



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV MATERIÁLOVÝCH VĚD A INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF MATERIALS SCIENCE AND ENGINEERING

DŘEVO JAKO KONSTRUKČNÍ MATERIÁL

WOOD AS A CONSTRUCTION MATERIAL

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

LADISLAV LAUŠ

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. KAREL NĚMEC, Ph.D.

BRNO 2013

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav materiálových věd a inženýrství

Akademický rok: 2012/13

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Ladislav Lauš

který/která studuje v **bakalářském studijním programu**

obor: **Strojní inženýrství (2301R016)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Dřevo jako konstrukční materiál

v anglickém jazyce:

Wood as a construction material

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Zpracování přehledu o použití dřeva jako konstrukčního materiálu, následné vyhodnocení výhod a nevýhod tohoto materiálu pro konstrukce, popis průmyslových aplikací dřeva.

Cíle bakalářské práce:

- 1) Zpracování přehledu o použití dřeva jako konstrukčního materiálu.
- 2) Vyhodnocení výhod a nevýhod dřeva pro konstrukce.
- 3) Popis aplikací dřeva.

Seznam odborné literatury:

- 1) ŠPLÍCHAL Václav et al. Poselství dřeva: most mezi minulostí, přítomností a budoucností : historická paměť, svědectví, vize. Vyd. 1. Letohrad: Golempress, 2007, 702 s. ISBN 978-80-903883-0-7.

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Karel Němec, Ph.D.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2012/13.

V Brně, dne 30.1.2013





prof. Ing. Ivo Dlouhý, CSc.
Ředitel ústavu



prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc., dr. h. c.
Děkan

ABSTRAKT

Cílem této bakalářské práce je objasnit stavbu a vlastnosti dřeva jako materiálu. Zahrnuje nejdůležitější poznatky o dřevě. Popisuje konkrétní makroskopickou a mikroskopickou stavbu, zaměřuje se na fyzikální a mechanické vlastnosti. Největší část práce je o konstrukčním využití dřeva. Poskytuje informace o vhodnosti použití dřeva pro konstrukce.

KLÍČOVÁ SLOVA

Dřevo, Vlastnosti, Materiál, Konstrukce

ABSTRACT

The aim of this bachelor's thesis is to elucidate the structure and properties of wood as a material. It includes the most important facts about wood. It describes the concrete macroscopic and microscopic structure, focusing on the physical and mechanical properties. The main part of the thesis deals with a constructional use of wood. It provides information on the suitability of wood for construction.

KEYWORDS

Wood, Properties, Material, Construction

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

LAUŠ, L. *Dřevo jako konstrukční materiál*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2013. 57 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Karel Němec, Ph.D..

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně a použil jsem literárních pramenů a informací, které cituji a uvádím v seznamu použité literatury a zdrojů informací.

V Brně dne 22. května 2013

.....

Ladislav Lauš

PODĚKOVÁNÍ

PODĚKOVÁNÍ

Vedoucí mé bakalářské práce byl pan Ing. Karel Němec, Ph.D.. Tímto bych chtěl poděkovat za cenné rady, které mi poskytnul při vypracování této práce.

OBSAH

Úvod	10
1 Dřevina	11
1.1 Strom.....	11
2 Stavba dřeva	12
2.1 Makroskopická stavba dřeva	12
2.2 Mikroskopická stavba dřeva	15
2.2.1 Znaky u jehličnatých stromů	15
2.2.2 Znaky u listnatých stromů	16
3 Chemické složení.....	17
4 Fyzikální vlastnosti dřeva.....	18
4.1 Vlastnosti určující vnější vzhled dřeva	18
4.2 Vlastnosti určující hmotnost dřeva	18
4.3 Vlastnosti určující vztah dřeva k teple	18
4.4 Vlastnosti určující vztah dřeva ke zvuku	19
4.5 Vlastnosti určující vztah dřeva k elektřině	19
4.6 Vlastnosti určující vztah dřeva k vodě.....	19
4.6.1 Vady zapříčiněné změnou vlhkosti.....	20
5 Mechanické vlastnosti dřeva	22
5.1 Pevnost dřeva	22
5.1.1 Pevnost dřeva v tlaku.....	22
5.1.2 Pevnost dřeva v tahu.....	23
5.1.3 Pevnost dřeva v ohybu.....	23
5.1.4 Pevnost dřeva ve smyku	23
5.2 Pružnost dřeva.....	24
5.2.1 Modul pružnosti v tahu a tlaku	24
5.2.2 Modul pružnosti ve statickém ohybu.....	24
5.2.3 Smykový modul pružnosti.....	24
5.3 Plastičnost dřeva	25
5.3.1 Viskozita.....	25
5.4 Houževnatost dřeva.....	25
5.4.1 Statická houževnatost dřeva	25
5.4.2 Dynamická houževnatost dřeva.....	25
6 Konstrukční použití dřeva ve strojírenství	26
6.1 Vodní kola.....	26
6.1.1 Korečník na horní vodu obyčejný	27
6.2 Lodě	29
6.2.1 Strip planking	29
6.2.2 Cold molding	30
6.2.3 Překližková šarpie.....	30
6.3 Auta.....	30
6.4 Letadla	31

6.5	Sportovní náčiní	31
6.5.1	Rámy kol	31
6.5.2	Hokejky	32
6.5.3	Rámy tenisových raket	32
6.6	Nábytek	33
7	Konstrukční použití dřeva ve stavebnictví	34
7.1	Nejpoužívanější dřevo pro stavební konstrukce	34
7.1.1	Smrk	34
7.1.2	Jedle	34
7.1.3	Borovice lesní	34
7.1.4	Akát	35
7.1.5	Dub	35
7.2	Deskové, hraněné a polohraněné řezivo	36
7.3	Lepené lamelové dřevo	38
7.4	Velkoplošné materiály	39
7.4.1	Laťovky	39
7.4.2	Biodesky	39
7.4.3	Překližky	39
7.4.4	Dřevotřískové desky (dtd)	40
7.4.5	Desky osb (oriented strand board)	40
7.4.6	Dřevovláknité desky (dvd)	41
7.4.7	Dřevocementové desky	41
8	Výhody a nevýhody dřevostaveb	42
8.1	Výhody	42
8.2	Nevýhody	43
9	Aplikace dřeva v konstrukci	44
9.1	Konstrukční systémy dřevěných staveb	44
9.1.1	Panelový konstrukční systém	44
9.1.2	Stěnová soustava z prefabrikovaných tvarovek	45
9.2	Dřevěné stropy	46
9.2.1	Trámové stropy	46
9.3	Střešní konstrukce	47
9.3.1	Vaznicové soustavy	48
9.4	Spojování dřeva	49
9.5	Montáž objektů z panelů	50
	Závěr	52
	Seznam použitých zkratk a symbolů	55
	Seznam tabulek	56
	Seznam obrázků	57

ÚVOD

Dřevo je přírodní, obnovitelný materiál. Pro život člověka velmi významný, může se také použít slovo nenahraditelný. Používá se každodenně ve všech různých oborech. Využívá se především díky svým vlastnostem, které jsou v porovnání s relativně nízkou hmotností velmi dobré. Lehce se opracovává řeznými nástroji, má dobré tepelně-izolační vlastnosti. Dřevo má i své negativní vlastnosti, ty jsou z velké části způsobeny anizotropií. Výrazně mění své vlastnosti při absorpci vody. Tyto vady se však vhodným použitím ochrany dají minimalizovat. Dřevo je použito v řadě náročných konstrukcí. Současná technologie také umožňuje použití dřeva jako stavebního materiálu.

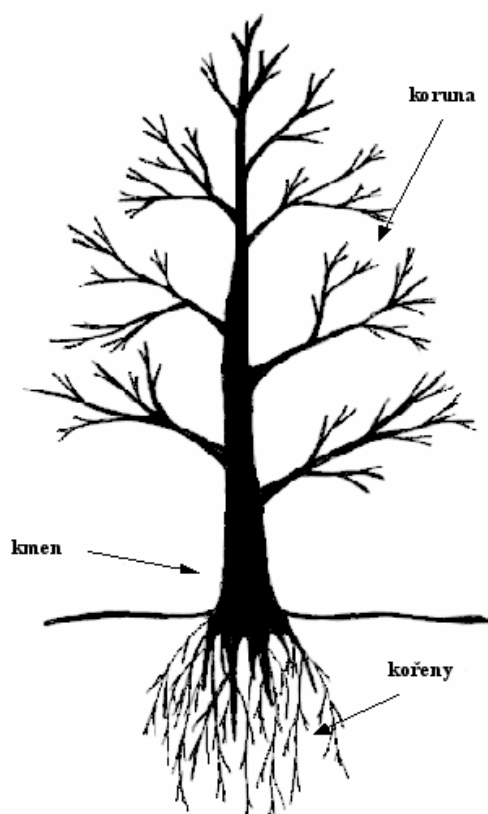
V České republice neustále roste výstavba dřevostaveb. V porovnání s domy z cihel je jich už více jak deset procent. Bohužel Česká republika stále zaostává za západem Evropy. Například v Rakousku a Německu je každý třetí nový dům montovaný.

1 DŘEVINA

Dřevina je cévnatá vytrvalá rostlina, která obsahuje dřevnatý stonek. Dřevnatý stonek stárnutím rostliny tloustne. K označení dřevina se řadí stromy, keře, polokeře.

1.1 STROM

Strom má tři základní části. Mezi tyto části patří kořeny, kmen a koruna. Každá tato část je významná pro život stromu.



Obrázek 1: Části stromu [3]

Koruna stromu se skládá z větví, které nesou listy. V listech probíhá důležitý proces zvaný fotosyntéza. Pro růst stromu je koruna významná, protože se zde odehrávají důležité pochody látkové výměny.

Kmen stromu je základním pilířem, který nese korunu stromu. Díky kmenu prochází voda a živiny do rozlehlých částí stromu. Plní také funkci zásobování živin.

Kořeny stromu zajišťují stabilitu stromu jako celku. Z půdy vedou živiny a to především vodu s minerálními látkami. V zimě slouží jako zásobárna látek. Existují tři základní druhy kořenových soustav: křovitá, srdčitá, talířová [3].

2 STAVBA DŘEVA

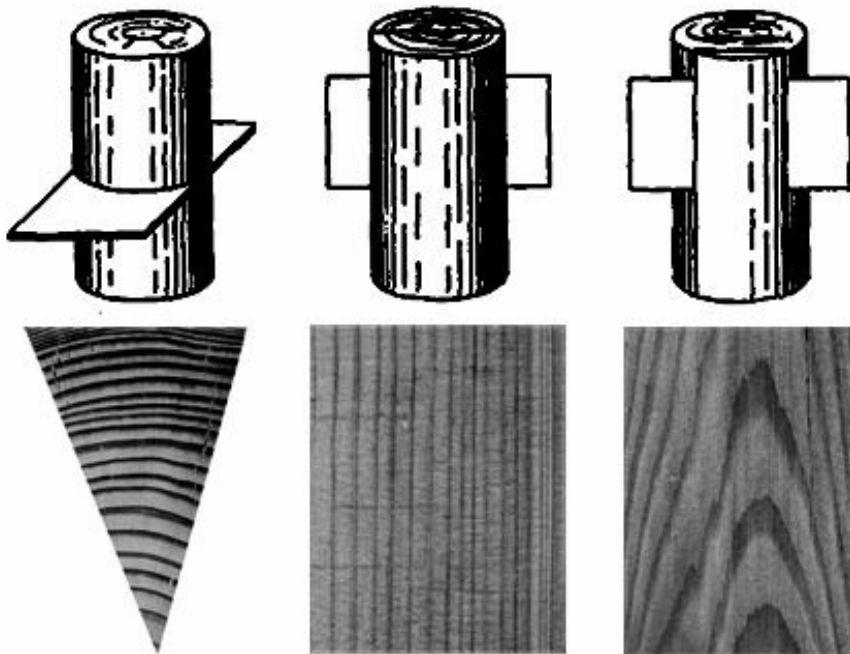
Dřevo je nehomogenní přírodní materiál. Získává se ze stromů. Strom obsahuje průměrně 70 až 93 % dřeva z celkového objemu kmene a větví. V kmeni se dřevo nachází mezi kůrou a dřením. Dřevo má velmi dobré vlastnosti. Mezi tyto dobré vlastnosti patří například malá hmotnost materiálu, velká pevnost, má vynikající tepelně izolační vlastnosti a navíc se dá lehce obrábět. Díky těmto vlastnostem se řadí mezi nejpoužívanější a nejvšestrannější materiály. Jako každý materiál má i své nedostatky. Mezi ně patří především změna vlastností, která je způsobena stárnutím. To je důsledek anizotropie (dřevo má odlišnou pevnost, vlhkost a jiné fyzikální a mechanické vlastnosti ve všech směrech) [5] [3].

Dřevo je materiál, který je složený z buněk. Tyto buňky mají většinou protáhlý tvar. Jsou orientovány rovnoběžně s osou kmene nebo větve a kolem této osy jsou centricky uspořádány. Je to materiál organický anizotropní. S jeho strukturou jsou úzce spojeny základní směry (řezy) [1].

2.1 MAKROSKOPICKÁ STAVBA DŘEVA

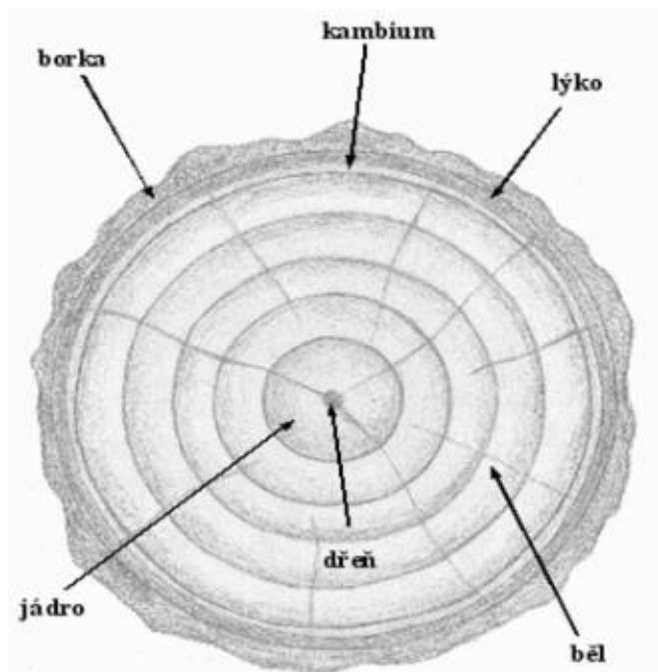
Rozeznávat lze pouhým okem. K pozorování struktury dřeva slouží tyto základní řezy kmene:

- Příčný – řez je vedený kolmo k ose kmene nebo větve,
- Radiální – řez je vedený rovnoběžně s osou kmene nebo větve, touto osou prochází,
- Tangenciální – řez je vedený rovnoběžně s osou kmene nebo větve, touto osou neprochází [1].



Obrázek 2: Znárodnění základních řezů dřevem – příčný, radiální, tangenciální [2]

V příčném řezu lze rozeznávat základní strukturu dřeva. Směrem od obvodu ke středu pozorujeme kůru, lýko, kambium, letokruhy, dřev. V radiálním řezu letokruhy vytvářejí rovnoběžné pásy. Tyto pásy jsou rovnoběžné s dřeví. V tangenciálním řezu letokruhy tvoří paraboly, které se směrem k okraji kmene stávají rovnoběžné [1].



Obrázek 3: Části kmene [3]

Kůra je vrstva na povrchu kmene. Má především ochranou funkci. Staří stromu ovlivní její vzhled. Hladká kůra se tvoří u mladých stromů. U starých stromů kůra postupně hrubne. Rozdílná dřevina má rozdílnou šířku kůry. Každým rokem se zvětšuje její šířka, ale tyto přírůstky jsou velmi malé. Kůra může být hladká, brázditá, šupinová nebo bradavičnatá. Tvoří ji dvě vrstvy, borka a lýko. Borka je vnější odumřelá část kůry. Plní ochranou funkci před mechanickým poškozením a přírodními jevy. Lýko je vnitřní část kůry. Zásobuje vodou a živinami celý strom. Nachází se mezi kůrou a kambiem.

Kambium je tenká vrstva, kterou nelze zahlédnout pouhým okem. Je to dělivé pletivo mezi lýkem a dřevem, které má na starosti správný růst stromu. Během růstu se kambium rozděluje. Jeho buňky vytváří na vnitřní straně dřevo a na vnější straně kůru. Rychlost přírůstků dřeva je však mnohonásobně větší, protože se buňky na vnitřní straně dělí rychleji. V mírném podnebném pásu se v zimním období růst zastaví. Růst začne opět na jaře. Tyto změny v růstu mají za následek tvorbu letokruhů.

