařských spojů by měla být prokazována statickým výpočtem dle platných norem. Ve výpočtech se neuvažují spojovací prostředky, které jen zajišťují spoj. Nicméně většinou to tak není. Mistři tesaři volí většinou spoje dle svých několikaletých zkušeností, nebo zkušeností jejich předků. Výpočet některých složitějších spojů je ovšem velmi obtížný až neproveditelný.

Hlavní nevýhodou tesařských spojů je oslabování dřevěných prvků. Nevýhoda je řešena přidáním spojovacích prostředků, zejména ocelových příložných kování. Druhou nevýhodou je pracnost a doba provedení spoje. Spoje provedené CNC stroji jsou provedené mnohem rychleji. Na druhou stranu nic nenahradí radost tesaře z dobře odvedené práce při přesném sednutí spoje.

Někteří odborníci mají mylné představy ohledně využívání CNC strojů v budoucnosti. Domnívají se, že CNC stroje excelentně připraví krov, který se později na stavbě smontuje během okamžiku. Bohužel praxe, zkušenosti mých kolegů tesařů i moje vlastní zkušenosti hovoří v neprospěch tohoto tvrzení.

Zásadní podmínkou zhotovení dřevěného prvku krovu na CNC strojích je absolutní rovinnost a přesnost dřevěného hranolu. Pokud je dřevěný hranol zborcený, zkroucený, nebo vrtulovitý, CNC stroj si s tímto běžně se vyskytujícím problémem neporadí. Díky tomu například vznikne nepřesně umístěný otvor oproti projektu. Také při vyskytující se oblině na dřevěném hranolu nastane obdobný problém.

Problém je odhalen až při samotné montáži na stavbě. Díky tomu můžou mít tesaři přiděláno hodně práce převrtáváním otvorů, přiřezáváním nebo dobrušováním spojů, nebo se naopak mohou objevit netěsnosti ve spojích. V těchto případech je na zvážení, zda-li CNC stroje spíše neprodlužují výstavbu. Při úvaze nesmíme opomenout jak zbytečně vynaložené ceny dopravy k CNC stroji a ceny manipulace ve výrobě, tak i vyšší cenu lepšího pohledového řeziva bez již zmiňovaných vad.

Tesaři na stavbě si naopak s těmito problémy poradí velmi hravě. Prohnuté dřevo uloží obloukem nahoru, otvory si vyosují podle potřeby a oblíny dají na nejméně viditelná místa směrem nahoru.

4.3. Používané nástroje k výrobě spojů

Důležitou roli při výrobě tesařských spojů hrají používané nástroje. Na rozdíl od minulosti dnes existuje mnoho druhů kvalitního náradí. Novodobým tesařům již odpadla povinnost tesat kmeny tesařskou sekerou neboli hlavatkou. Řezivo mají většinou připravené z pily a nařezané na jakékoliv profily. Největším usnadněním práce bylo nahrazení klasické ruční pily motorovou nebo elektrickou pilou.

Nutnou výbavou každého řemeslníka je metr a tužka. Tesaři používají většinou klasický dřevěný dvou metr a tesařské zploštělé tužky. Na propisování spojů jsou používány speciální tesařské úhelníky laicky řečeno vingly. Vyřezání spoje je provedeno za pomoci pily. Jen ve výjimečných případech se v ruce tesaře ocitne klasická ruční pila, zejména však u malých profilů dřeva. Na doladění nepřesností spojů může být použita elektrická pásová bruska či elektrická úhlová bruska s fibrovým kotoučem.



Obrázek 20 – Používané nástroje: 1 – tesařské kladivo, 2 – tesařský dřevěný metr, 3 – svinovací metr, 4 – tesařská hranatá tužka, 5 – dláta k dlabání, 6 – tesařský stupňový úhelník, 7 – tesařský pravoúhlý úhelník, 8 – ruční pila



Obrázek 21 – Používané nářadí: 1 – elektrická pásová bruska, 2 – elektrická úhlová bruska s fibrovým kotoučem, 3 - elektrická vrtačka s vrtákem průměru 32 mm ke dlabání, 4 – motorová pila, 5 – motorová pila se speciální řezbářskou lištou a řetězem

Za samostatnou kapitolu můžu označit dlabání. Dlabání může být provedeno mnoha způsoby. Nejstarší způsob je za použití dláta a kladiva, ovšem tento způsob je také časově nejnáročnější. Někteří tesaři používají místo dláta elektrické sekací kladivo. Jiní zase navrtají dlab vrtačkou s velikým vrtákem do dřeva a následně ho dosekají dlátem – viz obrázek 21-3. Jistě nejmodernějším způsobem dlabání je jeho provedení motorovou pilou. Jedná se o klasickou pilu se speciální špičatou řezbářskou lištou a speciálním řetězem – viz obrázek 21-5.

4.4. Základní rozdělení tesařských spojů

1. **Tesařské vazby podélné:** sraz, plát, štěpování
2. **Tesařské vazby příčné:** lípnutí, osedlání, čepování, přeplátování, zadrápnutí, karpování a zapuštění
3. **Tesařské vazby zesilující:** rošty
4. **Tesařské vazby rozšiřující:** svlakování, spojení na sraz, na polodrážku, na pero a drážku nebo drážku s vloženým perem

4.5.1. Tesařské vazby podélné

Podélné vazby patří k nejjednodušším tesařským spojům. Nezbytnou podmínkou je podpora v místě spoje. Spoje se používají zejména při spojování pozednic, podepřených po celé délce prvku, nebo vaznic, podepřených na zdi, nebo na sloupu. Vazby jsou doplněny spojovacími prostředky – tesařskými skobami nebo příložkami.

4.5.1.1. Plát

Plátování je hodně používaným tesařským spojem. Plátování najdeme u nastavování liniových prvků, zejména pozednic a vaznic. Pokud se jedná o spojení kolmých nebo svislých prvků plátem, je tento obdobný spoj nazván přeplátování a budu se jím zabývat u tesařských vazeb příčných. Při navrhování délky prvku je nezbytné připočítat k prvku délku plátu, která se může pohybovat kolem 20 centimetrů.

Jištění plátů zabezpečují opět tesařské skoby a dřevěné nebo ocelové příložky. V minulosti byly použity k zajištění také dubové kolíky. Největší nevýhodou spojení je význačné oslabení spojovaných prvků. Pláty mohou být provedeny v různých modifikacích. Klasické pláty dělíme na rovné a šikmé. Dále existuje dělení podle počtu kontaktních ploch spoje. Podle toho pláty dělíme na jednoduché, dvojité a vícenásobné.



Obrázek 22 – Jednoduchý rovný plát před spojením



Obrázek 23 – Jednoduchý rovný plát spojený



Obrázek 24 – Dvojitý rovný plát před spojením



Obrázek 25 – Dvojitý rovný plát spojený



Obrázek 26 – Vicenásobný rovný plát před spojením



Obrázek 27 – Vicenásobný rovný plát spojený



Obrázek 28 – Šikmý plát před spojením



Obrázek 29 – Šikmý plát spojený



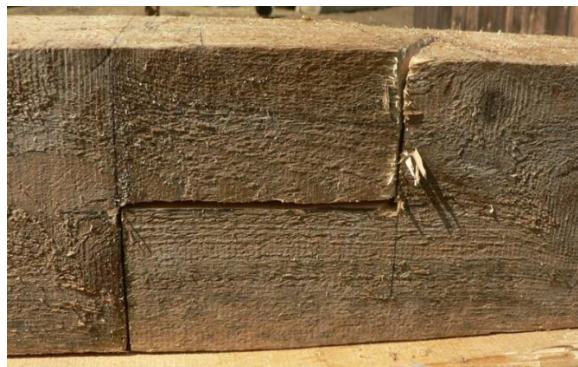
Obrázek 30 – Šikmočelný plát před spojením



Obrázek 31 – Šikmočelný plát spojený



Obrázek 32 – Klínočelný plát před spojením



Obrázek 33 – Klínočelný plát spojený

4.5.1.2. Sraz

Spojení na sraz patří k nejjednoduššímu tesařskému spoji. Pokud prvky k sobě přiléhají svými čely, jedná se o sraz čelní. Dále můžeme rozlišit sraz boční, kde se prvky dotýkají svými boky. A v neposlední řadě existuje sraz křížový, který se charakterizuje různoběžností spojovaných prvků.

Vybočení prvku do stran se zabezpečuje tesařskými skobami a dřevěnými nebo ocelovými příložkami. Nejlepší variantou zabezpečení spoje se jeví ocelová příložka z důvodu vyšší pevnosti oceli. Zabezpečení se provádí většinou ze dvou protilehlých stran, ale může být provedeno i ze tří stran při větším namáhání spoje. Tesařská skoba se zatluče kladivem do dřeva. Z vlastní zkušenosti ze starých krovů můžu potvrdit její dlouholetou schopnost držení. Ocelové příložky jsou provedeny z plechových pozinkovaných destiček s otvory a přibíjí se hřebíky, nejvíce se používají speciální kroužkové hřebíky. Také můžou být použity příložky z ocelových válcovaných profilů, které se stáhnou svorníky. Můžeme vidět většinou profily typu I nebo U. Jejich použití se provádí zejména u rekonstrukcí, respektive u nahrazování části prvku. Dřevěné příložky se můžou přibít stavebními hřebíky, nebo přichytit vruty.

Sraz čelní

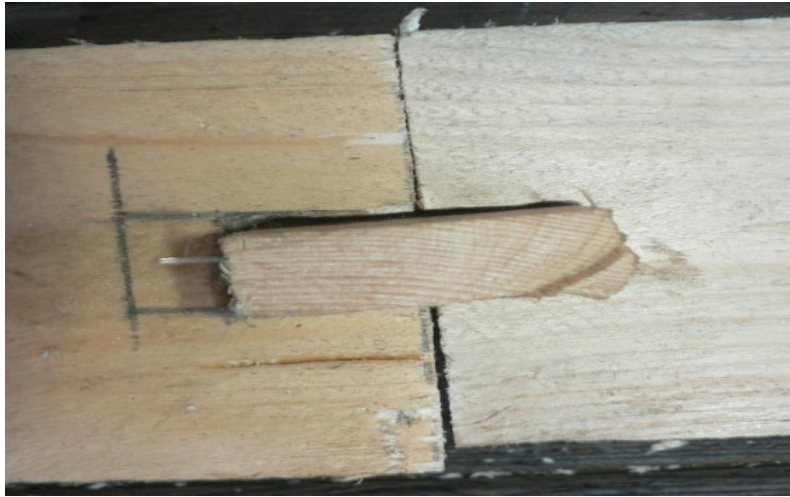
Patří k nejjednodušším a k nejrychleji provedeným srazům. Důležitým hlediskem funkčnosti je rovinnost kontaktní plochy srazu. Můžeme rozlišit čelní sraz tupý, šikmý a s rybinovou spojkou. Tupý sraz se vyznačuje absolutně kolmými čely. Čela šikmého srazu jsou říznuta pod určitým úhlem, který není pravým úhlem. Čelní sraz s rybinovou spojkou obsahuje uprostřed spoje spojku, která je zaražena do drážek v kolmých čelech srazu.



Obrázek 34 – Sraz čelní tupý



Obrázek 35 – Sraz čelní šikmý

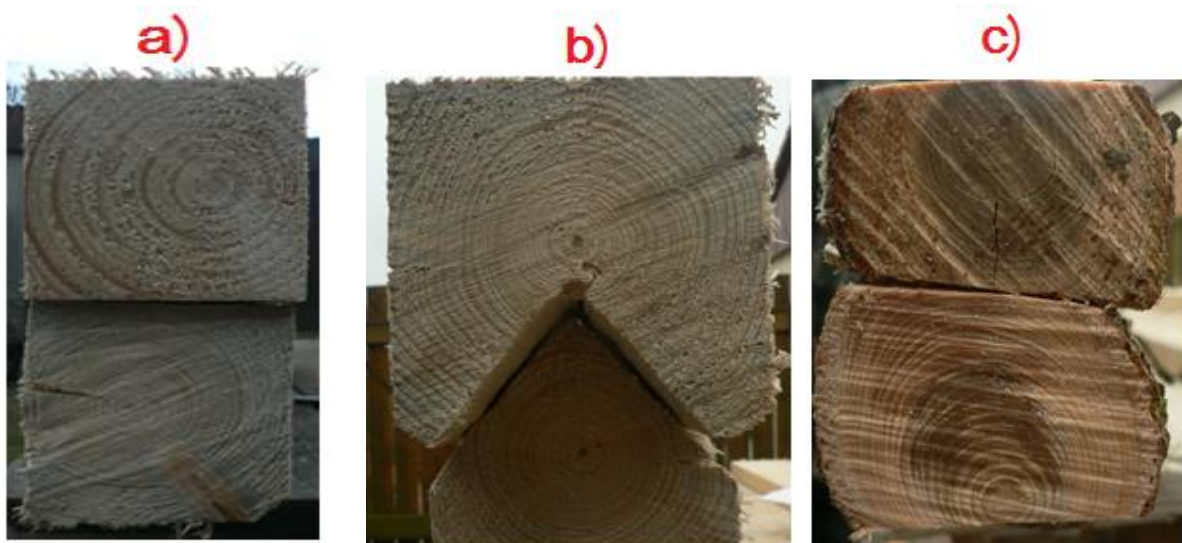


Obrázek 36 – Sraz čelní tupý s rybinovou spojkou

Ze své dlouholeté tesařské praxe můžu potvrdit, že většina srazů se pro spojování dřevěných prvků nepoužívá. Jediným možným použitím je již uváděné nahrazování části prvku při rekonstrukci. Zejména jsem prováděl čelní sraz s ocelovými válcovanými příložkami při výměně části vazného trámu v krovu. Nicméně čelní sraz s ocelovými destičkami v kombinaci s čepováním je prováděn běžně. Tento spoj provádíme na styku sloupu a dvou vaznic z důvodu neoslabování vaznic pláty.

Sraz boční

Boční srazy nacházíme u konstrukcí stěn nebo také u zdvojení dřevěných prvků. Srazy k sobě přiléhají celými stranami. Důležitou roli hraje spřažení prvků. K tomuto účelu jsou použity dlouhé stavební hřebíky, vruty nebo svorníky. V případě uchycení svorníkem se uplatní vložení bulldogů, které fungují na principu zaseknutí do dřeva a tím dřevo drží u sebe. Boční srazy můžeme rozlišit na rovné, klínové, zaoblené nebo speciálních tvarů styčných ploch.



