

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební

Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Konstrukční systémy dřevostaveb

Structural Systems of Timber Frame Houses

Vypracoval: Jakub Rabinský

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

Akademický rok 2022/2023



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
Fakulta stavební
Thákurova 7, 166 29 Praha 6



ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Rabinský Jméno: Jakub Osobní číslo: 494147
Zadávající katedra: Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí
Studijní program: Stavební inženýrství
Studijní obor/specializace: Konstrukce pozemních staveb

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce: Konstrukční systémy dřevostaveb

Název bakalářské práce anglicky: Structural Systems of Timber Frame Houses

Pokyny pro vypracování:

Bakalářská práce bude esejí zaměřenou na konstrukční systémy dřevostaveb.

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
- [6] ČSN Online | Portál FSv ČVUT (cvut.cz)


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

Datum zadání bakalářské práce: 20.02.2023

Termín odevzdání BP v IS KOS: 22.05.2023

Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. 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“.

20.02.2023
Datum převzetí zadání


Podpis studenta(ky)



Čestné prohlášení:

Prohlašuji, že tuto předloženou bakalářskou práci na téma Konstrukční systémy dřevostaveb jsem vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury a zdrojů, a to v souladu s metodickým pokynem o etické přípravě vysokoškolských závěrečných prací. Práci jsem vypracoval pod odborným vedením Ing. Anny Kuklíkové, Ph.D.

V Praze 17.5.2023

.....

Jakub Rabinský

Jakub Rabinský



Poděkování:

Děkuji Ing. Anně Kuklíkové, Ph.D. za spolupráci a odborné vedení této bakalářské práce.
Také bych chtěl poděkovat rodině za pomoc a podporu při psaní bakalářské práce.



Abstrakt

Obsahem této práce je přehled informací o konstrukčních systémech dřevostaveb. Rozdělení staveb ze dřeva na jednotlivé typy, základní charakteristiky a jejich porovnání. V první části se práce zabývá materiálovými vlastnostmi dřeva. Jednotlivými dřevinami a jejich využitím. Následně jsem se zaměřil na historický vývoj dřevostaveb na našem území i v zahraničí. Dalším tématem jsou již jednotlivé typy stavebních konstrukcí. Cílem mé práce je sjednocení informací o moderních konstrukcích dřevostaveb.

Klíčová slova: dřevo, dřevostavba, konstrukce, konstrukční systém, historie dřevostaveb

Abstract

The content of this thesis is an overview of information on structural systems of wooden buildings. The classification of timber buildings into different types, basic characteristics and their comparison. The first part of the thesis deals with the material properties of wood. Individual wood species and their use. Subsequently, I focus on the historical development of wooden buildings in our country and abroad. The next topic is the individual types of building structures. The aim of my work is to unify information about modern wooden building constructions.

Keywords: timber, timber building, construction, construction system, history of timber buildings



Obsah

1.	Úvod	9
2.	Dřevo jako konstrukční materiál	9
2.1.	Stavba dřeva a jeho vlastnosti	10
2.2.	Fyzikální vlastnosti	13
2.2.1.	Vlhkost.....	13
2.2.2.	Hustota dřeva	15
2.2.3.	Hořlavost.....	16
2.2.4.	Akustické vlastnosti dřeva	16
2.2.5.	Tepelné vlastnosti dřeva	17
2.2.6.	Trvanlivost dřeva	17
2.3.	Mechanické vlastnosti	18
2.3.1.	Pružnost	19
2.3.2.	Pevnost.....	19
2.3.3.	Tvrдость.....	20
3.	Vady dřeva	20
3.1.	Dřevokazné houby	21
3.2.	Dřevokazný hmyz	23
4.	Ochrana dřeva.....	24
5.	Těžba dřeva	24
6.	Druhy dřeva.....	26
6.1.	Smrk	26
6.2.	Borovice	26
6.3.	Modřín.....	26
6.4.	Dub.....	26
6.5.	Buk.....	27
7.	Dřevo a materiály na bázi dřeva.....	27
7.1.	Řezivo	27
7.2.	Prutové konstrukční prvky	29
7.2.1.	KVH.....	29
7.2.2.	Lepené DUO a TRIO nosníky	29
7.2.3.	BSH.....	30



7.2.4.	I nosníky	31
7.3.	Deskové materiály na bázi dřeva	31
7.3.1.	OSB Desky	31
7.3.2.	Překližované desky	31
7.3.3.	Sádrovláknité desky – Fermacell	32
7.3.4.	Cementotřískové desky – CETRIS	32
7.3.5.	Dřevovláknité desky se střední hustotou – MDF	32
7.3.6.	Biodesky	33
7.4.	Masivní panely na bázi dřeva	33
7.4.1.	Křížem vrstvené dřevo – CLT panely	33
8.	Historický vývoj	34
8.1.	Počátky stavění ze dřeva	34
8.2.	Historický vývoj konstrukčních systémů	36
8.2.1.	Systém z tyčových prvků	36
8.2.2.	Systém masivních staveb	36
9.	Trendy ve vývoji dřevostaveb	37
10.	Zásady a metody navrhování	38
10.1.	Metoda mezních stavů	39
11.	Konstrukční systémy	40
11.1.	Srubové stavby	40
11.1.1.	Spoje dřevěných prvků	41
11.1.2.	Charakteristické znaky srubových staveb	42
11.1.3.	Sednutí	42
11.2.	Hrázděné stavby	43
11.2.1.	Konstrukční části	44
11.2.2.	Spoje dřevěných prvků	44
11.2.3.	Charakteristické znaky hrázděných staveb	45
11.3.	Původní lehké skelety Ballon Frame, Platform Frame	46
11.3.1.	Balloon Frame	46
11.3.2.	Platform Frame	47
11.3.3.	Charakteristické znaky systému	47
11.3.4.	Vývoj	47



11.4. Lehké skeletové rámové stavby	48
11.4.1. Rastr	48
11.4.2. Rámové stavby v panelovém provedení	48
11.4.3. Konstrukční části	49
11.4.4. Difuzně otevřený a uzavřený systém	50
11.4.5. Charakteristiky	52
11.5. Těžké Skeletové stavby	53
11.5.1. Rastr	54
11.5.2. Konstrukční typy skeletových staveb dle styků prvků	54
11.5.3. Charakteristiky	55
11.6. Masivní panelové stavby	56
11.6.1. Spojování dílců	57
11.6.2. Charakteristiky	58
11.6.3. Příklad	58
11.7. Modulární buňky	59
11.7.1. Konstrukční systém	60
11.7.2. Historie	60
11.7.3. Charakteristiky	60
11.7.4. Příklad – Sara Culture Center	61
12. Závěr	62
13. Použité zdroje	63
13.1. Literatura	63
13.2. Internetové zdroje	63
13.3. Zdroje použitých obrázků a fotografií	73
13.4. Seznam obrázků	78
13.5. Seznam tabulek	79
13.6. Citace	79



1. Úvod

Konstrukční systémy dřevostaveb se s rostoucí problematikou životního prostředí a ekologičností staveb dostává více do popředí. Dřevostavby splňují požadavky na trvale udržitelný rozvoj a použití obnovitelných zdrojů a jsou tak jednou z možností, jak docílit tohoto trendu. Požadavky na technické řešení budov jsou ale neustále přísnější. Konstrukce se rozšiřují do výšky a objemu, a tak se z tradičních konstrukcí srubových, hrázděných a sloupkových portfolio konstrukčních systému dřevostaveb rozšířilo. V mé bakalářské práci bych právě jednotlivé konstrukční typy dřevostaveb chtěl představit a uvést jejich přednosti.

První část bakalářské práce se věnuje dřevu jako stavebnímu materiálu. Shrnuje jeho vlastnosti a dělí ho na jednotlivé výrobky. Pojednává o historii dřevostaveb na území České republiky a v zahraničí. Následující kapitoly již řeší konstrukční systémy.

2. Dřevo jako konstrukční materiál

Dřevo je společně s kamenem nejstarším stavebním materiálem. Přibližně do konce 18. století také jediným používaným stavebním materiálem.

Mezi jeho značné výhody patří rychlost výstavby, kdy odpadá nutnost mokrých procesů. Obnovitelnost stavebního materiálu, který zároveň při svém životním cyklu spotřebovává CO₂ a produkuje O₂ do ovzduší. Výrazná redukce spotřeby energie od růstu, těžby až po zpracování a přepravu výrobků na stavbu. Výrazné omezení množství odpadu v důsledku zpětného použití dřeva.

Naopak mezi nevýhody patří náchylnost k okolním vlivům. Snadné napadání hnilobou, houbami a jinými škůdci. Také objemové změny (sesychání a bobtnání). Proto je nutné dřevo ochránit proti těmto biotickým (dřevokazné houby, bakterie, plísňe, hmyz) a abiotickým činitelům (povětrnostní a chemické vlivy, oheň) Správnou ochranou ale dokážeme nevýhody eliminovat.



2.1. Stavba dřeva a jeho vlastnosti

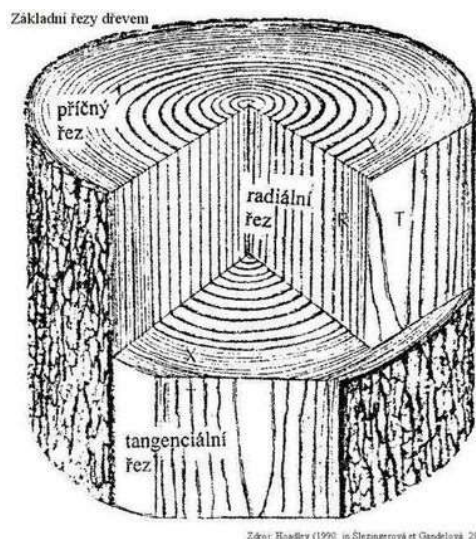
Dřevo je charakteristické svoji vláknitou strukturou, tvořenou buňkami. Jedná se o nehomogenní, anizotropní, organický a hygroskopický materiál.

Po chemické stránce se jedná o kompozitní materiál, který je tvořen z celulózy (lineárních vláken), ligninu (prostorově síťovaných makromolekul), hemicelulózy (větvených vláken) a dalších doprovodných látek přibližně v poměru 50% 20% a 30%. Jeho složení je prakticky stejné u jednotlivých druhů suchých dřevin. Konkrétní hodnoty se pohybují v rozmezí 49,5% uhlík, 44,2% kyslík, 6,1% vodík a 0,2% dusík.

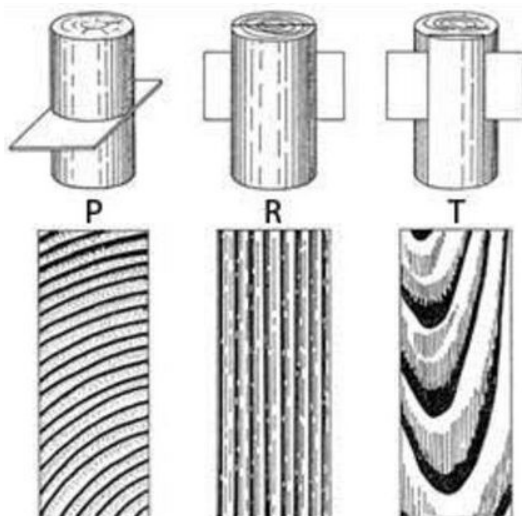
Základní rozdělení dřeva je na jehličnaté a listnaté. Jehličnaté dřevo je měkké a s relativně jednoduchou strukturou, oproti tomu listnaté dřevo bývá tvrdé s komplikovanější strukturou. Ve stavebnictví se pro konstrukce používá více dřevo jehličnaté, zatímco listnaté je využíváno pro estetické účely. Nemusí to být ale pravidlem. Nejpoužívanějším stromem je v České republice smrk, a to převážně pro konstrukční účely. Jeho přednostmi jsou dobrá opracovatelnost a rychlost růstu, naopak mezi nevýhody se řadí nízká odolnost spojována s nízkou hustotou dřeva.

Pro strukturu dřeva je důležité rozlišovat základní tři řezy dřevem.

- Příčný řez (také zvaný čelní, transverzální) – řez vedený rovinou kolmo na osu kmene nebo větve. Charakteristický soustředěným uspořádáním letokruhů.
- Radiální řez (poloměrový) – řez vedený rovinou rovnoběžně s podélnou osou kmene nebo větve, který zároveň touto osou prochází. Letokruhy mají tvar svislých pásů.
- Tangenciální – podobně jako radiální řez je vedený rovinou rovnoběžnou s podélnou osou. Jediným rozdílem je, že touto osou neprochází. Letokruhy jsou ve tvaru parabolických útvarů.



Obr. 1 – Základní řezy dřevem



Obr. 2 – Jednotlivé typy řezů

Makroskopická struktura vytváří charakteristickou kresbu na povrchu dřeva. Je dána souhrnem morfologických znaků a lze ji pozorovat pouhým okem nebo pomocí lupy. Strukturu pozorujeme na příčném řezu, dělí se na kůru (borka, lýko), kambium, dřev a dřevo – běl a jádro.

Vnější část se nazývá kůra, může být tenká až mnohvrstevná a můžeme ji rozlišovat dle vzhledu povrchu například na brázditou, šupinatou, hladkou a bradavičnatou. Nachází se na povrchu stromů a slouží jako ochranná vrstva. Zaujímá přibližně 6–25 % objemu stromu. Skládá se ze tří částí.

- Lýko – vnitřní vrstva, která vede organické látky vytvořené během fotosyntézy.
- Zelená kůra – rostlinné pletivo.
- Borka – odumřelá vnější povrchová vrstva chránící proti vnějším vlivům. Nepropustná pro vodu a plyny. Specifické popraskání této části pomáhá k rozeznávání dřevin.



Obr. 3 – Hladká borka



Obr. 4 – Šupinatá borka



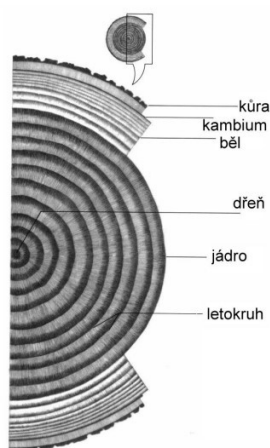
Obr. 5 – Brázditá borka



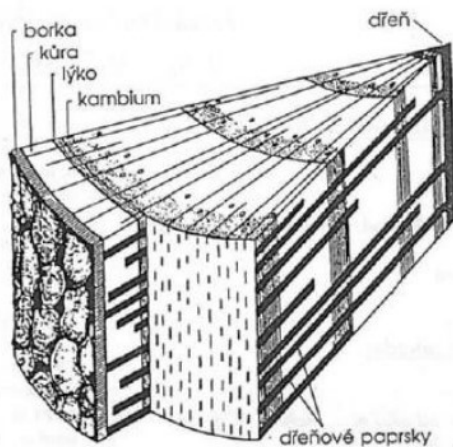
Pod kůrou se nachází kambium, okem neviditelná vrstva tenká 30-60 μm , zajišťující růst stromu. Směrem ven floém neboli lýko a směrem dovnitř xylém – dřevní část. Další vrstva je dřevo, hlavní část kmene. Nachází se mezi dřením a kůrou, tvoří 70 až 93 % objemu stromu. Rozlišujeme barevné zóny.

- Běl – vnější světlá část, vede vodu a mizu a také se v ní ukládají živiny. Výškou se vrstva zužuje.
- Jádro – vnitřní, nejstarší část kmene zbarvená do tmavší barvy. Vzniká stárnutím buněk a ucpáním vodivých elementů, proto hůře propouští kapaliny a je trvanlivější než dřevo bělové.
- Vyzrálé dřevo – centrální část kmene se stejnou strukturou jako jádrové dřevo, barevně se po usušení neliší od bělu.

Poslední částí kmene je dřeň. Většinou mírně posunutá od geometrického středu kmene. Jedná se o měkké řídké pletivo s nízkými mechanickými vlastnostmi a při vysychání dochází ke vzniku dřeňových trhlin. Ty negativně ovlivňují vlastnost dřeva.



Obr. 6 – Příčný řez



Obr. 7 – Makroskopická stavba kmene stromu



Letokruhy pak znázorňují jednotlivý tloušťkový přírůst dřeva za vegetační období. Dokážeme tak jednoduše vypočítat stáří stromu. Výjimku mohou tvořit dřeviny mírného pásma, u kterých se v jednom vegetačním období nemusí vytvořit přírůstek žádný, nebo naopak dojde k vytvoření přírůstků dvou. V jednotlivých letokruzích je možné u některých dřevin pozorovat dva odstíny dřeva. Světlejší jarní dřevo vzniklé na počátku vegetačního období má vodivou funkci a nachází se na vnitřní části letokruhu. Tmavší letní dřevo vzniklé na konci vegetačního období je hustší a tím také výrazně mechanicky odolnější. Jednoduše lze říct, že čím více letního dřeva, tím více je dřevo mechanicky a fyzikálně odolnější.

2.2. Fyzikální vlastnosti

Hlavní fyzikální vlastností dřeva je vlhkost, která zásadně ovlivňuje jeho další vlastnosti například hustotu, mechanické vlastnosti atd.

2.2.1. Vlhkost

Jak již bylo řečeno, dřevo je hygroskopický materiál. To znamená, že je schopné přijímat nebo odevzdávat vodu v kapalném i plynném skupenství. Vlhkost dřeva se udává buď jako vlhkost absolutní – poměr hmotnosti vody k hmotnosti dřeva v absolutně suchém stavu. Nebo jako vlhkost relativní – podíl hmotnosti vody k hmotnosti mokrého dřeva. Vlhkost můžeme rozdělit z hlediska uložení na tři typy:

- Voda volná (kapilární) – voda v dutinách cév, vysychá jako první a nezpůsobuje změnu objemu, borcení ani trhliny.
- Voda vázaná (hygroskopická) – nejvyšší mechanický a fyzikální význam.
- Voda chemicky vázaná – nelze odstranit sušením, je ve dřevě i při nulové absolutní vlhkosti. Neovlivňuje fyzikálně ani mechanicky.



Vlhkost dřeva se dělí do skupin dle absolutní vlhkosti:

- dřevo mokré, dlouhou dobu uložené ve vodě (vlhkost > 100%)
- dřevo čerstvě skáceného stromu (vlhkost 50–100%)
- dřevo vysušené na vzduchu (vlhkost 15–22%)
- dřevo vysušené na pokojovou teplotu (vlhkost 8–15%)
- dřevo absolutně suché (vlhkost 0%)

Jednou z důležitých vlastností dřeva je jeho proces pracování. Jedná se o přirozenou vlastnost dřeva a nedá se jí zabránit. Můžeme alespoň minimalizovat důsledky vzniku trhlin a deformací způsobených tímto procesem. Pro použití konstrukčních prvků by se mělo používat dřevo, které má stejnou výrobní vlhkost jako je očekávaná vlhkost provozní. Předejde se tak deformacím v důsledku kolísání teploty. Dopad na to má voda vázaná hygroskopicky vyskytující se při vlhkosti 0-30 %. Právě 30 % je pak označováno jako bod nasycení vláken. Všechny buněčné stěny jsou při této vlhkosti nasyceny vodou. Vysycháním a vlhnutím se zmenšuje, případně zvětšuje jejich tloušťka, a tím dochází k bobtnání a sesychání prvků. Největší dopad je ve směru radiálním (3-6 % bobtnání) a směru tangenciálním (6-12 %). V příčném směru je bobtnání zanedbatelné. Dalším důležitým krokem je správné skladování a zbytečné nevystavování slunečnímu záření. Při tomto procesu dochází ke vzniku trhlin na povrchu způsobených vznikem napětí vlivem vysušení.