Běl je vnější vrstva dřeva. Pomocí ní se vede míza a voda stromem. Je to místo kde se ukládají živiny. Obsahuje velké množství vlhkosti. Každá dřevina má jiný rozsah běle.

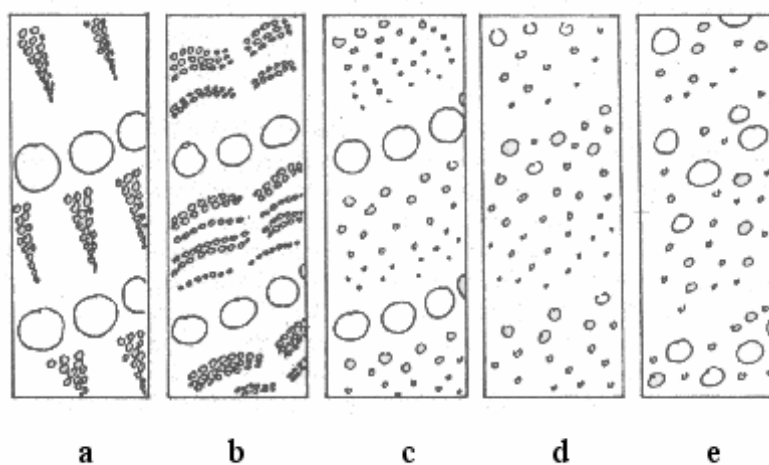
Jádro je vnitřní vrstva dřeva. To znamená vnitřní a nejstarší část kmene. V této části již neprobíhá přesun vody a výživných látek. Jádro se začne tvořit při zestárnutí buněk, dojde k ucpání cév. Oproti bělovému dřevu má větší mechanickou pevnost, větší hustotu a trvanlivost. Díky pryskyřici má jádro jehličnatých stromů tmavou barvu. U listnatých stromů tmavou barvu zajišťují třísloviny a jiné minerální látky.

Dřeň je křehké, měkké a řídké pletivo. Dřeň tvoří tenkostěnné buňky. Její velikost se obvykle nachází mezi 2-5 mm v průměru. Nachází se ve středu letokruhů.

Dřeňové paprsky se nachází v poloze kolmé na letokruhy. Vytvořeny jsou kambiem a tvoří je různě velké seskupené parenchymatické buňky. Od dřeva se odlišují svojí barvou, vytváří lesklé čáry. Hlavním významem paprsků je rozvod vody a minerálních látek ve směru horizontálním. Podle toho, kdy dřeňový paprsek vznikne, jej nazýváme primárním nebo sekundárním. Primární paprsky se vyskytují v dřevině během celé doby jejího růstu. Vedou od dřeně až po kůru. Sekundární paprsky se v dřevině vytvoří během průběhu jejího růstu. Vedou od dřeva po lýko. Jejich vzdálenost od dřeně je různá [3].

Letokruhy mají různou šířku mezikruží. Letokruh tvoří jarní a letní dřevo. Jarní dřevo má vrstvu světlejší a řidší. Je vytvořeno na začátku vegetačního období. Letní dřevo má vrstvu tmavší a hustější. Je vytvořeno během druhé poloviny vegetačního období. Letokruhem tedy nazýváme vrstvu, která přiroste během celé doby jednoho vegetačního období. Druh dřeva a klimatické podmínky ovlivňují vytvořenou vrstvu letokruhu. Většinou počet letokruhů tedy úzce souvisí se stářím stromů. [1].

Cévy (tracheje) se nenachází u dřevin jehličnatých. Vyskytují se pouze u dřevin listnatých. Rozvádí vodu a minerální látky z kořenů do koruny stromu. Tyto cévy mají různou délku. Na příčném řezu jsou vidět v podobě malých otvorů. Na řezu radiálním a tangenciálním to jsou prohloubené rýhy.



Obrázek 4: Uspořádání cév a – dub, b – jilm, c – akát, d – ořech, e – bříza [3]

Pryskyřičné kanálky se naopak nenachází u dřevin listnatých, dokonce i u některých jehličnatých dřevin. Tyto kanálky jsou velmi tenké, tvoří je systém buněk a mají za úkol tvorbu a vyloučení pryskyřice. Pryskyřice má ve dřevě funkci ochrany a impregnační. To znamená, že při poranění stromu obnovuje životnost vzniklých ran a chrání dřevo před dřevokaznými houbami [3].

2.2 MIKROSKOPICKÁ STAVBA DŘEVA

Mikroskopickou stavbu rozeznáváme pomocí mikroskopu. Struktura je tvořena souborem znaků, které jsou odlišné u listnatých a jehličnatých dřevin.

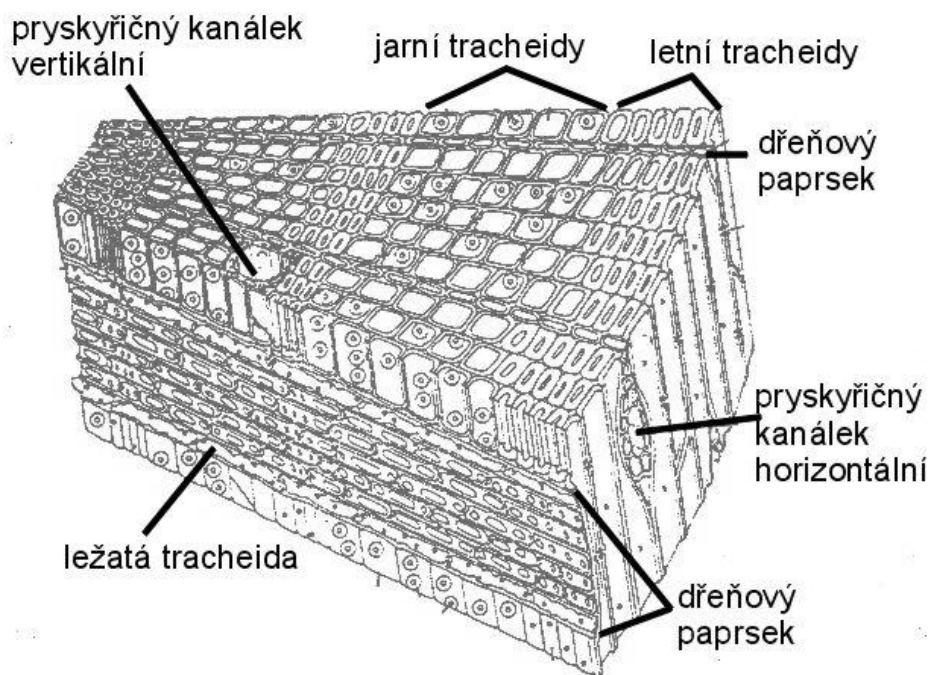
2.2.1 ZNAKY U JEHLIČNATÝCH STROMŮ

Tracheidy jsou vertikální a horizontální buňky. Vertikální se dělí na jarní a letní a jsou rovnoběžné s osou kmene. Strukturu dřeva tvoří z 90 až 95 %. Jejich tvar je protáhlý a uzavřený. Jarní tracheidy mají hlavní funkci vodivou. Tvarově jsou kratší a širší a mají jen tenkou buněčnou stěnu. Jejich vznik začíná na začátku vegetačního období, tudíž tvoří jarní dřevo letokruhů. Rozdílné vlastnosti mají letní tracheidy. Hlavní funkce je mechanická. Tvarově jsou delší a užší a mají silnou buněčnou stěnu. Jejich vznik začíná později, proto tvoří letní dřevo letokruhů. Horizontální tracheidy, jejich orientace je kolmo na osu kmene. Jsou součástí dřevných paprsků.

Parenchymatické buňky jsou buňky, které mají tvar hranolu. Tyto buňky tvoří dřevné paprsky, pryskyřičné kanálky a podélný dřevní parenchym.

Dřevné paprsky jsou homocelulární nebo heterocelulární. Stavba homocelulárních paprsků je složena pouze z parenchymatických buněk. Stavba heterocelulárních paprsků je tvořena ležatými tracheidami a parenchymatickými buňkami.

Pryskyřičné kanálky jsou vertikální a horizontální [2].



Obrázek 5: Mikroskopická stavba jehličnatých dřevin [2]

2.2.2 ZNAKY U LISTNATÝCH STROMŮ

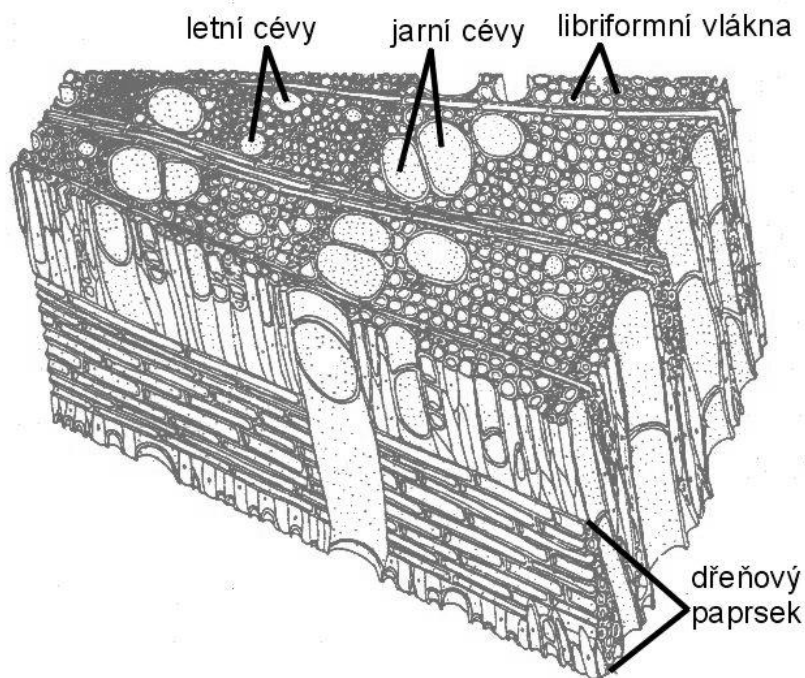
Cévy mají hlavní funkci vodivou. Skládají se z cévních článků, které jsou ve dřevě uloženy nad sebou. Dle velikosti rozlišujeme makrocévy větší než 0,1 mm a mikrocévy menší než 0,1 mm.

Libriformní vlákna jsou buňky, které mají největší podíl ve struktuře dřeva a to 50 až 60 %. Jejich tvar je protáhlý, zašpičatělý se šterbinovitými tečkami na stěnách. Mají vliv na mechanickou funkci.

Dřeňové paprsky se mohou skládat z více vrstev. U listnatých stromů se rozdělují na homogenní a heterogenní. Homogenní tvoří parenchymatické buňky, které mají stejný tvar. Heterogenní tvoří parenchymatické buňky, které mohou mít více tvarů.

Podélný dřevní parenchym je tvořen parenchymatickými buňkami a orientován rovnoběžně s osou kmene. Má oválný tvar a velmi tenkou buněčnou stěnu. Parenchym se dělí na dva typy. Apotracheální, který nemá kontakt s vodivými elementy a paratracheální, který se nachází v těsném kontaktu vodivých elementů.

Tracheidy se objevují ve dřevě jen u některých listnatých dřevin. Vzhledově jsou velmi podobné jako libriformní vlákna. Tracheidy jsou cévovité, vazicentrické a vláknité. Cévovité tracheidy mají vodivou funkci. Tvar mají protáhlý, uzavřený s dvojtečkami na stěnách. Tvoří přechodovou fázi mezi cévami listnatých dřevin a tracheidami jehličnatých dřevin. Vazicentrické tracheidy mají funkci pomocnou vodivou. Tvar mají krátký, uzavřený a nepravidelný s drobnými tečkami na stěnách. Nachází se u cév. Vláknité tracheidy mají funkci mechanickou. Tvar mají protáhlý, zašpičatělý, tlustostěnný s malými okrouhlými dvojtečkami na stěnách. Tvoří přechodovou fázi mezi libriformními vlákny listnatých dřevin a tracheidami jehličnatých dřevin [2] [8].



Obrázek 6: Mikroskopická stavba listnatých dřevin [2]

3 CHEMICKÉ SLOŽENÍ

Dřevo odlišných dřevin průměrně obsahuje tyto prvky 49,5 % C, 44,2 % O, 5,9 % H, 0,2% N a procentuálně nevýrazné prvky Ca, Mg, P, S, Mn, Na, Fe, Si.

Hlavními složky dřeva, které tvoří 90 až 97 % objemu, jsou buněčné stěny. Tyto buněčné stěny mají polymerový charakter. Tvoří je polysacharidy (celulóza, hemicelulóza) a polyfenoly (lignin). Dřevní hmota obsahuje 70 % polysacharidů a 25 % polyfenolů.

Celulóza je hlavní část buněčné stěny. Čím větším podílem je celulóza ve dřevě zastoupena, tím se zvyšuje hustota a pevnost v tahu. Získá se, když se ze dřeva odstraní ostatní složky (hemicelulóza, lignin, oleje). Je po chemické stránce velmi stabilní. Nedá se rozpustit ve vodě. Je to chemická sloučenina, která je nejvíce rozšířená na zemském povrchu. Pro lidstvo je velmi důležitá, protože slouží k výrobě buničiny. Z buničiny se vyrábí papír. Celulóza se používá na výrobu celofánu, hedvábí, střelné bavlny.

Hemicelulóza je z chemického hlediska velmi blízká s celulózou. Má ovšem odlišnou stavbu řetězce a je také méně stabilní. Dělí se na hexozany, které obsahuje z větší části listnaté dřevo a pentozany, které jsou obsahem u jehličnatého dřeva. Toto rozdělení je ovlivněno množstvím obsahu atomů uhlíku v molekule cukru. Hemicelulóza se používá na výrobu krmných kvasnic, dále také na výrobu plastů a lepidel.

Lignin zpevňuje buněčnou stěnu, takže ovlivňuje mechanickou pevnost dřeva. Zvyšuje ve dřevě tuhost, snižuje propustnost. Má za úkol spojovat mezibuněčná vlákna celulózy a hemicelulózy. Je druhá nejvíce rozšířená sloučenina na zemském povrchu po celulóze. Používá se jako přídavek k lepidlům. Pyrolýzou se získá fenol a acetylen.

Tabulka 1: Obsahové zastoupení hlavních složek u dřevin [3]

Hlavní složky	Listnaté dřeviny [%]	Jehličnaté dřeviny [%]
Celulóza	46 až 48	48 až 56
Hemicelulóza	26 až 35	23 až 25
Lignin	15 až 28	26 až 35

Další doprovodné látky, které obsahuje dřevo, jsou organické a anorganické. Nacházejí se v mezibuněčných prostorech, v buněčných stěnách, v lumenech. Tyto látky ovlivňují vůni dřeva, barvu, odolnost, trvanlivost, opracování a sušení. Organické látky, označované jako extraktiva, jsou zastoupeny ve dřevě 1 až 3 %. Tropické dřeviny mají zastoupení těchto látek až 15 %. Patří mezi ně převážně pryskyřičné látky, třísloviny, tuky, barviva, silice. Tyto látky jsou obsaženy v buněčných dutinách. Mají ochrannou funkci. Anorganické látky jsou zastoupeny ve dřevě 0,2 až 0,5 %. Tropické dřeviny mají zastoupení těchto látek 5 až 10 %. Patří mezi ně především soli vápníku hořčíku a draslíku. Soli vápníku mají obsahové zastoupení až 50 %. Dále obsahují malé množství solí hliníku, křemíku, sodíku, železa a manganu. Při spalování těchto látek se vytváří popel [9] [3].

4 FYZIKÁLNÍ VLASTNOSTI DŘEVA

Vlastnosti se zkoumají bez porušení chemického složení a celistvosti materiálu, kterého zkoumáme. Dřevo je materiál anizotropní. To má za následek, že jeho vlastnosti jsou odlišné v různých směrech.

4.1 VLASTNOSTI URČUJÍCÍ VNĚJŠÍ VZHLED DŘEVA

Barva dřeva charakterizuje daný druh dřeva. Je ovlivněna látkami (lignin, barviva, třísloviny, pryskyřice), které jsou uloženy v buněčných stěnách. Barva je dále ovlivněna stářím stromu, klimatickými podmínkami, škůdci. Měří se přístroji, které jsou nazývány kolorimetry.

Lesk dřeva je schopnost dřeva odrážet světelné paprsky od jeho povrchu. Tuto schopnost mají dřevové paprsky, největší lesk dřeva vznikne tedy na radiálním řezu.