Obrázek 37 – Boční sraz: a) rovný, b) klínový, c) zaoblený

Sraz křížový

Křížovým srazem rozumíme spojení dřevěných prvků, které nejsou rovnoběžné. V případě pravého úhlu prvků mluvíme o křížovém srazu kolmém. V ostatních případech hovoříme o křížovém srazu šikmém. Srazy najdeme u zdvojených dřevěných roštů. Vzájemné spojení prvků zabezpečují hřebíky, svorníky, vruty či ocelové profily typu L nebo krokrová spojka označená v praxi jako „bobo plech“.



Obrázek 38 – Křížový sraz kolmý



Obrázek 39 – Křížový sraz šikmý

4.5.1.3. Štěpování

Štěpování se použije pro spojení svislých sloupů většinou při rekonstrukcích. Spojovaný prvek většinou bývá tlačенý, tudíž spoj může být jednoduššího provedení. Ovšem je nutno brát v úvahu vybočení prvku v důsledku vzpěru.

Může být provedeno mnoho různých variant štěpování. Například tupý sraz, rovný plát, křížový plát, rovnočelný plát, šikmočelný plát nebo klínočelný plát. Všechny spoje jsou dále jištěny spojovacími prostředky. Jištění zajišťují tesařské skoby, ocelové nebo dřevěné příložky, svorníky nebo trny.

4.5.2. Tesařské vazby příčné

4.5.2.1. Překlátování

Dalším častým používaným tesařským spojem je překlátování. Překlátováním dojde k význačnému oslabení obou prvků. K zajištění spoje se používá hřebíků, vrutů nebo ocelových profilů. V minulosti se na zajištění spoje používaly dubové kolíky.

Spojované prvky svírají mezi sebou pravý nebo jiný úhel. Podle toho se překlátování dělí na kolmé a šikmé. Ve dvou prvcích se vytvoří sobě odpovídající výřezy a tím se prvky zapasují do sebe.



Obrázek 40 – Překlátování kolmé



Obrázek 41 – Překlátování šikmé

Druhé hledisko dělení překlátování je podle hloubky výřezů. Pokud jsou oba výřezy do poloviny výšky prvku, jedná se o úplné překlátování. Pokud tomu tak není, překlátování se nazývá částečné. Částečné překlátování neoslabí významně prvky, ale na druhou stranu prvky nezalícuje.

Pokud jsou oba prvky ukončeny za plátem, jedná se o rohové překlátování. Rohové překlátování se provádí u krovu například ve spojení nárožních nebo úžlabních pozednic.



Obrázek 42 – Překlátování rohové

4.5.2.2. Zadrápnutí

Méně častým spojem dřevěných prvků je zadrápnutí. Jedná se o spoj šikmého prvku s liniovým prvkem. Šikmý prvek potom v místě spoje končí. Spoj můžeme najít ve hřebeni spojením krokví a hřebenové vaznice. Dalším příkladem může být spojení krokví s užlabní krokví. Existují ale vhodnější spoje ke spojování zmiňovaných prvků. Z toho vyplývá, že se zadrápnutím se setkáme jen výjimečně. Skutečnost můžu potvrdit tím, že jsem se ve své praxi se zadrápnutím ještě na stavbách nesetkal.



Obrázek 43 – Zadrápnutí před spojením



Obrázek 44 – Zadrápnutí spojené

4.5.2.3. Lípnutí

Lípnutím nazýváme nejjednodušší typ příčné vazby. Dva kolmé nebo šikmé prvky k sobě přiléhají svými čely. Proto také dělíme lípnutí na kolmé a šikmé. Zajištění spoje proti vybočení se realizuje za pomoci hřebíků, vrutů, příložek či tesařských skob.



Obrázek 45 – Lípnutí kolmé



Obrázek 46 – Lípnutí šikmé

Kolmé lípnutí má pravoúhlá čela a šikmé lípnutí se charakterizuje šikmými úřezy čel. Při řezivu z kulatiny vzniká zaoblené lípnutí, které se ovšem u krovů většinou nevyskytuje z důvodu složitého provedení. Řezivo z kulatiny můžeme zpozorovat například u okrasných pergol. Šikmé lípnutí vidíme v krovech při spoji krokve do krokve nárožní nebo úžlabní, dále potom u spoje pásku a sloupu nebo u spoje vzpěry a sloupku.



Obrázek 47 – Lípnutí zaoblené



Obrázek 48 – Detail zaoblení

4.5.2.4. Osedlání

Osedlání můžeme pozorovat u prvků, které se nachází ve dvou rovinách. Nejvíce se osedlání používá u spojení krokve s pozednicí. Na krokvi se vyřízne sedlo, které má dosahovat nejvýše 1/3 výšky krokve, to dělá většinou na krokvi nadsedlání 13 centimetrů. Sedlo je většinou zapuštěno o 5 centimetrů a vždy svírá pravý úhel v rovině krokve, tak aby dosedlo na dvě strany pozednice, ale také může mít mnoho podob.

Nejjednodušším případem je obyčejné sedlo, které má pravý úhel na obou stranách krokve. U prvního páru pohledových krokví se obyčejné sedlo modifikuje zpravidla na půl sedlo, které vzniká částečným odsazením pozednice v sedle. Pokud se pozednice sbíhají či rozbíhají, může se provést sedlo šikmé. Šikmé sedlo je buď stoupající nebo klesající. Nejnáročnějším sedla na provedení jsou sedla nárožní a úžlabní. U střech s malým sklonem se klasické sedlo mění v zapuštění.



Obrázek 49 – Obyčejné sedlo



Obrázek 50 – Půl sedlo



Obrázek 51 – Pohled na šikmé sedlo



Obrázek 52 – Pohled na půl sedlo



Obrázek 53 – Šikmé sedlo



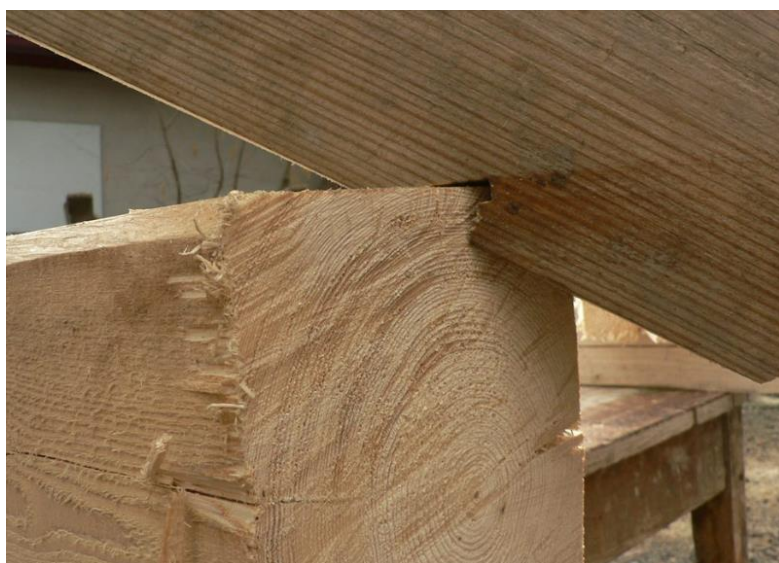
Obrázek 54 – Šikmé sedlo usazené na šikmém trámu



Obrázek 55 – Pohled na nárožní sedlo



Obrázek 56 – Pohled ze spodku krokve na nárožní sedlo



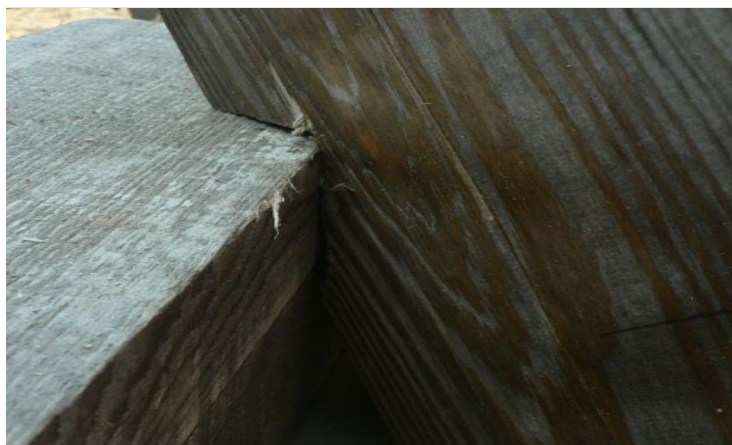
Obrázek 57 – Pohled na nárožní sedlo



Obrázek 58 – Pohled na úžlabní sedlo ze spodu



Obrázek 59 – Pohled na úžlabní sedlo



Obrázek 60 – Pohled na úžlabní sedlo

4.5.2.5. Čepování

Tradiční způsob spojování prvků je čepování. Čepování vytváří na jednom prvku čep a na druhém prvku dlab, který do čepu zapadá. Je velmi složité provést přesně zapadající čep do dlabu, proto vždy tesaři nechávají malou vůli při výrobě spoje. V minulosti býval čep zajištěn dubovým kolíkem proti vypadnutí. Dnes je používáno hřebíků či příložek. V některých případech se nanese mezi čep a dlab lepidlo na dřevo ke zvýšení přilnavosti.



Obrázek 61 – Dlab



Obrázek 62 - Čep



Obrázek 63 – Spojení čepu a dlabu



Obrázek 64
Průběžný čep



Obrázek 65
Jednostranně odsazený čep



Obrázek 66
Oboustranně odsazený čep

Důležité je navrhnout správně šířku dlabu. Nesprávně zvolená tloušťka zbylého dřeva vede k jeho rozštípnutí nebo rozpadnutí. To samé platí o délce čepu. Čím delší čep, tím více oslabí druhý prvek. Problém nastává v případě, že je čep delší než je hloubka dlabu. Musí dojít k rozebrání spoje a zkrácení čepu. Tento problém je velice nepříjemný pro každého tesaře. Z tohoto důvodu se nechává i malá vůle v tomto směru.

4.5.2.6. Kampování

Kampování se vyskytovalo dříve zejména na spoji vazného trámu s pozednicí. Dnes se s ním setkáme například při zapouštění kleštín do vaznic. Kampováním můžeme označit také částečné přeplátování. Stejně jako další spoje se dělí, dle sevřeného úhlu prvků, na kolmé a šikmé. Kampováním se na jednom prvku provede lůžko a na druhém prvku kamp. Jeho výhodou je malé oslabení prvků.

Podle umístění zářezů dělíme kampování na jednostranné, dvoustranné a dvojité. Jednostranné kampování se charakterizuje tím, že má zářez jen na jednom prvku. Dvoustranné kampování vznikne, když bude na každém prvku jeden zářez. A dvojité kampování znamená, že na jednom prvku je jeden zářez a na druhém prvku jsou zářezy dva a mezi nimi je ponechán kousek dřeva.



Obrázek 67 – Jednostranné kamповání – zářez jen na jednom prvku



Obrázek 68 – Dvoustranné kamповání – zářezy na obou prvcích



Obrázek 69 – Dvojité kamповání – na jednom prvku jeden zářez, na druhém dva zářezy

Podle tvaru zářezů se karpování dělí na rovné, rybinovité a křížové. Nejjednodušším karpováním je rovné. Značí se obdélníkovým výřezem. Rybinové karpování je navrhováno tam, kde se vyskytuje tahové namáhání jednoho ze spojovaných prvků. Vyznačuje se výřezy, které nejsou provedeny do pravých úhlů.

Dle počtu zářezů rozlišujeme rybinové karpování jednostranné nebo oboustranné. Jednostranné se charakterizuje výřezem pouze v jednom prvku a oboustranné vystihují zářezy v obou prvcích. Nejtěžším karpováním je křížové. Vzniká propsáním úhlopříček spoje a vyříznutím dvou protilehlých trojúhelníků na každém prvku.



Obrázek 70 – Rovné karpování před spojením



Obrázek 71 – Rovné karpování po spojení



Obrázek 72 – Rybinové karpování nespojené



Obrázek 73 – Rybinové karpování po spojení



Obrázek 74 – Křížové kámpování před spojením



Obrázek 75 – Křížové kámpování: detaily prvků

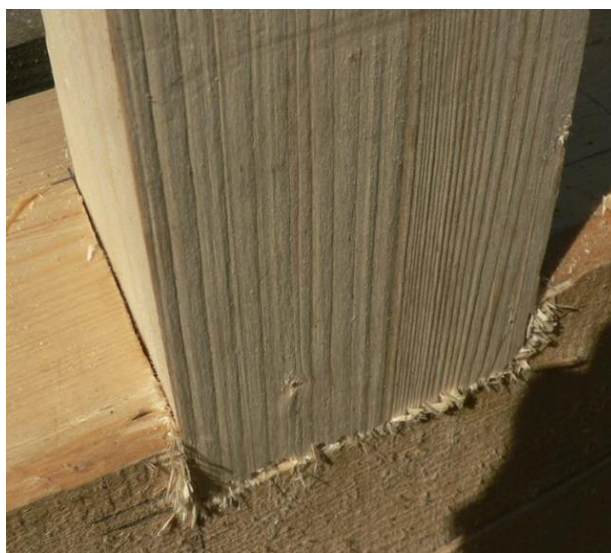
4.5.2.7. Zapuštění

O zapuštění mluvíme v tom případě, kdy jeden prvek je zapuštěn celým svým čelem do prvku druhého, ve kterém se provede odpovídající výřez. Spoj se navrhuje tam, kde se předpokládá tlakové namáhání zapouštěného prvku. Důraz je kladen na minimální hloubku zapuštění, která se může pohybovat u běžných profilů kolem dvou centimetrů, stejně tak jako na maximální hloubku zapuštění z důvodu oslabení prvku. Maximální hodnota je stanovena poměrem výšky oslabeného prvku a pohybuje se kolem čtvrtiny jeho výšky. Zajištění proti vybočení prvku je opět provedeno hřebíky, vruty, skobami či příložkami.

Pokud oba prvky nemají stejnou šířku, vznikne zvláštní typ zvaný kryté zapuštění. Kryté zapuštění se dále dělí na jednostranné a oboustranné. O jednostranném zapuštění mluvíme tehdy, pokud jsou prvky zalícovány z jedné strany. Pokud prvky nejsou zalícované z jedné strany, a do průběžného prvku je proveden zářez, zapuštění nazveme oboustranné kryté. Zářez do průběžného prvku odsazený ze dvou stran je velmi náročný na provedení, proto není moc používán. Naopak jednostranné zalícování prvků je snadné na zhotovení, proto je hojně používáno v případě různé šířky spojovaných prvků.