Borcení dřeva je následkem bobtnání a sesychání dřeva. Jedná se o tvarové změny doprovázené tvorbou trhlin a změnou tvaru prvku. Příčné borcení je vyvoláno rozdílným radiálním a tangenciálním sesycháním a jeho velikost je závislá na vzdálenosti dřevěného prvku od dřeně kmene. Podélné borcení vzniká v důsledku nerovnoměrného podélného sesychání. Způsobuje prohnutí a stočení řeziva.



Obr. 8 – Závislost příčného borcení na vzdálenosti dřevěného prvku od dřevě kmene stromu

2.2.2. Hustota dřeva

Pojem hustota dřeva se v praxi běžně používá pro objemovou hmotnost dřeva. Je výrazně ovlivněna vlhkostí a dalšími faktory jako například druh dřeviny. Rozmezí objemové hmotnosti v suchém stavu ($w=0$) se pohybuje od 400-800 kg/m³.

Hustota samotného dřeva, tedy hustota dřevní hmoty je pro všechny dřeviny stejná, přibližně 1500 kg/m³. Je dána hustotou hlavních složek celulózy (1580 kg/m³) a ligninu (1400 kg/m³).

Dřevo můžeme rozdělit dle hustoty při vlhkosti 12 % na:

- Dřevo s nízkou hustotou $\rho < 540 \text{ kg/m}^3$ (smrk, jedle, borovice)
- Dřevo se střední hustotou $\rho = 540\text{-}750 \text{ kg/m}^3$ (buk, dub, modřín)
- Dřevo s vysokou hustotou $\rho > 750 \text{ kg/m}^3$ (habr, akát, dřín)

Nejlehčím dřevem je balsa s hustotou při nulové vlhkosti 130 kg/m³. Nejtěžším dřevem je pak dřevo guajaku 1360 kg/m³.



Tabulka 1 - objemová hmotnost dřeva

Dřevina	objemová hmotnost [kg/m ³]		
	Čerstvě vytěženo	Při vlhkosti 15%	Při vlhkosti 0%
Borovice	900	520	490
Buk	900–1240	720	680
Dub	920–1300	690	650
Jedle	850	450	410
Modřín	800	590	550
Smrk	850	470	430

2.2.3. Hořlavost

Hořlavost dřeva popisuje chování dřeva při působení vyšších teplot. Na rozdíl od nechráněné oceli, která kolabuje a ztrácí pevnost si dřevo zachovává únosný profil a ohořívá pomalu. Výhodou je vytvoření vrstvy uhlí na povrchu ohořené strany, která působí jako tepelný izolant a zabraňuje šíření tepla. Důležitými teplotami jsou teplota vzplanutí, hoření a zápalnosti. Teplota vzplanutí vyjadřuje teplotu, při které dojde při přiblížení plamene ke dřevu vzplanutí, po oddálení dojde k uhasnutí (180-275°C). Teplota hoření znamená teplotu, při které po oddálení plamene dřevo stále samovolně hoří (260-290°C). Poslední teplota je teplota zápalnosti, kdy se dřevo samovolně vznítí. Udávaná hodnota je v rozmezí 330-520°C.

Další výhodou je také recyklovatelnost materiálu v případě fatálního požáru. Dřevo lze výborně zrecyklovat například pro vytápění.

2.2.4. Akustické vlastnosti dřeva

Orientační zvuková vodivost dřeva je 4500 m·s⁻¹ v podélném směru a 1000 m·s⁻¹ ve směru příčném. Pohltivost dřeva je přibližně 50% a průzvučnost při průchodu materiálem činí 27 dB (dřevo tl. 50mm) a 23 dB (překližka tl. 12 mm).



2.2.5. Tepelné vlastnosti dřeva

Dřevo má velmi nízkou tepelnou vodivost neboli schopnost pohybu tepla ve dřevě. Je dáno malou objemovou hmotností a pórovitostí. Ve směru vláken ($0,25 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$) je dvakrát vodivější než kolmo na vlákna ($0,075 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$). Dřevo je tedy výborný tepelně izolační materiál.

Dřevo má také velmi nízkou teplotní roztažnost. Až desetkrát menší v porovnání s roztažností vlivem sesychání a bobtnání. Není nutné tedy provádět dilatační spáry v konstrukci v důsledku teplotní roztažnosti.

2.2.6. Trvanlivost dřeva

Na základě rezistenčních látek jednotlivých druhů dřevin má dřevo rozdílnou odolnost vůči abiotickým vlivům a biologickým škůdcům. Odolnější proti vnějším vlivům je dřevo tvrdší, listnaté. Má totiž větší objemovou hmotnost a pevnost. Důležitá je také ochrana a správné ošetření materiálu.

Tabulka 2 - Tabulka degradačních faktorů

Degradační faktor	Biotický	Mikroorganismy	Bakterie
		Rostliny	Dřevokazné houby
			Plísně
			Parazitické rostliny
		Živočichové	Dřevokazná hmyz
	Živočichové		
	Abiotický	Chemický	Agresivní chemikálie
		Termický	Plamen
		Atmosférický	Voda, vlhkost
			Teplotní změny
			UV záření
Mechanický	Agresivní látky v atmosféře		



2.3. Mechanické vlastnosti

Mechanické vlastnosti dřeva vyjadřují schopnost odolávat účinkům působení vnějších sil.

Vlastnosti dřeva závisí na charakteru zatížení:

- Statické
- Dynamické
- Rázové

A na délce trvání:

- Stálé (delší 10 let) - vlastní tíha
- Dlouhodobé (6 měsíců – 10 let) - skladové zatížení
- Střednědobé (1 týden – 6 měsíců) - užitné zatížení stropů, sních
- Krátkodobé (kratší jednoho týdne) - sních, vítr
- Okamžikové - vítr, mimořádné zatížení

Jsou zásadně ovlivněny vlhkostí, hustotou a dalšími faktory. Vlastnosti dřeva se provádějí na vzorcích o vlhkosti 12 %. S rostoucí hustotou roste také pevnost dřeva. Naopak s rostoucí vlhkostí pevnost klesá. Toto pravidlo platí do vlhkosti 30 % kdy dojde k plnému nasycení vláken, s vyšší vlhkostí se již pevnost dřeva nemění.

Dřevo je anizotropní materiál tudíž jeho vlastnosti jsou také ovlivněny směrem zatížení vůči směru vláken. Mechanické vlastnosti jsou ve směru vláken několikanásobně vyšší než kolmo na vlákna.

Dalšími faktory, které ovlivňují mechanické vlastnosti jsou konstrukční rozměry. U těch platí, že s větším rozměrem prvku se zhoršují mechanické vlastnosti a vady (suky, poškození hmyzem aj.).

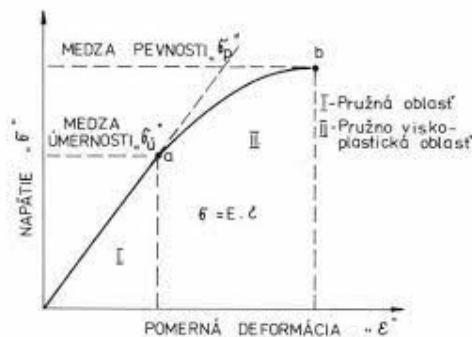
Důležitou roli hraje také rychlost zatěžování. S vyšší rychlostí se pevnost zvětšuje. Z těchto důvodů konstrukční nosné prvky rozdělujeme podle pevnosti do jednotlivých tříd.



2.3.1. Pružnost

Modul pružnosti E vyjadřuje vnitřní odpor materiálu proti pružné deformaci. Je charakterizován podílem napětí a poměrné deformace. Ve směru vláken je v rozpětí 10-15 GPa ($W=12\%$). Kolmo na vlákna je hodnota až 25x menší. Modul pružnosti v radiálním směru je o 50 % vyšší než ve směru tangenciálním.

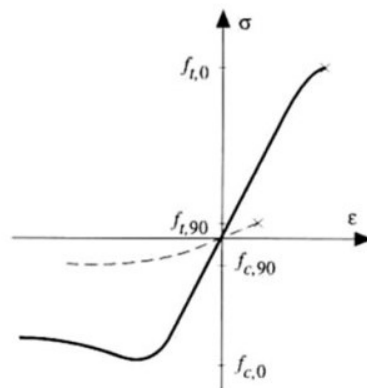
Modul pružnosti dřeva v ohybu je nejčastěji používaný údaj pro dimenzování vodorovných dřevěných nosníků.



Obr. 9 – Pracovní diagram dřeva v tlaku

2.3.2. Pevnost

Odolnost dřeva proti trvalému porušení. Pevnost dělíme na pevnost v tlaku, tahu ohybu a smyku. Mez pevnosti je pak maximální hodnota zatížení, kterou konstrukce vydrží bez destrukce. Pevnost výrazně ovlivňuje poloha síly vůči poloze vláken, kdy rovnoběžně s vlákny je pevnost více jak desetinásobně vyšší.



Obr. 10 – Pracovní diagram dřeva v tlaku a tahu



Tabulka 3 - Hodnoty pevnosti

	Hustota	Tah		Tlak		Ohyb		Smyk
			⊥		⊥		⊥	
	[Kg/m ³]	[Mpa]						
Habr	820	153	3,8	54	16,7	140	14 700	16,9
Dub	700	108	3,3	42	11,5	116	11 600	12,7
Borovice	530	102	2,9	54	7,5	98	11 750	9,8
Smrk	440	84	1,5	30	4,1	60	9 100	5,3
Topol	340	84	1,5	35	3	64	10 700	7,6

2.3.3. Tvrdost

Hodnota vyjadřuje velikost odporu vůči vniknutí cizího tělesa. Je ovlivněna převážně vlhkostí, směrem vláken a objemovou hmotností. Rozlišujeme dřevo tvrdé, převážně listnaté a dřevo měkké.

3. Vady dřeva

Kvalita dřeva je hlavním kritériem následného způsobu použití. Množství a velikost vad je základní ukazatel kvality. Za bezvadné je považováno dřevo zdravé, nepoškozené, bez trhlin, suků, s přirozenou barvou a rostoucí rovně. Mezi základní rozdělení vad jsou tedy považovány vady růstové, při kterých dochází například k postupnému snižování průměru kmene. Atmosférické vady, převážně způsobené UV zářením a biologické poškození dřeva.



Obr. 11 – Křivost kmene stromu



3.1. Dřevokazné houby

Štěpí celulózu, lignin, hemicelulózy a další složky za vzniku organických sloučenin. Pro biologické napadení jsou optimální podmínky teplota 18 až 30°C, vlhkost dřeva cca 30% hmotnosti a dostatek kyslíku. Za těchto podmínek probíhá degradace velmi rychle. Již v průběhu druhého měsíce může dojít k závažnému poklesu fyzikálně mechanických vlastností.

Degradace se dělí do dvou fází. V první fázi probíhá hydrolýza celulózy. Účinkem enzymů vyměšovaných houbami až na rozpustnou glukózu. Ve druhé fázi glukóza oxiduje za vzniku oxidu uhličitého a vody. Při tomto procesu dochází k uvolnění vody a tepla. Při procesu o objemu 1 m³ se uvolní voda, která zvlhčí až 6 m³ suchého dřeva.

- Houby Celulózovorní – rozkládají převážně celulózní složky dřeva. Typická je červená barva způsobená vystupujícím ligninem. Dřevo je křehké, láme se. Příkladem může být dřevomorka domácí a konioforka sklepní.

Dřevomorka domácí je nejnebezpečnější a nejznámější dřevokazná houba. Vyskytuje se v nevětraných vlhkých místnostech. Velmi nenáročná na teplotu i vlhkost. Její nebezpečí spočívá v rychlosti šíření (až 10 mm za jediný den v optimálních podmínkách). Další nebezpečí představuje schopnost prorůstat různými materiály jako například zdivem. Během růstu snižuje pH dřeva.



Obr. 12 – Dřevomorka domácí

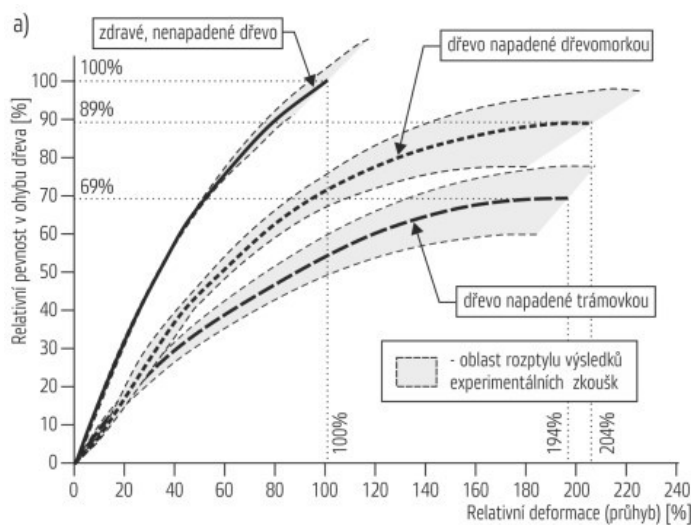


Koniofora sklepní většinou doprovází nebo je předchůdcem dřevomorky. Svoji destrukční činností se vyrovnává dřevomorce. Pro svoji existenci potřebuje ale vyšší vlhkost, převážně se tedy vyskytuje na styku dřevěných částí s terénem. Odtud také pochází název sklepní.



Obr. 13 – Koniofora sklepní

- Houby Ligninovorní – rozkládají také lignin. Typické je bílé zbarvení. Dřevo se stává drobné a ztrácí hmotnost. Příkladem hub je Václavka.



Obr. 14 – Vliv degradace dřevokazných hub na pevnosti dřeva

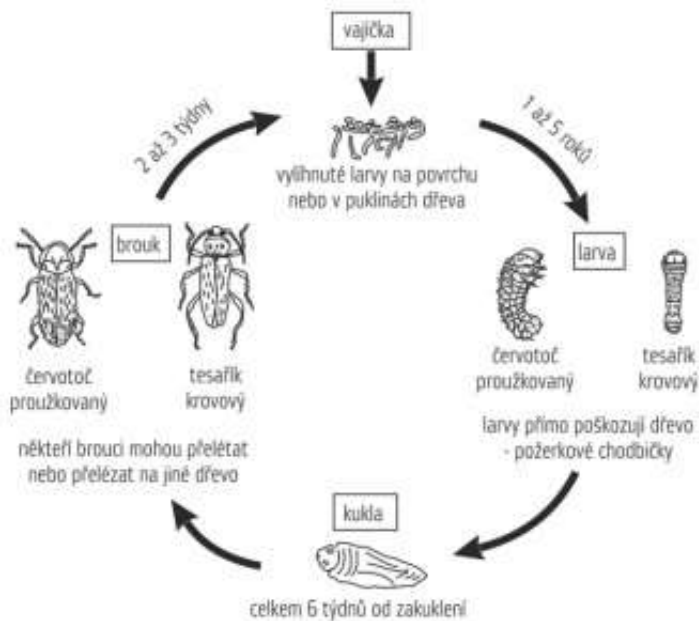


3.2. Dřevokazný hmyz

Dřevokazný hmyz má výrazně nižší nároky na vlhkost. Pověštinou stačí nad 10 % vlhkosti dřeva. Podobně jako houby může být výskyt hmyzu ve dřevě v každé fázi od růstu až po konstrukční prvek. Škůdci si ve dřevě budují chodbičky a využívají jej přímo jako potravu, případně pro růst a rozmnožování. Vznikem chodbiček se do dřeva může dostat voda a s ním spojené vhodné místo pro vznik dřevokazných hub. Také se snižuje pevnost dřeva, která vede ke ztrátě stability

Tesařík krovový je nejznámějším škůdcem dřeva. Výletové otvory mají velikost 8–10 mm. Životní cyklus larvy je mezi 3–5 lety kdy se vyživuje převážně povrchovým (bělovým) dřevem. V případě intenzivnějšího napadení dřeva se však zavrtává hlouběji a rozruší také dřevo jádrové.

Červotoči jsou výrazně menší brouci dosahující desetinásobně menší délky (2–5 mm). Výletové otvory jsou také výrazně menší mezi 2-3 mm. U nás se nejčastěji setkáváme s červotočem umrlčím a proužkováným.



Obr. 15 – Životní cyklus dřevokazného hmyzu



4. Ochrana dřeva

Dřevo stejně jako každý materiál má svoji limitovanou životnost, která závisí na správné ochraně proti vystaveným vlivům. V případě zajištění dokáže dřevo správně fungovat po staletí. Prvním krokem pro dlouhověkost konstrukcí je preventivní **konstrukční ochrana**. Zamezíme kontaktu dřeva s vodou a tím i vzniku dřevokazných hub v důsledku zvýšené vlhkosti. Příkladem může být dodržení minimálního odsazení 300 mm nad úrovní okolního terénu. Druhým krokem je **ochrana chemická**. Při předpokladu nevyhovující přirozené trvanlivosti dřeva je nutné použití chemické ochrany. Pro chemickou impregnaci se používají výrobky na bázi organických rozpouštědel, emulzí, solí a dehtových olejů. Impregnace se pak dělí na beztlakou (nástrík, postřik) a na tlakovou (vakuová impregnace).

Nejdůležitější typy ochranných prostředků:

- B – proti houbám
- Iv – proti dřevokaznému hmyzu
- P – proti dřevokazným houbám
- W – vhodné pro povětrnost (ne však při trvalém kontaktu se zemí a vodou)

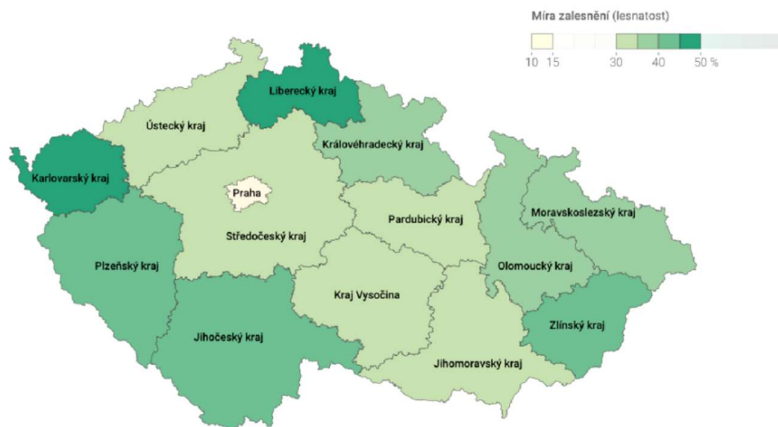
5. Těžba dřeva

V České republice se nachází necelé 3 mil. ha. Lesa. Ten pokrývá přes 35 % území. Nejvíce v Karlovarském kraji, dle dat publikovaných ve Zprávě o stavu lesa a lesního hospodářství ČR v roce 2021. V lesích bylo vytěženo celkem 30,26 mil. m³ surového dříví, což je o 5,49 mil. m³ méně než za rok předchozí. Nejvíce se na tom podílejí nahodilé těžby, které činí přes 26 mil. m³ dřeva a jejich podíl činí přes 86 %. Převážně těžbě napomáhá působení dřevokazného hmyzu. Objem vytěženého kůrovcového dříví se však poslední rok již zmenšil přibližně o 25%. Z hlediska druhů vytěžených stromů se jedná o jehličnaté dřeviny s podílem 95 % (28 mil. m³). Z této těžby pak samotný smrk představuje 90% vytěženého jehličnatého dřeva (25 mil m³). Samotná obnova lesa je v porovnání s předchozími roky výrazně vyšší, činí necelých 50 tis. hektarů.



