

VYUŽITÍ MASIVNÍHO DŘEVA VE STAVEBNICTVÍ A ARCHITEKTUŘE OBYTNÝCH STAVEB

DIPLOMOVÁ PRÁCE



Zadání práce

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma: Využití masivního dřeva ve stavebnictví a architektuře obytných staveb zpracovala sama a uvedla jsem všechny použité prameny. Souhlasím, aby moje diplomová práce byla zveřejněna v souladu s § 47b Zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a uložena v knihovně Mendelovy univerzity v Brně, zpřístupněna ke studijním účelům ve shodě s Vyhláškou rektora Mendelovy univerzity o archivaci elektronické podoby závěrečných prací. Autor kvalifikační práce se dále zavazuje, že před sepsáním licenční smlouvy o využití autorských práv díla s jinou osobou (subjektem) si vyžádá písemné stanovisko univerzity o tom, že předmětná licenční smlouva není v rozporu s oprávněnými zájmy univerzity a zavazuje se uhradit případný příspěvek na úhradu nákladů spojených se vznikem díla dle řádné kalkulace.

V Brně, dne:

.....

Bára Ochozková

Poděkování

Chtěla bych touto cestou poděkovat paní doc. Dr. Ing. Zdeňce Havířové za odborné konzultace, cenné rady a odkazování na odbornou literaturu. Chtěla bych poděkovat také panu doc. Dr. Ing. Petru Bruneckému, Ing. Josefu Mynářovi a Bc. Martinu Slukovi za užitečné informace k řešené problematice. Ráda bych také poděkovala panu Univ.-Prof. Dipl. Arch. ETH Dr. Christianu Hanusovi a celému Ústavu pro bydlení a prostředí na Donau Universität Krems za poskytnutí podnětného prostředí a času pro psaní práce. Dík patří také všem odborným respondentům mých otázek ohledně využití masivního dřeva ve stavebnictví a architektuře, konkrétně Ing. arch. Pavlu Horákovi, paní Janě Kučerové a Ing. arch. Jakubu Loučkovi.

V neposlední řadě bych chtěla poděkovat své rodině za poskytnutí zázemí a podpory pro psaní práce.

Abstrakt

Autor:

Bc. Bára Ochozková

Název práce:

Využití masivního dřeva ve stavebnictví a architektuře obytných staveb

Popis:

Tato práce se zabývá sumarizací možností využití masivního dřeva v obytných stavbách, historií a specifiky této problematiky a popisem masivních konstrukčních systémů a stavebně-architektonických prvků. V práci je navržen rodinný referenční dům s maximálním využitím masivního dřeva, jehož prostřednictvím jsou aplikace prezentovány. Je vytvořen souhrn těchto aplikací a jejich vlastností.

Klíčová slova:

Masivní dřevo, dřevostavba, masivní konstrukce, stavebně-architektonické prvky, vlastnosti, návrh

Abstract

Author:

Bc. Bára Ochozková

Title:

Use of solid wood in civil engineering and architecture of residential buildings

Description:

The thesis is focused on a summarization of solid wood application possibilities in residential buildings, its history and specifics and a description of solid wood structural systems and architectural elements. There is a reference family house with maximum utilization of solid wood designed in the thesis, through which applications of solid wood in such buildings can be presented. A summary of these applications and their properties is created, too.

Keywords:

Solid wood, timber structure, solid wood construction, construction and architectural elements, characteristics, design

Obsah

1	Úvod	1
2	Cíl Práce	2
3	Metodika	3
4	Dřevo jako materiál	4
4.1	Co je dřevo?.....	5
4.2	Vlastnosti dřeva.....	6
4.3	Vady dřeva	8
4.4	Druhy dřeva	11
4.5	Názory: Masivní dřevo jako materiál.....	13
5	Historie využití masivního dřeva v architektuře	14
5.1	Vývoj ve světě.....	15
5.2	Kontext využití na našem území	17
6	Charakteristika masivních dřevostaveb a prvků	18
6.1	Stavební fyzika dřevostaveb.....	19
6.2	Specifika při navrhování	21
6.3	Ekologické a zdravotní hledisko.....	23
6.4	Životnost a opotřebení dřevěných konstrukcí	25
7	Masivní dřevo v konstrukcích staveb	26
7.1	Srubové stavby.....	27
7.1.1	Typy konstrukcí.....	27
7.1.2	Příklady využití	28
7.2	Novodobé stavby.....	29
7.2.1	Typy konstrukcí.....	30
7.2.2	Příklady využití	32
7.3	Stropy a střechy.....	33
8	Masivní dřevo ve stavebně-architektonických prvcích.....	37
8.1	Vybavení interiéru	38
8.2	Obklady a podlahy.....	41
8.3	Exteriérové prvky	43
8.4	Dřevěné fasády	45
8.5	Střešní krytiny.....	47
8.6	Speciální využití masivního dřeva	48
9	Návrh obytné stavby.....	49
9.1	Výběr materiálů a prvků.....	49
9.2	Projekt.....	52
9.2.1	Dispozice a půdorys	53
9.2.2	Pohledy	58
9.2.3	Řez	60
9.2.4	Skladby konstrukcí a jejich posouzení	61
9.2.5	Konstrukční detaily a jejich posouzení.....	66
9.2.6	Vizualizace	68
9.3	Výkaz masivního materiálu.....	70
10	Diskuse	74
11	Závěr	76
12	Summary.....	77
13	Seznam použité literatury	78
14	Seznam obrázků.....	81
15	Seznam tabulek.....	81