Textura dřeva je po rozříznutí vidět na povrchu pouhým okem. Jehličnaté dřeviny mají jednoduchou texturu, která je tvořena převážně letokruhy. Listnaté dřeviny mají texturu složitější, je to ovlivněno složitější stavbou dřeva.

Vůně dřeva lze výrazně rozeznávat u čerstvého dřeva, proto někdy slouží jako rozpoznávací znak. Výraznost vůně ovlivňují třísloviny a pryskyřice.

Očka jsou nevyvinuté větve, tvoří zajímavou texturu. V nábytkářském průmyslu jsou velmi oblíbená, díky hezkému a zajímavému vzhledu.

Kořenice je dřevo v místě mezi kořeny a kmenem. Tvoří se zde přechod dřeva kořenu v dřevo kmene. Toto dřevo je opět velmi ceněno v nábytkářském průmyslu.

4.2 VLASTNOSTI URČUJÍCÍ HMOTNOST DŘEVA

Objemová hmotnost dřeva (hustota dřeva) se vyjadřuje jako podíl hmotnosti dřeva, jeho objemem. Vychází z objemu m^3 , při tomto objemu je měřena hmotnost. Jednotkou je kg.m^{-3} . Hustotu z velké míry ovlivňuje vlhkost dřeva. Proto je vždy uvedeno, při jaké vlhkosti byla hustota dřeva měřena. Vlhkost 12% je průměrná hodnota, při této vlhkosti se tedy běžně uvádí hustota.

Měrná hmotnost dřevní substance je hmotnost pouze dřeva jako hmoty. Měříme jí bez vody, pórů, mezer a vzduchu. Jednotkou je kg.m^{-3} . Je uvedena při nulové vlhkosti, tedy v suchém stavu. Značí se řeckým písmenem ρ . U všech dřevin je pak měrná hmotnost poměrně stejná. Je uvedeno rozmezí $\rho = 1499\text{--}1564 \text{ kg.m}^{-3}$. Pro výpočty se používá hodnota $\rho = 1540 \text{ kg.m}^{-3}$.

4.3 VLASTNOSTI URČUJÍCÍ VZTAH DŘEVA K TEPLU

Měrné teplo je teplo, které potřebujeme, aby se 1 kg dřeva ohřál o 1 °C. Měrné teplo absolutně suchého dřeva při 0 °C je $c = 1,45 \text{ J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$. Je ovlivněno vlhkostí dřeva. Měrné teplo vody je $c = 4,187 \text{ J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$, proto se s přítomností vody zvyšuje.

Měrná tepelná vodivost je teplo, které projde plochou z jedné strany na druhou za jednotku času. Plocha má 1 m^2 a tloušťku 1 m. Teplotní rozdíl ploch je 1 °C. Čím je hodnota nižší, tím je materiál lepším izolantem. Dřevo má nízkou hodnotu tepelné vodivosti. Tepelnou vodivost značíme λ .

4.4 VLASTNOSTI URČUJÍCÍ VZTAH DŘEVA KE ZVUKU

Zvuková vodivost dřeva uvádí rychlost jakou je zvuk dřevem šířen v m.s^{-1} . Rychlost je ovlivněna směrem jakým se šíří a stavbou dřeva. Směr podélný je lepší na šíření zvuku, než směr kolmý na vlákna. Zvukovou vodivost dřeva lze srovnávat s kovovými materiály.

Průzvučnost dřeva je vyjádřena koeficientem a znázorňuje, kolik zvuku přes dřevo projde. Je to poměr zvuku, který je na dřevo určité tloušťky přiváděn a intenzitou zvuku, který přes dané dřevo projde. Dřevo o tloušťce 24 mm má koeficient 0,63. Čím je tento koeficient větší, tím je horší izolační schopnost materiálu. Na stavbách se vyskytuje průzvučnost stěnou, stropem a podlahou, okny a dveřmi. Průzvučnost je ovlivněna hmotností materiálu. Těžký materiál se hůře rozkmitá a má tedy lepší izolační vlastnosti.

Rezonanční schopnost dřeva je schopnost přijímat zvuk, tento zvuk zesílit a vyzářit bez zkreslení tónu. Tato vlastnost je využívána především při výrobě hudebních nástrojů. U nás je nejlepší materiál pro výrobu rezonanční smrk. Rezonanční dřevo musí mít pravidelnou strukturu, rovné vlákna, nejlépe aspoň čtyři letokruhy do 1 cm.

4.5 VLASTNOSTI URČUJÍCÍ VZTAH DŘEVA K ELEKTŘINĚ

Elektrická vodivost je vyjádřena odporem. Čím je odpor větší, tím je vodivost menší. Vodivost dřeva záleží tedy na vlhkosti. Když je vysoká vlhkost, může být dřevo částečně elektricky vodivé. V dalších případech patří dřevo mezi izolanty. Vodivost je ovlivněna i dalšími faktory jako je směr vláken, druh dřeva, teplota.

Poměrná permitivita vyjadřuje změnu kapacity kondenzátoru. Jestliže nahradí vzduch mezi jeho deskami dřevem. Permitivita je důležitá při práci se dřevem s použitím elektrického proudu. Je ovlivněna vlhkostí, směrem vláken.

4.6 VLASTNOSTI URČUJÍCÍ VZTAH DŘEVA K VODĚ

Vlhkost dřeva je množství vody, procentuálně vyjádřené z hmotnosti dřeva. V živém dřevě je voda nezbytná, je to podmínka existence dřeviny. V neživém dřevě je voda nežádoucí, protože záporně ovlivňuje vlastnosti dřeva. Vlhkost dřeva se dělí podle těchto stupňů:

- Mokré dřevo má vlhkost nad 100 %. Toto dřevo je uloženo dlouhodobě ve vodě.
- Čerstvě pokácené dřevo má vlhkost v rozmezí 50 až 100 %. Záleží na druhu dřeva, na jakém místě se dřevina nachází, na stáří dřeviny (mladé dřevo má více vlhkosti), na době kácení dřeviny vzhledem k ročnímu období.
- Dřevo vysušené na vzduchu má vlhkost 15 až 20 %. Je to dřevo vysušené přírodními vlivy, nazývané vzduchosuché dřevo.
- Dřevo vysušené uměle má vlhkost 4 až 12 %. Je to dřevo vysušené uměle v sušárnách na požadovanou vlhkost.
- Dřevo absolutně suché má vlhkost 0 %. Dřevo je vysušené v laboratorních sušárnách při teplotě 100 až 105 °C. Tuto vlhkost si dřevo nedokáže udržet, protože rychle přijímá vlhkost ze vzduchu.
- Technická vlhkost se dělí na užitkovou a výrobní. Výrobní vlhkost dřeva je označení pro vlhkost, kdy se výrobek ze dřeva vyrábí. Užitková vlhkost je označení pro vlhkost, kdy se vyrobený výrobek už běžně používá. Dané vlhkosti by se měli rovnat, výrobní vlhkost může být menší, ne však více jak o 2 %. Při nedosažení těchto pravidel může dojít k nežádoucím účinkům dřevěných výrobků.

Pro zjištění vlhkosti ve dřevě používáme tyto metody:

- Váhová metoda se provádí na základě váhy dřeva. Ze dřeva, ve kterém chceme zjistit vlhkost, vyřízneme zkušební vzorek, který musí být bez vad. Zkušební vzorek se zváží [m_w]. Následně se vzorek vysuší při teplotě 100 až 105 °C na nulovou vlhkost a opět se zváží [m_c]. Po dosazení naměřených hodnot do vzorce se vypočítá procentuální vlhkost dřeva.

$$W = (m_w - m_c) \cdot 100 / m_c \quad (1)$$

- Extrakční metoda se provádí destilací výrazně pryskyřičného dřeva nebo impregnovaného. Metoda je časově náročná a vyžaduje drahé laboratorní přístroje.
- Elektrické měření se provádí pro měření vlhkosti nejčastěji. Změří se elektrický odpor, který je na vlhkosti závislý. Elektrický odpor se změří pomocí elektrod (jehel). Tyto jehly se do dřeva zabodnou ve směru vláken. Hlavní výhodou je okamžitý výsledek vlhkosti dřeva. Přesnost měření se snižuje, když má dřevo větší vlhkost než 30 %.

Voda, kterou dřevo obsahuje, se dělí, podle toho kde se nachází:

- Voda volná dopravuje živiny z kořenů do koruny. Je uložena v buněčných dutinách a prostorách mezibuněčných. Ze dřeva se vyloučí nejdříve a kromě objemové hmotnosti se dřevo nijak nezmění. Její množství záleží na pórovitosti dřeva, druhu dřeva.
- Voda vázaná je uvnitř buněčných stěn. Dřevo přijímá tuto vodu z okolního vzduchu, proto dřevo vlhne. Dřevo může tuto vodu do vzduchu uvolňovat, proto dřevo sesychá. Její příjem nebo výdej ovlivňuje rozměry dřeva.
- Voda chemicky vázaná je součástí chemického složení dřeva, proto ji obsahuje i suché dřevo. Může se odstranit pouze chemickým zpracováním.

Stav kdy se veškerá volná voda ze dřeva vyloučí a ve dřevě zůstane pouze voda vázaná, se nazývá bod nasycení dřevních vláken (BNV). U všech dřevin není tento bod stejný, pohybuje se kolem 23 až 36 % vlhkosti. Byla stanovena střední hodnota 30 % vlhkosti. Tento bod tvoří hranici. Vlhkost dřeva je pod BNV, dojde k sesychání a mění se rozměry. Vlhkost dřeva nad BNV dojde k bobtnání. Další vady dřeva ovlivněné vlhkostí jsou borcení, praskání, ustrnutí a kornatění [11].

4.6.1 VADY ZAPŘÍČINĚNÉ ZMĚNOU VLHKOSTI

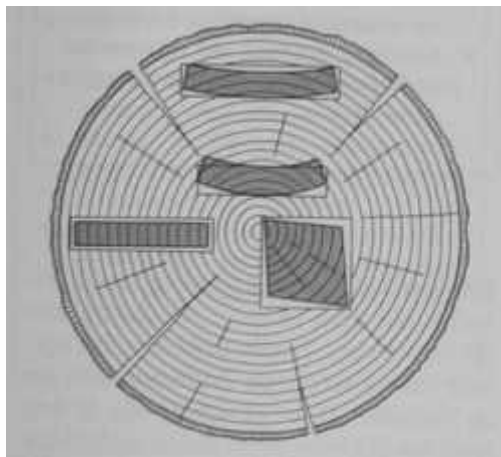
Bobtnání dřeva vzniká při navlhnutí dřeva. Do buněčných blan se ukládá vázaná voda. Zvětšují se rozměry dřeva. Je to opačný proces než sesychání. Tento proces se uskutečňuje jen po BNV. Když dřevo přijímá vodu nad BNV, mění se už jen jeho váha a bobtnání už dále nepokračuje. Rychlost, jakou bobtnání postupuje, není konstantní. Zpomaluje se přibližování k bodu BNV. Bobtnání ovlivňuje negativně mechanické vlastnosti. Mluví-li se tedy o „pracování dřeva“, jedná se o bobtnání a sesychání.

Sesychání dřeva vzniká při vypaření vody pod BNV do 0 % vlhkosti. Řetězce celulózy se přibližují k sobě, tím se zmenší buněčné stěny. Pro dřevo to znamená, že se zmenší jeho rozměry. Sesychání dřeva ovlivňuje druh dřeva a směr vláken. Podél vláken je sesychání nejmenší. Procentuální průměrné sesychání dřeva v jednotlivých směrech:

- Podélný směr 0,1 až 0,6 %
- Radiální směr 3 až 7 %
- Tangenciální směr 6 až 12 %
- Objemové sesychání 11 až 19 %

Ve většině případů je těžké dřevo daleko více ovlivněno sesycháním, protože v sobě váže více vázané vody. Výsledné sesychání nám určuje také jakost dřeva. Poměr sesychání ve směru tangenciálním k radiálnímu nám napoví o jakosti dřeva. Hodnotě výsledného poměru se říká diferenciální sesychání. Čím je tento poměr menší, tím se bude dřevo méně bortit. U našich dřevin má dobrou odolnost vůči diferenciálnímu sesychání lípa, která je díky tomuto použita v modelářství. Další stromy s dobrými vlastnostmi jsou jasan, topol, olše, ořešák, douglaska. Velké sesychání se nachází u buku, modřinu, smrku, jedle, javoru a vejmutovky.

Borcení dřeva vzniká, když díky sesychání nebo bobtnání dochází ke změně tvaru dřeva. Může nastat ve směru podélném nebo příčném. Podélné borcení nastává při podélném sesychání dřeva nerovnoměrně. To má za následek prohnutí nebo stočení dřeva. Prohnutí vznikne ve dřevě při rozdílném seschnutí dřeva jádrového a bělového. Stočení vznikne v důsledku točivosti kmene. Příčné borcení nastává, když je sesychání radiální rozdílné než tangenciální. Borcení dřeva z velké míry ovlivňuje jeho použití na výrobky a konstrukce ze dřeva [2] [9] [6].



Obrázek 7: Borcení dřeva v jednotlivých směrech [10]

5 MECHANICKÉ VLASTNOSTI DŘEVA

Mechanické vlastnosti dřeva popisují schopnost dřeva odolat působení vnějších sil. Tyto vlastnosti se rozdělují do tří skupin:

- Základní – pružnost, pevnost, plastičnost a houževnatost
- Odvozené – tvrdost, odolnost proti tečení, trvalému zatížení a únavovému lomu
- Technologické – štípatelnost, opotřebovatelnost, impregnovatelnost a ohýbatelnost

5.1 PEVNOST DŘEVA

Pevnost dřeva popisuje odolnost dřeva vůči trvalému poškození. Pevnost je vyjádřena napětím, při kterém dojde k porušení celistvosti. Toto napětí je označené jako mez pevnosti σ_p . Napětí, kdy dojde k porušení tělesa, se určí pomocí zkoušek. Hodnota, která udává pevnost dřeva, je závislá na podmínkách, při kterých se tato pevnost zjišťuje. Pevnost dřeva také ovlivňuje vlhkost, hustota a teplota dřeva.

5.1.1 PEVNOST DŘEVA V TLAKU

Podle toho, jak je orientovaná síla na vlákna, se rozděluje na pevnost v tlaku ve směru a napříč vláken. Z pracovního diagramu se graficky určí pevnost v tlaku napříč vláken. Pevnost v tlaku ve směru vláken se počítá pomocí vzorce pro normálové napětí:

$$\sigma_p = \frac{F_{\max}}{a \cdot b} \text{ [MPa]} \quad (2)$$

$F_{\max}$ – maximální síla [N]

a, b – rozměry tělesa [mm]

Tabulka 2: Mez pevnosti v tlaku ve směru jednotlivých vláken při vlhkosti 12 % [2]

Jehličnaté dřeviny	σ_p [Mpa]	Listnaté dřeviny	σ_p [Mpa]
Modřín	64,5	Buk	55,5
Borovice	48,5	Dub	57,5
Smrk	44,4	Habr	60

Tabulka 3: Mez pevnosti v tlaku napříč vláken v radiálním směru při vlhkosti 12 % [2]

Jehličnaté dřeviny	σ_p [Mpa]	Listnaté dřeviny	σ_p [Mpa]
Modřín	4,5	Buk	12,9
Borovice	5,2	Dub	11,0
Smrk	3,4	Habr	14,0

5.1.2 PEVNOST DŘEVA V TAHU

Pevnost v tahu se rozděluje na pevnost v tahu ve směru a napříč vláken. Mez pevnosti v tahu se označuje σ_t . Pevnost dřeva v tahu ve směru vláken je největší v porovnání s ostatními. Jako průměrná hodnota se uvádí 120 MPa. Tato pevnost je zapříčiněna vláknitým tvarem buněk. Naopak pevnost dřeva v tahu napříč vláken je jedna z nejmenších v porovnání s ostatními. Průměrná hodnota se nachází v rozmezí 1,5 až 5 MPa. K určení velikosti se používá vztah:

$$\sigma_t = \frac{F_{\max}}{a \cdot b} \text{ [MPa]} \quad (3) \quad F_{\max} - \text{maximální síla [N]} \quad a, b - \text{rozměry tělesa [mm]}$$

5.1.3 PEVNOST DŘEVA V OHYBU

Pevnost dřeva v ohybu se určí na nosníku ze dřeva, který má z každé strany podporu. Na střed nosníku působí síla F . Vztah pro maximální napětí:

$$\sigma_{\max} = \frac{3 \cdot F \cdot l_0}{2 \cdot b \cdot h^2} \text{ [MPa]} \quad (4)$$

F – působící síla [N] l_0 – vzdálenost mezi podporami [m]

b – šířka nosníku [m] h – výška [m]

5.1.4 PEVNOST DŘEVA VE SMYKU

Samotný jednosměrný smyk se ve dřevě nevyskytuje bez působení dalších napětí (tlakové, tahové). Smyk se určí při působení dvou stejně velkých sil, když tyto síly způsobí posunutí dvou sousedních průřezů. Pevnost dřeva ve smyku se dělí na:

- Smyková pevnost ve směru vláken v rovině tangenciální a radiální
- Smyková pevnost napříč vláken v rovině tangenciální a radiální
- Smyková pevnost napříč vláken v rovině příčné ve směru tangenciálním a radiálním

Velikost, která určuje mez pevnosti, se zjistí podle vztahu pro tangenciální napětí:

$$\tau_{R,T} = \frac{F_{\max}}{b \cdot l} \text{ [MPa]} \quad (5)$$

$F_{\max}$ – maximální smykové zatížení [N]

b – šířka smykové plochy [mm]

l – délka smykové plochy [mm]

5.2 PRUŽNOST DŘEVA

Pružnost dřeva je schopnost vrátit se do původního stavu, když přestanou působit vnější síly. Pružnost se popisuje pomocí konstant E (modul pružnosti), G (smykový modul), μ (Poissonova čísla), dále se dá popsat pomocí parametrů z pracovního diagramu.