LESNATOST V KRAJÍCH

Různá míra zalesnění podle administrativního dělení České republiky.



Obr. 16 – Lesnatost v krajích

Tabulka 4 - Těžba dřeva dle ČSÚ (2021)

Těžba dřeva	jednotka	2000	2010	2015	2020	2021
Jehličnatá	mil. m ³	12,85	15,07	14,38	34,49	28,72
Listnatá		1,59	1,67	1,78	1,26	1,54
Celkem		14,44	16,74	16,16	35,75	30,26
Celkem na 1 obyvatele	m ³	1,41	1,59	1,53	3,34	2,88

Celková plocha jehličnatých dřevin se snižuje a pozvolna se zvyšuje podíl listnatých dřevin. V druhovém složení lesů převažuje smrk, který se pohybuje na 50 % zastoupení.

Tabulka 5 - Druhové složení lesů dle ČSÚ (2021)

	2000		2010		2015		2020		2021	
	ha (tis.)	%	ha (tis.)	%	ha (tis.)	%	ha (tis.)	%	ha (tis.)	%
Smrk ztepilý	1 397	51,1	1 347	51,9	1 315	50,6	1 274	48,8	1 255	48,1
Borovice	453	17,6	436	16,8	428	16,5	420	16,1	420	16,0
Jehličnaté	1 975	76,5	1 917	73,9	1 880	72,3	1 836	70,4	1 817	69,6
Dub	164	6,3	178	6,9	185	7,1	195	7,5	199	7,6
Buk	155	6,0	190,0	7,3	212	8,2	236,0	9,0	242	9,3
Listnaté	577	22,3	650,0	25,1	688	26,5	735	28,2	748	28,7



Těžba dřeva se rozlišuje na:

- **Výchovná (Předmýtní úmyslná)** určená ke zvýšení stability, druhové pestrosti a kvality lesních porostů. Provádíme v lesních porostech do 40 a nad 40 let věku.
- **Obnovní (Mýtní úmyslná)** určená k obnově lesních porostů. Dělíme na soustředěné těžby (nový porost vzniká vedle) a clonný, výběrný postup (nový lesní porost pod ochranou obnovovaného).
- **Nahodilá těžba** důsledkem škodlivých činitelů (dřevokazný hmyz, povětrnost).
- **Mimořádná těžba** pro odlesnění z důvodu výstavby.

6. Druhy dřeva

6.1. Smrk

Nejčastější, nejrozšířenější a nejvýznamnější dřevina na našem území. Řadí se mezi měkká dřeva s nízkou hustotou. Ta má vliv i na snadnou opracovatelnost. Nevýhodou je však mechanická odolnost a náchylnost vůči škůdcům. Dřevo je potřebné chemicky chránit. Výhodou je rovný rychlý růst stromu a nízká cena.

6.2. Borovice

Dřevo je podobné smrkovému. Má nízkou hustotu a vysoký obsah pryskyřice, který při obrábění a broušení zanáší stroje. Dřevo však neroste většinou zcela rovně. Pro svoji výraznou kresbu má nejčastěji uplatnění v truhlářském odvětví. Dřevo stejně jako smrkové je potřeba chemicky chránit.

6.3. Modřín

Modřínové dřevo je velmi odolné a trvanlivé. Je tvrdší než předchozí druhy.

6.4. Dub

Listnatá a jedna z nejodolnějších dřevin na našem území. Vysoká tvrdost, pevnost a odolnost jsou jeho největší přednosti. Vlastnosti se nemění ani při dlouhodobém působení povětrnostních podmínek. Dub je využíván při konstrukcích náročných na nosnost a odolnost. V minulosti měl využití při zakládání staveb, kdy při jeho namočení a trvalému vystavení vodě ztvrdne a má výborné vlastnosti.



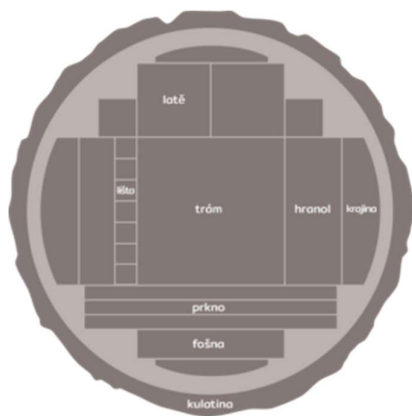
6.5. Buk

Bukové dřevo dosahuje střední hustoty a vysoké odolnosti. Avšak odolností nedosahuje dubovému. Výhodou je jeho snadná opracovatelnost. Patří mezi nejpoužívanější listnaté dřevo převážně v nábytkářském průmyslu.

7. Dřevo a materiály na bázi dřeva

7.1. Řezivo

Běžně používané dřevo na konstrukce. Vzniká rozřezáním kulatiny (pokáceného a ořezaného stromu) rovnoběžně s podélnou osou a vysušením obvykle na 15 % vlhkosti. Podle poměru výšky k tloušťce a rozměru dělíme řezivo na deskové a hraněné. Může být omítané (s oříznutými boky) a neomítané, které má částečně nebo vůbec oříznuté boky. Řezivo se třídí podle pevnosti dle eurokódu 5 na jednotlivé třídy pevnosti. Běžná, nejčastěji používaná pevnost je třída C24.



Obr. 17 – Schématický řez kulatinou včetně druhů řeziva



Obr. 18 – Schématický řez kulatinou



Deskové řezivo má tloušťku do 100 mm a zároveň je jeho šířka větší než dvojnásobek tloušťky. Může být neomítané i omítané.

- Prkno do tloušťky 40mm
- Fošna tloušťky 40-100 mm

Hraněné řezivo je řezivo s pravouhlým příčným průřezem. Šířka je menší než dvojnásobek tloušťky.

- Latě s plochou příčného průřezu do 25 mm²
- Hranolky do tloušťky 100 mm s plochou příčného průřezu 25-100 mm²
- Hranoly tloušťky více než 100 mm s plochou příčného průřezu větší 100 mm²

Pro lepší vlastnosti dřevěných konstrukcí se řezivo průmyslově zpracovává a zlepšují se mu mechanicko-fyzikální vlastnosti. Při průmyslovém zpracování dojde k lepšímu a efektivnějšímu využití dřeva z důvodu rozdělení na menší části. Většinou jde o lisování, zpravidla za tepla, připravených komponentů. Obvykle platí, že se zmenšujícími se částicemi se zvyšuje hustota a zlepšuje se možnost formátování. Menší spojené částice zamezí růstové nedokonalosti a vadové charakteristice dřeva. Tyto výrobky se pak nejčastěji používají na stěny, stropy a střešní konstrukce.

Základní termíny materiálů na bázi dřeva:

- Masivní materiály – materiály s původní strukturou a uspořádání buněk dřeva (Biodesky).
- Překližované materiály – materiály vytvořené vzájemným slepením lišících se vrstev, obvykle lepených na sebe pod 90° úhlem (lamely, překližky).
- Aglomerované materiály – materiály vyrobené spojením drobných dřevních částic pomocí lepidla a tlaku.
- Kompozitní materiály – heterogenní materiály složené z více odlišných surovin rozdílných vlastností.



Obr. 19 – Příklad dřevních částí používaných pro výrobu materiálů na bázi dřeva (zleva shora): dýha, velké ploché třísky na výrobu OSB, papírenská štěpka, štěpka pro výrobu třísek a vláken, třísky, vlákna

7.2. Prutové konstrukční prvky

7.2.1. KVH

KVH hranoly jsou konstrukční vysušené dřevěné hoblované profily délkově nastavované zubovým spojem. Jedná se o podélný spoj vytvořený z více stejných opracovaných ozubů v čele. Tyto ozuby se následně spojí a vytvoří hranol o délce až 18 metrů. Vzhledem k omezení při přepravě je obvyklá délka do 13. metrů. Jednotlivé dřevěné profily jsou vysušeny, impregnovány a ořezány o nekvalitní části suků a po sražení se hoblují na potřebný rozměr. Hranoly se obvykle vyrábějí do rozměru 140x240 mm, pro větší průřezy se používají hranoly BSH. Kvalitně se dělí do dvou skupin. První skupina NSi se nazývá průmyslová kvalita. Hoblování není dokonalé a jsou viditelné vzhledové vady. Používají se tak na místa, která nejsou náročná na estetiku. Druhou skupinou je kvalita pohledová s názvem Si.

7.2.2. Lepené DUO a TRIO nosníky

Plošné spojení dvou nebo tří fošen případně hranolů z technicky vysušeného jehličnatého řeziva, běžně o třídě pevnosti C24. Vznikne DUO, TRIO nosník. Průřez od 60x80 mm do 240x240 mm. Délkově jsou nastaveny zubovým spojem. Použití je pro více zatížené konstrukce.



7.2.3. BSH

Hranoly BSH jsou vrstvené ze čtyř a více jednotlivých lamel tl. 40 mm. Dřevěné lamely jsou vyrobeny hoblováním deskového řeziva. Převážně smrkového dřeva předem zbaveného vad. Jsou tříděné do pevnostních tříd T11 až T26. Lamely se vysuší na 12 % vlhkosti pro zamezení rozvoje dřevokazného hmyzu a tvarovou stálost lamel. Následně se nanese obvykle PVAC lepidlo. Po navrstvení a slisování v lisu se nechá lepidlo vytvrdnout. Následný hranol se hobluje na potřebný rozměr. Stejně jako KVH hranoly se vyrábějí ve dvou typech, průmyslové a pohledové kvalitě. Výhodou lepeného dřeva je vyšší pevnost, tuhost a prakticky libovolný průřez (přímý nebo zakřivený) s požadovanou délkou prvku, kterou omezuje výrobní linka. Maximální rozměry jsou 0,24x2x35 m. Třídy pevnosti hotového produktu jsou označeny GL24-36 dle pevnosti ohybu v MPa. Použití je převážně pro velkorozponové skeletové systémy.

Tabulka 6 - Pevnostní srovnání KVH a BSH hranolů

Typ prvku		KVH	BSH	
Třída pevnosti		C24	GL24	GL28
Charakteristické hodnoty pevnosti [N/mm ²]				
Ohyb	$f_{m,k}$	24	24	28
Tah rovnoběžně s vlákny	$f_{t,0,k}$	14	16,5	19,5
Tah kolmo k vláknům	$f_{t,90,k}$	0,4	0,4	0,45
Tlak rovnoběžně s vlákny	$f_{c,0,k}$	21	24	26,5
Tlak kolmo k vláknům	$f_{c,90,k}$	2,5	2,7	3
Smyk	$f_{v,k}$	4	2,7	3,2
Charakteristické hodnoty tuhosti [kN/mm ²]				
Průměrná hodnota modulu pružnosti rovnoběžně s vlákny	$E_{0,mean}$	11,6	11,6	12,6
5% kvantil modulu pružnosti kolmo k vláknům	$E_{0,05}$	9,4	9,4	10,2
Průměrná hodnota modulu pružnosti kolmo k vláknům	$E_{90,mean}$	0,39	0,39	0,42
Průměrná hodnota modulu pružnosti ve smyku	G_{mean}	0,72	0,72	0,72
Hustota [kg/m ³]	ρ_k	380	380	410



7.2.4. I nosníky

Kombinací více materiálů vznikne I nosník. Horní a dolní pásnice jsou tvořeny z KVH hranolů a stojna z OSB, překližek, nebo tvrdých vláknitých desek. Společně jsou spojeny lepeným klínovým spojem. Výsledný nosník je lehčí, tvarově stabilní a schopný přenést velké zatížení. Další výhodou je možnost vložení instalací a izolace větší tloušťky s minimálním tepelným mostem. Proto se převážně používá pro výstavbu nízkoenergetických a pasivních staveb.

7.3. Deskové materiály na bázi dřeva

7.3.1. OSB Desky

Oriented Strand Board v překladu desky z orientovaných plochých třísek jsou jedním z nejrozšířenějších a nejznámějších deskových materiálů. Jedná se o vícevrstvé desky ze smrkových nebo borovicových plochých třísek. Třísky se lepí ve třech vrstvách za vysokého tlaku a teploty lepidlem syntetické pryskyřice. Na povrchu jsou třísky orientované v jednom směru a ve středu jsou zpravidla orientovány kolmo na vnější. Jde o jeden z prvních panelů na bázi dřeva, který byl navržen pro stavební průmysl. OSB desky se dělí na desky s rovnou hranou (RH) a na desky s perem a drážkou (P+D). Tloušťka se pohybuje mezi 8 až 25 mm. Desky mají opravdu široké využití. Používají se na konstrukci podlah jako roznášecí vrstva, parozábrana v konstrukcích stěn, nebo jako zavětrování.

Desky se dělí na typy:

- OSB/1 – všeobecné účely, použití v interiéru a suchém prostředí
- OSB/2 – pro nosné účely v suchém prostředí
- OSB/3 – pro nosné účely ve vlhkém prostředí
- OSB/4 – zvlášť zatížené nosné desky ve vlhkém prostředí

7.3.2. Překližované desky

Překližky jsou desky vyráběné z minimálně tří vrstev dýhy, tenkého listu dřeva o tloušťce 0,3-6 mm vyrobeného centrickým nebo excentrickým řezáním kulatiny. Mají proto plochý povrch se strukturou přírodního dřeva. Použití překližek je, vzhledem k vyšší ceně



a srovnatelným mechanickým vlastnostem jako OSB desky, převážně pro obkladový materiál. Překližované desky se dělí na tři nejznámější typy:

- Překližky – tvořené několika vrstvami dýh, jednotlivé vrstvy jsou na sebe lepeny křížem.
- Laťovky – překližky s vloženým jádrem ze slepeného masivního dřeva. Plášť je stejně jako u překližek tvořen vrstvami překlížených dýh.
- Dýhované laťovky – obdobné laťovkám, jádro je tvořeno z pruhů loupáné dýhy.

7.3.3. Sádroláknité desky – Fermacell

Univerzální stavební desky, které slouží jako protipožární a akustický prvek. Vyrábí se z dřevěných, převážně papírových vláken a sádry. Po přidání vody se směs stlačí vysokým tlakem a vytvoří stabilní desky. Následně se desky vysuší, naimpregnují a rozřežou do potřebných rozměrů. Výsledný materiál je velmi pevný, stabilní, v celém průřezu homogenní a požárně odolný. Sádroláknité desky se používají na konstrukce lehkých příček, předsazených stěn, podkroví a podhledů. Velkou výhodou je využití recyklovaného materiálu při výrobě.

7.3.4. Cementotřískové desky – CETRIS

Speciální materiál, který vznikne slisováním směsi dřevěných třísek spojených běžným portlandským cementem. Dřevěné třísky jsou obvykle velikosti 0,2-0,3 mm a délky do 25 mm. Objemová hmotnost samotné desky se pohybuje v rozmezí 1000-1500 kg/m³. Díky své vysoké odolnosti, lehké opracovatelnosti, výborným zvukově izolačním vlastnostem a požární odolnosti mají velmi variabilní využití. Používají se do konstrukcí podlah, podhledů, stěn. Uplatnění najdou jak v interiéru, tak i exteriéru.

7.3.5. Dřevovláknité desky se střední hustotou – MDF

Dřevovláknitá za tepla slisovaná deska spojená vodovzdornými lepidly. Podobná překližce. Jedná se o polotvrdé desky s hustotou mezi 400-900 kg/m³. Výhodou je homogenita v celém průřezu desky. Používají se tam, když nevyhovují běžné typy dřevotřískových desek. Pevnější pak ve výrobě nábytku.



7.3.6. Bisodesky

Třívrstvý případně vícevrstvý materiál desky. Stejně jako překližka je tvořený slepením několika vrstev. Na rozdíl od překližek se jedná o spárovky navzájem na sebe kolmé. Jedná se tak o masivní materiál, který se nekroučí a neprohýbá. Používá se převážně k estetickým účelům pro konstrukce obkladů, ale setkáme se i s použitím na nosné konstrukce šikmých střech za použití vlhku vzdorného lepidla.

7.4. Masivní panely na bázi dřeva

7.4.1. Křížem vrstvené dřevo – CLT panely

CLT panely jsou výborný stavební materiál pro moderní dřevostavby. Jedná se o vrstvené navzájem kolmé lamely složené do masivního 2D prvku. Jejich výroba se provádí v tovární hale čímž dochází k velkému zrychlení výstavby. Panely se dají využít na veškeré nosné části budovy od stěn, stropů až po střechy. Spojení vrstev může být provedeno lepením nebo mechanicky spojovacími prostředky.

Výroba CLT panelů: Poražený kmen stromu se očistí od jednotlivých větví a kulatina se rozřeže na prvky řeziva. Od lamel se odstraní vady (např suky), vysuší se na 12 % vlhkost a spojí se zubovitým spojem. Spojené lamely se skládají k sobě bočním spojením s horizontálním tlakem. Vzniklé desky se se na sebe pokládají v kolmém směru. Dojde k lepení za současného svislého tlaku. Tlak je obvykle v rozmezí 0,1–0,6 N/mm² dle zvoleného způsobu (pomocí hydrauliky, vakua). Rozměry CLT panelů jsou převážně limitovány výrobou a dopravou na místo stavby na rozměry až do 18 metrů na délku a 3 m na šířku. Velkou výhodou představuje objemová stálost konstrukce vzhledem ke kolmým směrům jednotlivých vrstev.



8. Historický vývoj

8.1. Počátky stavění ze dřeva

Dřevo a kámen je nejstarším doložitelným materiálem používaným člověkem pro budování svého obydlí. Z nálezů které máme, můžeme vývoj použití dřeva pro stavební účely zrekonstruovat. Nejstarší prokazatelné stopy vedou do starší doby kamenné. Jednalo se o pozůstatky přístřešků a jednoduchých obydlí lovců a rybářů. Nejstarší doklad těchto jednoduchých chat nalezneme v Přezleticích u Prahy. Sídliště se datuje do dob staropaleolitického období (800-700 tis. př. n. l.). Taktéž se na území nachází jeden z nejstarších dokladů používání ohně v Evropě.