1 Úvod

Masivní dřevo je zajímavý materiál, který je ve stavebnictví a architektuře aplikován od nepaměti. Kromě tradičního konstrukčního použití masivního dřeva, které se stále v oblastech svého původu a příznivých podmínek udržuje, se masivní dřevo v současné době stává velmi oblíbeným materiálem pro moderní stavby. Ačkoliv jsou možnosti jeho konstrukční aplikace velmi široké, nejčastěji se pravděpodobně používá při navrhování obytných staveb. Kromě využití masivního dřeva v konstrukcích staveb, kde jsou tyto možnosti a stavební systémy velmi dobře popsány, je však možné masivní dřevo ve stavbě použít i ve formě dalších elementů.

Jelikož masivní dřevo jako přírodní materiál má specifické vlastnosti, jeho využívání lze nahlížet pozitivně z hlediska konstrukčního, ekologického, estetického, hospodářského a mnoha dalších. Jeho aplikace v obytných stavbách je tedy žádoucí a také z toho důvodu velmi různorodá. U mnoha dodavatelů, výrobců a architektů v České republice i zahraničí lze nalézt nepřeborné množství produktů, které lze v těchto stavbách využít, včetně obsáhlých informací o nich. Neměla jsem však zatím možnost setkat se s obecným materiálem, který by shrnoval tyto možnosti aplikace v ucelený zdroj informací.

Rozhodla jsem se proto vytvořit práci, která se do detailu zaměří na masivní dřevo ve stavebnictví a architektuře obytných budov. Součástí práce bude návrh referenčního domu, kde se objeví masivní dřevo v maximální míře. Dále budou v textu popsány jeho vlastnosti, důvody, proč jej používat, a specifika, která je nutné při navrhování se dřevem mít na paměti. Kromě toho práce zmapuje dostupné možnosti aplikací masivního dřeva a vytvoří jejich souhrn včetně detailů a ukázek realizace.

Tato práce má poskytnout celkový přehled možností včetně konstrukčních detailů a obecných informací o dřevě. Je vytvářena s cílem posloužit jako zdroj informací pro zainteresovanou veřejnost, studenty a všechny další zájemce o problematiku masivního dřeva ve stavebnictví a architektuře.

2 Cíl Práce

Cílem práce je popsat masivní dřevo jako materiál v obecné rovině s důrazem na použití pro stavební účely; informovat o historii využívání dřeva pro tyto účely, která může sloužit a také mnohdy slouží jako inspirace pro novodobou moderní architekturu ze dřeva a shrnout specifické vlastnosti masivních dřevostaveb a prvků ze dřeva.

Práce má za cíl vybrat některé z možných prvků a navrhnout masivní dřevostavbu, která poslouží jako referenční objekt pro demonstraci možností aplikace masivního dřeva. Pro tuto stavbu budou vypracovány základní výkresy a vizualizace. Na jejím základě bude vytvořen vizuální seznam aplikací v obytných stavbách.

Kromě toho je cílem práce popsat konstrukční systémy masivních dřevostaveb, odlišit je od ostatních typů dřevostaveb a ukázat zajímavé realizace. Vedle masivního dřeva v konstrukcích se práce bude věnovat dalším stavebně-architektonickým prvkům, které se vyskytují v interiéru nebo exteriéru stavby. U těchto popíše jejich vlastnosti, možnosti použití a vhodná opatření.

Práce bude členěna do logicky oddělených částí pojednávajících o uvedených tématech. Obecným cílem práce je vytvořit ucelený, přehledný a zajímavý informační materiál o využívání masivního dřeva ve stavebnictví a architektuře obytných budov, který bude obsahovat důležité informace jak pro studenty, tak pro veřejnost či projektanty.

3 Metodika

Diplomová práce bude pomyslně rozdělena na praktickou a teoretickou část.

V praktické části práce budou vybrány stavebně-architektonické elementy, které bude možné zahrnout do návrhu stavby a tyto elementy budou detailněji popsány. Následně budou zpracovány základní výkresy k referenční obytné stavbě. Tyto výkresy zahrnují dispozici a půdorysy obou podlaží, řez budovou a tři pohledy v měřítku 1:50. Pro ilustraci specifik navrhování se dřevem a vhodných opatření budou zpracovány a uvedeny skladby konstrukcí a konstrukční detaily a jejich základní posouzení z hlediska stavební fyziky. Součástí této části je také vizualizace a výkaz masivního materiálu a prvků.