5.2.1 MODUL PRUŽNOSTI V TAHU A TLAKU

Moduly pružnosti určují vnitřní odpor dřeva vůči pružné deformaci. Čím větší jsou moduly pružnosti, tím je dřevo odolnější vůči deformacím. Modul pružnosti v tahu a tlaku má pro dřevo průměrnou hodnotu ve směru vláken 10000 až 15000 MPa, při vlhkosti 12 %. Napříč vláken je hodnota menší až 25krát. Ve směru radiálním je hodnota přibližně 2krát větší než v tangenciálním. Přibližný poměr modulu pružnosti v jednotlivých směrech je $E_L:E_R:E_T = 20:2:1$. Je definován jako podíl napětí poměrnou deformací:

$$E_i = \frac{d\sigma_i}{d\varepsilon_i} \text{ [MPa]} \quad (6)$$

Po dosazení do vztahu platí:

$$E = \frac{F \cdot l}{S \cdot \Delta u_1} \text{ [MPa]} \quad (7)$$

F – síla na mezi úměrnosti [N] S – plocha na kterou síla F působí [m^2]

l – délka tělesa před zatížením [m] Δu_1 – absolutní deformace ve směru působení sil [m]

5.2.2 MODUL PRUŽNOSTI VE STATICKÉM OHYBU

Modul pružnosti v ohybu je uveden jen při směru kolmo na vlákna. Po úpravě vztahu pro napětí, ohybový moment, poloměr ohybu, průhybu nosníku lze získat vztah pro modul pružnosti v ohybu:

$$E_L = \frac{F \cdot l_0^3}{4bh^3 \cdot \Delta y} \text{ [MPa]} \quad (8)$$

F – působící síla [N] b – šířka zkušební tělesa [mm] l_0 – vzdálenost podpor [mm]

h – výška zkušební tělesa [mm] Δy – průhyb tělesa [mm]

5.2.3 SMYKOVÝ MODUL PRUŽNOSTI

Smykové moduly pružnosti se podle směru dělí na tangenciálně podélný G_{LT} , radiálně podélný G_{LR} a radiálně tangenciální G_{RT} . Přibližný poměr modulu pružnosti v jednotlivých směrech je $G_{LR}:G_{LT}:G_{RT} = 7,5:5:1$. Vyčíslit lze tyto moduly podle vztahu:

$$G_{ij} = \frac{E\alpha}{2(1 + \mu_\alpha)} \text{ [MPa]} \quad (9) \quad E\alpha - \text{Youngův modul pružnosti s odklonem od podélné osy o } \alpha$$

μ_α – odpovídající Poissonovo číslo

Tabulka 4: Modul pružnosti pro jednotlivé směry a zatížení [2]

Modul pružnosti [MPa]							
Dřevina	v tlaku a tahu			v ohybu	ve smyku		
	E _L	E _R	E _T	E _{oh}	G _{LR}	G _{LT}	G _{RT}
smrk	14 300	680	470	12 800	1 230	800	55
jasan	15 700	1 875	1 250	13 900	1 325	1 080	255
topol	13 900	885	350	-	840	385	110

5.3 PLASTIČNOST DŘEVA

Plastičnost dřeva je schopnost tvarovat se, bez jakéhokoliv porušení. Změna tvaru je trvalá po ukončení působení vnějších sil. Plastičnost dřeva lze popsat pomocí dynamické viskozity.

5.3.1 VISKOZITA

Koeficient viskozity λ je ovlivněn vnitřní strukturou dřeva. Van der Waalsovy vazby spolu s vodíkovými vazbami a vazebnými silami kovalentního charakteru udržují tuhost a celistvost tělesa. Viskozita tedy určuje pohyblivost jednotlivých molekul. Čím dál jsou jednotlivé molekuly od sebe, tím je větší plastičnost daného materiálu a menší koeficient viskozity. Napětí nad mez úměrnosti při krátkodobém zatížení lze vyjádřit ze vztahu:

$$\sigma = \lambda \frac{d\varepsilon_{pl}}{dt} \text{ [MPa]} \quad (10)$$

5.4 HOUŽEVNATOST DŘEVA

Houževnatost je podle druhu zatížení statická nebo dynamická. Úzce souvisí s plastičností dřeva. Mechanická práce, která je potřeba k vytvoření plastické deformace, je houževnatost dřeva.

5.4.1 STATICKÁ HOUŽEVNATOST DŘEVA

Statická houževnatost dřeva je mechanická vlastnost, při níž se spotřebovává mechanická energie, aby vznikla plastická deformace. Je popsána vztahem:

$$\sigma^2 = 2 \cdot \lambda \cdot c \cdot \varepsilon_{pl} \quad (11)$$

5.4.2 DYNAMICKÁ HOUŽEVNATOST DŘEVA

Dynamická houževnatost dřeva je vlastnost, při níž dřevo pohltí práci vykonanou rázovým ohybem. Pro určení velikosti slouží přerážecí kladiva (Charphyho kladivo) [2] [6]. Určí se ze vztahu:

$$A_w = \frac{W}{b \cdot h} \text{ [J} \cdot \text{cm}^{-2}] \quad (12) \quad W - \text{práce potřebná k přerázení tělesa [J]}$$

b, h – příčné rozměry tělesa [cm]

6 KONSTRUKČNÍ POUŽITÍ DŘEVA VE STROJÍRENSTVÍ

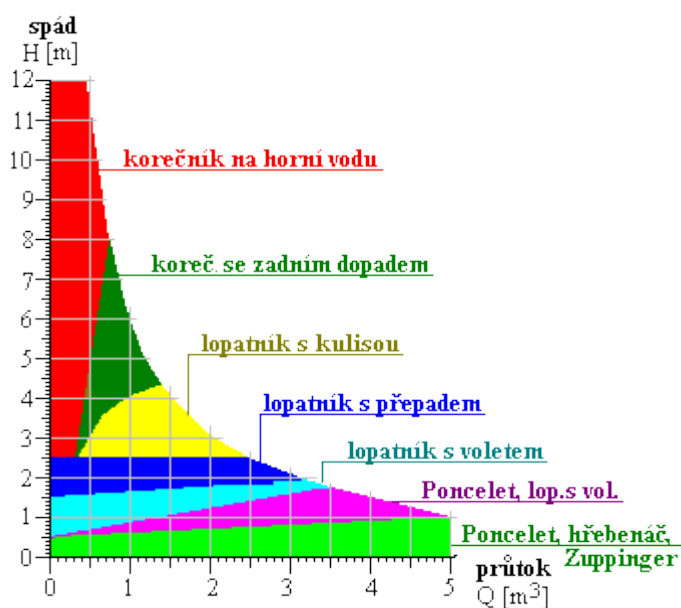
6.1 VODNÍ KOLA

Vodní dřevěná kola měla v minulosti velký význam, v podstatě to jsou pomaluběžné motory. Díky jejich specifické konstrukci byla zdrojem mechanické energie. Vodní kola tuto energii vytvářela za pomoci vody, která je poháněla. Nejprve vodní kola stavěli sekerníci, postupem času se stala zájmem inženýrů. Ti mnohem více řešili jejich konstrukci pomocí výpočtů. Správná konstrukce kol pak výrazně ovlivnila jejich účinnost.

Tabulka 5: Účinnost jednotlivých typů kol [15]

Typ kola	Účinnost [%]
Korečník na horní vodu s obráceným chodem	až 85
Korečník na horní vodu obyčejný	65 až 80
Korečník se zadním dopadem	65 až 75
Lopatník s kulisou	65 až 70
Lopatník s přepadem	60 až 75
Lopatník s voletem	45 až 55
Zuppingerovo kolo	70 až 78
Ponceletovo kolo	60 až 65
Segebienovo kolo	až 80
Stříkový hřebenáč	30 až 35
Belík (valach)	25 až 30

Účinnost je z velké míry ovlivněna spádem, který je nutný pro vstupní rychlost vody do kola a částí spádu v kterém voda v kole působí svojí vlastní vahou.



Obrázek 8: Použitelnost vodních kol v závislosti na spádu a průtoku [15]

6.1.1 KOREČNÍK NA HORNÍ VODU OBYČEJNÝ

Důležité prvky v konstrukci:

- Základní části dřevěného vodního kola jsou vyrobeny z borového dřeva, zejména tedy věnce a ramena. Při ochraně kola před sluncem je životnost kola za trvalého provozu stanovena na přibližně 20 let.
- Více namáhané části jako jsou kolíky a klíny jsou vyrobeny z dubu.
- Tloušťky materiálů byly na základě pevnosti daného materiálu vypočteny. V běžném provozu tyto tloušťky neobstály, protože vodní kolo je vystaveno mnoha dalším vlivům (dřevo není homogenní, vnitřní pnutí, navlhání, mráz, sesychání). Tloušťky polotovarů jsou tedy stanoveny s prověřené praxe.
- Lopatky jsou u úzkých kol vyrobeny z borového dřeva, u širokých kol se používá dřevo smrkové, případně jedlové či topolové. Jejich životnost je pouze 10 let.
- Lopatky svírají s tečnou věnce úhel 30° , vodní paprsek svírá při vstupu do věnce s touto tečnou úhel 15° .
- Lopatky se navrhují tak, aby byli na vodním kole umístěny co nejhustěji. Rozteč mezi nimi však musí být větší než tloušťka vodního paprsku. Z důvodu unikání vzduchu z korečku.
- Mezera mezi vantrokem a kolem je 20 mm. V případě, že je kolo vystaveno namrzání přidává se dalších 20 mm.
- Dřevěná hřídel je vyrobena zásadně z dubu. Pro výkon kola 10 kW je použita hřídel přibližně o tloušťce 45 až 50 cm [15].

6.2 LODĚ

Dřevo bylo již od počátku nejvíce používaným materiálem pro výrobu lodí. Hlavním předpokladem byla měrná hmotnost dřeva. Tento materiál je lehčí než voda a tudíž plave. Navíc je snadno dostupný a poměrně odolný vůči vodě. V prvních fázích byla výroba lodí čistě práce tesařů. Dřevo se neošetřovalo žádnými ochrannými prostředky, a proto měly lodě omezenou životnost. Pro výrobu se používalo dřevo, které mělo velkou odolnost vůči vlhkosti. To bylo například dřevo dubu, mahagonu nebo teaku.

V dnešní době se na výrobu lodí podílí především nové technologie. To spočívá v kvalitnější míře spojování materiálu díky spolehlivým lepidlům. Dřevo je dnes z výroby jachet téměř vytlačeno lehčími a ještě kvalitnějšími materiály. Technologie, které stále využívají dřevo k výrobě lodí:

6.2.1 STRIP PLANKING

Tato technologie patří mezi nejčastěji používanou. Jedná se o metodu stavby lodí za pomoci dřevěných latí. Metoda je jednoduchá, rychlá a lodě jsou lehké, pevné a kvalitní. Při výstavbě lodi je nejdříve vyrobena kostra lodi, ta je složena z žeber. Latě jsou používány na opláštění a musí do sebe zapadat. To je splněno díky frézování do oblouků (konvexní a konkávní). Spojení mezi žebrky a mezi latěmi jsou slepeny epoxidovými lepidly. U největších lodí dosahují latě tloušťky až 5 cm, tyto lodě jsou dlouhé kolem 40 m. Trup je v závěru přelaminován, tím dojde k uzavření výplně. Způsoby laminování jsou buď zvenčí i zevnitř nebo jen zvenčí. Místo laminátu se někdy používá na vnější straně mahagonová dýha. Nejlepší jachty se vyrábí z latí cedrového dřeva, to se využívá kvůli nízké hmotnosti.

Výhody této technologie jsou především v nízké hmotnosti lodí. Jachty jsou tedy velmi rychlé. Technologie je využita při nesériové výrobě, protože je tato výroba poměrně rychlá. Trup je velmi pevný a tuhý. Při následné nehodě stačí oprava poškozených latí, to je vůči laminátu velká výhoda. Povrch dřeva je ošetřen epoxidovými pryskyřicemi, zcela se tím zabrání hnití dřeva.



Obrázek 10: Výroba jachty technologie strip planking [16]

6.2.2 COLD MOLDING

Při výrobě jachty touto metodou se opět využije kostry, v tomto případě se z velké míry jedná o kostru pomocnou, která je po dokončení z trupu vyjmuta. Nejprve tedy vyrobíme hustější pomocnou kostru lodi. Od kýlu se na kostru natahují pásy vodovzdorné překližky. To je provedeno v několika vrstvách. Tyto vrstvy jsou opět slepeny epoxidovými lepidly. Pásy překližky jsou přichyceny ke kostře za pomoci sponkovačky, tyto spony se však po dokončení vytáhnou. Většinou jsou tyto trupy lodí vyrobeny ze tří vrstev překližky. Trup lodi je velmi pevný, výhodou je odstranění většiny žeber. Dále už je vyznačen velmi podobnými vlastnostmi jako způsob výroby technologií strip plankingem.

6.2.3 PŘEKLIŽKOVÁ ŠARPIE

Jedná se o nejlevnější a nejjednodušší způsob stavby lodí. Využívá klasické kostry a opláštění z překližky. Způsob výroby je rychlý díky možnosti pokládání větších kusů překližky, což je velmi jednoduché. Výroba kostry není opět složitá, protože jsou všechny tvary rovné. Kostra je z praktického hlediska problémem, zabírá místo uvnitř lodi.

Výhody této technologie je především nízká cena a rychlost stavby [16].

6.3 AUTA

Joe Harmon sestrojil dřevěné auto Splinter, je to plně funkční sportovní vůz sestrojen převážně z dřevěných částí. Dřevo je použito téměř všude, například na karoserii, podvozku nebo také závěsy kol. Celková hmotnost tohoto vozu se pohybuje kolem 1200 kg a vůz dosahuje výkonu až 600 koní [23].



Obrázek 11: Dřevěné auto Splinter [23]

6.4 LETADLA

Dřevo mělo při výrobě letadel mnoho předností. Letadla byla velmi lehká a snadno opravitelná. V Německu v průběhu války výrazně ubývalo surovin, hledali tedy vhodný, levný a snadno dostupný materiál. Tímto materiálem se tedy stalo dřevo. Němci při výrobě letadel ze dřeva udělali řadu chyb, přestože výrobu z kovu měli velmi dobře propracovanou. Jejich problém nastal s pevností křídla a s kvalitou lepidel, které používali na spoje. Po vyřešení těchto problémů už vznikali letouny velmi rychle. Vyrobit se mohlo až 1000 kusů za měsíc. Jednalo se o letoun Heinkel He-162 Spatz. Letci prohlásili, že se jedná o velmi nebezpečnou zbraň. Letoun byl malý a tak se protivníkovi těžce zaměřoval.

V Británii se vyráběla konstrukce letadla celého ze dřeva. Jednalo se o letoun Mosquito. Při výrobě prvního prototypu letoun všechny překvapil svým výkonem. Byl rychlejší než řadové jednomotorové stíhačky, byl obratný a měl dobré letové vlastnosti. Dosahoval rychlosti 640 km/h. Po tomto zjištění byla schválena sériová výroba. Další výhodou bylo zaměstnání dělníků z dřevěremeslných odvětvích, při výrobě celokovových letounů byl totiž nedostatek dělníků z odvětví strojařských [17].