Obr. 20 – Rekonstrukce sídelního prostoru v Přezleticích

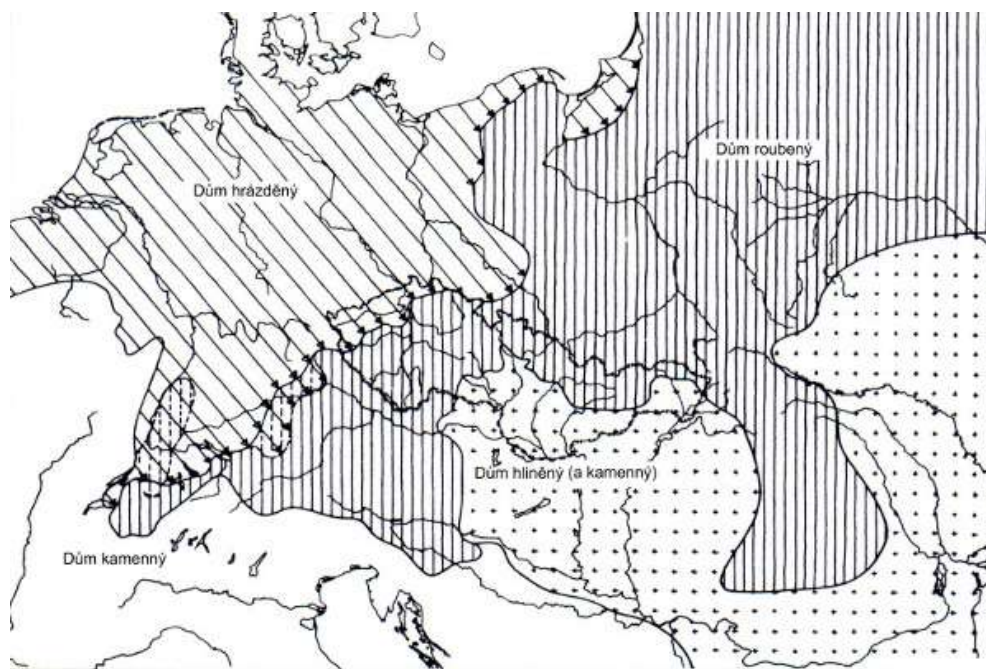
Skutečnými stavbami bychom ale považovali až stavby dlouhých domů z období neolitu (8 000 př. n. l.). Životnost obydlí byla kolem 20 let. Konstrukce byla tvořena řadou pěti kůlů, které byly zahloubeny do země. Vnitřní kůly podepíraly vrcholovou a středové vaznice, krajní pak podepíraly okapové vaznice. Obvodový plášť byl vytvořen proutím umístěným mezi kůly omazanými hlínou. Rozměry těchto domů byly stanoveny konstrukčními možnostmi. Šířka 5-7 metrů a délka až 48 metrů. Domy byly kompletně bez oken. Největší problém stavby bylo zavětrování a tesařské spoje tří trámů v jednom bodě. Na jednom sídlišti bylo zpravidla kolem pěti domů. Osamocené domy se vyskytovaly zcela výjimečně.



V období kolem roku 400 př. n. l. osídlili území Čech a Moravy Keltové. Začaly se stavět lehké dřevěné stavby na kamenné podezdívce zvané polozemnice. Zahloubené stavby obdélníkového půdorysu měly sedlovou střechu, která sahala až k zemi. Obvodový plášť vyplňovaly kamenné stěny mezi kůly. Budovy tvořily opevněné sídliště zvané oppidum. Jejich použití se následně aplikovalo několik staletí.

Následně příchodem Slovanů v období 400 n. l., kteří se na našem území již usadili nastalo došlo k setrvání používání obydlí stejného typu jaké měli Keltové.

V období mezi 13. až 15. stoletím vzniká lidová architektura neboli architektura vesnice. Tradiční vesnické stavby tak představovaly hlavní zástavbu a utvářely kulturu bydlení. Ta si zachovala svou podobu až do 19. století, kdy hlavně na základě dvorského dekretu ohledně zákazu stavění ze dřeva výstavba ustupuje architektuře zděné. Materiál a typy konstrukcí se lišily v závislosti na dostupných zdrojích, a tak na území České republiky vznikaly jak hrázděné, roubené tak kamenné stavby.



Obr. 21 – Rozdělení typů staveb na území Evropy



8.2. Historický vývoj konstrukčních systémů

Dle historických nálezů tedy víme, že používané konstrukční způsoby se vyvinuly ze staveb hrázděných a srubových. Rozdělení používaných způsobů konstrukcí staveb se tak postupem času vyvinulo do konstrukcí masivních, takzvaných srubových staveb a konstrukcí z tyčových prvků zvaných hrázděné staveb. Obě skupiny se v jisté míře úprav používají i v dnešní době.

8.2.1. Systém z tyčových prvků

Základem tohoto způsobu byly hrázděné stavby. Konstrukce masivního hraněného řeziva byly spojovány tesařskými spoji do požadovaného tvaru a tvořily nosnou kostru. V konstrukci se objevovaly svislé prvky přenášející zatížení stavby, dále vodorovné trámy (paždíky) plnící funkci překladů a šikmé vzpěry přenášející vodorovné síly. Prostor mezi dřevěnými prvky byl zprvu vyplněn proutím omazaným hlínou, později s vývojem stavebních materiálů došlo k vyzdívání prostoru nepálenými následně pálenými cihlami.

Tuto znalost sebou přinesli přistěhovalci z Evropy do Ameriky, kde se z tohoto stylu postupně vyvinul zjednodušený systém dnes známý jako Timber Frame. Systém, ve kterém se místo masivního průřezu hraněného dřeva používají menší prvky nejčastěji s rozměrem dva na čtyři palce a v případě nutnosti více izolace mezi sloupky dva na šest palců. Z toho vzniklo moderní označení „Two by Four“ nebo „Two by Six“. V češtině se s tímto způsobem, který využívá především svislé nosné sloupky setkáme s názvem „Dřevostavba sloupkové konstrukce“.

8.2.2. Systém masivních staveb

Základem masivního systému dřevostaveb byla srubová stavba. Stěny jsou tvořeny z vodorovně na sebe pokládaných kulatin, později opracovaných hraněných trámů. V rozích jsou prováděny tesařské spoje. Od nejjednoduššího spoje, pouhého přesahu konců trámů, který se používal již ve středověku na méně náročné stavby. Po jeden z nejčastěji používaných spojů. Rybinový spoj byl jedním z nejdéle používaných spojů bez přesahu zhlaví trámu. Šikmé zkosení protiběžných trámů zachycuje veškeré vodorovné síly ve spoji a tím je zamezeno vybočení prvků z vazby. Se současnými požadavky na obvodové stěny staveb tato jednoduchá konstrukce roubených staveb



nevyhovuje tepelně technickým normám, a tudíž dochází k vícevrstvé konstrukci s izolací uvnitř stěn. Dnešním trendem systému masivních dřevostaveb jsou panelové systémy stěn, které se na spojují mechanicky na stavbě a celá doba výstavby se díky velké prefabrikaci značně urychlí.

9. Trendy ve vývoji dřevostaveb

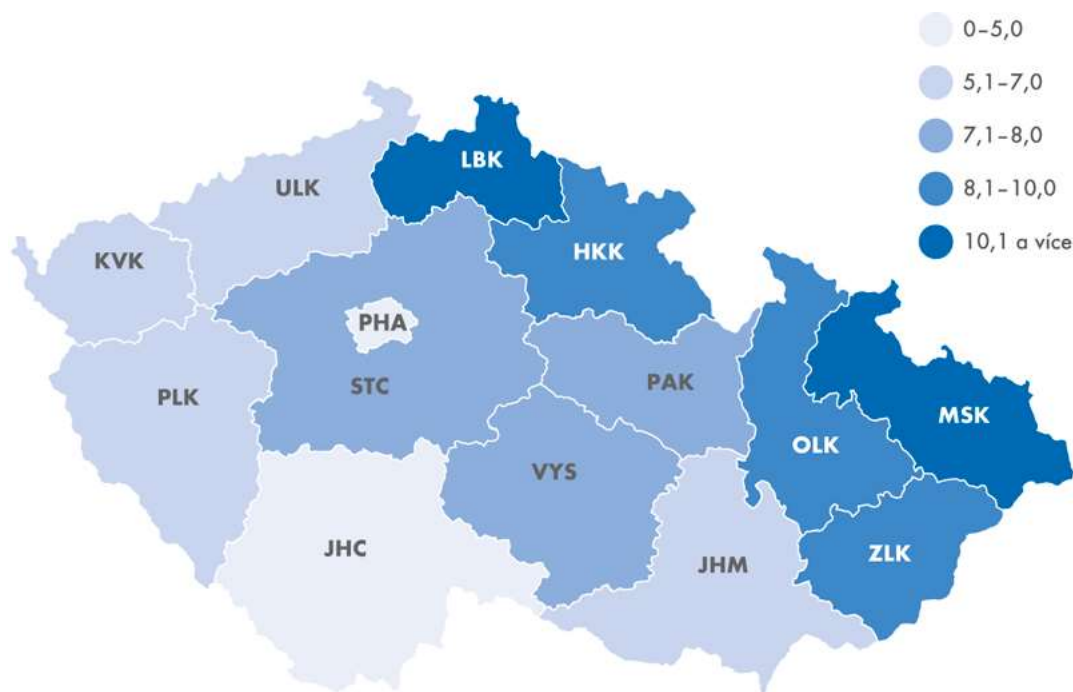
Spotřeba celkového množství vyrobené energie v Evropě:

- Budovy 40%
- Doprava 32%
- Průmysl 28%

Budovy jsou také zodpovědné za podíl 36 % emisí skleníkových plynů. Ty vznikají při výstavbě, užívání, renovaci a demolici. Zlepšení energetické účinnosti budov hraje klíčovou roli při dosažení uhlíkové neutrality do roku 2050 obsažené v Zelené dohodě pro Evropu.

Samotná spotřeba energie materiálů na realizaci nadzemní konstrukce bytu je u dřevostaveb až trojnásobně menší než v případě železobetonové varianty a je tak jedním z možných kroků ke splnění a přispění k uhlíkové neutralitě. Některé státy už tento trend zavádějí a udávají kolik procent z nových budov musí být dřevostavbou. Například ve Švédském městě Växjö byl stanovený cíl, že od roku 2020 bude 50 % staveb založených obcí dřevostavbou.

V České republice se zastoupení dřevěných konstrukcí také rapidně zvyšuje. Například u rodinných domů se podíl zvýšil z necelých dvou procent na přelomu tisíciletí na necelých patnáct procent v roce 2016 a růst nadále pokračuje.



Obr. 22 – Podíl dokončených bytů s dřevěnou nosnou konstrukcí v rodinných domech v letech 2005 až 2016 [%]

10. Zásady a metody navrhování

Mezi největší možné problémy dřevostaveb jsou chybně provedené detaily. Již při návrhu musíme všechny detaily posoudit z hlediska stavebně tepelné techniky a z hlediska difúze a kondenzace vodní páry. Dřevostavby mají v porovnání s jinými konstrukcemi daleko vyšší počet spár a styků. Musíme tak dbát na jejich správné řešení, abychom zamezili vlhkostní netěsnosti. Důležité je správné napojování všech vrstev, proleповání spár a řešení dalších konstrukčních rizik, vedoucích ke kondenzaci vodní páry v důsledku vlhkosti v konstrukci dřevostavby. Dalším významným krokem je také přesná rovinatost a geometrie základové konstrukce. Dřevostavba je pak spojením všech prvků do jednoho celkového konceptu.

Spolehlivost konstrukce z mechanického hlediska určují převážně tři faktory:

- Únosnost – namáhání prvků a spojů nesmí překročit návrhové hodnoty pevností.
- Tuhost – přetvoření konstrukce a jejich části nesmí překročit mezní hodnoty.



- Polohová stabilita – musí být prokázána dostatečná pevnost proti překlopení a posunutí konstrukce.

Hlavní příčiny vad u staveb ze dřeva jsou:

- Vady a poruchy zapříčiněné nevhodným projektem řešením stavby a nevhodným řešením konstrukčních detailů.
- Vady a poruchy konstrukcí způsobené nekvalitním provedením dílců při výrobě, případně při provádění stavby.
- Vady a poruchy v důsledku nevhodného užívání, údržbou a nevhodnými úpravami.

10.1. Metoda mezních stavů

Při navrhování nosného systému vycházíme z metody mezních stavů. Při překročení dojde k nesplnění návrhových podmínek spolehlivosti, a tudíž k nevyhovění konstrukce.

- **Mezní stav únosnosti (MSÚ)** je prvním mezním stavem. Rozhoduje, zda je konstrukce schopná přenést zatížení stavby. Překročením dojde k porušení konstrukce a následnému úplnému nebo částečnému zřícení.

$S_d \leq R_d$ Návrhová hodnota účinků zatížení musí být menší nebo rovná návrhové hodnotě odolnosti konstrukčního prvku.

- **Mezní stav použitelnosti (MSP)** řeší vznik nadměrné deformace. Průhyb, nebo nepřijatelné vibrace. Je většinou rozhodujícím kritériem při návrhu dřevostaveb. Posuzují se na účinky charakteristického zatížení.

$S_d \leq C_d$ Návrhová hodnota účinků zatížení musí být menší nebo rovná předepsané mezní hodnotě (například průhybu).

Spolehlivost konstrukce se ověřuje pomocí metody dílčích součinitelů. Cílem je posoudit velmi nízkou pravděpodobnost malé pevnosti materiálů s velmi nízkou pravděpodobností velkého zatížení. Pro zatížení se tak vynásobí charakteristické hodnoty dílčími součiniteli a pro únosnost se součiniteli charakteristické hodnoty vydělí.



11. Konstrukční systémy

Konstrukční systémy dřevostaveb můžeme rozdělit mezi základní systémy:

- Masivní desková konstrukce
- Lehký skelet
- Těžký skelet

Z těchto tří základních principů systémů se postupem času vyvíjejí speciální metody výstavby jako například modulární zhotovené buňky. Postupem času se snažíme o co největší stupeň prefabrikace částí budov a jejich montování na stavbě.

11.1. Srubové stavby

Srub je dřevěná stavba tvořená z masivních vodorovně na sebe kladených kulatin. Řadí se do masivních konstrukcí dřevostaveb. Dlouhotrvající tradice pochází ze Skandinávského poloostrova a východu Evropy. Jsou základem masivního systému dřevostaveb. V České republice se setkáváme spíše se stavbami roubenek, které se z historického hlediska liší oproti srubům v použití opracovaných masivních dřevěných trámů. Mezi trámy jsou spáry vyplněné lištou nebo tmelem.

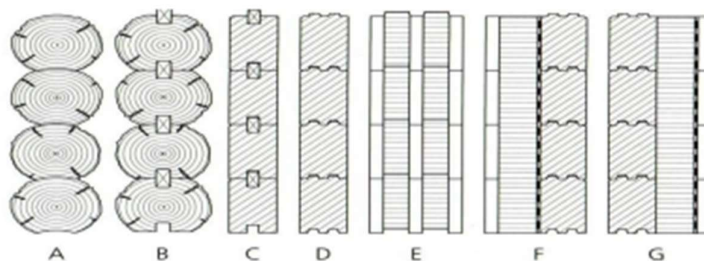


Obr. 23 – Nejstarší roubená stavba v České republice



Nejstarší zachovalá stavba na našem území je z roku 1547 ve Rtyni v Podkrkonoší. Budova byla dlouhé léta v dezolátním stavu až do roku 2016 kdy se provedla její rekonstrukce.

Původní složení obvodového pláště se z důvodu vyšších nároků na tepelnou techniku staveb změnilo. Z jednovrstevné konstrukce se stávají stěny více vrstev obvykle vyplněných tepelnou izolací. To je také jednou z hlavních nevýhod srubových staveb v současnosti. Na následujícím obrázku jsou znázorněny skladby srubových stěn. A – kulatina, B – kulatina s ložnými plochami se systémem pero a drážka, C – Hranoly spojené perem, D – hranoly spojeny drážkou a hřebem, E – prefabrikované sendvičové prvky, F – tepelně izolovaná srubová stěna, G – tepelně izolovaná srubová stěna uvnitř viditelná



Obr. 24 – Skladby srubových stěn

11.1.1. Spoje dřevěných prvků

Původním spojem srubových staveb byl jednoduchý přesah nárožních konců. Spoj byl využíván pro jednoduchost a účinnost do doby vzniku spoje rybinového.

Rybinový spoj je rohový spoj bez přesahu. Své jméno získal díky podobnosti s ocasní ploutví ryby. Trám je zkosený do tvaru lichoběžníku pro zachycení vodorovných sil a zabránění tak vybočení z vazby. Je náročnější na výrobu, ale velmi odolný ve všech směrech. Tímto spojem se staví většina roubených staveb.

Dalším možným spojem je plátování. Jedná se o jednodušší a běžný spoj rohů, kdy dojde ke zmenšení průřezů před koncem trámů a osazení jednotlivých trámů v tomto místě na



sebe. Tento typ spoje se dá použít také při stavbě z masivních kulatin. Při plátování však zůstává přesah trámů.



Obr. 25 – Rybinový spoj

11.1.2. Charakteristické znaky srubových staveb

- Potřeba vysoké řemeslná dovednost
- Speciální výběr dřeva
- Náročné rohové spoje
- Malá dispoziční variabilita
- Velká spotřeba dřeva
- Sednutí

11.1.3. Sednutí

Sedání srubových staveb je velké téma vzhledem k použití masivního konstrukčního dřeva. Jedná se o sedání vlivem přirozeného sesychání dřeva a stlačení vlastní váhy. Sesychání má nejvyšší hodnoty během prvních dvou let od zatížení stavby střechou. Mokrým kládám musí být umožněno sedání maximálně o 3 % z obou druhů sedání. Tedy 6 cm na 1 metr výšky. Dochází tak k problému nutné dilatace napojených částí spojených se srubovou stěnou.

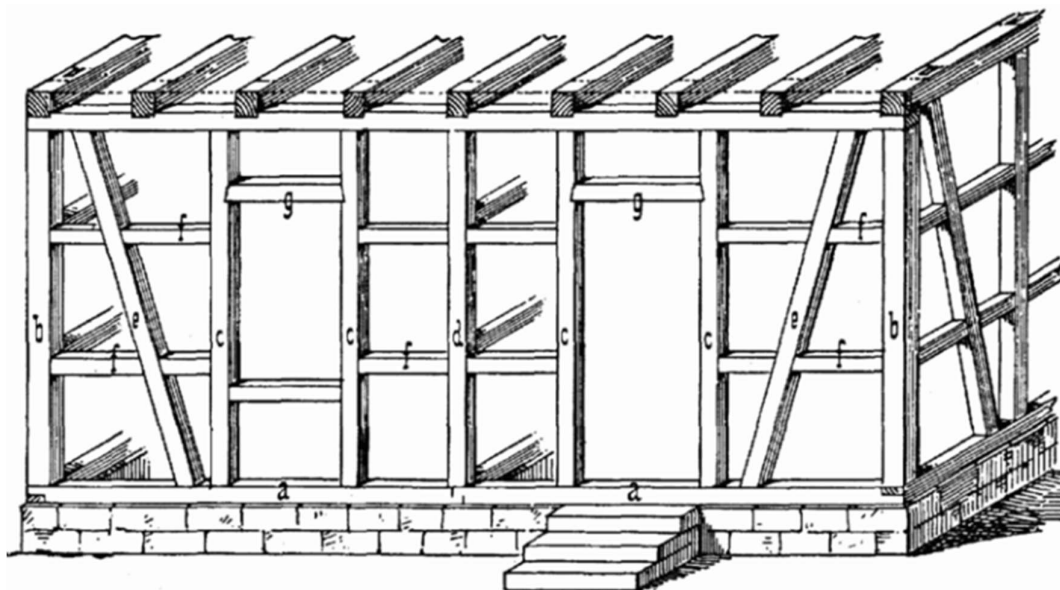


11.2. Hrázděné stavby

Hrázděné stavby sahají přibližně do 12. století, kdy vznikly v oblasti Rýna. Rychle se později rozšířily z Německa, kde tvoří značnou část domů do celé Evropy. Převážně do zemí Rakouska, Dánska a Švýcarska, ale najdeme je i na našem území.