Obrázek 76 – Zapuštění kryté jednostranné



Obrázek 77 – Zapuštění kryté jednostranné spojené



Obrázek 78 – Zapuštění kryté oboustranné



Obrázek 79 – Zapuštění kryté oboustranné

Na místě zůstává i dělení podle sevřeného úhlu spojovaných prvků. Z tohoto hlediska dělíme zapuštění na kolmé, kdy prvky svírají pravý úhel, nebo šikmé zapuštění, kdy prvky nesvírají pravý úhel. Zapuštění se v konstrukcích využívá zřídka, můžeme se s ním setkat například u pásků, sloupků nebo vzpěr.



Obrázek 80 – Zapuštění kolmé



Obrázek 81 – Zapuštění šikmé

4.5.3. Tesařské vazby zesilující

Pokud nějaký prvek v konstrukci dosahuje nízké únosnosti, přistoupí se k zesílení prvku. Dalším důvodem zesílení je eliminace velkorozměrových průřezů v konstrukci a to kvůli jejich náročné výrobě, dopravě a manipulaci.

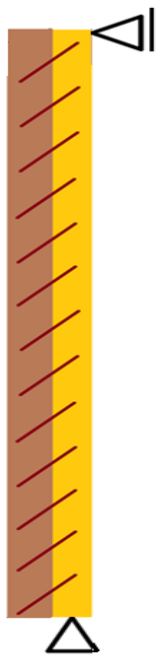
4.5.3.1. Zesílení svislých prvků

Zesilování svislých prvků se provádí zejména u sloupů. Zesílení se vytvoří přidáním průřezu. Přidaný průřez může být dřevěný, nebo ocelový. Nejdůležitější je zajištění spolupůsobení zesíleného a zesilujícího prvku. Dřevěný průřez je proto k zesílení nejjednodušší. Zesílení může být provedeno pomocí svorníků, skob nebo zubováním.

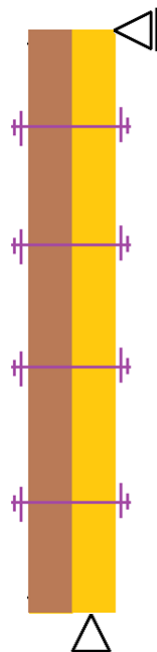
Zaskobení pomocí tesařských skob je nejjednodušší. Provádí se na jednoduchých nebo dočasných konstrukcích. Tesařské skoby se zatloukají jedním koncem do zesilujícího prvku a druhým koncem do zesíleného prvku a to střídavě pod úhlem 45°.

Spojení pomocí svorníků je už náročnější na provedení, ale opět se hojně používá. Prvky se usadí, přichytí svěrkou a provrtají. Následně se připraví svorník, respektive závitová tyč s podložkou a matkou, a vloží se do otvoru. Nakonec se svorník dotáhne. Do spoje se dávají minimálně dva svorníky v určitých vzdálenostech. Pro lepší spolupůsobení lze mezi spojované prvky na svorník vložit bulldog, který se zakousne do dřeva a drží prvky dohromady.

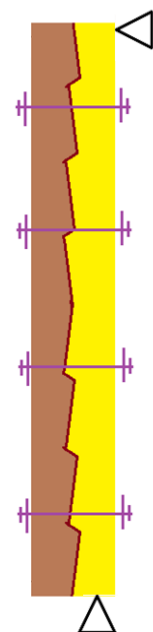
Zubování je nejnáročnější na provedení, proto se na stavbách moc neobjevuje. Navíc ještě dochází k oslabení průřezu při vytváření zubů. Spoj se vždy musí jistit svorníkem pro zajištění spolupůsobení.



Obrázek 82 - Zaskobení



Obrázek 83 – Svorníkové spojení

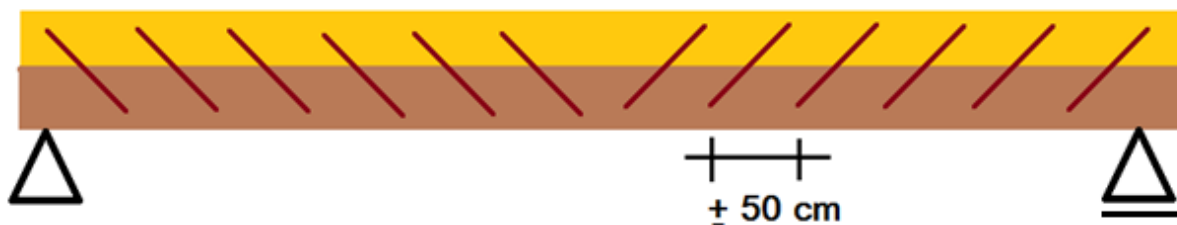


Obrázek - 84 Zazubení

4.5.3.2. Zesílení vodorovných prvků

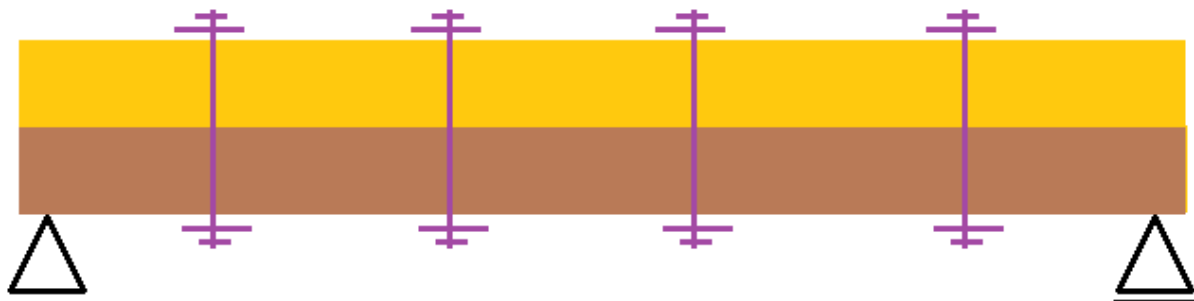
Vodorovné prvky, které jsou zesílené, se jmenují trámové rošty. S rošty jsme se mohli potkat u hodně zatížených konstrukcí a velkých rozponů. Rošty se používaly převážně na stropní konstrukce. Roštem se dosáhlo vyšší únosnosti, ovšem maximálně bylo dosaženo 80% únosnosti celkového teoretického profilu. Dvojnásobná únosnost nebyla dosažena z důvodu nedokonalého spojení a z toho vyplývajícího možného posunutí profilů. Existuje mnoho variant roštů.

Nejjednodušší na provedení jsou rošty zaskobené. Jejich princip spočívá ve spojení dvou profilů pomocí tesařských skob. Dva profily leží na sobě a ze dvou stran jsou zatlačeny tesařské skoby. Tesařské skoby byly zatlačovány pod úhlem zhruba 45° a ve vzdálenostech přibližně po půl metru. Skoby byly umístěny od středu a to zrcadlově tak, aby byly všechny tažené.



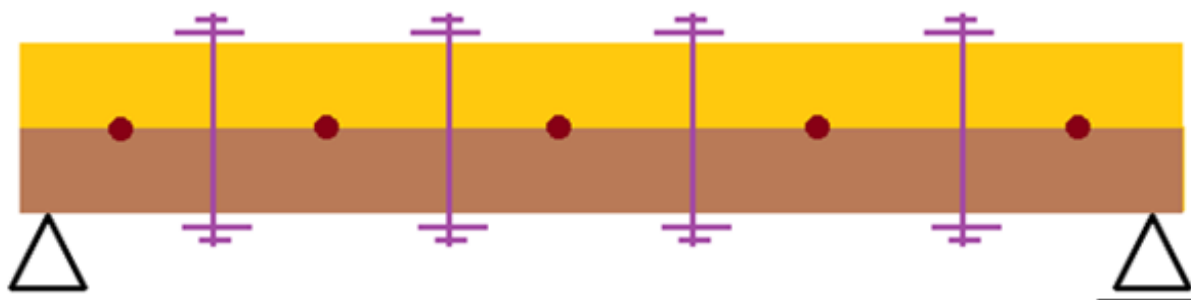
Obrázek 85 – Zaskobení rošt

Dalším druhem roštů jsou svorníkové, kde jsou dva trámy nad sebou staženy svorníky. Svorníky jsou nejčastěji závitové tyče opatřené na obou koncích podložkou a matkou. Nejdříve se trámy usadí na sebe, potom se vyvrtají otvory, vloží se svorníky a nakonec se dotáhnou. Svorníky lze upevňovat v různých vzdálenostech dle potřeby spřažení. Pro lepší spolupůsobení se může dát na svorník bulldog mezi spojované trámy.



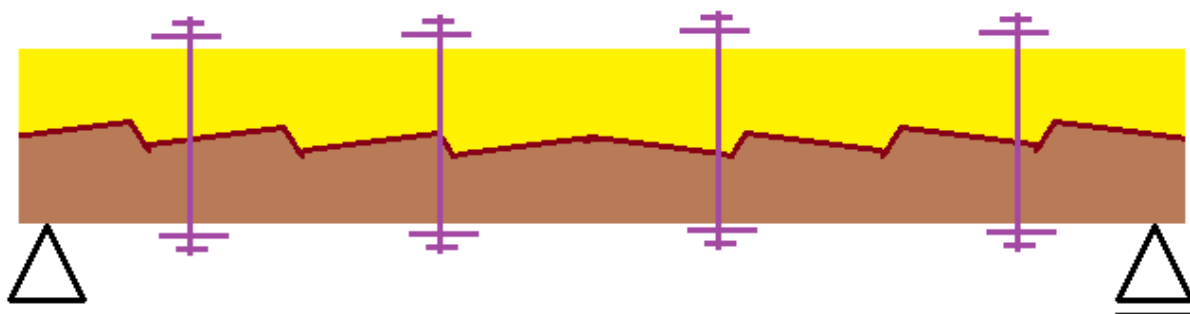
Obrázek 86 – Svorníkový rošt

Málo používaným druhem je hmoždinkový rošt, který se vytvoří za pomoci dřevěných nebo ocelových hmoždinek a svorníků. Do obou trámů se vyříznou zářezy na přilehlých stranách, vloží se hmoždinka a potom trámy se k sobě přiloží. Následně se v každém poli mezi hmoždinkami trámy provrtají a přitáhnou se svorníkem. Takový způsob je již náročnější na provedení.



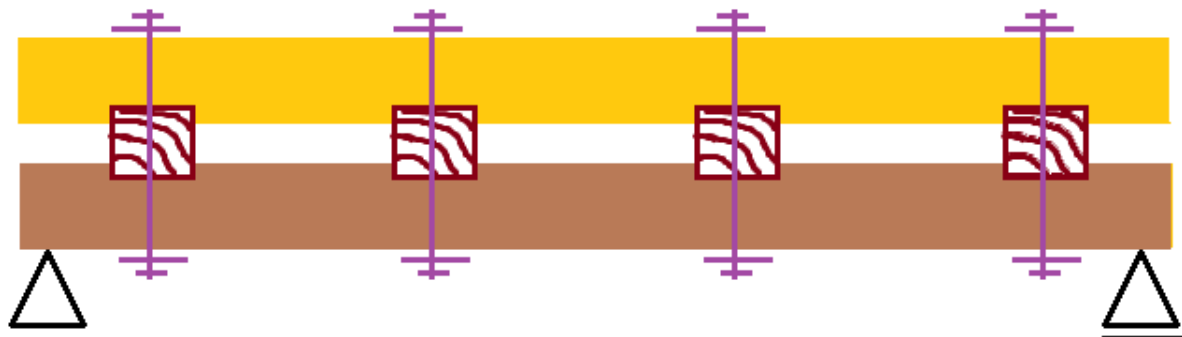
Obrázek 87 – Hmoždinkový rošt

Nepoužívaným druhem roštů je zubovaný rošt. Připraví se tak, že se oba trámy na k sobě přilehlých stranách opatří zrcadlovými zubovitými zářezy a následně se trámy stáhnou svorníky. Zubovité zářezy si musí přesně odpovídat, z toho důvodu se spojení nevyužívá.



Obrázek 88 – Zubovaný rošt

Dalším nepoužívaným druhem spojení jsou špalíčkové rošty. Mezi trámy se vyříznou otvory, do kterých se zapustí špalíčky. Přes špalíčky se potom trámy přitáhnou svorníkem. Mezi trámy vznikne mezera, která může dosahovat až poloviny výšky průřezu. Mezerou se špalíčkové rošty liší od hmoždinkových roštů.



Obrázek 89 – Špalíčkový rošt

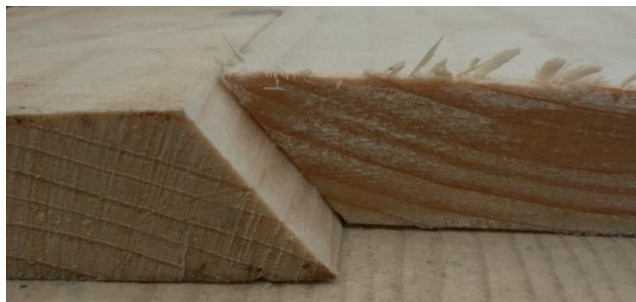
4.5.4. Tesařské vazby rozšiřující

4.5.4.1. Sraz

Sraz se vyznačuje přiražením prvků k sobě bočními stranami a jejich následným zajištěním hřebíkem nebo vrutem. Nejjednodušší je prostý sraz, kdy spojované prvky mají pravoúhlé boky. Druhým druhem srazu je šikmý sraz, kdy boky spojovaných prvků svírají určitý úhel. Většinou svírají úhel 45 stupňů pro jednodušší proveditelnost. A v neposlední řadě se používá pravoúhlý sraz doplněný lištou. Lišta je kvůli umožnění dilatace přibíjena jen k jednomu prknu.



Obrázek 90 – Prostý sraz



Obrázek 91 – Šikmý sraz



Obrázek 92 – Prostý sraz doplněný lištou

4.5.4.2. Překládání

Překládání znamená spojení rovnoběžných prvků, které neleží vedle sebe, ale jsou překládány přes sebe. Prkna jsou jištěna hřebíky nebo vruty do dřeva.

Nejjednodušším druhem překládání je jednostranné, které se používá většinou na obklady exteriérových stěn. První prkno se usadí ke spodku stěny a ostatní prkna se postupně překládají přes sebe. Je důležité volit určitý minimální přesah překladu přes prkna i z důvodu seschnutí. Důležité je vyřešení detailu napojení obkladů stěn v rozích a utěsnění prostupů. Abychom umožnili dilataci prken, hřebíky zatluokáme tak, aby probíjeli jen jedno prkno.



Obrázek 93 – Jednostranné překládání

Druhým druhem je dvoustranné překládání. Jeho největším uplatněním je použití na stropěch jako dřevěný záklop. Provádí se ve dvou vrstvách prken. Nejdříve se přitlučou spodní prkna na podporách a následně se s určitým překrytím přes ně natlučou horní prkna. Překrytí by mělo být alespoň kolem 2,5 cm. Lze použít i neohraněná prkna, která musí mít překrytí větší, aby mezi prkny nevznikaly mezery. S dvoustranným překládáním se můžeme setkat i u exteriérových dřevěných obkladů, kde se prkna kladou vertikálně. Velmi důležité je ale vyřešení detailů, zejména dotěsnění obkladu na ostatní konstrukce.