V úvodní teoretické části bude popsáno masivní dřevo a jeho charakteristiky, masivní konstrukce, prvky a také jejich vlastnosti. Uvedené informace budou průběžně podkládány obrázky, schémata, grafikami a bude odkazováno na použitou literaturu, kde bude možné nalézt hlubší informace ke zmíněnému tématu.

Výstupem práce bude informační text podložený obrázky, nákresey, schématy a vlastním návrhem referenční stavby.

4 Dřevo jako materiál

Dřevo je jako materiál s širokými možnostmi užití používán už od nepaměti. Lidstvo se jej naučilo využívat zpočátku jako zdroj energie, k výrobě nástrojů a stavbě obydlí. Později se spektrum dřevěných výrobků a produktů, jejichž základem je dřevní surovina, ještě rozšířilo. Dřevo nacházíme u dřevnatých rostlin, a to jak v kořenech, tak v kmeni a koruně. Dřevěná hmota z každé části stromu má různé využití, přičemž v architektuře a stavitelství se nejčastěji setkáme s dřevem pocházejícím z kmene stromů. Kmen tvoří přibližně 60 – 90 % objemu stromu (Perelygin, 1965; Ugolev, 1986 via Šlezingerová a Gandelová, 2002). Masivní dřevo lze definovat jako surové dřevo, které není kompozitním materiálem na bázi dřeva, tedy materiálem vzniklým spojením drobných dřevěných částí jako jsou třísky, vlákna či dýhy.

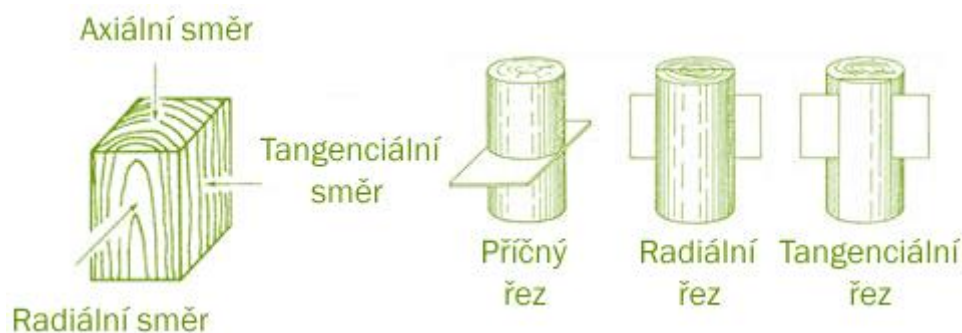
4.1 Co je dřevo?

Dřevo je organická hmota, kterou tvoří rostlinná pletiva z velké části se zdřevnatělými buněčnými stěnami nacházející se u dřevin, tedy stromů, keřů a polokeřů. Dřevo, též xylém, se nachází mezi vrstvou kambia a dření. Kambium je dělivé pletivo, které xylém produkuje. Dřevo zaujímá většinu objemu dřeviny, přibližně 70 – 90 %. Z chemického hlediska je dřevo komplexem biopolymerů celulosy, hemicelulos (polysacharidický podíl) a ligninu (polyfenolický podíl). Tyto polymery tvoří přibližně 95 % chemického složení dřeva, tudíž jsou označovány jako hlavní složky dřeva. Celulosa zaujímá asi 35 – 55 %, hemicelulosa 20 – 35 % a lignin 15 – 35 %. Kromě hlavních složek můžeme v chemické struktuře najít doprovodné složky dřeva, což jsou například soli, terpeny nebo třísloviny. Na mikroskopické úrovni můžeme dřevo definovat jako soubor mikroskopických anatomických elementů, které na makroskopické úrovni tvoří hmotu a texturu dřeva a ovlivňují jeho vlastnosti. (Šlezingerová a Gandelová, 2002)

Obr. 1: Dřevo

4.2 Vlastnosti dřeva

Dřevo je nehomogenní anizotropní látka. Jeho vlastnosti tedy závisí na směru. Tento základní rys má vliv na většinu dalších vlastností dřeva a vyplývá z uspořádání a tvaru anatomických elementů. Pro posuzování vlastností dřeva používáme tři základní směry: axiální, rovnoběžný s osou kmene; tangenciální, tečný k letokruhům; a radiální, kolmý na tangenciální; a z těchto vycházející řezy. (Šlezingerová a Gandelová, 2002)



Obr. 2: Směry a řezy ve dřevě (Balabán, 1955 a NIS [1], 2013)