Obrázek 12: Výroba dřevěného trupu letadla D18 [18]

Pro výrobu D-18 je zapotřebí pouze dřevo na konstrukci a překližka na opláštění. V porovnání ostatními materiály se jedná o poměrně levnou výrobu. Spoje jsou lepeny schváleným leteckým lepidlem. Díky dřevu se dá navrhnout lehká, ale silná konstrukce letounu. Stárnutí je únavový proces, který ovlivňuje spíše letadla vyrobená z kovu. Dřevěné letadlo je snadno opravitelné. To dokazuje fakt, že téměř polovina z nich je vyrobena amatéry a zbytek průmyslově [18].

6.5 SPORTOVNÍ NÁČINÍ

6.5.1 RÁMY KOL

Firma Renovo se zabývá výrobou rámců kol ze dřeva. Dřevo v těchto rámech má vynikající vlastnosti. Dřevo funguje jako tlumič a tak celý rám kola pohlcuje vibrace způsobené nerovnostmi. Vibrace tlumí lépe než ocel, hliník nebo uhlík a tudíž poskytuje hladkou jízdu. Tuhost dřevěného rámu je také vynikající, může snadno překročit tuhost karbonového rámu. Konkrétní kolo s dřevěným rámem Renovo R4 je nejlepší vytrvalostní kolo na naší planetě.

Rámy kol jsou duté, pro silniční kola váží kolem 2,2 kg. Všechny parametry výroby rámu mohou být uzpůsobeny na hmotnost a styl jízdy cyklisty. Jedná se především o velikost, vzhled a tuhost rámu. Rámy jsou extrémně odolné vůči poškození. Naopak velmi lehce se opravují. Rámy jsou vyrobeny na dvě poloviny a lepí se k sobě pomocí epoxidového lepidla. To odolává vodě a různým teplotám.



Obrázek 13: Renovo R1 [19]

Tento rám kola je vyroben z ořechového dřeva [19].

6.5.2 HOKEJKY

Násada hokejek se vyrábí z osiky a z březové lamely. Prkna z osiky musí nejdříve dva roky přírodně schnout. Tím se zabrání nežádoucím vlivům, ty by způsobovaly lámavost. Po přírodním sušení následuje čtyřdenní umělé dosoušení, následuje oblepení uhlíkovým laminátem, který zvýší pevnost hokejky. Čepele jsou vyrobeny z jasanu. Násady a čepel se lepí dohromady dvěma způsoby. Buď za pomoci plastových klínů nebo samotná čepel představuje čep [20].

6.5.3 RÁMY TENISOVÝCH RAKET

Tenisové rakety se nejdříve vyráběly z dubového, javorového a jasanového dřeva. Dřevo se využívalo díky své tuhosti a snadné opracovatelnosti. Každý druh dřeva má jinou tuhost. To umožňovalo výrobu raket o různých tuhostích pro rozdílné styly hry a úrovně hráčů. Rakety se vyráběly technologií napařování dřeva. Dřevo získalo poddajnost a mohlo se začít snáze ohýbat. Ohýbalo se do forem tenisových hlav, které byly předem připraveny. Výroba raket se zdokonalovala, využívala se dřevěná dýha. Jednotlivé vrstvy se na sebe skládaly. Vedlo to k celkovému úbytku váhy a rakety měly také větší pevnost. Dřevo je v dnešní době při výrobě raket nahrazeno kompozitními materiály a grafitovými vlákny [21].

6.6 NÁBYTEK

Při výrobě nábytku je nejvíce využíváný materiál právě dřevo. To je způsobeno mnoha hledisky. Je to dáno historií a tradicí výroby dřevěného nábytku. Žádná technologie a žádný materiál, doposud nepředčil dřevo svými vlastnostmi. Dřevo je přírodní materiál, vyčnívá svojí krásou v interiéru. Po zdravotní stránce je to nezávadný materiál, neobsahuje formaldehyd nebo jiné nežádoucí látky. Masivní dřevo se dá lehce inovovat. Nabízí odstranění vrchní vrstvy a tím možnost absolutní změny tvaru a odstínu nábytku. Mezi výhody patří také praktičnost a velmi dlouhá životnost. Jak již bylo řečeno je to materiál, který dokáže přijímat a vydávat vlhkost z okolního prostředí. Z pozitivního hlediska tedy ovlivňuje klima v interiéru. Při pokojové teplotě 20 °C je schopen jeden centimetr krychlový dřeva absorbovat nebo uvolňovat až 25 mg vody. Tím změní svojí vlhkost v rozmezí 7 až 13 %. Dřevo je regulátorem vlhkosti v interiéru a do jisté míry ukazatelem zdravého prostředí. Změna struktury dřevěného nábytku může napovědět o špatném prostředí v našem domově. Odborníci také hovoří o tom, že dřevo má pozitivní vliv na člověka po psychické stránce.



Obrázek 14: Dřevěný nábytek [22]

Česká nábytkářská firma, která se zabývá výrobou nábytku z masivního dřeva je UNIS-N. V této firmě se vyrábí nábytek, kde všechny jeho části jsou výhradně z masivního dřeva. Většinou se používá dřevo ze smrku nebo borovice. Dřevěný nábytek nabízí široký sortiment, například: stoly, židle, kuchyňské skřínky, komody, skříně, kredence, postele, truhly, předsíňový nábytek, knihovny, lavice, vitríny, atd..

Ošetření nábytku se dá provádět přírodními materiály, jako jsou ekologické vosky Osmocolor. Tento vosk se vtírá do pórů dřeva a vrstva zůstává i na povrchu dřeva. To znázorní ještě více výraznou kresbu dřeva [22].

7 KONSTRUKČNÍ POUŽITÍ DŘEVA VE STAVEBNICTVÍ

7.1 NEJPOUŽÍVANĚJŠÍ DŘEVO PRO STAVEBNÍ KONSTRUKCE

Pro stavební konstrukce ze dřeva se používá nejvíce jehličnaté dřevo smrku, jedle nebo borovice. Z listnatých dřevin se využívá nejvíce akát a dub [4].

7.1.1 SMRK

Barva dřeva:	žlutobílá, světle žlutohnědá
Trvanlivost:	velmi malá, neodolává škůdcům
Opracovatelnost:	dobrá, špatně se impregnuje
Hustota [$w = 0 \%$]:	420 [kg.m^{-3}]
Tvrдость:	26 [MPa]
Objemové sesychání:	11,6 až 12 [%]
Pevnost v tlaku:	50 [N.mm^{-2}]
Pevnost v ohybu:	78 [N.mm^{-2}]



Obrázek 15: Textura smrku [2]

Využití: V našich podmínkách je smrk nejdůležitější dřevo. Pro dřevěné stavby (stožáry, sloupy, lešení, střešní a mostní konstrukce). V nábytkářství (překližky, lišty, dýhy). Chemické zpracování (buničina).

7.1.2 JEDLE

Barva dřeva:	šedobílá, hnědošedá, žádný lesk
Trvanlivost:	malá vůči vnějším vlivům, středně odolává škůdcům
Opracovatelnost:	dobrá, hůře než smrk, špatně se impregnuje
Hustota [$w = 0 \%$]:	435 [kg.m^{-3}]
Tvrдость:	28 [MPa]
Objemové sesychání:	10,2 až 11,5 [%]
Pevnost v tlaku:	47 [N.mm^{-2}]
Pevnost v ohybu:	73 [N.mm^{-2}]



Obrázek 16: Textura jedle [2]

Využití: Podobné využití jako dřevo smrku. Díky lepší odolnosti vůči vodě využívána při výrobě střešní krytiny (šindele), vodních staveb (čluny).

7.1.3 BOROVICE LESNÍ

Barva dřeva:	běl nažloutlá, narůžovělá
Šířka běli:	jádro světlehnědé, červenohnědé široká (5 až 10 cm)
Trvanlivost:	jádrové dřevo odolné
Opracovatelnost:	dobrá, pryskyřice ji zhoršuje, běl se impregnuje lépe než jádro
Hustota [$w = 0 \%$]:	505 [kg.m^{-3}]
Tvrдость:	28,5 [MPa]
Objemové sesychání:	11,2 až 12,4 [%]



Obrázek 17: Textura borovice lesní [2]

Pevnost v tlaku: 55 [N.mm⁻²]

Pevnost v ohybu: 80 [N.mm⁻²]

Využití: Velmi velké uplatnění. Venkovní stavby, například mostní konstrukce. V truhlářství se používá na výrobu dveří a okenních rámců. Chemické zpracování využívá buničinu. S pryskyřice se vyrábí terpentýn.

7.1.4 AKÁT

Barva dřeva: běl žlutobílá
jádro žluté, zelenohnědé
Šířka běli: úzká (1 až 3 cm)
Trvanlivost: trvanlivé, houževnaté,
velmi odolné vůči škůdcům
Opracovatelnost: dobrá, hůře se impregnuje
Hustota [w = 0 %]: 760 [kg.m⁻³]
Tvrdost: 97 [MPa]
Objemové sesychání: 11,4 až 12,2 [%]
Pevnost v tlaku: 72 [N.mm⁻²]
Pevnost v ohybu: 136 [N.mm⁻²]

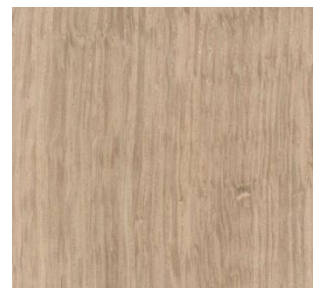


Obrázek 18: Textura akátu [2]

Využití: Výroba zahradního nábytku, náradí (násady, topůrka, kůly, žebříky). Dále se využívá jako palivo.

7.1.5 DUB

Barva dřeva: běl nažloutlá, světlehnědá
jádro světlehnědé, tmavěhnědé
Šířka běli: úzká (1 až 3 cm)
Trvanlivost: velmi dobrá trvanlivost
Opracovatelnost: dobrá, hůře se impregnuje a suší
Hustota [w = 0 %]: 680 [kg.m⁻³]
Tvrdost: 67,5 [MPa]
Objemové sesychání: 12,9 až 13,3 [%]
Pevnost v tlaku: 39 až 61 [N.mm⁻²]
Pevnost v ohybu: 89 až 130 [N.mm⁻²]



Obrázek 19: Textura dubu [2]

Využití: Použití při výrobě vodních staveb, lodí. V nábytkářství slouží k výrobě složitých tvarů, rozmanité zajímavé konstrukce. Využití v řezbářství, prahy, schody, sloupy [2] [11].

7.2 DESKOVÉ, HRANĚNÉ A POLOHRANĚNÉ ŘEZIVO

Dřevo, které se používá při výrobě dřevěných konstrukcí, musí splňovat potřebné fyzikální a mechanické vlastnosti. Dřevo se používá ve formě řeziva nebo kulatiny. Dřeviny, které se používají v našich podmínkách na výrobu řeziva, jsou zaznačeny v tab. 5.

Tabulka 8: Dřeviny používané na výrobu řeziva s označením [4]

Řezivo	Dřevina	Označení
Jehličnaté	smrk	SM
	jedle	JD
	douglaska	DG
	borovice	BO
	borovice vejmutovka	VJ
	modřín	MD
Listnaté tvrdé	dub zimní, letní	DB
	cedr	CER
	buk	BK
	jasan	JS
	javor mléč, horský, babyka	JV
	akát	AK
	habr	HB
	jilm polní, horský	JM
	ořešák vlašský	OR
	bříza	BR
	švestka	SV
	třešeň	TR
	hrušeň	HR
	jabloň	JB
	hloh	HL
	jeřáb	JR
	ostatní – kaštan jedlý, břek, muk oskeruše	
Listnaté měkké	lípa malolistá, velkolistá	LP
	olše lepkavá, šedá	OL
	topol bílý, červený	TP
	osika	OS
	jírovec	KS
	vrba	VR

Dále se dřevo určené na konstrukce dělí podle tvaru a rozměrů příčného průřezu. Rozdělujeme je na deskové, hraněné a polohraněné.

Do hraněného řeziva se zahrnují převážně hranoly. Je to řezivo s pravoúhlým příčným průřezem o minimální šířce 40 mm a výšce minimálně rovné šířce a maximálně rovné trojnásobku šířky.

Do deskového řeziva se zahrnují prkna a fošny. Je to omítané a neomítané řezivo o maximální tloušťce 100 mm a šířce minimálně dvojnásobně (u fošen trojnásobně) větší než tloušťka.

Prkna jsou řezivo do tloušťky 40 mm. Fošny jsou řezivo, které dosahuje tloušťky více jak 40 mm. Omítané deskové řezivo je vyrobeno obráběním čtyř delších stran, které jsou na sebe kolmé. Neomítané deskové řezivo je vyrobeno jen s částečně ořezanými nebo vůbec neořezanými boky.

Do polohraněného řeziva se zahrnují trámy a polštáře. Je to dvojnásobně řezané řezivo o šířce menší než dvojnásobek tloušťky. Polštáře mají maximální tloušťku 100 mm. Trámy mají minimální tloušťku 100 mm. Dvě třetiny tloušťky jsou rovny nejmenší šířce.

Kvalitu dřeva ovlivňuje z velké míry vlhkost. Vlhkost, která se doporučuje pro výrobky ze dřeva, je uvedena v tab. 6.

Tabulka 9: Vlhkost doporučená pro výrobky ze dřeva [4]

Absolutní vlhkost dřeva [%]	Použití dřeva
Do 10 %	Součásti na spoje (klíny, kolíky atd.) a prvky, které jsou vystaveny vysokým teplotám do 55 °C
Do 15 %	Prvky určené k lepení
Do 20 %	Prvky určené pro konstrukce a části spojené svorníky, prstencovými nebo ozubenými hmoždíky a hřebíky, pro ty se doporučuje vlhkost maximálně 18 %
Do 25 %	Prvky vystavené, které nejsou chráněné
Bez omezení	Prvky v trvale mokré a vlhkém prostředí

Dále se hledí na pevnost dřeva. Deskové a hraněné dřevo mají tyto třídy pevnosti: S 13- vysoká pevnost dřeva, S 10- normální pevnost řeziva, S 7- nízká pevnost řeziva.

Tabulka 10: Pevnostní třídy určené pro jednotlivé nosné prvky [4]

Třída pevnosti	Druh nosných prvků a způsob namáhání
S 13	- Táhla, tažené pruty příhradových nosníků, tažená část o výšce nejméně 1/6 h lepených lamelových nosníků, tažené pásy profilových nosníků atd. - Prvky jsou namáhány dostředným a mimostředným tahem
S 10	- Sloupy, vzpěry, tlačené pásy profilovaných nosníků, tlačená část o výšce nejméně 1/6 h lepených lamelových nosníku atd. - Prvky jsou namáhány tlakem nebo ohybem
S 7	Vedlejší nosné prvky nebo části

Výrobci dřeva určeného pro stavby, musí dodržovat mnoho pravidel. Jsou to pravidla týkající se převážně jakosti dřeva (bere se ohled na namáhání), dopravy dřeva a skladování dřeva, výběr dřeva bez vad atd. Dřevo musí být od výrobce dodáno podle daných rozměrů:

Tabulka 8: Konstrukční jehličnaté řezivo dodávané podle rozměrů [4]

Typ řeziva		Tloušťka [mm]	Šířka [mm]	Délka [m]
Prkna	I. skupina	38	100 až 300	4,0 až 6,5
		45		
		50		
Fošny	II. skupina	60	125 až 300	
		75	150 až 300	
		100	200 až 300	
Hranoly		100 120 160 180	120	
			140	
			120	
			140	
			160	
			180	
			180	

7.3 LEPENÉ LAMELOVÉ DŘEVO

Lepené lamelové dřevo se používá pro výrobu konstrukčních prvků, jako jsou nosníky, rámy, okenních vlysů, schodnic, dveřních rámu. Většinou se může jednat o výrobu složitějších tvarů. Při výrobě nosníků by neměla být vlhkost lamel nižší než 15 %. Vysušené, obrobitelné a vytríděné lamely se na sebe při výrobě délkově napojují. Lisují se do potřebného tvaru. Umožní to výrobu složitých tvarů, například obloukových nosných prvků.

Nosníky s dutým středem využívají lepších vlastností dřeva mimo střední část. Kmen se rozřízne do kříže. Střed dřeva se odstraní, protože je více náchylný na tvorbu trhlin. Zbylé dřevo se k sobě obrátí zaoblenými částmi a slepí. Vznikne dutá střední část nosníku. Tyto nosníky dobře snášejí vlhkost, jsou odolné proti trhlinám.