Největší rozvoj měly v místech bez velkého zdroje dřeva, a tak tvořily historicky alternativu srubovým stavbám. V Severských zemích tvoří konstrukce hustou a pravidelnou sítí podobnou pavučině. V České republice jsou vesměs ojedinělé. Setkáme se s nimi hlavně na území sousedícím s Německem. Konkrétně v nejzápadnější části Čech na území Chebska. Skanzen Doubrava představuje rekonstruovanou ukázkou lidové architektury. Chebské statky se řadí mezi nejkrásnější hrázděné stavby v celé Evropě.

Jejich podstatou je rámová viditelná kostra tvořená spodním vodorovným prahem, svislými a šikmými sloupky a horním trámem. Pole byla v minulosti vyplněna hliněnou mazaninou společně s proutím a slámou později pálenými cihlami, jak je dnes viditelné. Spolupůsobením kostry a zdiva je dosaženo smykové pevnosti.



Obr. 26 – Schéma nosné kostry hrázděné stavby



11.2.1. Konstrukční části

První konstrukcí hrázděné stavby je vodorovný spodní trám. Ten tvoří spoj mezi základem a stěnovou konstrukcí. Trám je podepřen v celé své délce základovou konstrukcí. Bývá tedy obvykle, stejně jako pozednice v krokevní soustavě, položen na širší stranu průřezu. Jeho délkové nastavení je pomocí plátování.

Do vodorovného trámu jsou začepovány sloupky. Ty rozlišujeme rohové, mezilehlé, okenní, dveřní a vazné. Rohový sloupek je začepován do dvou vzájemně přeplátovaných vodorovných prahů. Uspořádání sloupků vychází z umístění oken a dveří v obvodové stěně a je obvykle ve vzájemných vzdálenostech 800-1200 mm. Sloupky jsou převážně namáhány na vzpěr a ohyb.

Z vrchní části jsou pak na sloupcích trámy zvané ližiny. Spojení je, stejně jako se spodním trámem, na čep. Dojde k vytvoření rámu, které zajišťují sloupky. V místě zatížení trámů stropní konstrukcí jsou vždy vazné trámy.

Další důležitou konstrukcí jsou vzpěry. Šikmé vzpěry zajišťují přenesení vodorovných sil a prostorově vyztužují konstrukci. Můžou být také společně propojeny do takzvaného Ondřejova kříže.

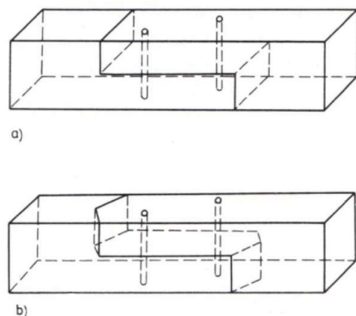
11.2.2. Spoje dřevěných prvků

Důležitým bodem vytvoření hrázděné konstrukce je správné spojení jednotlivých dřevěných prvků do staticky tuhého rámu.

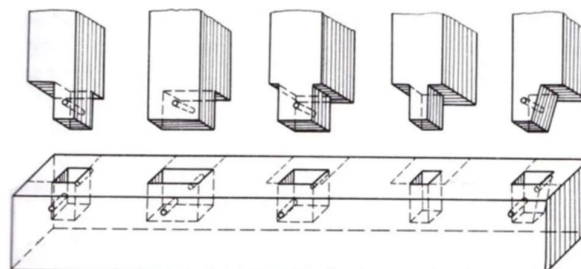
- Plátování – podélná vazba vodorovného nastavení prodloužení trámu. Plát se doplňuje dvěma dubovými kolíky zabírajícími vodorovnému vybočení. V případě více namáhaných trámů se místo kolíků přikládají ocelové svorníky s kovovými spojkami. Plátování má několik variant, může být rovné, šikmé, klesající atd.
- Čepování – příčná vazba při spojení jednoho trámu s trámem druhým. Základní dělení je na pravoúhlé (sloupek na spodní trám) a šikmé (vzpěra na konstrukci spodního trámu). Čepování je jedním z nejběžnějších tesařských spojů, kdy se do jednoho trámu připraví prohlubeň (dlab), do které se nasadí výstupek trámu



druhého zvaný čep. Čep je široky zhruba třetinu samotné výšky trámu a dlouhý přibližně polovinu výšky trámu. Celé spojení je vyztuženo kolíkem.



Obr. 27 – Plátování



Obr. 28 – Čepování

11.2.3. Charakteristické znaky hrázděných staveb

- Patrová výstavba
- Tesařské spoje: čepy, zapuštění a plátování
- Masivní nosné dřevěné prvky
- Větší míra sedání
- Nosná kostra vizuálně přiznaná
- Dnes již neúčelné při použití na vícepodlažní stavby z montážně technických a konstrukčních důvodů [1]



Obr. 29 – Rustlerův statek ve vsi Doubravka



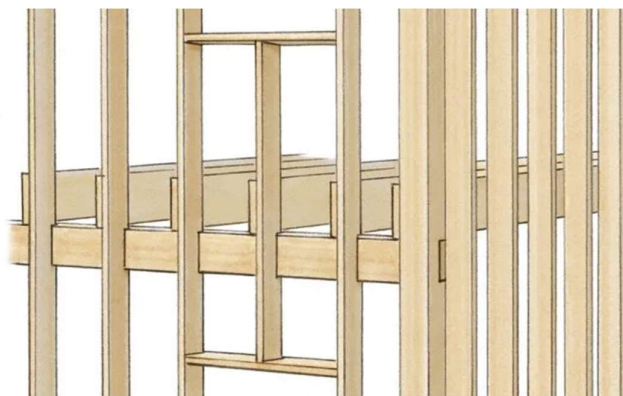
11.3. Původní lehké skelety Ballon Frame, Platform Frame

Jak již bylo zmíněno v historii výše, z hrázděných staveb postupem času vznikl systém lehkého skeletového systému. Jedná se o oblast Ameriky, kam si přistěhovalci z Evropy donesli své znalosti o stavění. Zjednodušením hrázděných staveb společně s vynálezem sériově vyráběného hřebíku došlo v polovině 19. století ke vzniku stavebního systému s názvem Timber Frame, neboli dřevostavba sloupkové konstrukce. Sloupky jsou mezi sebou osově vzdáleny v menších vzdálenostech, a tak jsou jejich průřezy menší než u jejich předchůdce. Hlavním rozdílem je zájmena jiný způsob vyztužení. Kdy namísto hrázděných staveb, kde vyztužení probíhá skrz šikmé vzpěry, je vyztužení provedeno venkovním bedněním desek. Typický název, který se používá dodnes je „Two by Four“ nebo „Two by Six“, který je dán rozměry nosných sloupků v palcích.

Osová vzdálenost sloupků je dána rozměrem obkladového materiálu. Původně se bednění zhotovilo z rostlého dřeva, později bylo tvořeno konstrukcemi na bázi dřeva. Celková tuhost stěny je dosažena právě až po doplnění deskového materiálu. Sloupky jsou v případě většího zatížení například v oblastech překladů zdvojeny, nebo ztrojeny.

11.3.1. Balloon Frame

Původní varianta pochází z poloviny devatenáctého století. Jedná se o průběžné stěnové sloupky, které procházejí přes dvě a více podlaží. Problémem je použití dlouhých prvků, které jsou náchylné na kroucení. Proto se v dnešní době tato varianta téměř nepoužívá.

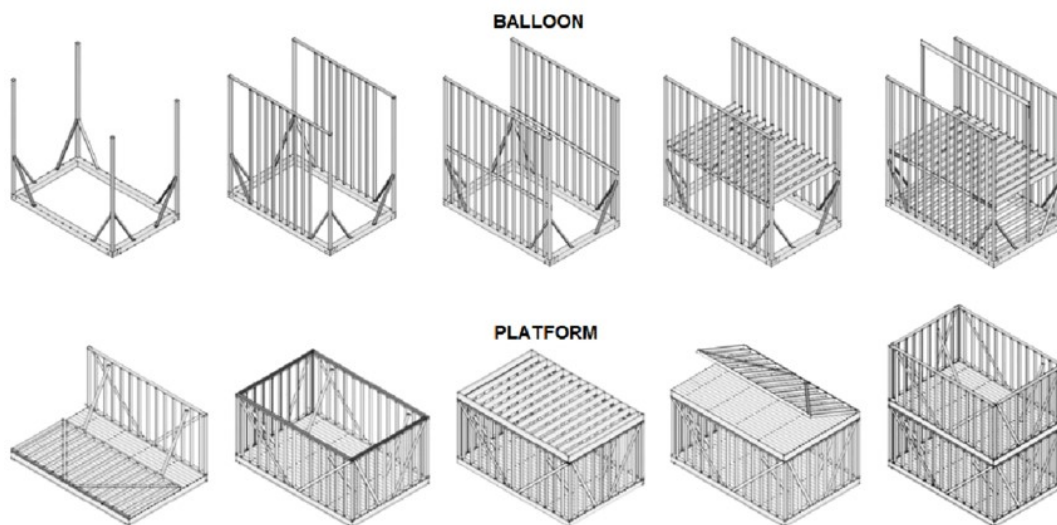


Obr. 30 – Detail napojení příčného trámu a stropnic na průběžné sloupky



11.3.2. Platform Frame

Druhým způsobem stavby lehkého skeletového systému je Platform Frame. Svislé sloupy jsou v každém patře přerušeny stropní konstrukcí, uložené na vrchním ztužujícím rámu stěny a vzniká tak přerušovaná poschod'ová výstavba.



Obr. 31 – Srovnání výstavby Ballon a Platform frame

11.3.3. Charakteristické znaky systému

- Menší prefabrikace
- Vysoká pracnost na staveništi
- Štíhlé průřezy sloupků s malou osovou vzdáleností
- Konstrukce vyztužená pláštěm [1]

11.3.4. Vývoj

Technika stavby se dostala začátkem třicátých let dvacátého století do Evropy kde se těšila velkého úspěchu. Systém pod názvem sloupkové stavby se postupem času vyvíjel a důraz byl kladen také na zvýšený stupeň prefabrikace rámových staveb lehkého skeletu.



11.4. Lehké skeletové rámové stavby

Vznikly z předchůdce stavebního systému Platform Frame, vylepšením stavebních materiálů a zlepšení spojů. Novodobé rozměry sloupků se ze systému „Two by Four/Six“ v převodu na milimetry 50x100, 50x150 změnilo. Minimální šířka sloupků je nově dána požárně bezpečnostními vlastnostmi na 60 mm a tloušťku určuje tepelná technika obálky budovy. Mezi sloupky se vkládá tepelná izolace a díky tomu se tloušťka sloupku pohybuje od 160 do 200 mm. Opláštěný rám se z venkovní části zatepluje další vrstvou izolace a dosahuje tak požadovaných parametrů prostupu tepla stěnou budovy.

Odhadem se tímto způsobem staví přes 80 % jedno a dvoupodlažních rodinných domů ve Spojených státech amerických. Poznat na první pohled dřevostavbu může být díky opláštění rámu a nepřiznání nosné části konstrukce nemožné.

11.4.1. Rastr

Běžná vzdálenost sloupků je 625 mm. Jedná se o univerzální vzdálenost, která je dána rozměrem obkladového materiálu. Obkladový materiál má šířku 1250 mm a jedná se o materiál na bázi dřeva, nejčastěji desky z orientovaných plochých třísek (OSB) nebo cementovláknité desky. Stejně jakou u tradičních staveb Platform frame se sloupky v místech velkého zatížení, obvykle u překladů okenních a dveřních otvorů, zdvojují případně ztrojují.

11.4.2. Rámové stavby v panelovém provedení

Snahou o co největší prefabrikaci a tím zrychlení a zefektivnění samotné stavby se vyvinuly sloupkové systémy dřevostaveb v panelovém provedení. Jedná se o sestavení celého rámového panelu včetně možné elektroinstalace a výplní všech otvorů přímo ve výrobní hale. Mohou být opláštěny oboustranně nebo jednostranně, což pomáhá zmenšit objem převáženého materiálu na stavbu. Výhodou je tak zmíněná krátká doba výstavby, téměř dokonalá přesnost a výroba v uzavřené výrobní hale, která je chráněná proti vnějším vlivům. Zároveň je zaručena stabilní teplota a vlhkost po celou dobu montáže konstrukcí stěn. Také odpadá nutnost ochrany a skladování materiálů po celou dobu výstavby. Panelová montáž je tak velmi jednoduchá a využívaná pro svoji efektivnost. Jedinou nevýhodou je nutnost jeřábu a tím také dostupnosti strojů na pozemku. Běžná



dojezdová vzdálenost pro stavbu je různá. Na rozdíl od naší země, kdy je běžná dojezdová vzdálenost do 300 km je například v Americe normální vzdálenost dvojnásobná. Sestavení na staveništi je následně otázkou v řádu několika dnů oproti několika měsícům v případě staveništní výstavby.

Panely se rozlišují na panely malé se šířkou 1–1,25 metrů a velké celostěnové panely s délkou 5–10 metrů.

11.4.3. Konstrukční části

Stejně jakou ostatních systémů se používá dřevo o vlhkosti 12 %. Na nosné sloupky se používá hraněné řezivo, lepené vrstvené hranoly, případně speciální průřezy typu I nosníků, které zmenšují tepelné mosty konstrukcí. Mezi rám tvořený sloupky spodního a vrchního trámu je umístěna minerální izolace. Základový práh je důležité správně ukotvit do základů stavby z důvodu odolání účinkům povětrnostních vlivů.

Před nosnou konstrukcí se ze strany interiéru provádí instalační předstěna. Funkcí je omezení prostupů a ochrana parozábrany a parobrzdy. Jedná se o prostupy elektroinstalací, dalších elektrických zařízení a zároveň vodovodních kanalizačních potrubí. Instalační předstěna nám také umožňuje vložení další vrstvy tepelné izolace a tím zlepšení zvukových a tepelných vlastností. Uložení stropu na nosné obvodové stěně bývá na celé tloušťce nosné konstrukce.



Obr. 32 – Montáž rámové dřevostavby

11.4.4. Difuzně otevřený a uzavřený systém

Jedním z témat častých diskusí spojenými s dřevostavbami je otázka řešení vodní páry. Ta vzniká v interiéru buď přirozeným pobytem osob, tak činnostmi jako například vařením atd. Dle fyzikálních zákonů víme, že vlhkost má tendenci přecházet do prostředí s její nižší koncentrací. To má za následek přirozený tok vlhkosti skrz obálku budovy do venkovního prostředí.

Máme tak dvě možnosti, jak postavit obvodovou stěnu. První možností je vytvoření difuzně otevřené konstrukce a umožnit tak vodní páře dostat se konstrukcí do exteriéru. Systém pracuje na prostupu plynů a v žádné vrstvě stěny nedochází ke kondenzaci. Důležitá je správná volba materiálů, které by měly být seřazeny s postupně klesající hodnotou difuzního odporu. Základem je také parobrzdá. Ta reguluje množství vodní páry propustující z interiéru do konstrukce. Výhodou je lepší akustika s tepelnou setrvačností budovy a ekologické řešení, nevýhodou pak vyšší cena.



Skladba difuzně otevřené konstrukce pak může být následující, z interiéru:

- Sádroláknitá deska
- Instalační předstěna s tepelnou izolací z minerální vlny
- Sádroláknitá deska s parobrzdou
- Nosný rám s tepelnou izolací z minerální vlny
- Sádroláknitá deska
- Tepelná izolace z minerální vlny
- Difuzně otevřený fasádní systém

Naproti tomu u difuzně uzavřené konstrukce se snažíme zamezit vniknutí páry do konstrukce. Toho dosáhneme přidáním parotěsné fólie s vysokým difuzním odporem na vnitřní straně. Vrstvy tepelné izolace a fasádního systému tak nemusíme z hlediska kondenzace vodní páry řešit. Tento systém je obvykle levnější, avšak nevýhodou je nutnost zajištění fungování parozábrany. Vrstva nesmí být poškozená, ani nijak znehodnocená.

Skladba difuzně uzavřené konstrukce pak může být následující, z interiéru:

- Sádroláknitá deska
- Instalační předstěna s tepelnou izolací z minerální vlny
- OSB deska s parotěsnou folií
- Nosný rám s tepelnou izolací z minerální vlny
- OSB deska
- Polystyren EPS 100
- Vnější silikátová omítka



11.4.5. Charakteristiky

- Velký prostor na architektonické řešení stavby
- Osová vzdálenost sloupků běžně 625 mm
- Vysoký stupeň prefabrikace
- Oboustranně vyztužená konstrukce opláštěním
- Výstavba po jednotlivých patrech
- Mechanické spojovací prostředky [1]



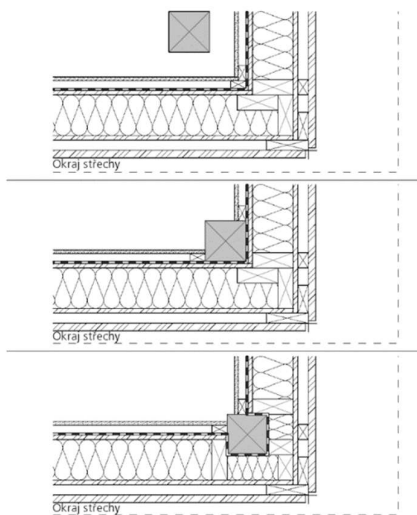
Obr. 33 – Rámová panelová dřevostavba RD Rýmařov



11.5. Těžké Skeletové stavby

Těžký skelet dřevostavby je konstrukcí tvořenou masivními sloupy a nosníky z hraněného řeziva nebo lepeného lamelového dřeva. Do nosné kostry stavby se doplňují nenosné příčky a obvodový plášť. Charakteristikami systému jsou velká dispoziční variabilita, možnost přiznání masivních dřevěných prvků a libovolný fasádní plášť. Využívá se obvykle pro stavby větších rozměrů, například administrativních budov, nebo sportovních objektů.

Obvodový plášť není nijak vázaný na nosné sloupy a lze ho tedy umístit takřka libovolně. Z hlediska ochrany nosného systému je ale nejvýhodnější umístění vně nosných sloupů. Nedochází tak jak k tepelným únikům vytvořeným pomocí tepelného mostu při umístění obvodové konstrukce mezi sloupy, ani k jejich nutné ochraně z hlediska působení vnějších vlivů v případě umístění obvodového pláště z vnitřní strany.



Obr. 34 – Schéma umístění obvodového pláště a nosných sloupů

Důležitým bodem u těžkého skeletu je vodorovné ztužení proti zatížení větrem. Je nutné vyztužit každou osu rastru proti vertikálnímu zatížení. Nejefektivnějším způsobem je provedení výztužných betonových, zděných, nebo dřevěných stěn, případně pomocí ocelových diagonál. Tímto způsobem však dojde k omezení využití vnitřního prostoru.



Používá se tedy v kombinaci s vodorovným ztužením zavětrovacími ztužidly a výztužnými tabulemi ve střešní rovině. Důležité je propojení těchto systémů. Pro co nejtužší stropní konstrukce se šachovnicově střídá uložení stropnic v jednotlivých polích.