Dřevo je hygroskopický materiál, který mění svou vlhkost dle stavu prostředí. Tato vlastnost úzce souvisí s rozměrovými změnami, tedy s bobtnáním a sesycháním, a změnami mechanické odolnosti při změnách vlhkosti dřeva. Dřeva můžeme rozdělit na různě sesýchavá, přičemž středně sesýchavá dřeva dosahují koeficientu sesychání kolem $K_B = 0,45$ (Horáček, 2008). Poměry bobtnání a sesychání pro jednotlivé směry jsou $\alpha_T : \alpha_R : \alpha_L = 20 : 10 : 11$. Přítomnost vody ve dřevě je vyjadřována jako absolutní vlhkost nebo jako relativní vlhkost. Absolutní vlhkostí rozumíme poměr hmotnosti obsažené vody k hmotnosti dřeva v absolutně suchém stavu. Naopak relativní vlhkostí rozumíme poměr hmotnosti vody k hmotnosti mokrého dřeva.

Hustota dřeva se u jednotlivých druhů velmi různí. Středně hustá dřeva mají při vlhkosti 12 %, tedy při dlouhodobém vystavení běžným podmínkám v místnosti, hustotu mezi $540 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ a $750 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$. U dřeva můžeme sledovat také jeho pórovitost, která se určuje jako poměr objemu pórů ve dřevě a objemu suchého dřeva. Pórovitost u našich dřev se pohybuje okolo 40 – 80 % (Horáček, 2008).

Dřevo má dobré tepelně-izolační vlastnosti při malé teplotní roztažnosti. Je však také materiálem známým pro svou hořlavost. Bod vzplanutí² se pohybuje okolo 180 – 275 ° C, bod hoření okolo 260 – 290 ° C a bod zápalnosti kolem 330 – 520 ° C. Přestože je dřevo hořlavé, patří mezi obtížně zápalné materiály a v případě plně rozvinutého požáru se u něj tvoří ochranná vrstva dřevěného uhlí s tepelně-izolačními vlastnostmi, která navzdory zmenšení profilu nosného prvku zajišťuje zachování určité únosnosti. Dřevo se dá povětšinou snadno opracovat a spojovat, jeho trvanlivost se u jednotlivých druhů dřev různí.

¹ Index T označuje bobtnání a sesychání v tangenciálním směru, index R ve směru radiálním a index L v podélném.

² Horáček (2008) definuje, že bod vzplanutí je „teplota dřeva, při které se v důsledku termického rozkladu vyvine dostatečné množství plynů, které ve směsi se vzduchem při přiblížení plamene vzplanou a po jeho oddálení uhasnou“, bod hoření je „teplota, při které dřevo po oddálení vnějšího zdroje plamene samo dále hoří“ a bod zápalnosti „teplota, při které se plyny vzniklé termickým rozkladem při dodání kyslíku samovolně vznítí“.

Mechanické vlastnosti dřeva popisuje zejména pružnost a pevnost dřeva. Dřevo je vysoce pevný a pružný materiál ve srovnání se svou hustotou a hmotností. Z tohoto hlediska je ideální pro konstrukční využití. Pružnost označuje schopnost vrátet se do původních rozměrů po ukončení vnějšího namáhání, obvykle ohybu. Pevnost charakterizuje odolnost proti porušení. Ta je vyjádřena napětím, při němž dojde k trvalému porušení. Rozlišujeme pevnost dřeva v tahu, tlaku, ohybu a smyku, dále také pevnost ve směru a kolmo k vláknům. Pevnost v tahu se pohybuje okolo 100 MPa ve směru rovnoběžném s vlákny a 4 MPa ve směru kolmém na vlákna. Pevnost v tlaku je asi 50 MPa rovnoběžně s vlákny a 8 MPa kolmo na vlákna. Ve smyku je pevnost přibližně 8 MPa a v ohybu 90 MPa. Modul pružnosti se při ohybu pohybuje kolem 11 000 MPa. (Novák, 2013)

Z optických vlastností dřeva posuzujeme primárně barvu dřeva, lesk, texturu, přítomnost pryskyřičných kanálků či ostrost přechodu jarního a letního dřeva. Dřevo má také specifické akustické vlastnosti, které lze velmi dobře využít při výrobě hudebních nástrojů, hal či divadel. Nejsou už však tak výhodné pro využití v konstrukcích obytných budov.