Obrázek 94 – Dvoustranné překládání

4.5.4.3. Drážkování

Drážkováním nazveme spojení prken, které na sebe doléhají svými bočními plochami. Spoj můžeme označit také falcováním. Možností provedení drážkování je nespočet. Kvůli eliminaci příčného borcení jsou některé vyráběné prvky opatřené na zadní straně drážkami různých tvarů.

Klasickým případem se jeví spojení přes pero a drážku. Jeden prvek má z jednoho boku vystouplé pero a z druhého boku má vyfrézovanou drážku. Prvky se potom spojují zaklapnutím pera do drážky. Tímto způsobem jsou provedeny spoje palubek nebo podlahových prken. Prvky jsou jištěny kolářskými hřebíky nebo vruty do dřeva. Problém s kolářskými hřebíky nastává v exteriéru vlivem působení počasí. Hřebíky jsou po nějakém čase ze dřeva povytaženy.



Obrázek 95 – Spojení palubky přes pero a drážku



Obrázek 96 – Spojení podlahových prken

Druhou možností provedení spoje je vytvořením stejných polodrážek na obou prvcích. Polodrážka znamená vyříznutí poloviny tloušťky prkna do určité hloubky na jeho boku. Vyříznutý kus je většinou čtvercových rozměrů. Z důvodu překládání prken se polodrážky dělají na jednom prkně zrcadlově. Spoj se vyskytuje zejména na dřevěných obkladech. Výhodou spoje oproti peru a drážce je to, že voda nezateká do polodrážky, pokud se drážka orientuje směrem dolů, proti zatékání vody.



Obrázek 97 – Spojení prken polodrážkami

Třetím způsobem provedení spoje je zhotovení drážek na oba boky prken. Do drážky se potom vloží samostatné pero dlouhé maximálně dvě šířky drážky.



Obrázek 98 – Spojení vloženým perem



Obrázek 99 – Spoj provedený vloženým perem

4.5.4.4. Svlakování

Svlakem označujeme prvek, který spojuje několik prken. Většinou se dává kolmo na spojovaná prkna a je zajištěn hřebíky, nebo vruty. Svlakování se využívá zejména u jednoduchých spojů. Vzhledem ke vzhledu spoje se svlakování využívá nejvíce u pomocných nebo dočasných konstrukcí. Svlačky najdeme ve spoji prken podlážek na lešení nebo ve spoji prken plent k bednění. Svlak bývá většinou jednoduchý přiložený ke spojovaným prknům. Ovšem může být i částečně zapuštěný do spojovaných prvků. Pro obtížnost a zbytečnost provádění se ale částečně zapuštěný svlak vyskytuje ojediněle.



Obrázek 100 – Svlakování



Obrázek 101 – Spojení svlakem u plenty k bedně

Vzácnými případy svlaků jsou částečně zapuštěný svlak a rybinový svlak. Nikde jsem se s nimi nesešel. Nicméně částečně zapuštěný svlak spočívá v částečném zapuštění prkenného svlaku do spojovaných prken. Rybinový svlak je modifikací částečně zapuštěného. Liší se pouze šikmými boky svlakového prkna, které se zasune do proříznutých drážek ve spojovaných prknech.



Obrázek 102 – Částečně zapuštěný svlak



Obrázek 103 – Rybinový svlak

5. Mechanické spojovací prostředky

Existuje nespočetné množství druhů spojovacích prostředků. Na místě zůstává jejich dělení na spojovací prostředky kolíkového typu a spojovací prostředky povrchového typu. Dále můžu vyčlenit moderní skupinu novodobých spojovacích prostředků.

Mezi spojovací prostředky kolíkového typu patří: kolíky, hřebíky, vruty, svorníky a sponky. Do spojovacích prostředků povrchového typu můžu zařadit: hmoždíky, desky s prolisovanými trny a různé profily z tenkostěnného ocelového plechu. Moderními spojovacími prostředky jsou například výrobky od firmy SFS intec, vlepované závitové tyče, rybinové zámky, vložené třmeny, nebo systémy WS, WB, WR a WT.

5.1. Kolíky

V minulosti se velmi uplatňovaly při dřevěných spojích dřevěné kolíky. Kolíky se tesaly z tvrdých listnatých dřevin, nejčastěji z dubu. Klasické tesařské kolíky byly vyráběny lehce do klínu, tak aby se do dřeva těsně zarazily. Z praxe můžu potvrdit veliké držení kolíků při bourání starých krovů. Jinak jsem se s kolíky nikdy zatím nesetkal.

Dnes se kolíky používají jen zřídka. Vždy jde o rekonstrukci, která je hlídána odborem památkové péče. Jediným odvětvím, kde se stále kolíky spojuje, je truhlářská výroba nábytku. Kolíky se zalepí lepidlem a drží. Nemusí při tom být použito jiných spojovacích prostředků.

5.2. Tesařské skoby

Tesařské skoby označované spíše jako kramle se v minulosti hojně používaly. Společně s hřebíky jsou jedním z nejstarších spojovacích prostředků. Skoby byly zatloukány do dřeva za pomoci kladiv nebo paliček. Zatloukání je velmi jednoduché díky špičatému zakončení a postupnému rozšiřování kramle. Tesařské skoby byly vyráběny buď kulaté nebo placaté. Skoby jsou velmi účinné a spolehlivé. Můžu potvrdit z praxe při bourání starých krovů, že kramle drží perfektně.

Jediným problémem může být při zatloukání kramle rozštípnutí dřeva. Ale obdobný problém lze spatřit i u ostatních spojovacích prostředků. Dnes jsou kramle užívány zejména při rekonstrukcích historických krovů. Dokonce ani v železářství už dnes nedisponují zásobami tesařských skob.



Obrázek 104 – Tesařské skoby: 1) historická, 2) novodobá



Obrázek 105 – Detail konce skoby

5.3. Hřebíky

Dnes nejpoužívanějším spojovacím prostředkem je právě hřebík. Výroba hřebíků probíhá tažením ocelového drátu za studena s minimální pevností drátu 600 MPa. Existuje mnoho druhů hřebíků, které se liší délkou, tloušťkou, tvarem, materiálem, povrchovou úpravou a jinými vlastnostmi.



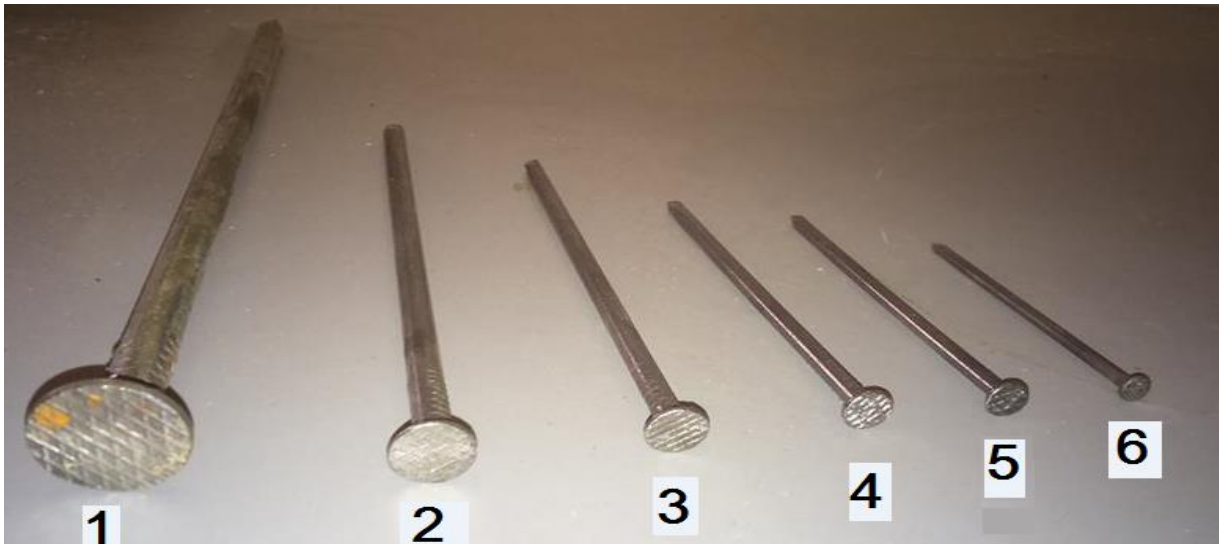
Obrázek 106 – Různé druhy hřebíků

5.3.1. Stavební hřebíky

Nejvíce používané hřebíky u nás. Hřebíky se vyrábí ze surové oceli a bez ochrany proti korozi. Proto se na stavbách často vyskytují rezavé hřebíky po jejich namočení. Hlava stavebního hřebíku má kulatý tvar a zdrsňelý povrch vytvářející mříže. Na dřívku pod zapuštěnou hlavou do dřeva se vyskytují mírné výstupky, které brání vytažení hřebíku ze dřeva. Dále mají hřebíky hladký dřívík a špičatý konec. Potřebuje-li tesař přibít hřebík na viditelné místo, odstraní z něj kleštěmi nebo úhlovou brusku hlavičku.

Hřebíky jsou vyráběny v rozmanitých tloušťkách a délkách. Největší uplatnění mají hřebíky 2,5 x 63 mm, 3,1 x 90 mm, 4 x 110 mm, 5,0 x 150 mm, 7,6 x 230 mm nebo 7,6 x 250 mm. Hřebíky 230 nebo 250 mm jsou probíjeny krokve přes sedla do pozednic. Hřebíky 110 mm jsou přibíjeny střešní latě a kontralatě.

Hřebík je zarážěn do dřeva kladivem nebo paličkou, ale setkal jsem se i se staršími kolegy, kteří k zarážení používají stále tesařskou sekeru hlavatku. Druhým způsobem zarážení hřebíku je zatloukání strojově pomocí speciální pistole. S tímto způsobem jsem se na stavbách zatím nesešel. Jen v jedné výrobně schodů jsem měl možnost zatloukat hřebíky pomocí pistole napojené na kompresor. Pistole byla těžká, hřebíky byly drahé, ale rychlost zatloukání se zvýšila několikanásobně.



Obrázek 107 – Stavební hřebíky

1) 7,6 x 230, 2) 5,0 x 150, 3) 4 x 110, 4) 3,1 x 90, 5) 3,1 x 80, 6) 2,5 x 63 mm

5.3.2. Konvexní hřebíky

Synonymem konvexního hřebíku je kroužkový hřebík. Konvexní hřebíky se vyznačují dřikem s válcovanými kroužky, které zvyšují pevnost spoje. Nejpoužívanějšími jsou hřebíky délky 40 až 80 mm. Používají se při probíjení tesařských kování, sbíjení vazníků či palet. Konvexní hřebík vyniká větší odolností proti vytažení než stavební hřebík.



Obrázek 108 – Různé druhy konvexních hřebíků

5.3.3. Kroucené hřebíky

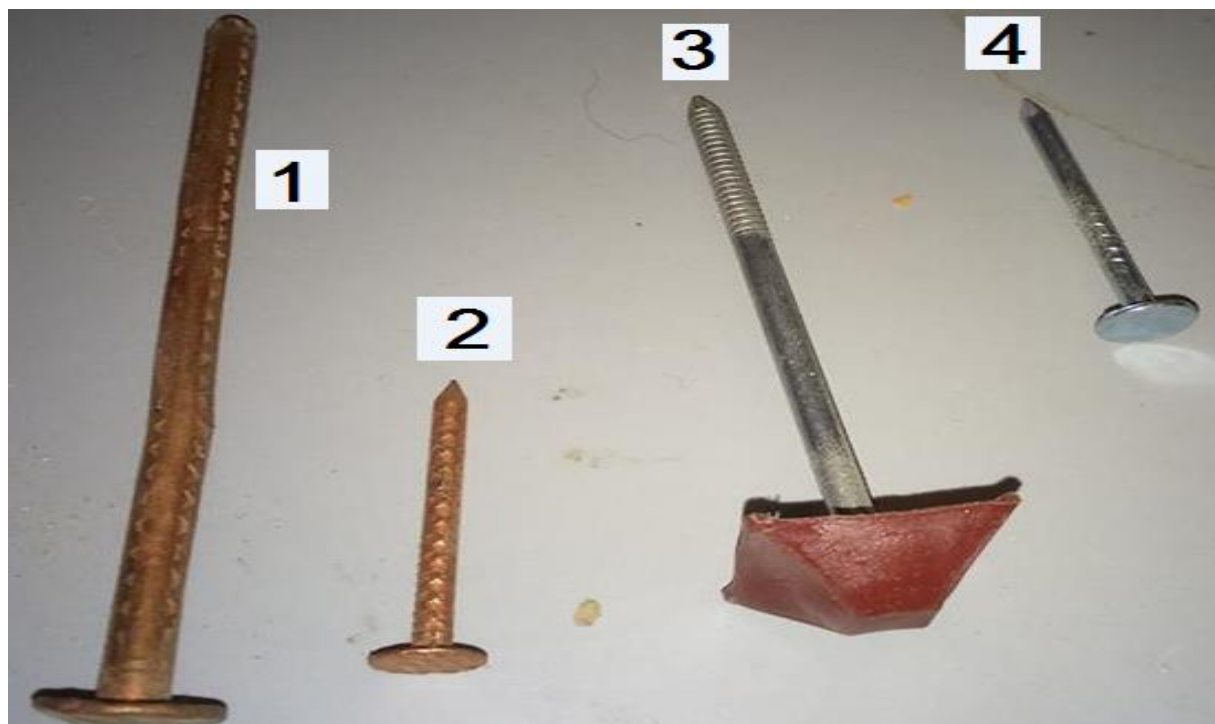
Dalším druhem hřebíků jsou kroucené hřebíky. Vyznačují se dříkem, na kterém je vyválcována šroubovice, která brání vytažení hřebíku. Při zatloukání hřebíku si můžeme všimnout, že se hřebík lehce otáčí kolem dokola. Obrovskou nevýhodou z praxe je fakt, že při zatloukání se často ohýbají. Ohnutý hřebík již nejde znovu narovnat a dotlouct. Největší uplatnění kroucených hřebíků pozorují u přibíjení prken jako obkladu či podlahy.