Duté lepené dřevěné sloupy se vyrábějí slepením především dvanácti lichoběžníkových průřezů. Mezi průřezy se může vložit pero, aby se zabránilo posunutí průřezů. Duté konstrukční sloupy jsou využívány díky lepším fyzikálním a mechanickým vlastnostem. Jsou z nich odstraněny vady. Díky neexistujícímu středu se používají na prvky namáhané centrickým tlakem (vzpěry).

Nosníky s lisovaných dýhových pásků označené jako PSL, jsou složeny zhruba z 200 mm dlouhých dýhových pásků. Tloušťka těchto pásků je několik mm. Tyto pásy jsou lisovány s fenolickým lepidlem. Slouží k výrobě plnostěnných nosníků. Výhoda u těchto nosníků je malá hmotnost a vzhledem k hmotnosti dobrá pevnost.

Vylehčené lepené nosníky se vyrábí stejným způsobem jako plnostěnné lepené prvky. Hlavním rozdílem je průřez, který je krabicový. Je zde vylehčený střed. Používá se nejvíce ve skladbě stropů [4].

7.4 VELKOPLOŠNÉ MATERIÁLY

7.4.1 LAŤOVKY

Vlastnosti a rozměry:

- Tloušťka: 16, 18, 19, 22, 25, 26, 30, 35 [mm]
- Šířka: 920, 1100, 1200, 1220 [mm]
- Délka: 1100 až 2440 [mm]
- Hustota: 440 až 550 [kg.m⁻³]
- Pevnost v ohybu ve směru vláken: 40 až 60 MPa
- Pevnost v ohybu kolmo na vlákna: 25 až 41 MPa



Obrázek 20: Laťovky [12]

Je to materiál, který má střed slepený s latí. Latě jsou z jehličnatého dřeva především ze smrku a jedle. Na povrchu jsou nalepeny dýhy. Dýhy mají větší tvrdost a lepší ušlechtilost. Jsou použity ve vnitřních konstrukcích. Výhoda je možnost jejich zaoblení.

7.4.2 BIODESKY

Vlastnosti a rozměry:

- Tloušťka: 16, 19, 22, 27, 30, 40 [mm]
- Šířka: 1830 [mm]
- Délka: 1900 až 5950 (!) [mm]
- Hustota: 420 až 520 [kg.m⁻³]
- Pevnost v ohybu ve směru vláken: 30 až 35 MPa
- Pevnost v ohybu kolmo na vlákna: 25 až 30 MPa



Obrázek 21: Biodesky [12]

Způsob výroby je stejný jako když se vyrábí laťovky. Rozdíl je v povrchu, kde jsou nalepeny místo dýhy tenké lamely (5 až 8 mm). Tento materiál je ekologický. Lepidlo se používá akrylátové nebo polyuretanové, mají nízký obsah škodlivin. Biodesky se vyrábí z jehličnatého dřeva (smrk, jedle, borovice). Jejich použití je univerzální. Vnitřní i vnější konstrukční prvky. Výhodou jsou dobré mechanické vlastnosti, přírodní aroma a textura, ušlechtilý povrch. Materiál je lehko opracovatelný a lehce se spojuje.

7.4.3 PŘEKLIŽKY

Vlastnosti a rozměry:

- Tloušťka: 4, 5, 8, 12, 15, 18, 22, 25, 28, 32, 35, 40 [mm]
- Šířka: 1200, 1220, 1500 [mm]
- Délka: 2400, 2440, 2500 [mm]
- Hustota: 600 až 900 [kg.m⁻³]
1300 [kg.m⁻³] zhuštěné překližky
- Pevnost v ohybu v podélném směru: 40 až 70 MPa
zhuštěné překližky 130 MPa



Obrázek 22: Překližky [12]

Vyrábí se slepením dýh. Mají minimálně tři vrstvy. Materiál má stály tvar a objem, to dopomáhá vynikajícím mechanickým vlastnostem. Druh dýhy ovlivňuje tyto vlastnosti. Dýha je použita hlavně ze smrku, jedle, buku, břízy a topolu. Lepidla se používají fenolformaldehydové a močovinoformaldehydové. Nevýhoda je vyšší cena. Používají se jako oplášťující materiál.

7.4.4 DŘEVOTŘÍSKOVÉ DESKY (DTD)

Vlastnosti a rozměry:

- Tloušťka: 6, 8, 10, 12, 13, 15, 16, 18, 19, 22, 30, 32, 38 [mm]
- Šířka: 1830, 2135 [mm]
- Délka: 2750, 3600, 5500 [mm]
- Hustota: 730 až 880 [kg.m⁻³]
- Pevnost v ohybu: 15 MPa



Obrázek 23: Dřevotřískové desky [12]

Vyrábějí se slepením jemných třísek pod tlakem. Hlavní výhodou je nízká cena a dobré vlastnosti. Používají se na opláštění stěn rámových konstrukcí. Všeobecně se používají v suchém prostředí desky DTD V 20. Vyrábějí se ale i desky se speciálními vlastnostmi. DTD V 70 jsou desky pro prostředí s vyšší vlhkostí, nejsou však odolné proti větrným vlivům. DTD V 100 desky určené pro vnější opláštění, jsou odolné vůči vzdušné vlhkosti. Další desky jsou například protipožární nebo pro styk s interiérem.

7.4.5 DESKY OSB (ORIENTED STRAND BOARD)

Vlastnosti a rozměry:

- Tloušťka: 6, 8, 9, 10, 11, 12, 15, 18, 22, 25, 28, 30, 34, 38, 40 [mm]
Standardní tloušťky jsou 10, 12, 18, 22 [mm]
- Hustota: 600 až 640 [kg.m⁻³]
- Součinitel tepelné vodivosti: 0,13 W.(m.K)⁻¹
- Maximální šířka pro individuální dodávku: 2800 mm
- Maximální délka pro individuální dodávku: 7500 mm
- Součinitel délkového sesychání: 0,030
- Faktor difuzního odporu: 350 až 450
- Standardní formáty pro opláštění stěn: 1250/2650, 1250/2800 mm
- Standardní formáty pro záklopy s perem a drážkou: 675/2500, 1230/2600 mm
- Pevnost v ohybu v nosné ose: 22 až 38 MPa podle tloušťky a třídy OSB
- Obsah formaldehydu: méně než 8 mg na 100 g (zařazení do třídy E1)



Obrázek 24: Desky OSB [12]

Výroba je stejná jako u DTD, s rozdílem slepení větších třísek. Lze vyrobit mnoho individuálních rozměrů, díky tomu vzniká minimální odpad. Desky se dají lehce spojovat a opracovávat. Díky své ceně jsou optimálním řešením mezi drahými překližkami s lepšími mechanickými vlastnostmi a lacinějšími DTD s horšími vlastnostmi. V dřevěných konstrukcích se můžou všestranně používat. Používají se na opláštění, podlahu, střešní záklopy atd. Mají čtyři různé třídy. OSB/1 jsou všechny typy desek, pro suché prostředí a pro interiéry. OSB/2 jsou nosné desky pro suché prostředí. OSB/3 jsou nosné desky pro vlhké prostředí. OSB/4 jsou desky s velkou zátěží pro vlhké prostředí.

7.4.6 DŘEVOVLÁKNITÉ DESKY (DVD)

Vlastnosti a rozměry tvrdých DVD, které se vyrábí mokrým způsobem:

- Tloušťka: 3, 4, 5, 6 [mm]
- Šířka: 1220 [mm]
- Délka: 3600, 5490 [mm]
- Hustota: 850 [kg.m⁻³]
- Pevnost v ohybu: 39 MPa



Obrázek 25: Dřevovláknité desky [12]

Vlastnosti a rozměry měkkých DVD:

- Tloušťka: 12, 16, 20 [mm]
- Šířka: 600, 1220 [mm]
- Délka: 1220, 2440 [mm]
- Hustota: 200 [kg.m⁻³]
- Pevnost v ohybu: 2 až 3 MPa
- Součinitel tepelné vodivosti: 0,13 W.(m.K)⁻¹

Vlastnosti a rozměry desek MDF a HDF:

- Tloušťka: 8 až 30 [mm]
- Šířka: 1830 [mm]
- Délka: 2750 [mm]
- Hustota: 600 až 800 [kg.m⁻³]
- Pevnost v ohybu: 20 až 30 MPa

Vyrábí se rozvlákněním dřevní hmoty na jemná vlákna, dále se vlákna slisují. Desky se dělí podle tvrdosti na měkké, polotvrdé (MDF – Medium Density Fiberboard) a tvrdé (HDF-High Density Fiberboard). Další dělení je podle výroby mokrým a suchým způsobem. Desky DVD mají velmi dobré tepelnětechnické a akustické vlastnosti. Využívají se na skladby stěn jako ekologicky izolační materiál. Desky MDF a HDF se využívají na vnější opláštění pod obklad a výplňový materiál obvodových stěn. Dále jako nosné jádro do prefabrikovaných podlah, na dřevní desky. Desky MDF velmi dobře pohlcují zvuk.

7.4.7 DŘEVOCEMENTOVÉ DESKY

Vlastnosti a rozměry desek na bázi dřevní vlny:

- Tloušťka: 25, 35, 50, 75 [mm]
- Šířka: 500, 600 [mm]
- Délka: 2000 [mm]
- Hustota: 400 až 450 [kg.m⁻³]
- Součinitel tepelné vodivosti: 0,07 až 0,08 W.(m.K)⁻¹
- Faktor difuzního odporu: 4 až 6



Obrázek 26: Dřevocementové desky [12]

Vlastnosti a rozměry desek na bázi třísek:

- Tloušťka: 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 24, 26, 28, 30, 32, 34, 36, 38, 40 [mm]
- Šířka: 1250 [mm]
- Délka: 3350 [mm]
- Hustota: 1250 až 1350 [kg.m⁻³]
- Pevnost v ohybu: 9 MPa a více

U těchto desek je pojivem cement, který zlepšuje mechanické vlastnosti. Dřevocementové desky na bázi vlny jsou lehké a izolační. Využívají se jako vrchní uzavírací podklad pod omítkou. Cementotřískové jsou tvrdé opláštějící desky. Mají lepší mechanické vlastnosti, ale při změně vlhkosti nejsou rozměrově stálé [4] [12].

8 VÝHODY A NEVÝHODY DŘEVOSTAVEB

8.1 VÝHODY

V současnosti se domy vyrobené ze dřeva (sloupková konstrukce, prefabrikované panely) srovnávají svými fyzikálními vlastnostmi domům s konstrukcí na bázi silikátové. Mají výrazně lepší tepelnou ochranu. Jednou z hlavních výhod je také velmi rychlá doba výstavby. Mezi největší přednosti patří malá zátěž životního prostředí. Vyrábí se z obnovitelných zdrojů. Při výstavbě konstrukce ze dřeva je nízká hodnota energetické náročnosti. Energetická náročnost při výrobě 1 tuny materiálu v porovnání se dřevem:

- Pálená cihla – 3násobně větší
- Cement – 4násobně větší
- Beton – 6násobně větší
- Konstrukční ocel – 24násobně větší
- Slitiny hliníku – 126násobně

Energetická náročnost v praxi, když se zváží malá hmotnost ke své únosnosti, je ještě nižší při výrobě střešní konstrukce – krokve délky 7,3 m. Nezahrnuje se energetická náročnost na likvidaci konstrukce, kde by došlo k dalšímu snížení ve prospěch dřevěné konstrukce.

Tabulka 9: Energetická náročnost - výroba krokve [4]

Materiál	Objem prvku	Hmotnost	Energetická náročnost (výroba, doprava)
Smrkové dřevo	0,125 m ³	87,5 kg	55,8 MJ
Železobeton	0,173 m ³	440 kg	1660 MJ

Výhody dřeva jako suroviny ve stavebnictví:

- Dřevo snižuje skleníkový plyn CO₂
- Obnovitelný zdroj – les se obnoví v porovnání s délkou lidského života stejně rychle
- Dřevo lze využít na nosné konstrukce, na výplně stěn i na nábytek
- Snižuje zatížení životního prostředí
- Při výrobě dřevěných konstrukcí se snadno zpracuje odpad
- Dřevo se v přírodě biologicky rozloží, začlení se zpět do přírodního řetězce

Další výhody dřeva z hlediska fyzikálního, hygienického a užitkového:

- Příznivé tepelnětechnické vlastnosti, nízká tepelná vodivost, nízká emisivita povrchu
- Malá objemová hmotnost dřeva
- Výborné akustické vlastnosti, útlum hluku v materiálu
- Dřevo je schopné regulace vlhkosti v interiéru
- Dobré mechanické vlastnosti vzhledem k hmotnosti
- Lehce se opracovává, spojuje, rozděluje, lehká montáž, přeprava a skladování
- Přírodní textura, barva, vůně, pozitivní vliv na člověka

- Dobré izolační vlastnosti, žádné magnetické vlastnosti
- Dřevo může pohlcovat elektromagnetický smog
- Nízká úroveň radiace
- Nízké ceny energie, dobré ekonomické parametry
- Možnost výstavby svépomocí, dostupné nástroje na výstavbu
- Není možná mokrá výstavba, tím se vyloučí poruchy v důsledku vlhkosti [4] [14]

8.2 NEVÝHODY

Dřevěné konstrukce mají tyto nevýhody:

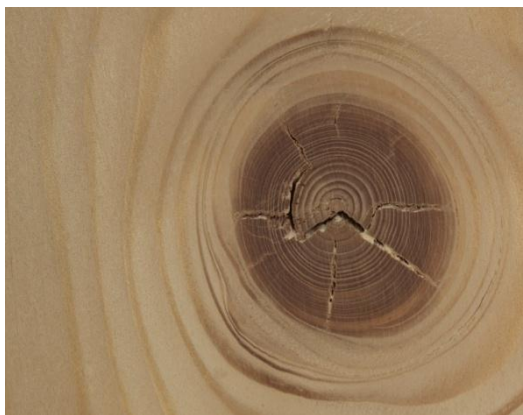
- Omezená trvanlivost dřeva jako materiálu má za následek nižší životnost
- Protipožární odolnost je nižší než u silikátových materiálů (beton, cihla)
- Vlhkost mění tvar a objem dřeva
- Anizotropie dřeva, ve dřevě se vyskytuje mnoho chyb (suky, trhliny)
- Reologické vlastnosti dřeva (tečení, dodatečné dotvarování)
- Nižší životnost v přítomnosti živelných pohrom

Tyto nevýhody lze z větší části eliminovat. Použijeme vhodný druh dřeva s materiálem protipožárním. Dřevěné konstrukce chemicky ošetříme.

Životnost a porucha dřeva je ovlivněna těmito vlivy:

- Abiotické
 - Vlivy atmosféry (sluneční záření, kyslík, voda, prach, vítr atd.)
 - Agresivní chemikálie (kyseliny, zásady, oxidační činidla, nevhodně použitá lepidla a nátěry)
 - Vysoké teploty (sálavé a plamenné, které vyvolají hoření a degradaci dřeva)
- Biotické
 - Aerobní a anaerobní bakterie
 - Plísňe, dřevokazné a dřevozbarvující houby
 - Dřevokazný hmyz [4]

Mezi nejčastější vady dřeva patří suky. Suk je část větve, která obrostle dřevem a přeruší normální průběh letokruhů [13].