4.3 Vady dřeva

Vady dřeva se projevují jako zhoršení kvality dřeva a jeho vlastností. Jsou mezi vady někdy řazeny i zvláštnosti textury dřeva. Vady mohou vznikat během růstu dřeviny, při její těžbě či zpracování. Mezi nejobvyklejší vady vznikající při růstu patří točitost, křivost a sbíhavost kmene, excentricita, vznik suků a zárostů či reakčního dřeva. Točitost označuje spirálovitý průběh podélných elementů, křivost a sbíhavost kmene jeho nepravidelné tvarování a zužování průřezu s délkou. Specifická vada, která obvykle vzniká u stromů namáhaných silnými větry či sněhem, se nazývá reakční dřevo. U reakčního dřeva rozlišujeme dřevo tahové, vyskytující se u listnatých stromů, a tlakové, které se objevuje u jehličnanů. Tlakové dřevo má vyšší hustotu a dochází u něho k borcení. Tahové dřevo je tvrdší, hustší a mechanicky odolnější, ztěžuje však opracování a také u něho dochází k borcení. Dalším typem vad jsou suky, které jsou přirozenou součástí dřeva. Jedná se o část větve obrostlé dřevem. Suky můžeme dělit na nezarostlé a zarostlé suky, dále na zdravé, nahnilé a shnilé. Nepravé jádro označuje vadu dřeva, kdy dochází ke zbarvení centrální části bělových dřevin nebo dřevin s vyzrálým dřevem. Zdravé nepravé jádro vzniká mrazem či proniknutím vzduchu, nezdravé pak pronikáním dřevokazných hub do centrální části, kde způsobují hnilobu. Mezi vady vznikající při těžbě a zpracování mohou patřit například vytrhaná vlákna či trhliny, které jsou jednou z nejčastějších vad. Trhliny mohou vznikat již při růstu stromu, jako je tomu u mrazových trhlin, nebo při manipulaci a sušení dřeva. Objevují se v radiálním (dřeňové a výsušné) i tangenciálním směru (odlupčivé).



Obr. 3: Boulvitost (ČZU, 2010)

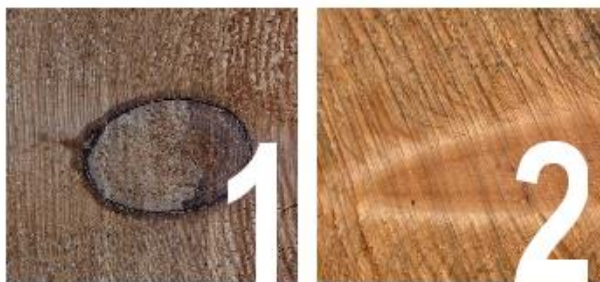
Mnohé vady bývají způsobeny biotickými škůdci, jako jsou dřevokazné a dřevozbarvující houby, plísňe, dřevokazný hmyz či ptáci. Tyto vady vznikají nejen u rostoucího dřeva, ale materiál může být napaden při jeho skladování i po zabudování. Houby jsou děleny na parazitické, které napadají rostoucí dřevo, saprofytické, které rozkládají již mrtvé dřevo, a houby paraziticko-saprofytické. Dřevozbarvující houby narušují estetické vlastnosti dřeva, aniž by snižovaly jeho fyzikální a mechanické charakteristiky. Dřevo je ohroženo napadením biotickými činiteli v závislosti na podmínkách, kterým je vystaveno. Tyto podmínky jsou dle ČSN EN 335-1,2 (1992) rozdělené do pěti tříd ohrožení, přičemž v našich podmínkách se škála pohybuje od zanedbatelného rizika napadení [1] až po velmi vysoké riziko [4].



Obr. 4: Třídy ohrožení dřeva biotickými škůdci (Šefců, Vinař a Pacáková, 2000)

Další vady mohou způsobovat abiotičtí činitelé, tedy kupříkladu sníh, vítr nebo zásah bleskem. Mezi odchylky od normální textury dřeva patří třeba kořenice, lískovcové dřevo, svalovitost či tvorba oček. Kořenice vzniká v oddenkové části stromu, kde kořenové letokruhy a drobné kořínky vrůstají do struktury kmene. Lískovcové dřevo označuje zvlnění letokruhů. Svalovitost se projevuje u podélných řezů dřevem jako střídání matných a lesklých ploch. Očková kresba vzniká u stromů, kde dojde k zárůstu nevyvinutých pupenů. Tyto specifické textury jsou ceněny pro svou zajímavou estetiku zejména v nábytkářském průmyslu a při uměleckém zpracování dřeva. (Šlezingerová a Gandelová, 2002).

Nezarostlý suk [1], nazývaný také otevřený, je rozpoznatelný na bočním povrchu kulatiny, kdežto zarostlý suk [2] viditelný na povrchu není. V průběhu vzniku prochází několika stádií zarůstání, které se mohou projevovat různým způsobem.



Čelní dřevňové trhliny [3] mohou být jednoduchého či hvězdicovitého tvaru. Tyto radiální trhliny vznikají již v rostoucím stromě. Mezi radiální trhliny patří i boční výsušné trhliny [4], které však začínají u povrchu.



Nepravé jádro [5] se objevuje u listnatých dřevin a může nabývat různých tvarů, od okrouhlých přes mramorové až po hvězdicovité. Točité dřevo [6] vzniká v době růstu a je poměrně snadno rozpoznatelné.



Hniloba způsobená dřevokaznými houbami může napadat jádro [7] i běl. Napadení zhoršuje mechanické vlastnosti dřeva na rozdíl od napadení dřevobarvujícími houbami [8], které mají vliv zejména na estetiku.