Obrázek 109 – Kroucený hřebík

5.3.4 Ostatní hřebíky

Mezi ostatní hřebíky bych zařadil kolářské, kalené nástřelné nebo hřebíky do krytiny. Kolářské hřebíky jsou podobné stavebním, jen s rozdílem v tom, že mají malou hlavičku. Slouží k přichycení palubek na římsy, nebo dřevěných obkladů. Kvůli jejich snadnému vytažení se většinou spoje doplňují vruty. Nástřelné hřebíky používáme pro zatlučení do zdiva či betonu. Existují i další druhy hřebíků, ale jimi se v mé práci již zabývat nebudu.



Obrázek 110 – Ostatní typy hřebíků

1) měděný, 2) měděný lepenkový, 3) do krytiny, 4) zinkový lepenkový

5.4. Vrutý

Obdobně jako hřebíků existuje nespočetně druhů vrutů do dřeva. Vrut se skládá z hlavičky, dříku a špičky. Hlavička má kulatý nebo šestihranný tvar a je opatřena drážkou pro bit. Bit může být různých tvarů například plochý, křížový, nebo hvězdicovitý. Také je různých velikostí. Vrutý s šestihrannou hlavou se používají zejména při kotvení. Dřík vrutu může mít celý nebo částečný závit.

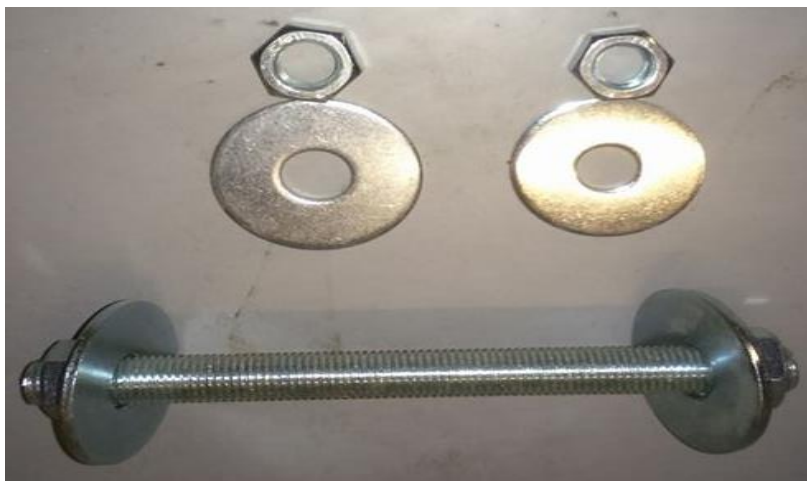


Obrázek 111 – Různé druhy vrutů do dřeva

5.5. Svorníky

Velmi často se spojení realizuje za pomoci svorníků. Svorník je kovový šroub s hlavou, dříkem a závitem opatřený na druhé straně šestihrannou matkou a velkoplošnou podložkou. Aby tesaři nemuseli mít svorníky různých délek, používají na místo šroubů závitové tyče, které jsou opatřeny závitem po celé délce a prodávají se v metrových nebo dvoumetrových délkách.

Svorníky se vkládají do již vyvrtaných otvorů, které by měly být alespoň o 2 mm větší než průměr svorníku a následně jsou svorníky dotaženy na požadovanou velikost. Přesné vůle otvorů pro šrouby jsou specifikovány v normě. Správně dotažený svorník poznáme tak, že se podložka lehce zatlačí do dřeva. Při spojení více prvků se mezi ně vkládá bulldog, který se zakousne do dřeva a drží prvky u sebe při povolání svorníku. Nejčastěji používaným svorníkem při stavbě krovu bývá šroub M16 průměru 16 mm.



Obrázek 112 – Závitová tyč průměr 16 mm, podložky, matky

5.6. Ocelové prvky

Na trhu existuje nespočetné množství tesařských ocelových kování. Většina vyráběných prvků je standardně galvanicky pozinkována z důvodu ochrany proti korozi. Tesaři musí správně zvolit typ prvku a spojovací prostředky do něj. Pokud by například zvětšovali otvory v prvcích, narušili by ochranu proti korozi. Mezi nejpoužívanější patří destičky s otvory, L profily prolisované nebo bez prolisu, krokrové spojky = bulldogy, tesařské třmeny, kotevní patky pod sloupy a další.

Výhodou ocelových prvků se jeví vysoká pevnost oceli oproti dřevu. Z tohoto důvodu najdeme dřevěné příložky už jen zřídka v konstrukcích. Příložky z dřevěných fošen se ale také vyznačují mnohonásobně nižší odolností proti destrukci, zejména tam, kde hrozí jejich rozštípnutí. Na druhou stranu jsou levnější, a proto je ještě někdy můžeme na stavbách spatřit.

Často se na stavbách používají tenkostěnné spojovací destičky pro spojení liniových prvků. Destičky jsou různých velikostí, tvarů a osových rozměrů otvorů. Otvory slouží pro probití hřebíkem nebo vrutem. Nejvíce se pro přibíjení destiček užívají konvexní hřebíky.



Obrázek 113 – Tenkostěnná spojovací destička

Modifikací ocelových tenkostěnných destiček jsou destičky s prolisovanými trny. Destičky s prolisovanými trny jsou zatloukány do dřeva paličkou, nebo jsou zalisovány lisem. Použití nacházejí zejména při výrobě sbíjených dřevěných vazníků. Jejich nevýhodou je malá požární odolnost. Při zvýšených teplotách destičky význačně měknou a dochází k jejich destrukci.

Pro spojení kolmých dřevěných prvků se využívá tenkostěnných ocelových L profilů. Existuje mnoho druhů L profilů, které se liší rozměry, otvory a prolisy. Některé profily nemají prolisy a další mohou mít výrazné prolisy pro zvětšení své tuhosti.



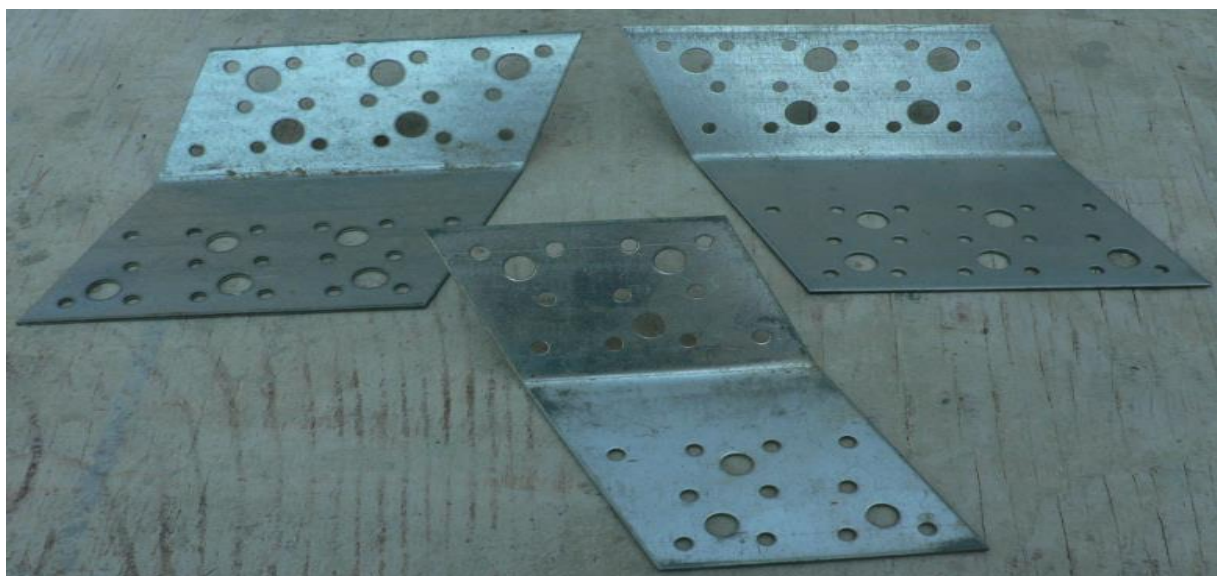
Obrázek 114 – L profily různých velikostí

Speciálními prvky jsou tzv. bobo plechy, které nachází uplatnění při spojování dvou kolmých nebo šikmých dřevěných prvků. Většinou se přidávají ke spoji krokve a pozednice nebo krokve a vaznice. Existují různé velikosti plechů. Musíme ale rozlišit bobo plech pravý a levý. Pro spojení prvků z obou stran musíme pořídit jak levý, tak i pravý bobo plech.



Obrázek 115 – Bobo plech levý a pravý

Dalším již méně používaným tenkostěnným ocelovým prvkem jsou šikmé úhelníky. Úhelníky se používají při spojování běžných krokví do úžlabní nebo nárožní krokve. Vyrábí se v různých velikostech, jen musíme také rozlišit levý a pravý plech.



Obrázek 116 – Úhelníky do nároží a úžlabí: levý a pravý

Dalším dobrým pomocníkem tesařů jsou trámové botky. Jsou vyráběny v různých velikostech, podle tloušťky spojovaného trámku. Botky se používají například při spojení kolmých hřebenových vaznic.



Obrázek 117 – Trámové botky

Oblíbenými spojovacími prostředky jsou bulldogy, také nazývány hmoždinky nebo tesařské podložky. Vyrábí se různé velikosti, tvary a otvory, které se volí na základě tloušťky použitého svorníku. Bulldogy se vkládají například mezi krokvě a kleštinu ve spoji na svorník. Při dotažení svorníku se zakousnou do dřeva a tím spojované prvky drží. Spojované prvky drží u sebe i při vyschnutí dřeva a povolání svorníku. Z tohoto důvodu jsou bulldogy oblíbené mezi tesaři.



Obrázek 118 – Bulldog



Obrázek 119 – Bulldog detail

5.7. Kotevní prostředky

Nezbytným úkonem po zhotovení dřevěné konstrukce je její kotvení. Kotvení probíhá do různých materiálů, nejvíce ale do betonu, cihel nebo dřeva.

Nejjednodušším způsobem je kotvení dřevěného prvku do dalšího. Z praxe tímto kotvením mohou popsat například kotvení pozednice do vazných trámů. Existuje mnoho možností, jak kotvení provést. Nejjednodušším se jeví pomocí prolisovaných L profilů a konvexních hřebíků. Další možností zejména u dřevostaveb je využití svorníků. Dále se nachází možnost ve využití speciálních dlouhých vrutů do dřeva. V neposlední řadě lze vše zkombinovat s některou tesařskou vazbou, například zapuštěním.

Často prováděnou prací je kotvení dřeva do plných zdících prvků. Kotvení se provádí buď za pomoci prolisovaných L profilů a hmoždinek, nebo lze provést kotvení pomocí závitové tyče a chemické kotvy.

Ovšem nejčastěji prováděné je kotvení dřeva do betonu. Jde například o kotvení pozednice do betonového věnce. V tomto případě se naskytnou tři možnosti. Prolisované L profily s hmoždinkami, závitová tyč s chemickou kotvou nebo předem zabetonovaná pásová ocel.

Při kotvení za pomoci závitové tyče a chemické malty je důležitá dobrá příprava. Nejdříve se vyvrtá otvor ve dřevě, potom se vyvrtá otvor v betonu. Následně se otvor musí zbavit nečistot, zejména prachu. Oba otvory musí být širší, než je tloušťka tyče. Chemická kotva, koupená v tubě, se nanese do otvoru a na závitovou tyč. Závitová tyč se opatří matkou a podložkou a zatlačí se do otvoru. Následně se matice dotáhne po určité době určené dle výrobce kotvy.

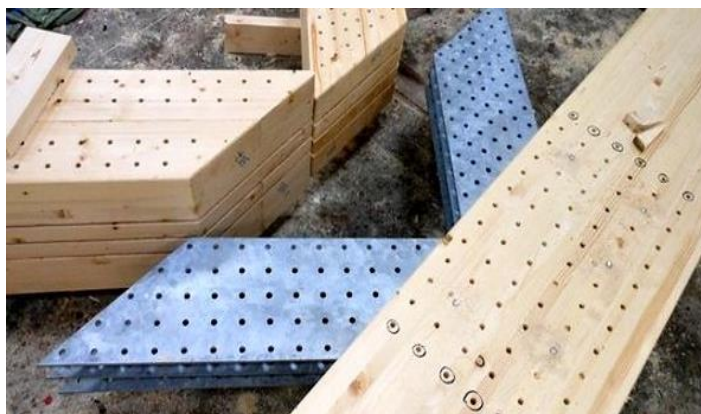
Kotvení za pomoci pásové oceli je složitější z důvodu přesnějšího umístění kotev. Kotvy jsou provedeny z pásové oceli, většinou 5 x 50 mm. Aby se pásovina z betonu nevytrhla, má speciálně upravený konec. Úprava spočívá v rozříznutí konce za několik centimetrů a roztáhnutí obou částí od sebe. Upravená pásovina se zabetonuje do betonu tak, aby pozednice byla kotvena z vnitřní strany. Po dokončení konstrukce se pásovina ohne, provrtá a přichytí dvěma vruty do dřeva. Zde mohou být použity vruty s šestihrannou hlavou. Modifikací tohoto kotvení je například i přivaření konce pásovin k ocelovému profilu místo zabetonování.

5.8. Moderní spojovací systémy

S vývojem dřevěných konstrukcí se vyvíjí zároveň i spojovací systémy. K vývoji pomáhá také větší zájem o dřevostavby a urychlení doby výstavby. Dnes se na stavbách můžeme setkat s mnoha systémy. Systémy se neustále za chodu vylepšují, aby se využilo jejich vlastností na maximum.

5.8.1. Systém Greimbau

Systém Greimbau spočívá ve spojení prvků pomocí vložení ocelového plechu a hřebíku. Ocelové plechy jsou tenké s tloušťkou 1 až 1,75 mm. Hřebíky jsou o průměru 3 mm a probíjí se prvkem z obou stran. Do spojovaných prvků se vytvoří zářezy, do kterých se vloží plechy a následně probíjí hřebíky. Většinou se provádí dvě a více drážek na jeden spoj. Rozmístění a počet hřebíků se musí staticky dokládat.