Obrázek 27: Suk ve dřevě [13]

9 APLIKACE DŘEVA V KONSTRUKCI

9.1 KONSTRUKČNÍ SYSTÉMY DŘEVĚNÝCH STAVEB

V dřevěných stavbách se využívá několik typů konstrukčních systémů, každý systém má své přednosti a nedostatky:

Tabulka 10: Konstrukční systémy - přednosti, nedostatky [4]

Konstrukční systém	Přednosti	Nedostatky
Panelový	maximální finalizace ve výrobě, automatizace uzlů výroby, rychlá hrubá nebo finální montáž stavby, možnost lepší kontroly kvality	potřeba techniku na dopravu při výrobě a montáži, omezená výstavba v náročnějších podmínkách terénu, vyšší režie (provoz výrobních hal a techniky)
Srubový	vysoký stupeň přípravy hrubé stavby ve výrobě, menší nároky na montážní a dopravní techniku, hezká architektura, plné uplatnění dřeva	vyšší pracnost a velké množství dokončovacích prací při montáži, objemové a tvarové změny stavby, vyšší cena
Hrázděný	hezká architektura, menší nároky na montážní a dopravní techniku, lepší akumulární vlastnosti stěny	větší výrobní náročnost (opracování), velké množství dokončovacích prací při montáži
Sloupkový	výrobní a montážní technická nenáročnost, pružné řešení změn a problému při montáži tím odpadá vysoká režie výroby	výroba a montáž na staveništi – konstrukce je vystavená větru, potřebná vyrovnaná plocha na staveništi pro výrobu stěn
Skeletový	ekonomičtější zakládání, mnoho variant uspořádání příček, možnost vytvořit velké vnitřní prostory	náročnější technika při montáži, vyšší pracnost při montáži, vyšší nároky na dřevěné nosné prvky
Z prefabrikovaných tvarovek	možnost výstavby svépomocí, rychlá montáž, nenáročná doprava	vyšší náročnost výroby

9.1.1 PANELOVÝ KONSTRUKČNÍ SYSTÉM

Je jedním z nejvíce používaných konstrukčních systému. Základem konstrukce panelu je dřevěný rám, ten je konstrukčně přizpůsobený s ohledem na jeho funkci. Rozdílná funkce je pro panel stropní, stěnový, obvodový, příčkový nosný a nenosný. Dřevěný rám je oplášťován vhodně zvoleným velkoplošným materiálem, používá se například dřevotřísková deska,

sádrovláknitá deska nebo deska OSB. Prostor mezi žebry dřevěného rámu a desek určených na opláštění je vyplněn tepelnou a zvukovou izolací. Panely mohou být vyrobeny ve výrobě na hrubo nebo mohou být vyrobeny už i se zabudovanými okny a dveřmi. Rozměry panelů se mohou pohybovat od šířky 1,2 m s hmotností do 80 kg (při stavbách kde se využívá montáž svépomocí) až po celostěnové panely dlouhé až 12 m.

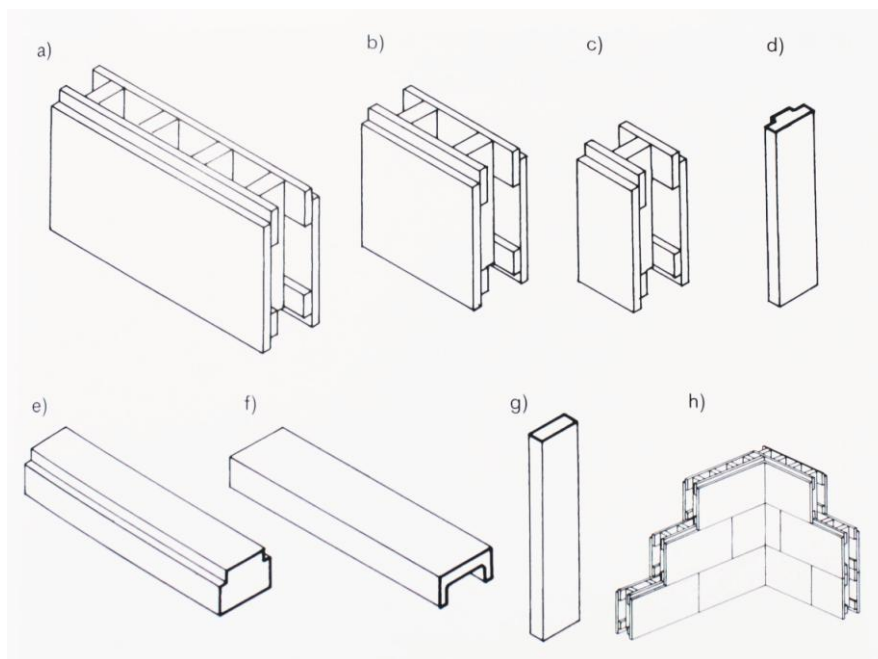


Obrázek 28: Panel opláštěný nahrubo velkoplošným materiálem [4]

a) dřevěný rám panelu, b) opláštění

9.1.2 STĚNOVÁ SOUSTAVA Z PREFABRIKOVANÝCH TVAROVEK

Stěny se vyzdívají z prefabrikovaných tvarovek, je to suchý způsob montáže. Základní kus je tvořený z 5 až 10 kg vážícího dutého modulu, jehož délka je 600 mm a výška přibližně 300 mm. Moduly se vyrábí i poloviční, čtvrtinové a doplňkové prvky. Tvarovky do sebe zapadnou pomocí pera a drážky nebo se spojí kolíkem. Stěna je vyztužena na výšku vloženými hranoly nebo z venku nabitými latěmi. Tvarovky se vyrábí z vysušených desek a ekologického lepidla. Dutiny, které vznikly při výstavbě, se vyplní tepelnou izolací (recyklovaný papír, korek nebo perlit). Z venkovní strany se obvodové stěny obkládají kontaktní fasádou nebo izolací tepelnou s mezerou na odvětrání.



Obrázek 29: Prefabrikované tvarovky [4]

a) základní kus, b) poloviční kus, c) doplňkový kus, d) ostění, e) práh, f) vrchní uzavírací překlad, g) vkládaný výztužný hranol, h) vazba stěny

9.2 DŘEVĚNÉ STROPY

Stropní konstrukce se vytváří z důvodu rozdělení budovy na výšku. Jsou to nosné prvky, které musí přenášet svislé zatížení od vlastní tíhy konstrukce, nenosných příček, váhy osob, zařízení a nábytku, případně i mimořádné zatížení. Dřevěné stropy se rozdělují podle typu konstrukce:

- Klasické stropy
 - Povalové
 - Trámové (s přiznanými trámy, s přiznanými trámy a zapuštěným podbitím, s rovným podhledem na stropních trámech, s křížovými vzpěrami)
 - Kazetové
 - Fošnové (se šikmými rozpěrami ze sbíjených fošen)
- Současné stropy
 - Fošnové
 - Z nosníku složeného průřezu
 - Krabicové
 - Z masivního dřeva
 - Dřevobetonové

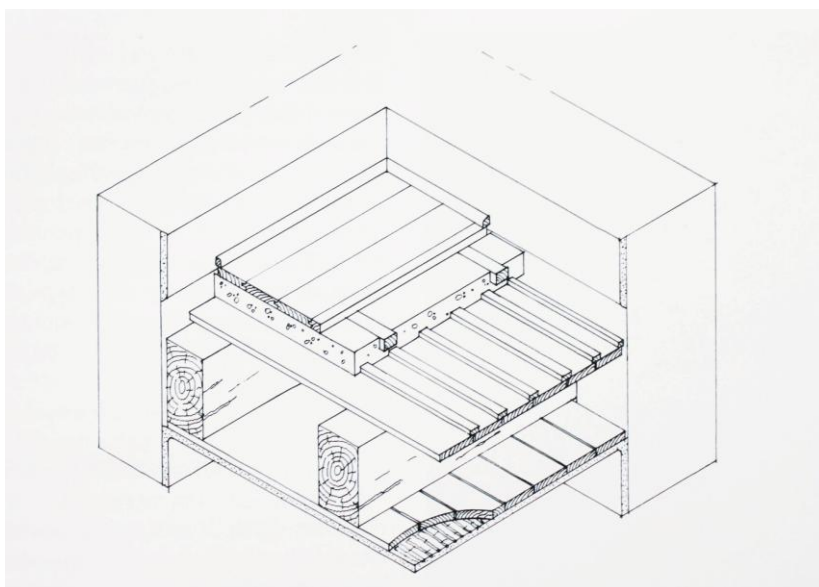
9.2.1 TRÁMOVÉ STROPY

Nosná funkce je splněna pomocí stropních trámů (tzv. stropnic). Stropnice jsou rozmístěny pravidelně 0,9 - 1,2 m od sebe. V případě náročného půdorysu budovy se rozmístí vějířovitě. Průřez stropnic je dán rozpětím a zatížením stropu. Šířka $b = 80 - 200$ mm, výška $h = 120 - 300$ mm. Výška se přibližně počítá podle vztahu $h = 20 \cdot l + 180$ [mm], l – rozpětí v metrech. Výška stropnice k šířce bývá v poměru 1,4 – 2. Při velkém rozpětí nebo namáhání se používají profily z lepeného lamelového dřeva. Délka uložení stropnic na nosné stěně je

150 – 200 mm. Zhlaví trámu je kladeno na podložky ošetřené biocidem, dělá se to kvůli ochraně před vlhkem a biopoškozením. Mezi zdívkou a trámem musí být ze všech stran vzduchová mezera minimálně 50 mm.

Trámový strop s rovným podhledem

Stropnice se ze spodní strany obkládají prkny o tloušťce 25 mm a omítkou na rákosovém pletivu nebo dřevěným obkladem. Vzniká dvojité nosná konstrukce. Průhyby stropnic se nepřenášejí do podhledu. Spodní trámy slouží pouze pro přenos zátěže podhledu. Tato konstrukce přináší lepší požární odolnost a neprůzvučnost.



Obrázek 30: Trámový strop s rovným podhledem [4]

9.3 STŘEŠNÍ KONSTRUKCE

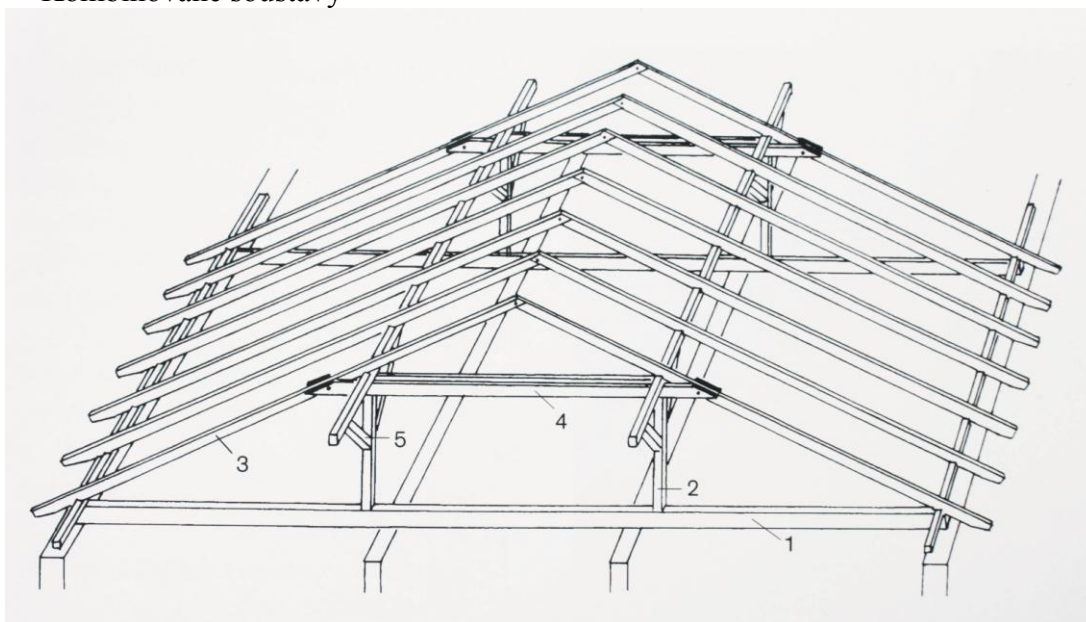
Konstrukce šikmých střech se z velké části vyrábí pomocí dřevěných krovů. Krovy umožní překlenutí velkých rozponů, různých tvarů a sklonů. Nejdůležitější funkce střechy je chránit budovu před srážkami. Využívá se sklon, systém odvodnění, systém zachycení sněhu. Konstrukce musí přenášet vlastní zatížení, zatížení sněhem, větrem, náhodným prvkem atd. Rozdílné, přísnější nároky na střešní konstrukce je u obytného podkroví. Střešní plášť musí splňovat tepelnou ochranu. Krovové konstrukce se dělí podle typu nosné soustavy:

- Vaznicové soustavy (stožatá, ležatá stolice atd.)
- Hambálkové soustavy
- Vlašské soustavy
- Soustavy pilových střech
- d' Ardantova soustava
- Soustavy krovů věží
- Vazníkové soustavy
- Rámové soustavy
- Skruže
- Úsporné soustavy samonosných střešních rovin
- Kombinované soustavy

9.3.1 VAZNICOVÉ SOUSTAVY

Základní nosný prvkem je vodorovně uložený hranol (tzv. vaznice). Vaznice je podepřena sloupky nebo je uložena na nosné obvodové stěně (tzv. pozednice). Na vaznice se kladou krokve, ty mají směr největšího spádu střechy. Střešní plášť je podle druhu nesen latěmi nebo bedněním. Díky efektivnímu využití řeziva se dospělo k optimálním rozměrům vzdáleností podpor nosných prvků. Pro tenké prvky (laťování, bednění) 0,9 až 1,2 m, pro středně silné prvky (vaznice, krokve) 3 až 4,5 m, pro silné prvky (vazné trámy) 6 až 8 m. Krokve podepírají laťování, jsou od sebe vzdálené 0,9 až 1,2 m. Vaznice je podepřena sloupky, ty jsou od sebe vzdálené 3 až 4,5 m. Když je rozpon větší jak 8 m je nutné vazný trám podepřít nad nosnou stěnou nebo ho odlehčit pomocí věšadel a vzpěradel. Vaznicové soustavy se dělí podle polohy sloupků a nosných prvků:

- Stojatou stolicí
- Ležatou stolicí
- Věšadla
- Vzpěradla
- Mansardové krovy
- Kombinované soustavy



Obrázek 31: Prvky vaznicové soustavy [4]

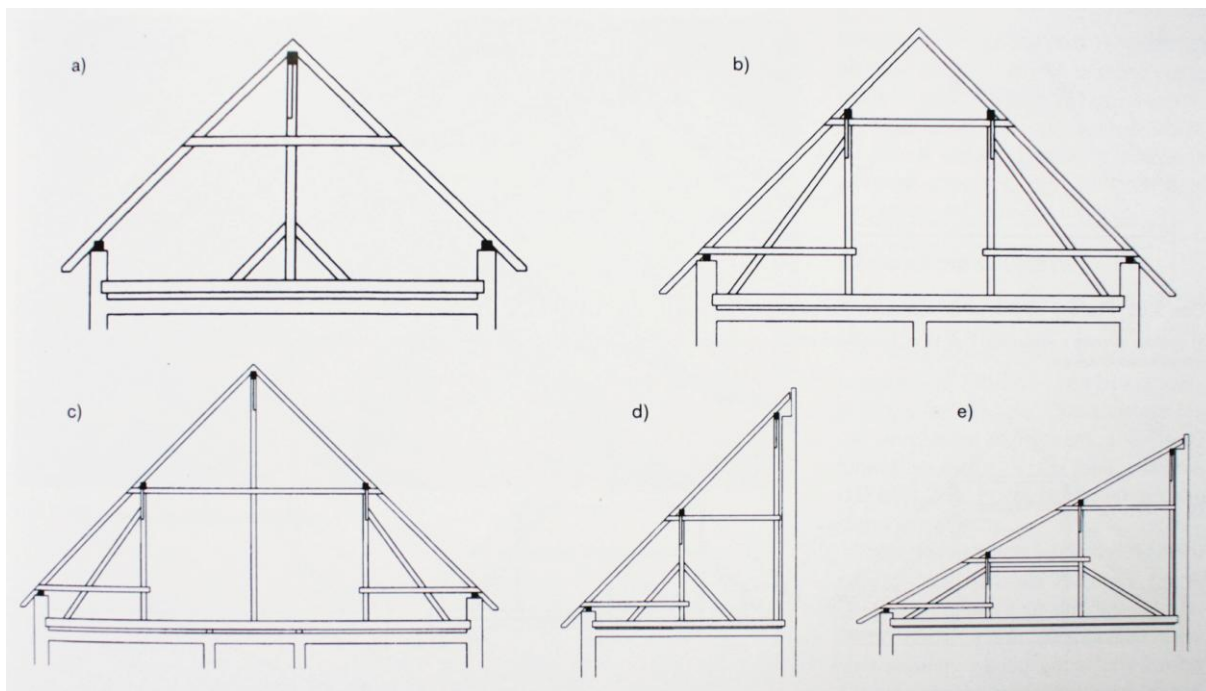
1 - vazný trám, 2 – sloupek, 3 – krokve, 4 – kleština, 5 – zavětrovací pásek

Stojatá stolice

Vaznice jsou u stojaté stolice podepřeny svislými sloupky. Sloupky jsou ukotveny ve vazných trámech. Sklon střechy a rozpon ovlivňuje počet a rozložení vaznic, musí se dodržet optimální vzdálenosti podepření krokví. Tyto vzdálenosti by neměly být větší než 4,5 m mezi vaznicemi. Rozložení vaznic stojaté stolice:

- Sedlová střecha
 - dvě pozednice, jedna vrcholová vaznice pro rozpon 6 až 8 m

- dvě pozednice, dvě boční vaznice pro rozpon 7 až 12 m
- dvě pozednice, jedna vrcholová, dvě boční vaznice pro rozpon 12 až 16 m
- Pultová střecha
 - jedna pozednice, jedna vrcholová, jedna boční vaznice pro rozpon 6 až 8 m
 - jedna pozednice, jedna vrcholová, dvě boční vaznice pro rozpon 8 až 12 m



Obrázek 32: Přehled plných vazeb stojaté stolice na různé rozpony a tvary střech [4]

a) sedlová střecha s rozponem 6 až 8 m, b) sedlová střecha s rozponem 7 až 12 m, c) sedlová střecha s rozponem 11 až 16 m, d) pultová střecha s rozponem 6 až 8 m, e) pultová střecha s rozponem 7 až 12 m [4]

9.4 SPOJOVÁNÍ DŘEVA

Dřevo se k sobě spojuje pomocí spojovacích prostředků (hřebíky, vruty, skoby, svorníky). Každé dřevo má různou schopnost držet tento spojovací prostředek. Schopnost udržení spoje se stanoví jako síla, kterou potřebujeme na vytažení nebo vniknutí spojovacího prostředku do dřeva [2] [7].