Reakční tlakové dřevo u jehličnanů [9] se projevuje na té straně stromu, která je namáhána na tlak, rozšířením oblasti letního dřeva. Hmyz degraduje dřevo nejen vlastním poškozením [10], ale otvírá také cesty pro dřevokazné houby.



Obr. 5: Vady dřeva (ČZU, 2010)

4.4 Druhy dřeva

Existuje neuvěřitelné množství různých dřevin, ať už domácích nebo exotických. Některé z nich jsou hojně využívány pro konstrukční účely, jiné jsou vhodné pro estetické použití a další mohou mít specifické nebo minimální praktické využití. V našich podmínkách rozdělujeme dřeviny na jehličnaté a listnaté. Nejvýznamnějšími tuzemskými jehličnany jsou smrk, borovice, modřín, douglaska a jedle. Listnáče dále dělíme na kruhovitě pórovité dřeviny s výrazným jarním dřevem a cévami sdruženými do specifických struktur v letním dřevě, mezi které patří například dub, kaštanovník, jilm či jasan; polokruhovitě pórovité s méně výraznou hranicí mezi jarním a letním dřevem, kam mohou být zařazeny kupříkladu třešeň nebo švestka; a roztroušeně pórovité dřeviny bez významného rozlišení jarního a letního dřeva, kam patří buk, javor, topol, bříza či olše. Dřevo obecně tvrdších listnatých dřevin se častěji užívá pro estetické účely, jehličnaté dřeviny slouží obvykle ke konstrukčnímu využití. Nemusí to však být pravidlem. Dřevo může být dále rozděleno v závislosti na jeho základních vlastnostech například podle tvrdosti, hustoty, pevnosti a pružnosti, odolnosti či opracovatelnosti a vhodnosti pro určité praktické využití.

Vlastnost	Druhy		
	 Nízká	 Střední	 Vysoká
Hustota (ÚNOD, 2002)	Smrk, Jedle, Borovice	Modřín, Dub, Buk, Javor	Habr, Akát
Pružnost (Novák, 2013)	Smrk, Jedle, Lípa, Vrba	Borovice, Javor, Dub, Topol, Akát	Modřín, Jasan, Buk, Bříza, Habr
Tvrdost (ÚNOD, 2002)	Smrk, Borovice, Lípa, Vrba, Topol, Modřín	Platan, Jilm, Kaštanovník	Akát, Habr, Dub, Buk, Hrušeň, Ořešák, Javor
Pevnost v ohybu (Novák, 2013)	Smrk, Jedle, Vrba, Topol, Kaštanovník	Jilm, Modřín, Olše, Borovice, Javor	Jasan, Ořešák, Dub, Buk, Lípa, Akát
Trvanlivost (Svatoň, 2000)	Buk, Javor, Olše, Bříza, Topol, Vrba	Smrk, Jedle, Jilm, Jasan, Borovice	Dub, Akát, Modřín, Kaštanovník

Tab. 1: Druhy dřeva podle různých vlastností



Obr. 6: Dřeviny

Dub (*Quercus*) je jádrové dřevo listnáče o střední hustotě okolo $680 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$. Dřevo dubu obsahuje mnoho tříslovin a to ho činí jedním z nejodolnějších domácích dřev. Používá se na vodní stavby, výjimečně i pro konstrukční účely. Hojně využítí najde v nábytkářství a produkci stavebně-truhlářských výrobků.



Buk (*Fagus*) patří mezi listnaté dřeviny. Jeho bělové dřevo o střední hustotě $680 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ má narůžovělou barvu a občas se u něj vyskytuje nepravé jádro. Jedná se o méně trvanlivé dřevo s nejširším uplatněním v interiéru. Znamé je jeho využití k výrobě ohýbaného nábytku a drobných předmětů.



Borovice lesní (*Pinus sylvestris*) je jehličnatá dřevina s ostrým přechodem mezi jarním a letním dřevem o malé hustotě $505 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$. Často se u ní vyskytuje zamodrávání běli. Obsahuje pryskyřici. Má konstrukční uplatnění včetně použití v exteriéru, využívá se v nábytkářství a stavebně-truhlářské výrobě.



Smrk (*Picea*) je jehličnatá dřevina o malé hustotě okolo $420 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$. Jedná se o méně trvanlivé a odolné bělové dřevo, přesto jde o nejdůležitější domácí dřevinu s nejširším uplatněním. Používá se pro konstrukční účely, v nábytkářském průmyslu i pro chemické zpracování.



Ořešák (*Juglans*) je listnatá, polokruhovitě pórovitá dřevina o střední hustotě $660 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$. Jedná se o jádrovou dřevinu. Dřevo ořešáku je trvanlivé a odolné a dobře se zpracovává. Má výrazné zbarvení a texturu, což jej činí oblíbeným druhem v nábytkářském průmyslu a při uměleckém zpracování dřeva.