Obrázek 120 – Systém Greimbau při výrobě



Obrázek 121 – Systém Greimbau

5.8.2. Vlepované závitové tyče

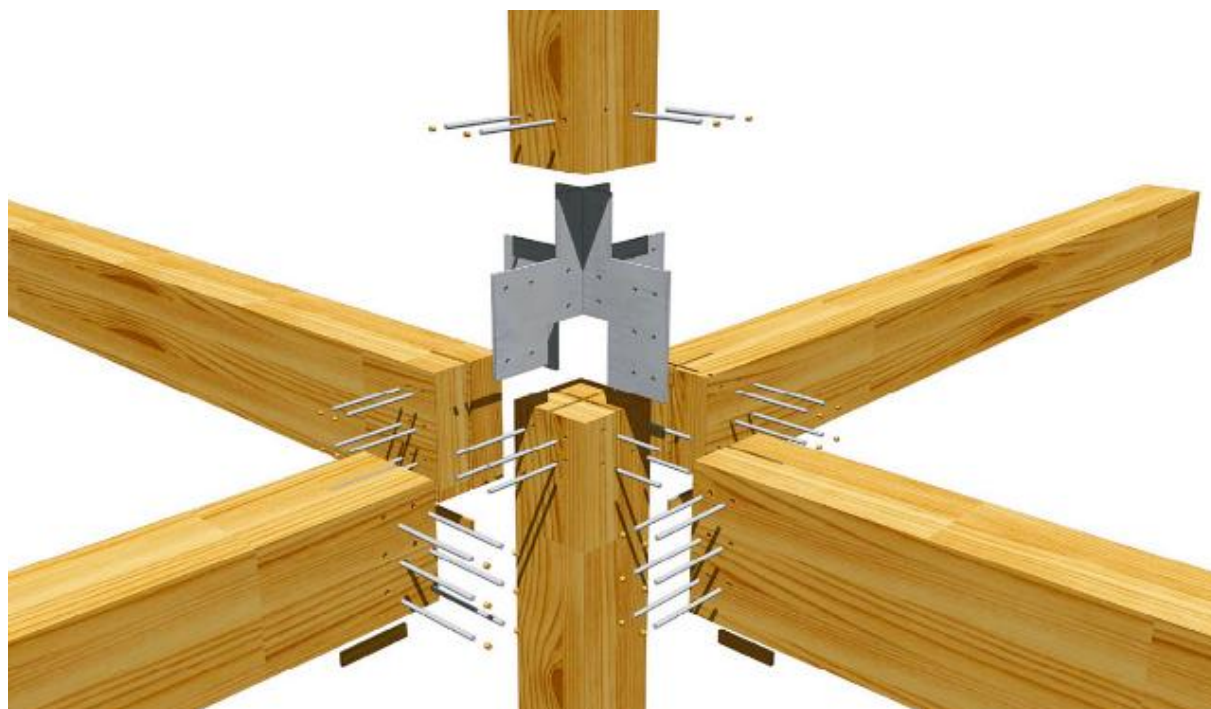
Závitové tyče jsou velmi efektivní ke spojování. Závitová tyč se přilepí do dřevěného prvku a následně se přimontuje k ocelovému prvku pomocí matky, eventuálně spolu s podložkou. Tímto způsobem vznikne spoj, který se nechá v případě potřeby rozmontovat. Závitovou tyč lze také zalepit do dvou dřevěných prvků a tím vznikne spoj nerozebíratelný. Důležitá je správná volba lepidla. Zalepené závitové tyče pak vytváří spoji velmi dobrou požární odolnost.



Obrázek 122 – Vlepované závitové tyče do dřeva

5.8.3. Vložené třmeny

Spojování pomocí vložených třmenů spočívá na principu vykonzolování ocelového prvku připevněného ke konstrukci, který tvoří podporu pro připojovaný prvek. Připojovaný prvek má v sobě drážku a má předvrtané otvory. Do otvorů se při spojení zasouvají kolíky.



Obrázek 123 – Spojení pomocí vloženého třmenu

5.8.4. Systém MKD

MKD systém (z německého Multi Krallen Dübel) nachází své uplatnění u příhradových vazníků, kde jsou pruty tvořeny alespoň dvěma prvky vedle sebe. Spoj probíhá přes styčnickové desky z ocelového plechu, na kterém jsou navařeny hřebíky. Desky se vloží mezi prvky a hydraulickým lisem se hřebíky zatlačí do obou profilů.

Ocelové desky se charakterizují tloušťkou 10 mm, hřebíky jsou obdélníkového průřezu 3 x 4 mm a délky 50 mm. Destička je nakonec žárově zinkována. Destičky jsou schované mezi dřevěnými profily. Proto je spoj velmi žádaný z estetických důvodů a také pro jeho vyšší požární odolnost.



Obrázek 124 – Příklad spojů MKD na střešních vaznících

5.8.5. Systém BSB

Švýcarský systém BSB (z německého Blumer System Binder) spočívá ve vložení ocelových plechů a kolíků. Ocelový plech má tloušťku 5 – 10 mm a kolíky jsou průměru 6 – 12 mm. Systém je využíván zejména pro konstrukce o velikých rozpětích. Do dřevěných prvků se vyfrézují zářezy pro ocelový plech a následně vyvrtají otvory pro kolíky. Poté se zasune ocelový plech s vyvrtanými otvory do drážky. Spoj se dokončí zatlačením kolíků otvory ve dřevu přes ocelový plech.



Obrázek 125 – Styčnick spojený BSB systémem

5.8.6. Rybinové zámky

Spojování rybinovými zámky je hojně používáno. Spojovacím prvkem jsou dva plechy, které jsou opatřeny vzájemnými zámky různých tvarů. Na každý spojovaný prvek se musí přesně připevnit jeden plech. Nakonec se prvky do sebe přes zámky zaklapnou. Důležitou roli hraje absolutní přesnost při provedení spoje. Výhodou spoje je snadná rozebíratelnost rozpojením zámků.

5.8.7. Systémy firmy SFS intec

Švýcarská firma SFS intec vyrábí mnoho moderních spojovacích prostředků. Zajímavé jsou jejich vyvinuté systémy pro spojování dřeva, které nacházejí největší uplatnění u dřevostaveb, ale také začínají nacházet využití u klasických krovů.

Systém WT-T

Systém WT-T byl vyvinut pro jednoduché spoje s dlouhodobou životností a byl navržen pro konstrukční dřevostavby. Uplatnění nachází při velmi namáhaných spojích nebo u laťových spojů. Systém se chlubí svou vysokou únosností, bezpečností a rychlostí provedení. Charakterizuje jej vrut se dvěma závity, kdy každý závit má jiné stoupání. Vrut má speciální hlavu a je povrchově ošetřen proti korozi. Není nutno předvrtávat otvory do dřeva, první závit s menším stoupáním si otvor předvrtá sám. Jen je důležité hlídat si správný úhel zavrtání vrutu.



Obrázek 126 – Vrutky systému WT-T



Obrázek 127 – Spoj pomocí systému WT-T

Systém WR-T

Systém WR-T charakterizují celozávitové vruty. Spojování se hodí u vyztužování dřeva nebo pro přípoj dřeva a oceli. Opět se nemusí předvrtávat. Vrutky jsou estetické se speciální hlavou a jsou opatřeny ochranou proti korozi. Důležité je hlídat si požadovaný úhel pronikání vrutu do dřeva.



Obrázek 128 – Vrut systému WR-T



Obrázek 129 – Instalace vrutu systému WR-T

System WB-T

Pro hospodárné a bezpečné příčné zesílení lepeného lamelového dřeva byl navržen právě systém WB-T. Princip spočívá ve šroubování celozávitových dlouhých tyčí. Důležitý je také úhel šroubování, který se musí přesně hlídat při provádění. Tyče jsou vyráběny v průměru 16 a 20 mm v délce až 3 m a jsou opatřeny ochranou proti korozi.



Obrázek 130 – Tyče systému WB-T



Obrázek 131 – Upevňování tyče WB-T



Obrázek 132 – Dotahování tyče WB-T

System WS-T

System WS-T se používá na spojování dřevěných prvků s vloženým ocelovým plechem. System je velmi hojně používán v důsledku nízkých pořizovacích nákladů na vybavení a díky rychlosti provedení spoje. Spočívá v upevnění samovrtných kolíků do dřeva a ocelových desek bez předvrtání během jednoho cyklu. Lze provést spoj až přes tři destičky zároveň z oceli S 235 tloušťky 5 mm.



Obrázek 133 – Vrutky systému WS-T



Obrázek 134 – Spoj systému WS-T



Obrázek 135 – Provádění spoje systému WS-T

Vrutky HT

Dobrým výrobkem dané firmy jsou také vruty HT. Běžně používaný je vrut HT-T-FH, prodáváný pod jménem vrut s talířovou hlavou. Je to velmi efektivní novodobá metoda spojování. V dřevěných konstrukcích ji najdeme hojně, to můžu potvrdit i ze své praxe. Talířové vruty mám v oblibě. Ovšem důležité je správně dotáhnout vrut. Někdy se stává, že se vrut nezamáčkne do dřeva a protočí, tudíž není funkční a je třeba jej převrtat.



Obrázek 136 – Vrutky HT-T-FH

Druhým častým používaným typem jsou vruty HT-S. Jsou stejné jako vruty HT-T-FH, jen se liší hlavou. Vruty HT-S mají místo talířové hlavy klasickou hlavu. Vrut se lépe zapouští do dřeva a nehrozí zde protočení. Ovšem talířový vrut má větší plochu hlavy, proto drží lépe. Oba dva druhy jsou torxového zakončení.



Obrázek 137 – Vrut HT-S

6. Lepené spoje

6.1. Úvod

Lepení se začalo vyvíjet v 19. století a za průkopníka vývoje je považován Otto Hetzer, který si v roce 1906 nechal udělat průmyslový patent na lepené nosníky složené ze dvou a více lamel s rovnoběžnými dřevěnými vlákny.

Lepené spoje patří mezi nepoddajné na rozdíl od tesařských spojů nebo spojů s mechanickými spojovacími prostředky. Na rozdíl od poddajných spojů jsou spojované prvky pevně sevřeny a není ve spoji umožněno žádné posunutí ani natočení. To ovšem platí pro dokonale provedené spoje. Důležitou roli hraje zejména použité lepidlo při výrobě spoje.

6.2. Lepidla

Lepidlo musí vyplnit mezery mezi lepenými prvky a zároveň musí zabezpečit soudržnost spojení. Klade se důraz také na pevnost a trvanlivost lepidla.

Lepení může probíhat za studena nebo za tepla. Proces lepení se dělí na dvě etapy. V první etapě se nanese lepidlo na spojovaný povrch. Ve druhé etapě probíhá vytvrzování lepidla, při které lepidlo přechází do pevné fáze.

Při zrodu lepených spojů byla používána kaseinová lepidla. Později byla vyvinuta lepidla na bázi formaldehydu a epoxidu.

6.3. Lepené lamelové dřevo

Nejvíce se lepení uplatňuje u lepeného lamelového dřeva. Lepené lamelové dřevo můžeme také označit BSH (z německého Brettschichtholz) nebo GLT (z anglického Glued Laminated Timber). Zkráceně se také používá označení Glulam.

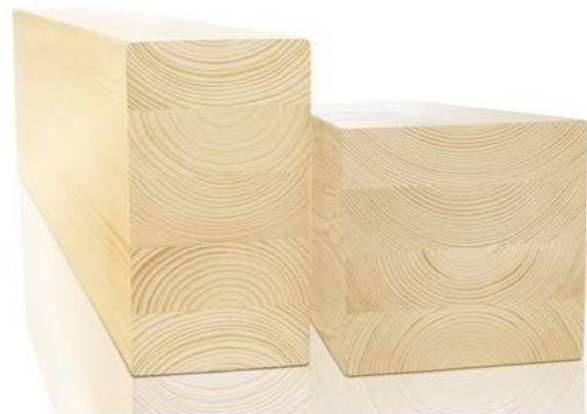
Celkový prvek se lepí z prken nebo fošen s maximální tloušťkou 45 mm. Využívá se smrkového dřeva s vlhkostí do 15 %. Výhodou lepeného prvku je, že se při statických výpočtech posuzuje jako celistvý. Další výhodou je variabilita provedení průřezu a délky prvku.

Využití GLT se uplatňuje při hodně namáhaných prvcích velkého rozpětí. Zejména střešní vazníky, průvlaky, stropní trámy nebo dřevěné lávky. Nejpoužívanější je GL24, GL28, GL 32 nebo GL36. Číslo značí pevnost v ohybu dle normy.

Spoje lamel jsou prováděny zubovitým spojem, který je přesně vyfrézován CNC stroji. Spoj se vyznačuje vysokou pevností, která je způsobena klínovými zářezy tzv. zuby. Zuby, na které se později nanáší lepidlo, zvětší plochu spoje až na šestinásobek původní čelní plochy.



Obrázek 138 – Zubovitý spoj



Obrázek 139 – Lepené lamelové dřevo

6.4. Konstrukční lepené dřevo

Konstrukční lepené dřevo také nazveme zkratkou KVH (z německého Konstruktionsvollholz). Značí čtyřstranně frézované dřevěné profily spojené zubovými spoji. Vyrábí se tak, že se z rostlého dřeva vyřezou vady a suky a dřevo se zubovým spojem zpátky slepí. Tím vznikne ideální prvek bez nedostatků. Běžně se vyrábí do profilu 10/24 cm z důvodu eliminace kroucení a borcení.

KVH se vyrábí ve dvou skupinách. Označení KVH NSi znamená, že dřevo je vyrobeno průmyslovou kvalitou a může obsahovat drobné vady, například zamodránání. Označení KVH Si značí pohledovou kvalitu, která najde uplatnění ve viditelných konstrukcích.

Existuje několik výhod KVH profilů. Jednou z nich je vyšší odolnost proti napadení dřevokaznými houbami a hmyzem, než je u rostlého dřeva. Další velikou výhodou je tvarová stálost – hranoly nepraskají a nekrotí se. Ovšem jsou mnohem dražší než rostlé řezivo z pily.



Obrázek 140 – KVH profily



Obrázek 141 – Konstrukce z KVH profilů

6.5. Hranoly DUO / TRIO

Dalším typem lepených masivních prvků jsou duo nebo trio hranoly. Vyrábí se spojením dvou, respektive tří bočně lepených lamel. Lamely se lepí v opačné poloze, než kterou rostou v kmeni. Vyznačují se dobrou tvarovou stálostí, pevností a odolností proti prasklinám. Vlastnosti a použití jsou obdobné jako u KVH profilů.



Obrázek 142 – Duo a trio hranoly

6.6. Křížem vrstvené dřevo

Dřevo můžeme také označit KLH panely nebo CLT (z anglického Cross Laminated Timber). Vyrábí se z vysušených jehličnatých lamel (do přibližné vlhkosti 8 %) skládaných do lichého počtu vrstev, s minimálním počtem tří vrstev. Lamely jsou vzájemně pootočený o 90°. Pootočení lamel zajistí tvarovou stálost panelu.

Existují tři možné způsoby spojování lamel. Lepení, spojení mechanickými prostředky nebo spojení dřevěnými kolíky. Nejrozšířenější je lepení, které probíhá za vysokého tlaku a za přítomnosti lepidel na bázi melaninu a polyuretanu bez obsahu volného formaldehydu. Spojování mechanickými prostředky eliminuje množství chemických látek obsažených v lepidlech. Většinou jsou použity šrouby jako spojovací prostředky. Spojování dřevěnými kolíky spočívá ve vyvrtání otvorů, vložení vysušených bukových nebo dubových kolíků, které po zalisování a vyrovnání vlhkosti nabobtnají a tím zajistí spolupůsobení kolíků a lamel.