11.5.1. Rastr

Typické modulové rozměry jsou 3,6x3,6 m, 4,8x4,8 m, setkáme se však i s většími rozměry nad 6 metrů. Vzdálenosti sloupů mohou být z hlediska značné únosnosti dřeva ve směru vláken větší. Důležitá je tedy pevnost nosníků.

11.5.2. Konstrukční typy skeletových staveb dle styků prvků

Příkladem provedení styků svislých sloupů a vodorovných průvlaků jsou například:

- Skelet s jednodílnými nosíky uloženými na sloupy

Nejjednodušší způsob využívaný u jednopodlažních staveb s plochou střechou. Stropnice pak mohou být uloženy přímo na konstrukci průvlaků, nebo připojeny v jedné úrovni.

- Skelet s dvojdílnými nosíky a jednodílnými sloupy

Hlavní nosnou konstrukci tvoří jednodílný průběžný sloup, který může být se zářezem a dva nosíky připojeny ke sloupu ze dvou stran. Výhodou je jednoduchost, která vede k častému využívání. Naopak nevýhodou je vysoká výška stropů vzhledem k ukládání stropnic na průvlaky.

- Skelet s jednodílnými nosíky a dvojdílnými sloupy

Jednodílný nosník spojen pomocí vložky s průběžným dvoudílným sloupem. Průběžný nosník prochází mezi oběma díly sloupu. Výhodou je zmenšení výšky stropů.

- Skelet s jednodílnými nosíky a jednodílnými sloupy

Průvlaky jsou ke sloupu připojeny v libovolné výškové úrovni. Nutné použití speciální spojovací techniky. [1]



11.5.3. Charakteristiky

- Volnost dispozičního řešení
- Menší možnost prefabrikace
- Nosný systém není závislý na opláštění obvodových stěn
- Náročnější ocelové spoje dřevěných prvků
- Možnost předsazení nosného skeletu vně obvodového pláště [1]



Obr. 35 – nosný skelet dřevostavby



11.6. Masivní panelové stavby

Stavby z panelů CLT řadíme do skupiny masivních deskových konstrukcí dřevostaveb. Nosná konstrukce je tvořena z plošných dílců. Dílce se používají pro nosné konstrukce stěn, stropů i střech. Panely pro konstrukci stěn mívají obvykle méně vrstev lamel než panely stropní konstrukce, vzhledem na statické působení rozpětí prvků. Jak už bylo zmíněno v jednotlivém stavebním materiálu, panely se vyrábí ve výrobní hale. K CLT panelům se přidá tepelná izolace z vnější strany, z vnitřní strany se může nechat masivní dřevěná konstrukce. Dále se pak přidá finální fasádní úprava. V případě stěn se může vložit instalační předstěna. Označení panelů L3s, L5s atd. pak udává počet vrstev křížem vrstveného dřeva.

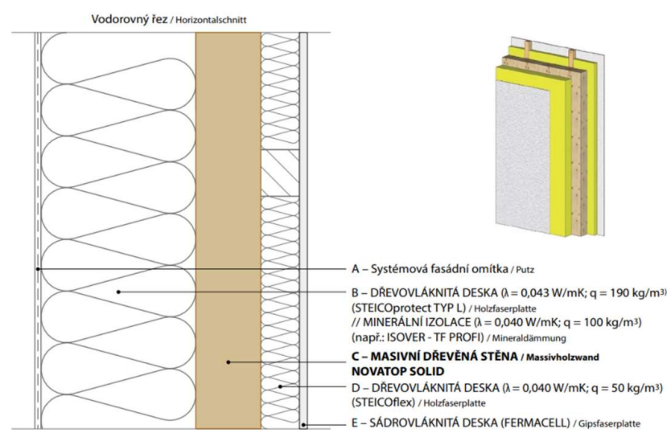
Díky dobré požární odolnosti, a především velké únosnosti při malých tloušťkách lze panely používat pro vícepodlažní budovy. Výška staveb je však v České republice omezena požárními předpisy. Ty zakazují stavění nosného systému dřevostaveb nad 12 metrů bez použití chráněné únikové cesty z jiného nosného materiálu. Bez chráněné únikové cesty je maximální povolená požární výška pouhých 9 metrů. U budovy o pěti a více podlažích se konstrukce posuzuje na disproportionální kolaps – kolaps neúměrný příčině, například následkem nárazu objektu do nosného systému. Zhotovením prvního nadzemního podlaží z železobetonu tomuto jevu můžeme zabránit.

Aktuálně je v České republice otevřená nová linka na výrobu křížem vrstvených (CLT) panelů. Společnost Stora Enso investovala přes 2 miliardy korun do výstavby nového areálu závodu ve Ždírci nad Doubravou. Roční kapacita se má pohybovat kolem 120 000 m³.

Průkopníkem CLT technologie je u nás systémem NOVATOP. Jedná se o produkt společnosti AGROP NOVA a.s. Oproti klasickým CLT panelům se liší již při výrobě, kdy se dřevo vysuší na 8% vlhkosti. Dojde tak k většímu zamezení trhlin a zajištění větší stability. Zásadní rozdíl je pak v samotné tloušťce lamel. Povrchová lamela má tloušťku 9 milimetrů a je vyrobena ze středového řeziva



Obr. 36 – Rozdíl v tloušťce lamel v systému NOVATOP

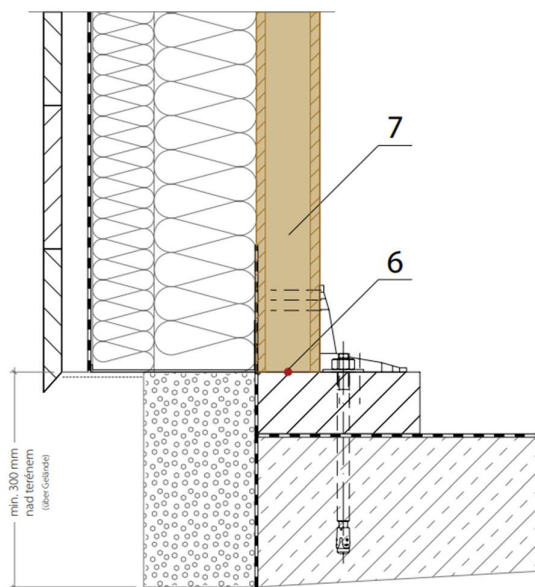


Obr. 37 – Skladba stěny systému NOVATOP

11.6.1. Spojování dílců

V dosud platném Eurokódu 5 pro dřevěné konstrukce nejsou zmíněna pravidla pro návrh konstrukcí. Neobsahuje ani jednotlivé součinitele, a tak jsou výpočty závislé na hodnotách součinitelů udávaných výrobcem.

Usazení dílců na železobetonový základ je prováděno na hydroizolaci s podkladními hranoly ukotvením ocelovými úhelníky a kotevními šrouby. Spojení dílců mezi sebou je prováděno vruty.



Obr. 38 – Usazení dílců na základ

11.6.2. Charakteristiky

- Vysoká únosnost a tuhost stavby
- Možnost vícepodlažní budovy
- Vysoký stupeň prefabrikace
- Recyklovatelnost
- Požární odolnost [1]

11.6.3. Příklad

Příkladem budovy s využitím CLT panelů je budova Forté v australském Melbourne. Dokončena byla v roce 2012 s výškou 32,2 m. Jednalo se o nejvyšší bytový dům s dřevěnou nosnou konstrukcí. Pro srovnání – nejvyšší dřevostavbu nyní představuje téměř 90 metrů vysoký mrakodrap Ascent MKE v americkém Millwaukee.

Tento desetipatřatový byt byl postavený ze 759 CLT panelů smrkového dřeva. Zajímavostí je původ dřeva, které dorazilo v přepravních kontejnerech z Rakouska v hotových dílcích. Přízemí společně s prvním patrem je zhotoveno z železobetonu. Tím



je zabráněno disproporčnímu kolapsu celé stavby a zajištěna izolace dřeva od zeminy. Panely se následně osazovaly pomocí jeřábu a spojovaly mechanickými prostředky.

Dřevo použité v budově v sobě ukládá 761 tun CO₂. Rozdíl oproti použití železobetonu s ocelí je dokonce skoro 1500 tun emisí CO₂.



Obr. 39 – Výstavba budovy Forté

11.7. Modulární buňky

Modulární buňka je nejvyšším stupněm prefabrikací dřevostaveb. Jedná se o předem připravenou buňku tvaru kvádrů zhotovenou ve výrobní hale, která je následně dovezena na staveniště. Jednotlivé buňky můžeme upravovat podle následného uspořádání dispozice. V případě vedlejších buněk můžeme například odejmout konstrukci stěny a dvě buňky následně spojit. Odstraněním jedné stěny se však sníží tuhost celé buňky a je nutné zajistit při převozu ztužení.

Největší výhodou modulárních buněk je tedy jejich velmi rychlá montáž a možnost demontáže. To se jeví jako ideální způsob pro stavby dočasných staveb v případě přírodní katastrofy, nebo velké akce v místě s menší ubytovací kapacitou.

Výškové budovy se v České republice téměř nevyskytují. Můžeme najít většinou jednopodlažní konstrukce. Rozdíl najdeme u našich sousedů. Například rakouská firma



Kaufmann Baustyme se zabývá výstavbou modulárních budov pro stavby hotelů, škol a ubytoven. Jednou z významných firem je také Stora Enso. Ta staví běžně 3-8 podlažní modulární budovy a jak je již zmíněno, nedávno otevřela moderní linku na výrobu CLT panelů v České republice. To by mohlo v budoucnu usnadnit vývoj modulárních vícepodlažních budov i na našem území. [2]

11.7.1. Konstrukční systém

Konstrukčním systémem modulárních buněk jsou následující prvky. Provedení stěn a stropů můžeme být jak ze stejného systému, tak kombinací z níže uvedených.

- Prutové prvky hraněného řeziva
- Lamelová deska
- Rámová konstrukce
- CLT

11.7.2. Historie

První modulární stavba byla postavena v roce 1896. Jednalo se o železobetonovou buňku od francouzské firmy Hebbebique. Většímu rozvoji prefabrikovaných buněk se následně dostalo až ve druhé polovině 20. století, kdy se tyto budovy začaly zkoumat ve větší míře. Systémy ze dřevostaveb se se poprvé objevily v Německu. Firma Holtmann používala tuto výstavbu pro dočasné i trvalé stavby. Modul měl šířku vždy tři metry a délka se pohybovala až do dvanácti. Výškové stavby se vyvinuly v 90. letech 20. století ve Švýcarsku a Rakousku. Nosnou konstrukci tvořil dřevěný rám, později panely CLT. Úplně první výškovou budovou modulárního systému s nosnou konstrukcí křížem vrstveného zdiva se stala čtyřpodlažní budova kanceláří ve Švýcarsku.

11.7.3. Charakteristiky

- Nejvyšší stupeň prefabrikace
- Dokonalé zpracování ve výrobní hale
- Možnost rozebrání
- Náročné na přepravu a manipulaci na staveništi



11.7.4. Příklad – Sara Culture Center

Kulturní centrum ve švédském městě Skellefteå je jednou z nejvyšších dřevostaveb na světě. Dvacetipatrový hotel je postaven z prefabrikovaných modulárních bloků z CLT panelů uložených mezi dvě výtahová jádra, také tvořená z panelů křížem vrstveného dřeva.

Budova klade velký důraz na udržitelnou výstavbu. Jejím cílem je být příkladem pro výstavbu budov po celém světě na přechod k uhlíkové neutralitě. Budovu tvoří 75 metrů vysoký hotel a přilehlé kulturní centrum. Jedná se o smíšený stavební systém. Kulturní centrum se skládá z dřevěného těžkého skeletu se sloupy a nosníky z lepeného lamelového dřeva. Nad vstupním vestibulem jsou trámy tvořeny kombinací dřeva a oceli a vytváří tak otevřený prostor s dispozičně volnou možností.

Důležitým milníkem je také to, že se jedná o uhlíkově negativní mrakodrap. Z dostupných výpočtů bylo při stavbě spotřebováno 5631 tun CO₂. Naproti tomu více jak 9000 tun CO₂ je uchováno v konstrukci dřeva a úspora díky fotovoltaickým panelům by měla být po dobu životnosti 1095 tun CO₂.



Obr. 40 - Výstavba modulárních buněk



12. Závěr

Ve své práci jsem shrnul poznatky o dřevě, jeho historii, vlastnostech a využití v jednotlivých konstrukčních systémech. V tomto pojednání jsem zjistil nové skutečnosti a přednosti dřeva, jakožto stavebního materiálu.

Doufám, že jeho rostoucí podíl na stavebním trhu se v budoucnu s vývojem norem a novou linkou CLT panelu na našem území bude nadále zvyšovat. Za největší aktuální omezení považuji výškový limit vztahující se na dřevostavby, který v České republice činí 12 metrů.

Zapojení více nosných dřevěných prvků do konstrukcí a vytvoření tak hybridních staveb kombinujících dřevo, beton a ocel je z hlediska ekologie cesta správným směrem. Právě efektivní kombinace vlastností jednotlivých materiálů, například při rekonstrukci již postavených budov, je zcela klíčová. Za velmi zdařilý a reprezentativní příklad lze považovat rekonstrukci pražské Střední odborné školy – Centra odborné přípravy a Gymnázia v ulici Českobrodská. Zachované ocelové jádro zde bylo doplněno prefabrikovanými dřevěnými panely na konstrukci obvodového pláště. Zároveň se nainstalovala tepelná čerpadla a fotovoltaická elektrárna. Stavba se tak stala první energeticky a uhlíkově pozitivní školní budovou.

Momentální situaci vnímám jako velmi příznivou pro narůstající množství konstrukcí a staveb s použitím nosné části ze dřeva. Ostatně s přístupem Evropské unie se tento trend aplikuje stále více. Velmi zajímavý je v tomto směru také přístup některých, převážně severských států a měst, které zavádějí regulace na minimální podíl dřevostaveb pro veřejné účely.

Věřím, že dřevo, jakožto stavební materiál nám bude sloužit tak, jak již v minulosti i do budoucna a bude přispívat ke kvalitnějším a efektivnějším stavbám.



13. Použité zdroje

13.1. Literatura

- 1) HUSS, Wolfgang, Matthias KAUFMANN a Konrad MERZ. Building in timber: room modules. Přeložil Julian JAIN. Munich: Detail Business Information, [2019]. Detail book. ISBN 978-3-95553-494-3.
- 2) KOLB, Josef. Dřevostavby: systémy nosných konstrukcí, obvodové pláště. Praha: Grada, 2008. ISBN 978-80-247-2275-7.
- 3) KUKLÍK, Petr. Dřevěné konstrukce. Praha: Informační centrum ČKAIT, 2005. Technická knihnice autorizovaného inženýra a technika. Řada C. ISBN 80-86769-72-0.
- 4) Obnova a rekonstrukce staveb: poruchy, degradace, sanace. 2. přepracované vydání. vyd. V Praze: České vysoké učení technické, 2018. ISBN 9788001063606;8001063607
- 5) Pavlíková, M., Pavlík, Z., Hošek, J.: Materiálové inženýrství 1, ČVUT v Praze, 2011, ISBN 978-80-01-04932-7
- 6) ŠTEFKO, Jozef, Ladislav REINPRECHT a Petr KUKLÍK. Dřevěné stavby: konstrukce, ochrana a údržba. 2. české vyd. Bratislava: Jaga, 2006. Home. ISBN 80-8076-043-8.
- 7) VAVERKA, Jiří. Dřevostavby pro bydlení. Praha: Grada, 2008. ISBN 978-80-247-2205-4.

13.2. Internetové zdroje

- 1) "Sedání" a "sesychání", rozměrové změny roubenek a srubů | Roubenky a sruby. HOBLINA | Roubenky a sruby [online]. Copyright © 2023 Robert Malý [cit. 21.05.2023]. Dostupné z: <http://www.roubenkyasruby.cz/o-stavbach/sedani>
- 2) 2. Historie, vývoj dřevostaveb | Gebas Domy. Gebas Domy [online]. Dostupné z: <https://www.gebasdomy.cz/2-historie-vyvoj-drevostaveb-82633c43505416a8fa6f93d477d78ef0/4>



- 3) 2.5.1 Polozemnice. Domů [online]. Copyright © KELTOI, obč. sdružení 1994 [cit. 22.05.2023]. Dostupné z: <https://boiohaemum.cz/keltove/2-sidla-keltu/777-2-5-1-polozemnice>
- 4) 4. Novodobé konstrukční systémy dřevostaveb | Gebas Domy. Gebas Domy [online]. Dostupné z: <https://www.gebasdomy.cz/4-novodobe-konstrukcni-systemy-drevostaveb-68f6d00a1aba0aa626995eb5d62171ff/6>
- 5) BENDO VÁ, Šárka. Modulární vícepodlažní dřevostavby [online]. Praha, 2021 [cit. 2023-05-21]. Dostupné z: https://dspace.cvut.cz/bitstream/handle/10467/96166/F1-BP-2021-Bendova-Sarka-Modularni_vicepodlazni_drevostavby.pdf?sequence=1&isAllowed=y#page=22&zoom=100,129,692. BAKALÁŘSKÁ PRÁCE. ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE. Vedoucí práce Doc. Ing. Petr Kuklík, CSc.
- 6) BÖHM, Martin, Jan REISNER a Jan BOMBA. Materiály na bázi dřeva [online]. Praha, 2012 [cit. 2023-05-22]. Dostupné z: <http://upload.epax.cz/materialy.pdf>. Materiály na bázi dřeva. ČESKÁ ZEMEDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE.
- 7) BSH | Dekwood. DEKWOOD Vás vítá | Dekwood [online]. Copyright © 2023 DEK a.s. [cit. 22.05.2023]. Dostupné z: <https://dekwood.cz/produkty/bsh>
- 8) BSH hranol, lepené hranoly | Dřevo Smutný. Prodej dřevomateriálu, KVH hranoly, palubky, terasy, OSB [online]. Dostupné z: <https://drevosmutny.cz/hranoly-bsh/>
- 9) CETRIS | Dekwood. DEKWOOD Vás vítá | Dekwood [online]. Copyright © 2023 DEK a.s. [cit. 22.05.2023]. Dostupné z: <https://dekwood.cz/produkty/cetris>
- 10) CLT - MATERIÁL PRO MODERNÍ DŘEVOSTAVBU [online]. c2023 [cit. 2023-05-22]. Dostupné z: <https://www.jafholz.cz/shop/materialy-pro-drevostavby/clt-panely~c14611667>
- 11) CLT panely jako základ stavebního systému NOVATOP: Jaké má výhody? - Novatop. Úvodní strana - Novatop [online]. Dostupné z: <https://novatop-system.cz/clt-panely-jako-zaklad-stavebniho-systemu-novatop-jake-ma-vyhody/>
- 12) Cutting carbon in Europe: the rise of timber construction. The UK's wood promotion campaign | Wood For Good [online]. Copyright © Wood for Good