Javor (*Acer*) je dřevo listnaté roztroušeně pórovité bělové dřeviny, u které se vyskytuje nepravé jádro. Dřevo javoru je méně trvanlivé, ale dobře se opracovává. Má střední hustotu okolo $630 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$. Díky svému lesklému dekorativnímu vzhledu se používá v nábytkářství a k výrobě drobných nástrojů.



Modřín opadavý (*Larix decidua*) je jehličnatá jádrová dřevina s ostrým přechodem mezi jarním a letním dřevem. Jedná se o velmi trvanlivé a odolné dřevo o střední hustotě $560 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$. Protože dřevo modřínu je považováno za jedno z nejkvalitnějších, má široké konstrukční využití i v exteriéru.



(ÚNOD, 2002)

Obr. 7: Dřeva (Dýhy.cz, 2014)

4.5 Názory: Masivní dřevo jako materiál

K otázkám, jaké jsou názory na danou problematiku z pohledu navrhování a realizace, postavení na reálném trhu a samotného bydlení v masivní dřevostavbě se vyjádřili odborníci v oborech.



Ing. arch. Pavel Horák
Jednatel a společník
podniků Domesi, s. r. o.
a Prodesi, v. o. s.,
architektonické
kanceláře navrhující a
realizující dřevostavby

”

„I když jsme architekti zaměřeni výhradně na stavby ze dřeva, tak moc dobře víme, že masivní dřevo není všespásné vždy a všude. Jako ideální se ukazuje na všechny hlavní nosné konstrukce, snad jen kromě podzemních částí staveb. Ideální je na interiérové prvky, kde se příjemně může prolínat konstrukce do interiérového vybavení, kde rádi používáme více druhů dřev: smrk, dub, jedle a další. Ale i na vnější obložení staveb. Dřevěné konstrukční systémy v podobě masivních dřevěných panelů z křížem lepených lamel mají tu velkou výhodu, že v sobě dokážou soustředit více funkcí. V tomto případě je to funkce statická, pohledová v interiéru a stavebně fyzikální (parozábrana a vzduchotěsnost). Z masivních dřevěných panelů je možné také tvořit staticky a esteticky mnohem náročnější projekty včetně vícepodlažních staveb, než z klasických lehkých sloupkových konstrukcí. Mnoho investorů láká představa masivnější, stabilnější konstrukce. Zároveň high-tech opracování na počítačem řízených strojích dělá z této technologie jednu z nejvyspělejších konstrukčních alternativ a zároveň ekologicky odpovědnou možnost stavění. Takže průsečík přírodního materiálu a vyspělé technologie, která se nedá srovnávat například se stavěním klasických roubenek nebo srubů, je to, co nám přijde maximálně atraktivní.“



Jana Kučerová
Makléř realitní sítě
Centruy 21

”

„Zájem veřejnosti o bydlení v dřevostavbách se v poslední době nijak nezměnil. Co vnímám pozitivně je to, že už pomalu mizí mýty ohledně trvanlivosti, odolnosti nebo akustiky dřevostaveb. Vnímám daleko větší informovanost klientů o jejich kvalitě, životnosti a funkčnosti. Co se týká využití dřeva v interiéru, tak spíše záleží na vkusu klienta. Esteticky velmi oblíbenou kombinací je masivní dřevo a kámen. Všeobecně stále vnímám vyhraněné skupiny klientů. Někteří preferují zděnou stavbu a o masivním dřevě neuvažují, další skupina klientů vyhledává pro některou z vlastností právě dřevostavby a pak je skupina lidí, kteří jsou ochotni přijmout různé stavební materiály.“



Ing. arch. Jakub Loučka
Architekt
Novahome
Jestico + Whites
Majitel stavby
z masivních panelů

”

„Masivní panely je vhodné navrhovat všude tam, kde mohou nahradit zděné konstrukce a kde nejsou speciální požadavky na požární bezpečnost. Dle mé zkušenosti se stavbou je výstavba velice rychlá a odpovídá dnešnímu způsobu navrhování, což zahrnuje kompletní CAD proces, perfektní přípravu, minimalizaci lidské práce a chybovosti. Je také možné mnoho procesů sloučit. Panely se drážkují, instalace se mohou vkládat již při výrobě a stavba je vlastně stavebnice. Masivní panely jsou také dobré řešení pro vzduchotěsnost obálky a jednoduché dosažení pasivního standardu. Veliká výhoda je rychlost konstrukce a fakt, že nejsme omezeni ročním obdobím. Je však potřeba to posunout ještě dál. Díky malé konkurenci je nevýhodou cena. V případě projekční chyby bývají opravy problematické a je v podstatě nemožné dělat stavbu svépomocí, což limituje možnost snižovat náklady. Pro dodavatele zateplovacích systémů také prozatím není ekonomicky výhodné dodávat na český trh takovou izolaci, která by byla přímo určena pro masivní dřevo, a to s sebou nese potíže. Osobně bych bydlení v masivní dřevostavbě neměnil. Mám odhalené panely ošetřené bílým olejem. Kresba, členitost povrchu, hřejivý pocit a jednota povrchů, kdy jsou stropy, stěny, detaily oken, schody a podlaha z jednoho materiálu, je výjimečná.“