Vyrábí se panely o šířce do 2,95 metru a délce do 16 metrů. Tloušťka panelů je v rozmezí 60 – 400 mm. Tloušťky vyráběných panelů jdou po 20 mm z důvodu tloušťky lamel.



Obrázek 143 – CLT panely

V dnešní době má CLT velikou perspektivu při novodobé výstavbě zejména u vícepodlažních dřevostaveb. Uplatnění našlo díky svým vlastnostem. Panel je oblíbeným prvkem díky svému masivnímu dřevěnému vzhledu. Již při výrobě panelů se setkáme s jednou velkou výhodou oproti masivnímu rostlému dřevu - lamely jsou malých rozměrů, proto lze použít k jejich výrobě menší profil kulatiny oproti prvku z rostlého dřeva.

7. Závěr

Bakalářskou práci jsem se pokoušel shrnout co nejvíce spojů dřevěných konstrukcí. Na začátku jsem vyzdvihl některé důležité vlastnosti dřeva. Na to jsem navázal vadami dřeva. Následně jsem provedl rozdělení spojů a zabýval se jednotlivými druhy spojů. Nejvíce jsem, díky své zálibě, rozebral tesařské spoje. Dále jsem pokračoval spoji s mechanickými spojovacími prostředky a v neposlední řadě jsem se stručně dotkl lepených spojů.

Celou bakalářskou práci doplňuji poznatky z praxe z výroby a montáže tesařských konstrukcí. Práci jsem také obohatil o vlastní fotografie spojů, které jsem si sám doma provedl. Některé spoje mi byly z praxe velmi známé, ovšem s nějakými jsem se setkal poprvé.

Myslím si, že vývoj v oblasti spojů dřevěných konstrukcí je velmi rychlý a také správný. Klade se důraz zejména na jednoduchost spojů, rychlost provedení spojů a na jejich efektivitu. Nicméně to nemění nic na tom, že staré dobré tesařské spoje byly používány, jsou používány a ještě hodně dlouho používány budou. Jedním z důvodů nahrazování tesařských spojů je bohužel nedostatek schopných pracovníků k realizování těchto spojů, druhým důvodem je zrychlení doby výstavby.

8. Seznam obrázků

Obrázek 1 – Historické spojování dřevěných prvků	(VI)
Obrázek 2 – Stavba dřeva	(I)
Obrázek 3 – Základní druhy řezů dřevem	(I)
Obrázek 4 – Příklad rozmítnutí kmene na profily	(I)
Obrázek 5 – Sukovitost dřeva	(vlastní obrázek)
Obrázek 6 – Svalovitost dřeva	(I)
Obrázek 7 - Kořenice	(I)
Obrázek 8 – Lískovcové dřevo	(I)
Obrázek 9 – Reakční dřevo	(I)
Obrázek 10 – Dřevomorka	(VI)
Obrázek 11 – Napadená podlaha Dřevomorkou domácí	(VIII)
Obrázek 12 – Lýkožrout	(IX)
Obrázek 13 – Strom napadený kůrovci	(vlastní obrázek)
Obrázek 14 – Červotoč proužkováný	(X)
Obrázek 15 – Červotoč umrlčí	(X)
Obrázek 16 – Tesařík krovový	(X)
Obrázek 17 – Larva Tesaříka krovového	(XI)
Obrázek 18 – Ruční impregnace dřeva nátěrem	(XII)
Obrázek 19 – Impregnace ponořením dřeva do vany	(XIV)
Obrázek 20 – Používané nástroje	(vlastní obrázek)
Obrázek 21 – Používané nářadí	(vlastní obrázek)
Obrázek 22 – Jednoduchý rovný plát před spojením	(vlastní obrázek)
Obrázek 23 – Jednoduchý rovný plát spojený	(vlastní obrázek)
Obrázek 24 – Dvojitý rovný plát před spojením	(vlastní obrázek)
Obrázek 25 – Dvojitý rovný plát spojený	(vlastní obrázek)

Obrázek 26 – Vícenásobný rovný plát před spojením	(vlastní obrázek)
Obrázek 27 – Vícenásobný rovný plát spojený	(vlastní obrázek)
Obrázek 28 – Šikmý plát před spojením	(vlastní obrázek)
Obrázek 29 – Šikmý plát spojený	(vlastní obrázek)
Obrázek 30 – Šikmočelný plát před spojením	(vlastní obrázek)
Obrázek 31 – Šikmočelný plát spojený	(vlastní obrázek)
Obrázek 32 – Klínočelný plát před spojením	(vlastní obrázek)
Obrázek 33 – Klínočelní plát spojený	(vlastní obrázek)
Obrázek 34 – Sraz čelní tupý	(vlastní obrázek)
Obrázek 35 – Sraz čelní šikmý	(vlastní obrázek)
Obrázek 36 – Čelní sraz tupý s rybinovou spojkou	(vlastní obrázek)
Obrázek 37 – Boční srazy: rovný, klínový, zaoblený	(vlastní obrázek)
Obrázek 38 – Křížový sraz kolmý	(vlastní obrázek)
Obrázek 39 – Křížový sraz šikmý	(vlastní obrázek)
Obrázek 40 – Přeplátování kolmé	(vlastní obrázek)
Obrázek 41 – Přeplátování šikmé	(vlastní obrázek)
Obrázek 42 – Přeplátování rohové	(vlastní obrázek)
Obrázek 43 – Zadrápnutí před spojením	(vlastní obrázek)
Obrázek 44 – Zadrápnutí spojené	(vlastní obrázek)
Obrázek 45 – Lípnutí kolmé	(vlastní obrázek)
Obrázek 46 – Lípnutí šikmé	(vlastní obrázek)
Obrázek 47 – Lípnutí zaoblené	(vlastní obrázek)
Obrázek 48 – Detail zaoblení	(vlastní obrázek)
Obrázek 49 – Obyčejné sedlo	(vlastní obrázek)
Obrázek 50 – Půl sedlo	(vlastní obrázek)
Obrázek 51 – Pohled na šikmé sedlo	(vlastní obrázek)

Obrázek 52 – Pohled na půl sedlo	(vlastní obrázek)
Obrázek 53 – Šikmé sedlo	(vlastní obrázek)
Obrázek 54 – Šikmé sedlo usazené na šikmém trámu	(vlastní obrázek)
Obrázek 55 – Pohled na nárožní sedlo	(vlastní obrázek)
Obrázek 56 – Pohled ze spodku krokve na nárožní sedlo	(vlastní obrázek)
Obrázek 57 – Pohled na nárožní sedlo	(vlastní obrázek)
Obrázek 58 – Pohled na úžlabní sedlo ze spoda	(vlastní obrázek)
Obrázek 59 – Pohled na úžlabní sedlo	(vlastní obrázek)
Obrázek 60 – Pohled na úžlabní sedlo	(vlastní obrázek)
Obrázek 61 – Dlab	(vlastní obrázek)
Obrázek 62 – Čep	(vlastní obrázek)
Obrázek 63 – Spojení čepu a dlabu	(vlastní obrázek)
Obrázek 64 – Průběžný čep	(vlastní obrázek)
Obrázek 65 – Jednostranně odsazený čep	(vlastní obrázek)
Obrázek 66 – Oboustranně odsazený čep	(vlastní obrázek)
Obrázek 67 – Jednostranné kampování	(vlastní obrázek)
Obrázek 68 – Dvoustranné kampování	(vlastní obrázek)
Obrázek 69 – Dvojité kampování	(vlastní obrázek)
Obrázek 70 – Rovné kampování před spojením	(vlastní obrázek)
Obrázek 71 – Rovné kampování po spojení	(vlastní obrázek)
Obrázek 72 – Rybinové kampování nespojené	(vlastní obrázek)
Obrázek 73 – Rybinové kampování po spojení	(vlastní obrázek)
Obrázek 74 – Křížové kampování před spojením	(vlastní obrázek)
Obrázek 75 – Křížové kampování detaily prvků	(vlastní obrázek)
Obrázek 76 – Zapuštění kryté jednostranné	(vlastní obrázek)
Obrázek 77 – Zapuštění kryté jednostranné spojené	(vlastní obrázek)

Obrázek 78 – Zapuštění kryté oboustranné	(vlastní obrázek)
Obrázek 79 – Zapuštění kryté oboustranné	(vlastní obrázek)
Obrázek 80 – Zapuštění kolmé	(vlastní obrázek)
Obrázek 81 – Zapuštění šikmé	(vlastní obrázek)
Obrázek 82 – Zaskobení	(vlastní obrázek)
Obrázek 83 – Svorníkové spojení	(vlastní obrázek)
Obrázek 84 – Zazubení	(vlastní obrázek)
Obrázek 85 – Zaskobený rošt	(vlastní obrázek)
Obrázek 86 – Svorníkový rošt	(vlastní obrázek)
Obrázek 87 – Hmoždinkový rošt	(vlastní obrázek)
Obrázek 88 – Zubovaný rošt	(vlastní obrázek)
Obrázek 89 – Špalíčkový rošt	(vlastní obrázek)
Obrázek 90 – Prostý sraz	(vlastní obrázek)
Obrázek 91 – Šikmý sraz	(vlastní obrázek)
Obrázek 92 – Prostý sraz doplněný lištou	(vlastní obrázek)
Obrázek 93 – Jednostranné překládání	(vlastní obrázek)
Obrázek 94 – Dvoustranné překládání	(vlastní obrázek)
Obrázek 95 – Spojení palubky přes pero a drážku	(vlastní obrázek)
Obrázek 96 – Spojení podlahových prken	(vlastní obrázek)
Obrázek 97 – Spojení prken polodrážkami	(vlastní obrázek)
Obrázek 98 – Spojení vloženým perem	(vlastní obrázek)
Obrázek 99 – Spoj provedený vloženým perem	(vlastní obrázek)
Obrázek 100 – Svlakování	(vlastní obrázek)
Obrázek 101 – Spojení svlakem u plenty k bednění	(vlastní obrázek)
Obrázek 102 – Částečně zapuštěný svlak	(vlastní obrázek)
Obrázek 103 – Rybinový svlak	(vlastní obrázek)

Obrázek 104 – Tesařské skoby: historická, novodobá	(vlastní obrázek)
Obrázek 105 – Detail konce	(vlastní obrázek)
Obrázek 106 – Různé druhy hřebíků	(vlastní obrázek)
Obrázek 107 – Stavební hřebíky	(vlastní obrázek)
Obrázek 108 – Různé druhy konvexních hřebíků	(vlastní obrázek)
Obrázek 109 – Kroucený hřebík	(vlastní obrázek)
Obrázek 110 – Ostatní typy hřebíků	(vlastní obrázek)
Obrázek 111 – Různé druhy vrutů do dřeva	(vlastní obrázek)
Obrázek 112 – Závitová tyč průměr 16 mm, podložky, matky	(vlastní obrázek)
Obrázek 113 – Tenkostěnná spojovací destička	(vlastní obrázek)
Obrázek 114 – L profily různých velikostí	(vlastní obrázek)
Obrázek 115 – Bobo plech levý a pravý	(vlastní obrázek)
Obrázek 116 – Úhelníky do nároží a úžlabí: levý a pravý	(vlastní obrázek)
Obrázek 117 – Trámové botky	(vlastní obrázek)
Obrázek 118 – Bulldog	(vlastní obrázek)
Obrázek 119 – Bulldog detail	(vlastní obrázek)
Obrázek 120 – Systém Greimbau při výrobě	(XIV)
Obrázek 121 – Systém Greimbau	(XV)
Obrázek 122 – Vlepované závitové tyče do dřeva	(XIV)
Obrázek 123 – Spojení pomocí vloženého třmenu	(XVII)
Obrázek 124 – Příklad spojů MKD na střešních vaznících	(XVIII)
Obrázek 125 – Styčnický spojený BSB systémem	(XIX)
Obrázek 126 – Vrutý systému WT-T	(XX)
Obrázek 127 – Spoj pomocí systému WT-T	(XXI)
Obrázek 128 – Vrut systému WR-T	(XXII)
Obrázek 129 – Instalace vrutu systému WR-T	(XXII)

Obrázek 130 – Tyče systému WB-T	(XXII)
Obrázek 131 – Upevňování tyče WB-T	(XXII)
Obrázek 132 – Dotahování tyče WB-T	(XXII)
Obrázek 133 – Vrutky systému WS-T	(XX)
Obrázek 134 – Spoj systému WS-T	(XX)
Obrázek 135 – Provádění spoje systému WS-T	(XX)
Obrázek 136 – Vrutky HT-T-FH	(vlastní obrázek)
Obrázek 137 – Vrut HT-S	(vlastní obrázek)
Obrázek 138 – Zubovitý spoj	(XXIV)
Obrázek 139 – Lepené lamelové dřevo	(XXIV)
Obrázek 140 – KVH profily	(XXV)
Obrázek 141 – Konstrukce z KVH profilů	(XXVI)
Obrázek 142 – Duo a trio hranoly	(XXVII)
Obrázek 143 – CLT panely	(XXVIII)

9. Použité zdroje

9.1. Knižní zdroje

1. KUKLÍK, P. Dřevěné konstrukce, 1. vydání, Česká technika – nakladatelství ČVUT, 2005, Praha, 188 stran, ISBN 80-01-03310-4
2. KUKLÍK, P., KUKLÍKOVÁ, A, MIKEŠ, K. Dřevěné konstrukce cvičení, 1. vydání, Česká technika – nakladatelství ČVUT, 2005, Praha, 148 stran, ISBN 80-01-03313-9
3. HÁJEK, V. a kolektiv spoluautorů. Pracujeme na střeše, 2. vydání, Sobotáles, 2000, 299 stran, ISBN 80-85920-68-9.
4. KOLB, J. Dřevostavby: systémy nosných konstrukcí, obvodové pláště, 1. vydání, Grada Praha, 2008, 317 stran, ISBN 978-80-247-2275-7.
5. KOHOUT, J., TOBEK, A. Tesařství z pohledu dneška, Osmé doplněné a upravené vydání, Grada Publishing, s.r.o., 1996, 256 stran, ISBN 80-7169-413-4
6. GERNER, M. Tesařské spoje, 1. vydání, Grada Praha, 2003, 220 stran, ISBN 80-247-0076-X
7. KUKLÍK, P., STUDNIČKA, J. Dřevěné a kovové konstrukce: pro SPŠ stavební, 1. vydání, Informatorium, Praha, 2006, 187 stran, ISBN 80-7333-047-4