- 2023 [cit. 22.05.2023]. Dostupné z: <https://woodforgood.com/news-and-views/2022/07/25/cutting-carbon-in-europe-the-rise-of-timber-construction/>
- 13) České dřeviny. Víte, k čemu je vhodný smrk, nebo k čemu se využívá dub či buk? | IMPREGNACE SOBĚSLAV s.r.o.. Impregnace dřeva | IMPREGNACE SOBĚSLAV s.r.o. [online]. Copyright © 2020 [cit. 22.05.2023]. Dostupné z: <https://www.impregnacesobeslav.cz/aktuality/ceske-dreviny-vite-k-cemu-je-vhodny-smrk-nebo-k-cemu-se-vyuziva-dub-ci-buk>
- 14) Desky CETRIS | Článek | Magazín | Drevo-kaplan.cz. Desky, překližky, palubky - Praha Východ | Drevo-kaplan.cz [online]. Copyright © 2023, KAPLAN, s.r.o. [cit. 22.05.2023]. Dostupné z: <https://www.drevo-kaplan.cz/magazin%5b4%5d/desky-cetris-vyuziji-stavari-elektrikari-i-domaci-kutilove>
- 15) Desky OSB a běžné třískové desky nelze zaměňovat Rozdílné posuzování desek na bázi dřeva | Stavebnictvi3000.cz. Stavebnictvi3000.cz – věrohodný pohled na stavění a materiály [online]. Dostupné z: <https://www.stavebnictvi3000.cz/clanky/desky-osb-a-bezne-triskove-desky-nelze-zamenovat>
- 16) DIAGNOSTICKÉ METODY PRO HODNOCENÍ KONSTRUKČNÍHO DŘEVA [online]. Brno, 2015 [cit. 2023-05-22]. Dostupné z: <https://docplayer.cz/8339620-Bi03-diagnosticke-metody-ve-stavebnictvi-diagnosticke-metody-pro-hodnoceni-konstrukcniho-dreva-ing-vera-hermankova-ph-d.html>. Přednáška. VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ.
- 17) Difuzně otevřená nebo difuzně uzavřená dřevostavba? | Dřevostavby, časopis o bydlení - DřevoStavby. Dřevostavby - Portál | Dřevostavby, časopis o bydlení - DřevoStavby [online]. Copyright © 2023 Kladenská 107, Praha 6 [cit. 21.05.2023]. Dostupné z: <https://www.drevoastavby.cz/drevostavby-archiv/stavba-drevostavby/konstrukce-drevostaveb/6568-difuzne-otevrena-nebo-difuzne-uzavrena-stena-do-drevostavby>
- 18) DÍL 3. TYPY DŘEVOSTAVEB - YouTube. YouTube [online]. Copyright © 2023 Google LLC [cit. 21.05.2023]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=KPs8VMTyYrY&t=75s>



- 19) DOLEJŠ, Jakub. ODA2 - Dřevěné konstrukce [online]. Praha, 2015 [cit. 2023-05-22]. Dostupné z: https://ocel-drevo.fsv.cvut.cz/cz/?wpfb_dl=203. Školní přednáška. České vysoké učení technické v Praze.
- 20) Drevocentrum.cz - OSB desky. Drevocentrum.cz - obchod pro truhláře a prodej omítek a barev [online]. Copyright © Petr Vaněk 2023 [cit. 22.05.2023]. Dostupné z: <https://www.drevocentrum.cz/osb-desky>
- 21) Drevocentrum.cz - Překližky drevocentrum Jihlava Vysočina. Drevocentrum.cz - obchod pro truhláře a prodej omítek a barev [online]. Copyright © Petr Vaněk 2023 [cit. 22.05.2023]. Dostupné z: <https://www.drevocentrum.cz/plosne-materialy/truhl-preklizky>
- 22) Druhy deskových materiálů | Fachmani.cz. Fachmani.cz [online]. Copyright © 2012 [cit. 22.05.2023]. Dostupné z: <https://fachmani.cz/clanek-12499-deskove-materialy>
- 23) Druhy dřeva používané k moderním stavebním a dekoračním účelům - - [online]. Copyright © 2018 [cit. 22.05.2023]. Dostupné z: <https://bydelko.cz/nezarazeno/druhy-dreva-pouzivane-k-modernim-stavebnim-a-dekoracnim-ucelum/>
- 24) Dřevokazný hmyz - SANAKO. Sanace dřevěných / zděných konstrukcí, likvidace škůdců - SANAKO [online]. Copyright © 2023 SANAKO [cit. 22.05.2023]. Dostupné z: <https://www.sanako.cz/skudci/drevokazny-hmyz>
- 25) DŘEVOSTAVBY PRO BYDLENÍ - ppt stáhnout. SlidePlayer - Nahrávejte a Sdílejte své PowerPoint prezentace [online]. Copyright © 2023 SlidePlayer.cz Inc. [cit. 21.05.2023]. Dostupné z: <http://slideplayer.cz/slide/2957004/>
- 26) Dřevostavby: Difuzně otevřená nebo uzavřená skladba? | Rigips. Rigips | Vyberte si to nejmodernější a nejspolehlivější řešení na trhu. U nás najdete vše potřebné – ať už jste velká stavební firma, nebo domácí kutil. [online]. Dostupné z: <https://www.rigips.cz/clanky/drevostavby-difuzne-otevrena-nebo-uzavrena-skladba/>
- 27) Forté Living – Australia’s first multiresidential CLT building - Built Offsite. Prefabrication and Offsite Construction News | Built Offsite [online]. Dostupné



- z: <https://builtoffsite.com.au/emag/issue-04/forte-living-australias-first-multiresidential-clt-building/>
- 28) Forté: Nejvyšší dřevěná budova světa — ČT24 — Česká televize. ČT24 — Nejdůvěryhodnější zpravodajský web v ČR — Česká televize [online]. Copyright © Česká televize 1996 [cit. 21.05.2023]. Dostupné z: <https://ct24.ceskatelevize.cz/ekonomika/1147649-forte-nejvyssi-drevena-budova-sveta>
- 29) Herbář Wendys - Borka (rhytidoma). Herbář Wendys - Domů [online]. Copyright © 2023 Herbář Wendys [cit. 22.05.2023]. Dostupné z: <https://botanika.wendys.cz/index.php/21-slovník/1714-borka-rhytidoma>
- 30) HEŘMÁNKOVÁ, Věra. Dřevo, dřevěné výrobky a konstrukce [online]. Praha, 2014 [cit. 2023-05-22]. Dostupné z: <http://www.szk.fce.vutbr.cz/vyuka/BI001/BI01%20D%C5%99evo%202014.pdf>. Školní přednáška. VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ.
- 31) Homepage | Petr Vavrečka. Homepage | Petr Vavrečka [online]. Copyright © Petr Vavrečka 2015 [cit. 22.05.2023]. Dostupné z: <http://www.petravrecka.cz/projekt/087-bylansky-dlouhy-dum>
- 32) Houby a plísně - SANAKO. Sanace dřevěných / zděných konstrukcí, likvidace škůdců - SANAKO [online]. Copyright © 2023 SANAKO [cit. 22.05.2023]. Dostupné z: <https://www.sanako.cz/skudci/houby-a-plisne>
- 33) CHYBÍK, Josef. Dřevěné konstrukce a přírodní izolační materiály [online]. 2010 [cit. 2023-05-22]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/drevostavby/6791-drevene-konstrukce-a-prirodni-izolacni-materialy>
- 34) I - nosníky | Dřevo v Brně. Prodej dřeva, stavební řezivo, OSB desky, palubky Brno | Dřevo v Brně [online]. Copyright © 2023 AZ WOOD a.s. [cit. 22.05.2023]. Dostupné z: <https://www.drevovbrne.cz/i-nosniky>
- 35) In focus: Energy efficiency in buildings. Redirecting to /select-language?destination=/node/1 [online]. Dostupné z: https://commission.europa.eu/news/focus-energy-efficiency-buildings-2020-02-17_en



- 36) Instalační předstěna :: Penatus. Penatus [online]. Copyright © 2018 PENATUS s.r.o. [cit. 21.05.2023]. Dostupné z: <https://www.penatus.cz/instalacni-predstena/>
- 37) Jak na stavební desky? OSB, Fermacell, Cetriz . Stavební-vzdělání.cz « Web o stavebnictví [online]. Copyright © 2013 [cit. 22.05.2023]. Dostupné z: <https://www.stavebni-vzdelani.cz/stavebni-desky-osb-fermacell-cetris/>
- 38) Jak se staví keltský dům? | Archeologie na dosah. Archeologie na dosah | Edukace a prezentace archeologického kulturního dědictví [online]. Copyright © 2012 [cit. 22.05.2023]. Dostupné z: <https://www.archeologienadosah.cz/clanky/jak-se-stavi-keltsky-dum>
- 39) Koniofora sklepní | Škůdci.com - o škůdcích, plísňích, plevelech a jak s nimi bojovat. Škůdci.com - o škůdcích, plísňích, plevelech a jak s nimi bojovat | [online]. Copyright © 2023, [cit. 22.05.2023]. Dostupné z: <https://www.skudci.com/koniofora-sklepni>
- 40) Konstrukce dřevostaveb . Rodinné domy a dřevostavby na klíč | RD Rýmařov [online]. Copyright © 2023, RD Rýmařov s. r. o. [cit. 21.05.2023]. Dostupné z: <https://www.rdrymarov.cz/schemata-sten-a-stropu>
- 41) Konstrukční systémy dřevostaveb: Lehký a těžký dřevěný skelet - ESTAV.cz. ESTAV.cz - Architektura. Stavba. Bydlení. [online]. Copyright © Lev [cit. 21.05.2023]. Dostupné z: <https://www.estav.cz/cz/3415.konstrukcni-systemy-drevostaveb-lehky-a-tezky-dreveny-skelet>
- 42) KOVAŘÍK, Pavel. Dřevostavby z požárního hlediska [online]. České Budějovice, 2015 [cit. 2023-05-21]. Dostupné z: https://is.vstecb.cz/th/nxa73/Drevostavby_z_hlediska_pozaru_8542_Pavel_Kovarik.pdf?lang=en. Bakalářská práce. Vysoká škola technická a ekonomická v Českých Budějovicích. Vedoucí práce Doc. Ing. Václav Kupilík, CSc.
- 43) KRELLA, Jeremiáš. Konstrukční systémy současných dřevostaveb [online]. Brno, 2013 [cit. 2023-05-22]. Dostupné z: <https://docplayer.cz/20572358-Konstrukcni-systemy-soucasnych-drevostaveb.html>. Bakalářská práce. MENDELOVA UNIVERZITA V BRNĚ. Vedoucí práce Doc. Dr. Ing. Zdeňka Havířová.



- 44) KREMEROVÁ, Alice. Využití prefabrikovaných instalačních jader ve výstavbě jednopodlažních rodinných dřevostaveb [online]. Praha, 2018 [cit. 2023-05-21]. Dostupné z: https://dspace.cvut.cz/bitstream/handle/10467/78288/F1-BP-2018-Kremerova-Alice-Prefa._jadra_ve_drevostavbach.pdf?sequence=1&isAllowed=y#page=22&zoom=100,148,268. BAKALÁŘSKÁ PRÁCE. ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ FAKULTA STAVEBNÍ. Vedoucí práce Ing. Tomáš Váchal.
- 45) Lesnatost v krajích. Fakta o klimatu [online]. Copyright © 2023 [cit. 22.05.2023]. Dostupné z: <https://faktaoklimatu.cz/infografiky/lesnatost-kraje>
- 46) Lexikon vad dřeva [online]. 2011 [cit. 2023-05-22]. Dostupné z: https://r.fld.czu.cz/vyzkum/multimedia/lexikon_vad/krivost.htm
- 47) MATĚJKA, Šimon. KŘÍŽEM VRSTVENÉ DŘEVO [online]. Praha, 2022 [cit. 2023-05-21]. Dostupné z: https://dspace.cvut.cz/bitstream/handle/10467/102897/F1-BP-2022-Matejka-Simon-Bakalarska%20prace_Simon%20Matejka.pdf?sequence=1&isAllowed=y. BAKALÁŘSKÁ PRÁCE. ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE. Vedoucí práce Doc. Ing. Petr Kuklík, CSc.
- 48) Minulost a současnost staveb ze dřeva [online]. Praha: Časopis stavebnictví, 2015 [cit. 2023-05-22]. Dostupné z: <https://www.casopisstavebnictvi.cz/clanky-minulost-a-soucasnost-staveb-ze-dreva.html>
- 49) Modulové dřevostavby - PURLIVE.cz. [online]. Copyright © PURLIVE, vytvořil Webtom [cit. 21.05.2023]. Dostupné z: <https://www.purlive.cz/cz/typy-staveb/modularni-drevostavby.html>
- 50) Montované rodinné domy na klíč ? | RD Rýmařov . Rodinné domy a dřevostavby na klíč | RD Rýmařov [online]. Copyright © 2023, RD Rýmařov s. r. o. [cit. 22.05.2023]. Dostupné z: <https://www.rdrymarov.cz/montovane-domy>
- 51) NĚMEČEK, Michal. Vývoj dřevěných konstrukcí budov. Praha, 2010. BAKALÁŘSKÁ PRÁCE. České vysoké učení technické v Praze. Vedoucí práce Doc. Ing. Petr Kuklík, CSc.
- 52) NOVATOP SOLID - Novatop. Úvodní strana - Novatop [online]. Dostupné z: <https://novatop-system.cz/produkt/novatop-solid/>



- 53) O dřevě [online]. Hradec Králové: LesyČR, c2023 [cit. 2023-05-22]. Dostupné z: <https://lesycr.cz/drevo/>
- 54) Obec Přezletice | Archeologické naleziště. Obec Přezletice | Zpravodajství [online]. Copyright © Obec Přezletice [cit. 22.05.2023]. Dostupné z: <https://prezletice.cz/archeologicke-naleziste>
- 55) Podlaha z OSB desek: Které vybrat, jak je instalovat? - Mojepodlaha.cz. Podlahy Praha - mojepodlaha.cz - kvalitní plovoucí podlahy Praha [online]. Copyright © 2023 MojePodlaha.cz, [cit. 22.05.2023]. Dostupné z: <https://www.mojepodlaha.cz/blog/podlaha-z-osb-desek-ktere-pouzit-a-jak-je-instalovat/>
- 56) POLÁČEK, Jiří. MODERNÍ DŘEVOSTAVBY. Praha, 2010. Bakalářská práce. České vysoké učení technické v Praze. Vedoucí práce Doc. Ing. Petr Kuklík, CSc.
- 57) Principy navrhování stavebních konstrukcí [online]. Ostrava, 2022 [cit. 2023-05-22]. Dostupné z: http://fast10.vsb.cz/krejsa/studium/pp_tema05.pdf. Školní přednáška. Technická univerzita Ostrava.
- 58) Proč a jak vhodně chránit dřevo a dřevěné konstrukce - ČESKÉSTAVBY.cz. ČESKÉSTAVBY.cz - vše o stavbě, zahradě a bydlení [online]. Dostupné z: <https://www.ceskestavby.cz/clanky/proc-a-jak-vhodne-chranit-drevo-a-drevene-konstrukce-31203.html>
- 59) Překližka nebo OSB (OSB) - což je lepší volba. Construction - Réparation - Vie - Confort [online]. Copyright © 2019 [cit. 22.05.2023]. Dostupné z: <https://techno.expertexpro.com/cs/stroitelnye-materialy/473-chto-luchshe-fanera-ili-osb.html#o1>
- 60) Roubenka na okraji Rtnyně v Podkrkonoší – nejstarší roubenka u nás – Kudy z nudy. Homepage – Kudy z nudy [online]. Copyright © 2023 CzechTourism [cit. 21.05.2023]. Dostupné z: <https://www.kudyznudy.cz/ceska-nej/architektonicke/nejstarsi-roubenka-v-cechach>
- 61) Rozměrové změny srubů a roubenek. Dřevostavby a bydlení | nezávislý portál Dřevostavitel [online]. Dostupné z: <https://www.drevostavitel.cz/clanek/rozmerove-zmeny>



- 62) Sádroláknité desky | James Hardie Europe GmbH. Document Moved [online]. Copyright © 2023 James Hardie Europe GmbH. [cit. 22.05.2023]. Dostupné z: <https://www.fermacell.cz/cz/produkty/sadrovlaknite-desky>
- 63) Sara Cultural Centre | White arkitekter AB | Archello. Archello | Your connection with architecture [online]. Copyright © 2023 Archello [cit. 21.05.2023]. Dostupné z: <https://archello.com/project/sara-cultural-centre>
- 64) Skanzen Doubrava - AtlasCeska.cz. Atlas Česka - Turistický průvodce po České republice [online]. Copyright © 2007 [cit. 22.05.2023]. Dostupné z: <https://www.atlasceska.cz/pamatky/skanzen-doubrava-18403>
- 65) Skladby obvodového pláště dřevostavby - ESTAV.cz. ESTAV.cz - Architektura. Stavba. Bydlení. [online]. Copyright © Copyright [cit. 21.05.2023]. Dostupné z: <https://www.estav.cz/cz/3464.skladby-obvodoveho-plaste-drevostavby>
- 66) Společnost Stora Enso slavnostně otevřela moderní linku na výrobu CLT panelů | Silvarium - lesnický, dřevařský a myslivecký zpravodajský web. Zprávy o lesnictví, dřevařství a myslivosti | Silvarium - lesnický, dřevařský a myslivecký zpravodajský web [online]. Dostupné z: <https://www.silvarium.cz/lesnictvi/spolecnost-stora-enso-slavnostne-otevrela-moderni-linku-na-vyrobu-clt-panelu>
- 67) Srubové stavby | Chatař Chalupář. Chatař Chalupář [online]. Copyright © Časopisy pro volný čas s.r.o., Domažlická 1256 [cit. 21.05.2023]. Dostupné z: <https://www.chatar-chalupar.cz/srubove-stavby/>
- 68) Stavba dřeva. In: Wikipedia: the free encyclopedia [online]. Wikimedia Foundation [cit. 2023-05-22]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Stavba_d%C5%99eva
- 69) Stavba dřeva: Makroskopická stavba dřeva [online]. In: . [cit. 2023-05-22]. Dostupné z: https://akela.mendelu.cz/~xcepl/inobio/inovace/Stavba_dreva/SDR-pr01-makroskopicka_stavba_dreva.pdf
- 70) Stora Enso investuje do výroby CLT panelů v České republice. Home | Stora Enso [online]. Dostupné z: <https://www.storaenso.com/cs-cz/newsroom/news/2020/9/stora-enso-invests-in-cross-laminated-timber-production-in-czech-republic>



- 71) SUBTERRA. SUBTERRA [online]. Copyright © Subterra a.s., 2023 [cit. 21.05.2023]. Dostupné z: <https://www.subterra.cz/reference/rekonstrukce-coph-ceskobrodská-v-praze/>
- 72) Technologie dřevostaveb: CLT panel je 5krát lepším izolantem než beton | Dřevostavby, časopis o bydlení - DřevoStavby. Dřevostavby - Portál | Dřevostavby, časopis o bydlení - DřevoStavby [online]. Copyright © 2023 Kladenská 107, Praha 6 [cit. 22.05.2023]. Dostupné z: <https://www.drevoastavby.cz/drevostavby-archiv/stavba-drevostavby/konstrukce-drevostaveb/4724-technologie-drevostaveb-clt-panel-je-5krat-lepsim-izolanem-nez-beton>
- 73) Těžba dřeva v České republice a ceny dřeva - Optimtop.cz. Optimtop.cz - Pevná paliva s dopravou zdarma po celé ČR [online]. Copyright ©2021, [cit. 22.05.2023]. Dostupné z: <https://www.optimtop.cz/tezba-dreva-v-ceske-republice-v-roce-2021-a-ceny-dreva/>
- 74) Těžba dřeva v Česku stoupá osm let v řadě, loni rekordně přesáhla 35 milionů metrů krychlových | iROZHLAS - spolehlivé zprávy. iROZHLAS - spolehlivé a rychlé zprávy [online]. Copyright © 1997 [cit. 22.05.2023]. Dostupné z: https://www.irozhlas.cz/ekonomika/tezba-dreva-cesko-drevo_2105311034_ako
- 75) V Česku je výstavba rodinných domů ze dřeva stále populárnější | Statistika&My. Statistika&My | Magazín Českého statistického úřadu [online]. Copyright © Český statistický úřad [cit. 22.05.2023]. Dostupné z: <https://www.statistikaamy.cz/2017/09/08/v-cesku-je-vystavba-rodinnych-domu-ze-dreva-stale-popularnejsi/>
- 76) VANCL, Michal. Konstrukční systémy dřevostaveb. Praha, 2010. Bakalářská práce. ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE. Vedoucí práce Doc. Ing. Petr Kuklík, CSc.
- 77) Vícepodlažní dřevostavby z křížem vrstveného dřeva [online]. Praha, 2023 [cit. 2023-05-21]. Dostupné z: <https://www.casopisstavebnictvi.cz/clanky-vicepodlazni-drevostavby-z-krizem-vrstveneho-dreva.html>
- 78) Víte, co je dýha, masiv, sololit, biodeska, hobra či překližka? | iReceptář.cz. [online]. Copyright © [cit. 22.05.2023]. Dostupné z:



<https://www.ireceptar.cz/hobby/drevo-materialy-masiv-preklizka-biodeska-dyha-sololit-osb-mfd-hobra-20200221.html>

79) VŠB, Zkoušení stavebních materiálů a výrobků - Dřevo. 302 Found [online].