Tabulka 11: Síla potřebná k vytažení spojovacího prostředku [2]

Rozměr spojovacího prostředku	Druh dřeva a směr					
	Borovice		Dub		Habr	
	rad.	tang.	rad.	tang.	rad.	tang.
Hřebík 2,8 x 40 mm	320 N	290 N	670 N	680 N	290 N	230 N
Vrut 2,6 x 22 mm	740 N	750 N	1 210 N	1 080 N	510 N	470 N

9.5 MONTÁŽ OBJEKTŮ Z PANELŮ

Pro velkoformátové panely je nutné mít jeřáb, pro stavbu svépomocí jsou vhodné panely s maximální délkou 1,2 m. Montážní postup v jednotlivých bodech:

- Musí být připravená základová deska, dále se postupuje sestavením a montáží vodících – základových prahů pro obvodové a příčkové panely přízemí. Postupuje se podle montážního výkresu.
- Obvodové a příčkové panely přízemí se sestaví a spojí pomocí jeřábu. Musí se postupovat podle montážního výkresu sestavy panelů přízemí, kde je vyznačené pořadí sestavení.
- Pokračuje se montáží vrchního ztužujícího věnce panelů přízemí podle montážního plánu ztužujícího věnce.
- Stropní panely se sestaví a spojí podle montážního výkresu sestavy panelů stropu ve vyznačeném pořadí. Sestavení probíhá za pomoci jeřábu.
- Dále se postupuje sestavením a montáží vodících prahů pro obvodové a příčkové panely nadstavby na stropní panely. Postupuje se podle montážního plánu vodících prahů podkroví.
- Obvodové a příčkové panely nadstavby se sestaví a spojí pomocí jeřábu. Musí se postupovat podle montážního výkresu sestavy panelů nadstavby, kde je vyznačené pořadí sestavení.
- Sestavení a spojení krovové konstrukce. Krovy jsou předem připravené. Sestavení se realizuje za pomoci jeřábu podle montážního plánu krovové konstrukce (montáž vaznic, pozednic, krokví atd.).
- Střešní konstrukce se zakryje pojistnou hydroizolací.
- Střecha se pokryje vybranou střešní krytinou, k tomu se vztahují i klempířské práce.
- Osazení oken a vchodových dveří.
- Dokončení panelů z venkovní strany (zateplení, obklady).
- Dokončení konstrukce v interiéru (hrubé podlahy, rošty pro obklady, obklady stěn, podhledy stropů, zateplení a obklady podkroví, nášlapné vrstvy podlah, dlažby, keramické obklady, interiérové zárubně dveří, montáž schodů)
- Při montáži objektů z panelů se zároveň myslí na montáž zděných konstrukcí (krb, komín), montáž elektroinstalace, montáž vytápěcího systému, montáž zdravotní techniky, montáž odsávacího systému [4].



Obrázek 33: Postup montáže panelového domu [4]

ZÁVĚR

Dřevo je přírodní materiál člověku velmi blízký. To je dáno tím, že jím byl v minulosti nejvíce obklopován. Dřevo lze nahradit umělými materiály, ale celková náhrada je prozatím nemožná. Svými vlastnostmi, krásou, přirozeností a kvalitou v nás vzbuzuje dojem bezpečí a má pozitivní vliv na naši psychiku. V dnešní době sehrává podstatnou roli ve výstavbě nových domů, protože se mnohem více mluví o návratu člověka k přírodě a k přírodním materiálům. Použití dřeva v interiéru má také kladný vliv na naše zdraví. Vyrovnává v místnosti vlhkost ovzduší, to má blahodárný účinek na lidský organismus. Dřevěné výrobky se dají lehce opravovat a inovovat, nabízí nám možnost použití barevných nátěrů. Ve dřevě se netvoří elektrostatický náboj, který vede k většímu množství nečistot a nutnosti častější údržby. Je to zdravotně nezávadný materiál, například při požárech neprodukuje žádné jedovaté plyny. V souvislosti s hořením se často mluví o tom, že hořlavost je nevýhoda dřeva. Je tomu právě naopak. Dřevo z jistého hlediska je výborný protipožární materiál. Například dubová deska o tloušťce 18 mm prohoří zhruba za půl hodiny, proti tomu plasty už budou dávno rozteklé. Je to materiál pružný, který neničí životní prostředí. V konstrukcích je dřevo hojně zastoupeno díky svým vlastnostem. Dá se lehce obrábět a pracuje se s ním velmi lehce. Má nízkou měrnou hmotnost vůči ostatním materiálům, které se na konstrukce užívají. Je snadné ho spojovat pomocí šroubů, klínů a dalších prvků.

Dle mého názoru se dřevo bude v budoucnosti i nadále užívat. Bude se stoprocentně nacházet v domácnostech ve formě nábytku. Mnohé zastoupení najde i při výstavbě budov. Co se týče střešních konstrukcí, je tento materiál nepostradatelný.

POUŽITÉ INFORMAČNÍ ZDROJE

- [1] VAVERKA, Jiří. *Dřevostavby pro bydlení*. 1. vyd. Praha: Grada, 2008, 376 s. ISBN 978-80-247-2205-4.
- [2] VAVRČÍK, Ing. H., T. VÁVRA, Ing. V. GRÝC, L. WONDRÁČEK, J. ZÁLESKÝ, RNDr. P. MAZAL, RNDr. L. GANDELOVÁ a RNDr. J. ŠLEZINGEROVÁ. *Anatomická stavba dřeva: multimediální výukový materiál* [online]. Ústav nauky o dřevě, 2002, 11-11-2003 [cit. 2013-05-17]. Dostupné z: http://wood.mendelu.cz/ml/multimedia/stavba_dreva/index.htm
- [3] WERTHANOVÁ, Marie. *Atlas makrostruktury dřeva exotických dřevin*. Ústí nad Labem, 2010. Dostupné z: http://www.atlasdreva.hu.cz/makro_exoticke/uvod.html. Diplomová práce. Univerzita J. E. Purkyně.
- [4] ŠTEFKO, Jozef, Ladislav REINPRECHT a Petr KUKLÍK. *Dřevěné stavby: konstrukce, ochrana a údržba*. 2. české vyd. Bratislava: JAGA, 2009, 197 s. ISBN 978-80-8076-080-9.
- [5] Dřevo, fyzikální a mechanické vlastnosti, vady dřeva, vlhkost a sušení dřeva. In: *Humlnet* [online]. 2008 [cit. 2013-05-17]. Dostupné z: http://drevari.humlak.cz/data_web/Data_skola/HUdreva/2.pdf
- [6] ŠPLÍCHAL, Václav a Marie OTAVOVÁ. *Poselství dřeva: most mezi minulostí, přítomností a budoucností : historická paměť, svědectví, vize*. Vyd. 1. Letohrad: Golempress, 2007, 702 s. Zlaté ruce. ISBN 978-80-903883-0-7.
- [7] DUTKO, Pavel. *Drevené konštrukcie: príklady*. 2. preprac. vyd. Bratislava: Vydavateľstvo STU, 2004, 263 s. ISBN 80-227-2038-0.
- [8] *Dřevo: historický lexikon : [tradice z pohledu dneška]*. 1. vyd. Praha: Grada, 2005, 78 s. ISBN 80-247-1187-7.
- [9] Dřevo a jeho ochrana: Chemické složení dřeva. In: *Akela.mendelu.cz: studentský server* [online]. 2003, 2013 [cit. 2013-05-17]. Dostupné z: https://akela.mendelu.cz/~xcepl/inobio/EOPORY/DROCH-Drevo_a_jeho_ochrana/droch_cv_02-3per1.pdf
- [10] MALÝ, Robert. *Hoblina: tradiční tesařství* [online]. 2009 [cit. 2013-05-17]. Dostupné z: <http://www.roubenkyasruby.cz/index.html>
- [11] ZAJÍC, Ing. M. a F. ZAJÍC. *TFDesign s. r. o.* [online]. 2005, 2011 [cit. 2013-05-17]. Dostupné z: <http://www.tfdesign.cz/>
- [12] BÖHM, Martin, Jan BOMBA a Jan REISNER. ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE, Fakulta lesnická a dřevařská, Katedra zpracování dřeva. *Materiály na bázi dřeva* [online]. 2012 [cit. 2013-04-22]. ISBN 978-80-213-2251-6. Dostupné z: http://fld.czu.cz/~bohmm/materialy_na_bazi_dreva.pdf

- [13] ZEIDLER, Aleš. Lexikon vad dřeva. *Http://fld.czu.cz* [online]. [cit. 2012-04-08]. Dostupné z: http://fld.czu.cz/~zeidler/lexikon_vad/
- [14] ŠKRABALOVÁ, Eva. *Dřevostavby*. 1. vyd. Brno: ERA group, 2002, 118 s. ISBN 80-86517-39-x.
- [15] *Malá voda* [online]. 2004 [cit. 2013-05-17]. Dostupné z: <http://mve.energetika.cz/>
- [16] Lodní noviny: Vše o jachtingu. [online]. [cit. 2013-05-22]. Dostupné z: <http://www.lodninoviny.cz/stavba-a-udrba/clanky/stavba-a-ba/pro-lod-ze-deva>
- [17] *První proudová stíhací letadla* [online]. [cit. 2013-05-22]. Dostupné z: <http://ppsl.xf.cz/>
- [18] *Jodel* [online]. [cit. 2013-05-22]. Dostupné z: <http://www.jodel.com/>
- [19] *Renovo Bicycles* [online]. 2012 [cit. 2013-05-22]. Dostupné z: <http://www.renovobikes.com/>
- [20] LANGR, Michael. Jak se vyrábějí dřevěné hokejky pro Martina Ručinského. In: HUDÁK, Luděk. *Digitální žurnalistika na příkladu iDnes* [online]. Brno: [s.n.], 2001 [cit. 2013-05-22]. Dostupné z: http://hokej.idnes.cz/video-jak-se-vyrabeji-drevene-hokejky-pro-martina-rucinskeho-p5l-/hokej.aspx?c=A091120_134910_hokej_lge
- [21] *Tenispro* [online]. [cit. 2013-05-22]. Dostupné z: <http://www.tenispro.cz/novinky/tenisove-rakety-wilson-vyvoj-a-technologie-11/>
- [22] *ITEST* [online]. [cit. 2013-05-22]. Dostupné z: <http://www.itest.cz/hobby/unis.htm>
- [23] HARMON, Joe. *Building the Splinter* [online]. [cit. 2013-05-22]. Dostupné z: <http://joeharmon.blogspot.cz/>

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

a, b	[mm]	rozměry tělesa
A_w	[J.cm ⁻²]	dynamická houževnatost dřeva
c	[J.kg ⁻¹ .K ⁻¹]	měrné tepelná kapacita
d	[m]	vnitřní průměr kola v metrech
D	[m]	vnější průměr kola v metrech
E	[MPa]	modul pružnosti
F	[N]	působící síla
F_{max}	[N]	maximální síla zatížení
G	[MPa]	smykový modul pružnosti
h	[m]	výška
h_1	[m]	vrchol kola pod hladinou
H	[m]	výška spádu
l	[mm]	délka smykové plochy
lop.	[ks]	minimální počet lopatek
l_0	[m]	vzdálenost mezi podporami
m_c	[kg]	hmotnost vysušeného zkušební vzorku
m_w	[kg]	hmotnost zkušební vzorku
n	[ot./min.]	otáčky kola
P_1	[W]	výkon
Q	[m ³]	průtok
s	[m]	jmenovité zdvižení stavidla
S	[m ²]	plocha, na kterou síla F působí
w	[%]	vlhkost
W	[J]	práce potřebná k přeražení tělesa
Δu_l	[m]	absolutní deformace ve směru působení sil
Δy	[mm]	průhyb tělesa
ε	[-]	relativní deformace
λ	[W.m ⁻¹ .K ⁻¹]	měrné tepelná vodivost
μ_α	[-]	Poissonovo číslo
ρ	[kg.m ⁻³]	měrná hmotnost dřevní substance
σ_{max}	[MPa]	maximální pevnost dřeva v ohybu
σ_p	[MPa]	pevnost dřeva v tlaku
σ_t	[MPa]	pevnost dřeva v tahu
τ	[MPa]	mez pevnosti ve smyku

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1: Obsahové zastoupení hlavních složek u dřevin [3]	17
Tabulka 2: Mez pevnosti v tlaku ve směru jednotlivých vláken při vlhkosti 12 % [2]	22
Tabulka 3: Mez pevnosti v tlaku napříč vláken v radiálním směru při vlhkosti 12 % [2]	22
Tabulka 4: Modul pružnosti pro jednotlivé směry a zatížení [2]	25
Tabulka 5: Účinnost jednotlivých tipů kol [15]	26
Tabulka 6: Rozsah použití kola [15]	27
Tabulka 7: Konstrukční rozměry kola v závislosti na výšce spádu [15]	27
Tabulka 8: Konstrukční jehličnaté řezivo dodávané podle rozměrů [4]	38
Tabulka 9: Energetická náročnost - výroba krokve [4]	42
Tabulka 10: Konstrukční systémy - přednosti, nedostatky [4]	44
Tabulka 11: Síla potřebná k vytažení spojovacího prostředku [2]	49

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: Části stromu [3]	11
Obrázek 2: Znázornění základních řezů dřevem – příčný, radiální, tangenciální [2]	12
Obrázek 3: Části kmene [3]	13
Obrázek 4: Uspořádání cév a – dub, b – jilm, c – akát, d – ořech, e – bříza [3].....	14
Obrázek 5: Mikroskopická stavba jehličnatých dřevin [2].....	15
Obrázek 6: Mikroskopická stavba listnatých dřevin [2].....	16
Obrázek 7: Borcení dřeva v jednotlivých směrech [10].....	21
Obrázek 8: Použitelnost vodních kol v závislosti na spádu a průtoku [15].....	26
Obrázek 9: Korečník na horní vodu – schéma [15].....	27
Obrázek 11: Výroba jachty technologie strip planking [16]	29
Obrázek 10: Dřevěné auto Splinter [23].....	30
Obrázek 12: Výroba dřevěného trupu letadla D18 [18]	31
Obrázek 13: Renovo R1 [19].....	32
Obrázek 14: Dřevěný nábytek [22]	33
Obrázek 15: Textura smrku [2]	34
Obrázek 16: Textura jedle [2].....	34
Obrázek 17: Textura borovice lesní [2].....	34
Obrázek 18: Textura akátu [2].....	35
Obrázek 19: Textura dubu [2]	35
Obrázek 20: Laťovky [12].....	39
Obrázek 21: Biodesky [12].....	39
Obrázek 22: Překližky [12].....	39
Obrázek 23: Dřevotřískové desky [12].....	40
Obrázek 24: Desky OSB [12].....	40
Obrázek 25: Dřevovláknité desky [12].....	41
Obrázek 26: Dřevocementové desky [12]	41
Obrázek 27: Suk ve dřevě [13].....	43
Obrázek 28: Panel opláštěný nahrubo velkoplošným materiálem [4].....	45
Obrázek 29: Prefabrikované tvarovky [4]	46
Obrázek 30: Trámový strop s rovným podhledem [4]	47
Obrázek 31: Prvky vaznicové soustavy [4]	48
Obrázek 32: Přehled plných vazeb stojaté stolice na různé rozpony a tvary střech [4]	49
Obrázek 33: Postup montáže panelového domu [4].....	51