9.2. Internetové zdroje

- I. PAVLÍKOVÁ, M. PAVLÍK Z. ČVUT. Přednášky z předmětu materiálové inženýrství
http://tpm.fsv.cvut.cz/student/subject_detail.php?id_subject=6
- II. MACHÁČEK, J. ČVUT, Přednášky z předmětu navrhování nosných konstrukcí,
<http://people.fsv.cvut.cz/~machacek/>
- III. SVOBODA, L. Stavební hmoty, 3. vydání, Praha, 2013, 950 stran
<http://people.fsv.cvut.cz/~svobodah/sh>
- IV. MIKEŠ, K. Styčníky dřevěných konstrukcí s vlepovanými závitovými tyčemi, Praha, 2001, Doktorská disertační práce, ČVUT, Vedoucí práce Milan Vašek
<http://k134.fsv.cvut.cz/odk/cz/docs/Disertace/Disertace-Mikes.pdf>

- V. VEJPUSTEK, Z. Analýza spojů dřevěných konstrukcí s vkládanými styčnickovými plechy, Brno, Vysoké učení technické, Fakulta stavební, 2009, Disertační práce
<http://www.vejpustek.cz/Vyzkum/index.php?page=1>
- VI. <http://www.hrdeckymkrajem.cz/obr/kraj/praveka-vesnice-ve-vsestarech/praveke-obydli/view>
- VII. <https://www.biolib.cz/cz/image/id18136/>
- VIII. <https://www.krainaservis.cz/drevomorka/#&gid=1&pid=16>
- IX. <http://www.kurovcoveinfo.cz/lykozrout>
- X. <https://www.cervodes.eu/inpage/drevokazny-hmyz/>
- XI. <http://www.sanace-dreva.cz/drevokazny-hmyz.html>
- XII. https://mujdum.dumabyt.cz/rubriky/stavba/ochrana-i-dekorace-dreva_451.html
- XIII. <http://www.pilacajka.cz/slgnace>
- XIV. <http://www.vejpustek.cz/Vyzkum/index.php?page=2>
- XV. <http://rodinne-domy.bydleniprokazdeho.cz/rodinne-domy-drevostavby/novinka-spojeni-prihradovych-drevenych-konstrukci-technologie-GREIM>
- XVI. <http://www.konstrukce.cz/clanek/ohybova-skuska-drevenych-nosnikov-spajanych-s-v-lepovanymi-zavitovymi-tycami/>
- XVII. https://imaterialy.dumabyt.cz/rubriky/drevene-a-montovane-konstrukce/stycniky-tezkych-drevenych-skeletu_102210.html
- XVIII. <http://www.strechy92.cz/reference-vazniky-mkd.html>
- XIX. <http://www.bsb-system.com/de/Home/Index>
- XX. https://www.sfsintec.biz/mo/cz/cs/web/industrial_solutions/construction/timber_work/timber_work_1.html
- XXI. https://imaterialy.dumabyt.cz/rubriky/informace-vyrobcu/spojovaci-prostredky-sfs-intec-pro-spolehlive-stavby-ze-dreva_104448.html
- XXII. https://www.sfs.biz/sfs_download/epaper/sfsintec-mo-fr/cat_2017_sys/#34

- XXIII. https://www.sfsintec.biz/mo/cz/cs/web/industrial_solutions/construction/timber_work/timber_work_1.html
- XXIV. <http://www.timbex.sk/produkty-drevarske-makke-rezivo>
- XXV. https://www.google.cz/search?q=kvh+hranoly&rlz=1C1AVNE_enCZ710CZ710&source=lms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwi4rPail4zaAhXFafAKHW9yCvMQ_AUICigB&biw=1366&bih=662#imgrc=33mPMFJPiGWLYM
- XXVI. <http://www.stapet.cz/novinka/proc-dat-prednost-kvh-ci-bsh-hranolum-a-co-to-vubec-je>
- XXVII. <http://www.raj-dreva.cz/produkty/konstrucni-hranoly-kvh-duo-trio-bsh/>
- XXVIII. <http://www.clt.info/cz/produkty/clt-system-z-masivniho-dreva/>
- XXIX. <https://www.sfsintec.cz/> - stránky firmy SFS intec
- XXX. <http://www.holz.cz/cz> - stránky firmy Herrmann a Vogel

9.3. Normy

ČSN EN 1995-1-1. Eurokód 5: Navrhování dřevěných konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla – Společná pravidla a pravidla pro pozemní stavby

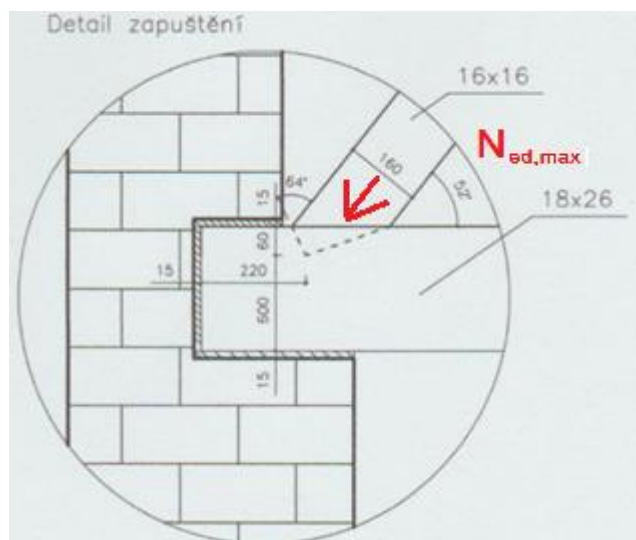
ČSN 73 3150. Tesařské spoje dřevěných konstrukcí: Terminologie třídění. Praha: Český normalizační institut, 1994

ČSN EN 13271. Spojovací prostředky pro dřevo: Charakteristické únosnosti a moduly posunutí spojů se speciálními hmoždíky. Praha: Český normalizační institut. 2002

Příloha č. 1: Výpočet příkladu k BP

Zadání příkladu:

Stanovte maximální možnou sílu, kterou lze zatížit zadaný prvek v konstrukci. Výpočet proveďte pro tesařský spoj jednoduché čelní zapuštění. Uvažujte porušení spoje otláčením a usmyknutím. V neposlední řadě doložte využití výpočtu v praxi.



Materiálové parametry dřeva:

dřevo smrkové zatříděné do třídy pevnosti C24

charakteristická pevnost v tlaku rovnoběžně s vlákny dle normy: $f_{c,0,k} = 21$ MPa

charakteristická pevnost v tlaku kolmo k vláknům dle normy: $f_{c,90,k} = 2,5$ MPa

charakteristická pevnost ve smyku dle normy: $f_{v,k} = 4$ MPa

Návrhové pevnosti dřeva:

návrhová pevnost v tlaku rovnoběžně s vlákny: $f_{c,0,d} = k_{mod} * f_{c,0,k} / \gamma_m = 0,8 * 21 / 1,3 = 12,92$ MPa

návrhová pevnost v tlaku kolmo k vláknům: $f_{c,90,d} = k_{mod} * f_{c,90,k} / \gamma_m = 0,8 * 2,5 / 1,3 = 1,54$ MPa

návrhová pevnost ve smyku: $f_{v,d} = k_{mod} * f_{v,k} / \gamma_m = 0,8 * 4 / 1,3 = 2,46$ MPa

návrhová pevnost v tlaku pod úhlem 26°: $f_{c,(\alpha=26),d} = \frac{f_{c,0,d}}{\left(\frac{f_{c,0,d}}{k_{c,90} * f_{c,90,d}} * \sin^2 \alpha\right) + \cos^2 \alpha} = \frac{12,92}{1 * 1,54 * \sin^2 26 + \cos^2 26}$

$f_{c,(\alpha=26),d} = 5,34$ MPa, počítaná kvůli otláčení v čelní ploše zapuštění výšky 60 mm

Posouzení jednoduchého čelního zapuštění na otláčení

$$\sigma_{c, (\alpha = 26),d} \leq f_{c, (\alpha = 26),d}$$

$$\sigma_{c, (\alpha = 26),d} \leq 5,34 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c, (\alpha = 26),d} = \frac{N_{ed} * \cos^2 \alpha}{b * t_z} \text{ -----} \rightarrow N_{ed, \max} = \frac{\sigma_{c, (\alpha = 26),d} * b * t_z}{\cos^2 \alpha}$$

$$N_{ed, \max} = \frac{5,34 * 160 * 60}{\cos^2 26} = 63\,458,8 \text{ N -----} \rightarrow \mathbf{N_{ed, \max} = 63,45 \text{ kN}}$$

Posouzení jednoduchého čelního zapuštění na usmyknutí

$$\tau_{v,d} \leq f_{v,d}$$

$$\tau_{v,d} \leq 2,46 \text{ MPa}$$

$$\tau_{v,d} = \frac{N_{ed} * \cos \beta}{b * l_z} \text{ -----} \rightarrow N_{ed, \max} = \frac{\tau_{v,d} * b * l_z}{\cos \beta}$$

$$N_{ed, \max} = \frac{2,46 * 160 * 220}{\cos 52} = 140\,648,7 \text{ N -----} \rightarrow \mathbf{N_{ed, \max} = 140,64 \text{ kN}}$$

Výsledek

Maximální normálová síla, kterou může být vzpěra namáhána je **63,45 kN**. Po dosažení této síly dochází k porušení otláčením. Otláčení prvku má výrazně vyšší vliv než usmyknutí při návrhu jednoduchého čelního zapuštění.

Doložení praktičnosti výpočtu

S jednoduchým čelním zapuštěním se můžeme setkat v tesařské praxi například u krovů s ležatou stolicí. Krovky s ležatou stolicí byly v minulosti často realizovány. Ležatá stolice se vyznačuje šikmými sloupky, nebo vzpěrami, které podporují vaznice. Pro názornost jsem navrhl plnou vazbu krovu, která je identická se zadanými parametry výpočtu.

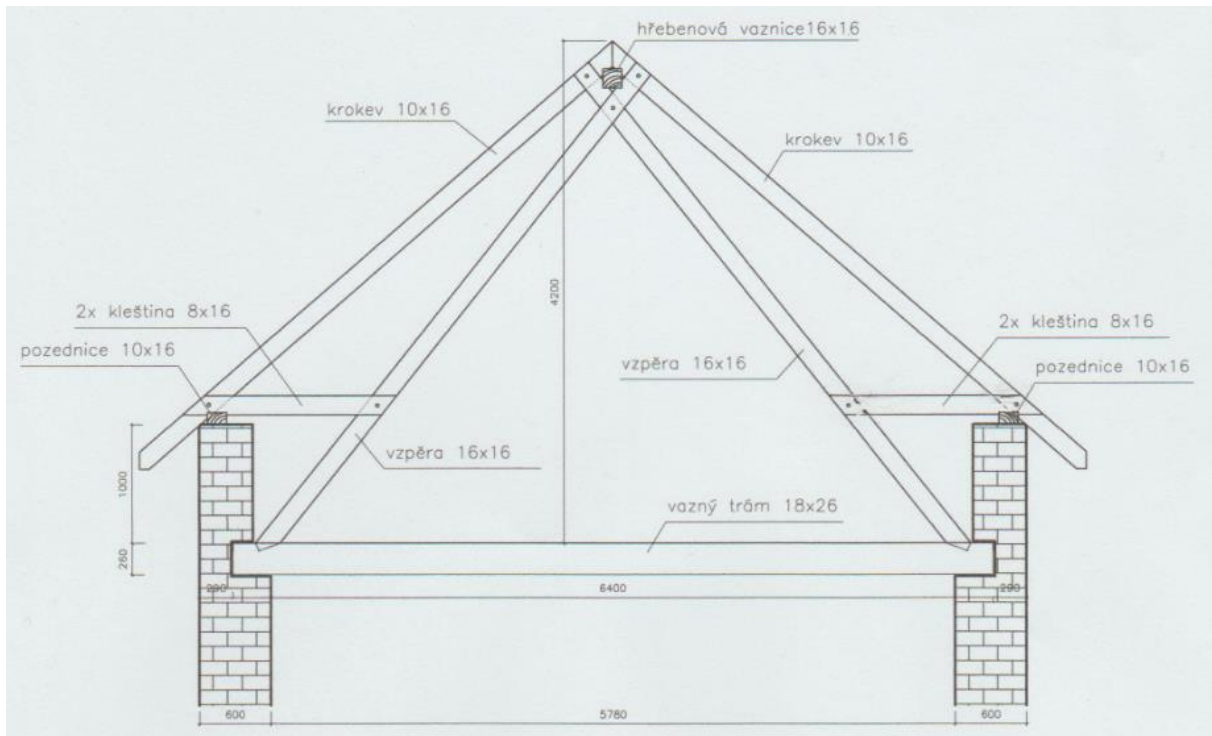
Obecně o zapuštění

Existují dva druhy jednoduchého zapuštění. Jednoduché zapuštění čelní nebo patní. Patní zapuštění se ve spoji vyznačuje kolmým úhlem k ose vzpěry. Při návrhu se musí ověřit dostatečná únosnost ploch zapuštění. Pro přenos co největších tlakové síly čelním zapuštěním je potřebné zvětšit sklon čelní plochy tak, že odpovídá polovičnímu úhlu připojení vzpěry k pásovému dřevěnému prvku.

Minimální úhel vzpěry by měl být 30°. Hloubka zapuštění do trámu by měla být 1/4 až 1/6 výšky oslabeného trámu zapuštěním. Minimálně však by měla být hloubka zapuštění 20 mm. Zapuštění je jištěno hřebíky, vruty nebo ocelovými či dřevěnými příložkami. Nejvíce se v dnešní době k zajištění spojů využívají vruty s talířovou hlavou. Zapuštění lze také ještě provést v kombinaci s čepováním. Ovšem provedení takového spoje je velmi náročné na přesnost a čas, tudíž se nevyužívá.

Pokud jednoduché zapuštění nevyhoví, může se navrhnout dvojitě zapuštění, které přenesou vyšší namáhání. Další možností je využít jiný spoj prvků.

Příloha č. 2: Výkres krovu z příkladu



Tento příklad slouží jen pro názornost využití zapuštění. Při dnešním provádění staveb by byl zabetonován ztužující pozední věnec pod pozednicí. Podkladní beton by byl proveden i pod vazným trámem, kde se v minulosti dávala dubová podložka. Právě v detailu uložení vazného trámu je největší úskalí. Vyskytují se zde tepelně technické problémy. Při správném návrhu je zapotřebí dbát na eliminaci kondenzace vodní páry na zhlaví trámu. Problém byl v minulosti řešen vynecháním vzduchové mezery mezi zdivem a dřevem.