Copyright © GraFiKh design [cit. 22.05.2023]. Dostupné z:

https://homel.vsb.cz/~khe0007/opory/opory.php?stranka=drevo_zk

80) VŠB, Zkoušení stavebních materiálů a výrobků - Dřevo. 302 Found [online].

Copyright © GraFiKh design [cit. 22.05.2023]. Dostupné z:

https://homel.vsb.cz/~khe0007/opory/opory.php?stranka=drevo_zkouseni

81) White Arkitekter: Rising high with wood | STYLEPARK. Design, Architecture & Designers at STYLEPARK [online]. Copyright © 2000 [cit. 21.05.2023].

Dostupné z: <https://www.stylepark.com/en/news/sara-kulturhus-wood-hotel-white-arkitekter>

82) Základní informace o dřevě | Stockist. Stockist - nábytek, svítidla, koberce

[online]. Dostupné z: <https://www.stockist.cz/clanek/zakladni-informace-o-dreve/>

83) Zpráva o stavu lesa 2020: rekordní zalesňování s převahou listnatých druhů |

Silvarium - lesnický, dřevařský a myslivecký zpravodajský web. Zprávy o lesnictví, dřevařství a myslivosti | Silvarium - lesnický, dřevařský a myslivecký zpravodajský web [online]. Dostupné z:

<https://www.silvarium.cz/lesnictvi/zprava-o-stavu-lesa-2020-rekordni-zalesnovani-s-prevahou-listnatych-druhu>

84) Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky v roce 2021 [online].

In: . [cit. 2023-05-22]. Dostupné z:

https://eagri.cz/public/web/file/712363/ZZ2021_vladni.pdf

13.3. Zdroje použitých obrázků a fotografií

Obr. 1 – Výukový materiál zpracován v rámci projektu - ppt stáhnout. SlidePlayer - Nahrávejte a Sdílejte své PowerPoint prezentace [online]. Copyright © 2023 SlidePlayer.cz Inc. [cit. 22.05.2023]. Dostupné z: <https://slideplayer.cz/slide/12199594/>

Obr. 2 – Výukový materiál zpracován v rámci projektu - ppt stáhnout. SlidePlayer - Nahrávejte a Sdílejte své PowerPoint prezentace [online]. Copyright © 2023 SlidePlayer.cz Inc. [cit. 22.05.2023]. Dostupné z: <https://slideplayer.cz/slide/12199594/>



- Obr. 3 – Herbář Wendys - Borka (rhytidoma). Herbář Wendys - Domů [online].
Copyright © 2023 Herbář Wendys [cit. 22.05.2023]. Dostupné z:
<https://botanika.wendys.cz/index.php/21-slovník/1714-borka-rhytidoma>
- Obr. 4 – Herbář Wendys - Borka (rhytidoma). Herbář Wendys - Domů [online].
Copyright © 2023 Herbář Wendys [cit. 22.05.2023]. Dostupné z:
<https://botanika.wendys.cz/index.php/21-slovník/1714-borka-rhytidoma>
- Obr. 5 – Herbář Wendys - Borka (rhytidoma). Herbář Wendys - Domů [online].
Copyright © 2023 Herbář Wendys [cit. 22.05.2023]. Dostupné z:
<https://botanika.wendys.cz/index.php/21-slovník/1714-borka-rhytidoma>
- Obr. 6 – Domovská stránka repozitáře | Digitální knihovna VUT v Brně [online].
Copyright © [cit. 22.05.2023]. Dostupné z:
<https://dspace.vutbr.cz/bitstream/handle/11012/42429/final-thesis.pdf?sequence=-1>
- Obr. 7 – Stavební hmoty II [online]. Copyright ©f [cit. 22.05.2023]. Dostupné z:
http://homel.vsb.cz/~khe0007/Predmety/Stavebni_hmoty_II/SH_II_Khestl_Mec.pdf
- Obr. 8 – VŠB, Zkoušení stavebních materiálů a výrobků - Dřevo. 302 Found [online].
Copyright © GraFiKh design [cit. 22.05.2023]. Dostupné z:
https://homel.vsb.cz/~khe0007/opory/opory.php?stranka=drevo_zk
- Obr. 9 – Mechanické vlastnosti dřeva [online]. [cit. 2023-05-22]. Dostupné z:
https://akela.mendelu.cz/~xcepl/inobio/inovace/Lesnicka_xylogologie/LEX_pr08-MVD.pdf
- Obr. 10 – BI03 Diagnostické metody ve stavebnictví DIAGNOSTICKÉ METODY PRO HODNOCENÍ KONSTRUKČNÍHO DŘEVA. Ing. Věra Heřmánková, Ph.D. - PDF Free Download. Představujeme Vám pohodlné a bezplatné nástroje pro publikování a sdílení informací. [online]. Copyright © DocPlayer.cz [cit. 22.05.2023]. Dostupné z:
<https://docplayer.cz/8339620-Bi03-diagnosticke-metody-ve-stavebnictvi-diagnosticke-metody-pro-hodnoceni-konstrukcniho-dreva-ing-vera-hermankova-ph-d.html>
- Obr. 11 – Křivost kmene stromu [online]. 2011 [cit. 2023-05-22]. Dostupné z:
https://r.fld.czu.cz/vyzkum/multimedia/lexikon_vad/krivost.htm
- Obr. 12 – Houby a plísňe - SANAKO. Sanace dřevěných / zděných konstrukcí, likvidace škůdců - SANAKO [online]. Copyright © 2023 SANAKO [cit. 22.05.2023]. Dostupné z:
<https://www.sanako.cz/skudci/houby-a-plisne>



Obr. 13 – Proč a jak vhodně chránit dřevo a dřevěné konstrukce - ČESKÉSTAVBY.cz. ČESKÉSTAVBY.cz - vše o stavbě, zahradě a bydlení [online]. Dostupné z: <https://www.ceskestavby.cz/clanky/proc-a-jak-vhodne-chranit-drevo-a-drevene-konstrukce-31203.html>

Obr. 14 – Prof. Ing. Jiří Witzany, DrSc., Dr.h.c.; Ing. Tomáš Čejka, Ph.D.; Prof. Ing. Richard Wasserbauer, DrSc.; Ing. Radek Zigler, Ph.D. PDR-Poruchy, degradace a rekonstrukce, 2010th ed.; Nakladatelství ČVUT, 2010
Obr. 15 – Prof. Ing. Jiří Witzany, DrSc., Dr.h.c.; Ing. Tomáš Čejka, Ph.D.; Prof. Ing. Richard Wasserbauer, DrSc.; Ing. Radek Zigler, Ph.D. PDR-Poruchy, degradace a rekonstrukce, 2010th ed.; Nakladatelství ČVUT, 2010

Obr. 16 – Lesnatost v krajích. Fakta o klimatu [online]. Copyright © 2023 [cit. 22.05.2023]. Dostupné z: <https://faktaoklimatu.cz/infografiky/lesnatost-kraje>

Obr. 17 – Slovník pojmů - Josef Kubját - mobilní katr. Pořez dřeva mobilním katrem Wood-Mizer - Josef Kubját - mobilní katr [online]. Dostupné z: <https://mobilnikatr.com/slovník-pojmu/>

Obr. 18 – Stavební řezivo Mladá Boleslav – Středočeský kraj | Palivové dřevo a řezivo Fowood Group s.r.o.. Palivové dřevo Mladá Boleslav | Palivové dřevo a řezivo Fowood Group [online]. Copyright © 2015 Fowood Group s.r.o. [cit. 22.05.2023]. Dostupné z: <https://www.fowood-drevo.cz/stavebni-rezivo-mlada-boleslav-stredocesky-kraj/>

Obr. 19 – Materiály na bázi dřeva / Materiály na bázi dřeva. [online]. Copyright © 2023 made by [cit. 22.05.2023]. Dostupné z: <https://drevene-materialy.fld.czu.cz/uvod/>

Obr. 20 –Obec Přezletice | Archeologické naleziště. Obec Přezletice | Zpravodajství [online]. Copyright © Obec Přezletice [cit. 22.05.2023]. Dostupné z: <https://prezletice.cz/archeologicke-naleziste>

Obr. 21 – Konstrukce ze dřeva z pohledu minulosti a současnosti | Stavebnictvi3000.cz. Stavebnictvi3000.cz – věrohodný pohled na stavění a materiály [online]. Dostupné z: <https://www.stavebnictvi3000.cz/clanky/konstrukce-ze-dreva-z-pohledu-minulosti-a-soucasnosti>

Obr. 22 – V Česku je výstavba rodinných domů ze dřeva stále populárnější | Statistika&My. Statistika&My | Magazín Českého statistického úřadu [online]. Copyright © Český statistický úřad [cit. 22.05.2023]. Dostupné z:



<https://www.statistikaamy.cz/2017/09/08/v-cesku-je-vystavba-rodinnych-domu-ze-dreva-stale-popularnejsi/>

Obr. 23 – Roubenka na okraji Rtyně v Podkrkonoší – nejstarší roubenka u nás – Kudy z nudy. Homepage – Kudy z nudy [online]. Copyright © 2023 CzechTourism [cit.

22.05.2023]. Dostupné z: <https://www.kudyznudy.cz/ceska-nej/architektonicke/nejstarsi-roubenka-v-cechach>

Obr. 24 – KOLB, Josef. Dřevostavby: systémy nosných konstrukcí, obvodové pláště.

Praha: Grada, 2008. ISBN 978-80-247-2275-7.

Obr. 25 – Rybina | Roubené stavby. Roubené stavby – domy a chaty [online]. Copyright © Roubené stavby s.r.o. [cit. 22.05.2023]. Dostupné z:

<https://www.roubenechaty.cz/rybinovy-spoj/rybina/>

Obr. 26 – ResearchGate | Find and share research [online]. Dostupné z: https://www.researchgate.net/figure/German-example-of-traditional-half-timbered-structure-20_fig15_274036722

Obr. 27 – Tesařské spoje 2.díl - seriál Krovky a dřevěné konstrukce | Krytiny-střechy.cz. Střešní krytiny - info portál o střeších a střešních materiálech | Krytiny-střechy.cz [online]. Dostupné z: https://www.krytiny-strechy.cz/technicke_info-k-navrhovani-strech/serial-tesarske-konstrukce-vlastnosti-dreva-rozdeleni-reziva-tesarske-spoje-2-dil/

Obr. 28 – Tesařské spoje 2.díl - seriál Krovky a dřevěné konstrukce | Krytiny-střechy.cz. Střešní krytiny - info portál o střeších a střešních materiálech | Krytiny-střechy.cz [online]. Dostupné z: https://www.krytiny-strechy.cz/technicke_info-k-navrhovani-strech/serial-tesarske-konstrukce-vlastnosti-dreva-rozdeleni-reziva-tesarske-spoje-2-dil/

Obr. 29 – Skanzen Doubrava - AtlasCeska.cz. Atlas Česka - Turistický průvodce po České republice [online]. Copyright © 2007 [cit. 22.05.2023]. Dostupné z: <https://www.atlasceska.cz/pamatky/skanzen-doubrava-18403>

Obr. 30 – Balloon-Frame Remodel - Fine Homebuilding. Fine Homebuilding - Expert home construction tips, tool reviews, remodeling design and layout ideas, house project plans, and advice for homeowners [online]. Copyright © 2023 The Taunton Press, Inc. All rights reserved. [cit. 22.05.2023]. Dostupné z: <https://www.finehomebuilding.com/project-guides/framing/balloon-frame-remodel>



- Obr. 31 – ResearchGate | Find and share research [online]. Dostupné z:
https://www.researchgate.net/figure/Assembly-framing-sequences-of-balloon-and-platform-OBrien-2010_fig1_309127246
- Obr. 32 – Montované rodinné domy na klíč ? | RD Rýmařov . Rodinné domy a dřevostavby na klíč | RD Rýmařov [online]. Copyright © 2023, RD Rýmařov s. r. o. [cit. 22.05.2023]. Dostupné z: <https://www.rdrymarov.cz/montovane-domy>
- Obr. 33 – Montované rodinné domy na klíč ? | RD Rýmařov . Rodinné domy a dřevostavby na klíč | RD Rýmařov [online]. Copyright © 2023, RD Rýmařov s. r. o. [cit. 22.05.2023]. Dostupné z: <https://www.rdrymarov.cz/montovane-domy>
- Obr. 34 – KOLB, Josef. Dřevostavby: systémy nosných konstrukcí, obvodové pláště. Praha: Grada, 2008. ISBN 978-80-247-2275-7.
- Obr. 35 – Konstrukční systémy dřevostaveb: Lehký a těžký dřevěný skelet - ESTAV.cz. ESTAV.cz - Architektura. Stavba. Bydlení. [online]. Copyright © Lev [cit. 22.05.2023]. Dostupné z: <https://www.estav.cz/cz/3415.konstrukcni-systemy-drevostaveb-lehky-a-tezky-dreveny-skelet>
- Obr. 36 – Foto autor
- Obr. 37 – Technická dokumentace - Novatop. Úvodní strana - Novatop [online]. Dostupné z: <https://novatop-system.cz/ke-stazeni/technicka-dokumentace/>
- Obr. 38 – Technická dokumentace - Novatop. Úvodní strana - Novatop [online]. Dostupné z: <https://novatop-system.cz/ke-stazeni/technicka-dokumentace/>
- Obr. 39 – Forté Living – Australia’s first multiresidential CLT building - Built Offsite. Prefabrication and Offsite Construction News | Built Offsite [online]. Dostupné z: <https://builtoffsite.com.au/emag/issue-04/forte-living-australias-first-multiresidential-clt-building/>
- Obr. 40 - White Arkitekter: Rising high with wood | STYLEPARK. Design, Architecture & Designers at STYLEPARK [online]. Copyright © 2000 [cit. 22.05.2023]. Dostupné z: <https://www.stylepark.com/en/news/sara-kulturhus-wood-hotel-white-arkitekter>



13.4. Seznam obrázků

Obr. 1 – Základní řezy dřevem	11
Obr. 2 – Jednotlivé typy řezů	11
Obr. 3 – Hladká borka	11
Obr. 4 – Šupinatá borka	11
Obr. 5 – Brázditá borka	11
Obr. 6 – Příčný řez	12
Obr. 7 – Makroskopická stavba kmene stromu	12
Obr. 8 – Závislost příčného borcení na vzdálenosti dřevěného prvku od dřeně kmene stromu	15
Obr. 9 – Pracovní diagram dřeva v tlaku	19
Obr. 10 – Pracovní diagram dřeva v tlaku a tahu	19
Obr. 11 – Křivost kmene stromu	20
Obr. 12 – Dřevomorka domácí	21
Obr. 13 – Konioforka sklepní	22
Obr. 14 – Vliv degradace dřevokazných hub na pevnosti dřeva	22
Obr. 15 – Životní cyklus dřevokazného hmyzu	23
Obr. 16 – Lesnatost v krajích	25
Obr. 17 – Schématický řez kulatinou včetně druhů řeziva	27
Obr. 18 – Schématický řez kulatinou	27
Obr. 19 – Příklady dřevních částí používaných pro výrobu materiálů na bázi dřeva (zleva shora): dýhy, velké ploché třísky na výrobu OSB, papírenská štěpka, štěpka pro výrobu třísek a vláken, třísky, vlákna	29
Obr. 20 – Rekonstrukce sídelního prostoru v Přezleticích	34
Obr. 21 – Rozdělení typů staveb na území Evropy	35
Obr. 22 – Podíl dokončených bytů s dřevěnou nosnou konstrukcí v rodinných domech v letech 2005 až 2016 [%]	38
Obr. 23 – Nejstarší roubená stavba v České republice	40
Obr. 24 – Skladby srubových stěn	41
Obr. 25 – Rybinový spoj	42
Obr. 26 – Schéma nosné kostry hrázděné stavby	43



Obr. 27 – Plátování	45
Obr. 28 – Čepování	45
Obr. 29 – Rustlerův statek ve vsi Doubravka	45
Obr. 30 – Detail napojení příčného trámu a stropnic na průběžné sloupky.....	47
Obr. 31 – Srovnání výstavby Ballon a Platform frame.....	47
Obr. 32 – Montáž rámové dřevostavby	50
Obr. 33 – Rámová panelová dřevostavba RD Rýmařov.....	52
Obr. 34 – Schéma umístění obvodového pláště a nosných sloupů.....	53
Obr. 35 – nosný skelet dřevostavby.....	55
Obr. 36 – Rozdíl v tloušťce lamel v systému NOVATOP	57
Obr. 37 – Skladba stěny systému NOVATOP.....	57
Obr. 38 – Usazení dílců na základ	58
Obr. 39 – Výstavba budovy Forté.....	59
Obr. 40 - Výstavba modulárních buněk budovy Sara Culture Center	61

13.5. Seznam tabulek

Tabulka 1 – Objemová hmotnost dřeva.....	16
Tabulka 2 – Degradční faktory	17
Tabulka 4 – Těžba dřeva dle ČSÚ (2021)	20
Tabulka 5 – Druhové složení lesů dle ČSÚ (2021)	20
Tabulka 6 – Pevnostní srovnání KVH a BSH hranolů	30

13.6. Citace

[1] KOLB, Josef. Dřevostavby: systémy nosných konstrukcí, obvodové pláště. Praha: Grada, 2008. ISBN 978-80-247-2275-7.

[2] HUSS, Wolfgang, Matthias KAUFMANN a Konrad MERZ. Building in timber: room modules. Přeložil Julian JAIN. Munich: Detail Business Information, [2019]. Detail book. ISBN 978-3-95553-494-3.