5 Historie využití masivního dřeva v architektuře

Dřevo patří k nejstarším materiálům, které člověk použil pro stavbu přístřešků a obydlí a jeho vybavování. Díky svým vlastnostem, jako je všeobecná dostupnost, jednoduché způsoby opracování a manipulace, vysoká pevnost, příjemný vzhled a dobré tepelně-izolační vlastnosti, se stal velmi rozšířeným nejen na našem území, ale po celém světě. Objevuje se v lidové, měšťanské i sakrální architektuře. Po tisíciletí bylo základem pro využití ve stavebnictví dřevo masivní. Rozvoj technologií, a to zejména ve 20. století, přispěl ke vzniku mnoha typů plošných materiálů a kompozitů na bázi dřeva, které upravují vlastnosti rostlého dřeva. Masivní dřevo však zůstává fundamentální součástí současné architektury a poskytuje prostor pro efektivní využití specifických vlastností, které s sebou tento masivní materiál nese.



Obr. 8: Časová osa³

³ Obr. 8: Časová osa. Autoři fotografií zdola: 663highland, neznámý autor, Iereus, Palickap, Filip Dujardin.

5.1 Vývoj ve světě

Nejstarším typem staveb, kde se objevila nosná dřevěná konstrukce, byla stanová obydlí kočovných kmenů. Tyčové kolové stany pokrývaly zvířecí kůže. (Havířová, 2006) Podobné typy staveb opláštěné pleteným proutím a hlínou, obydlí postavená na pilotách v blízkosti jezer i první náznaky roubených staveb můžeme hledat už v pravěku. Postupně se rozvíjely další typy kůlových staveb, které dostávaly klasický obdélníkový půdorys, i staveb z neotesaného dřeva. (Velímský, 2013) Starověk ovládl mnohé technologie zpracování dřeva pro stavební účely. Vznikaly první rámové konstrukce nejen na území Asie (Zahradníček a Horák, 2011), objevovaly se nové typy dřevařských spojů, jako je například, čepování či pero a drážka, užívaných jak u velkých konstrukcí, tak u drobné architektury a zařizovacích předmětů. V této době také vznikaly první metody ošetřování dřeva a jeho povrchové úpravy. V raném středověku se dále rozvíjely kůlové konstrukce i srubové a roubené stavby. Obvyklé slaměné či doškové střechy nesla dřevěná konstrukce podpíraná sloupy. V předrománské době se dřevo používalo jako hlavní materiál pro stavbu obytných i veřejných staveb, dokud se s příchodem křesťanství nerozšířilo zděné stavitelství. (Brunecký, 2003) Ve středověku byly také definovány základní stavební systémy ze dřeva. Prvotní skeletové konstrukce se objevovaly hlavně u staveb sakrálních a veřejných, z nich postupně vznikající hrázděný stavební systém pronikal poté do architektury měšťanských domů.



Obr. 9: Stavby ze dřeva

Masivní dřevěné stavby sloužily později zejména k obytným a vojenským účelům (Zahradníček a Horák, 2011) a pro výstavbu hospodářských budov, zvláště v horských oblastech s dobrým přístupem k materiálu. Dřevo se uplatňovalo v architektuře každého regionu, kde bylo dostupným stavebním materiálem, přestože rozvoj dřevěných staveb ve světě se rozchází. Určité stavební systémy dominovaly určitému regionu, například asijské dřevěné chrámy jsou nejčastěji skeletové konstrukce, zatímco Kanadě dominovala klasická srubová stavba. V současné době je dřevo materiálem odpovídajícím trendům ve stavebnictví a architektuře, náročným technickým požadavkům, požadavkům na úsporu energií, komfort obyvatel i ochranu životního prostředí (Kolb, 2008).



Obr. 10: Využití dřeva v současné architektuře⁴

⁴ Obr. 10: Využití dřeva v současné architektuře. Autoři fotografií: seier+seier, Peter Guthrie, Peter Guthrie.

5.2 Kontext využití na našem území

Kromě přirozeného rozvoje dřevěných staveb se na území střední Evropy vyvinul v pravěku zcela specifický druh dřevostavby, takzvaný dlouhý dům. Měl konstrukci z dubového dřeva o půdorysných rozměrech 25 x 7 metrů a výšce 5 metrů. Stavba měla dřevěnou podlahu, masivní stěny z kulatiny, dřevěné krokve a rákosovou krytinu. (Smola, 2009) Přes naše území vedla hranice jehličnatých, tzv. černých lesů. Východně od této hranice mají tradici roubené dřevostavby, u nás se však vlivem kolonizace a z důvodu nedostatku dlouhého dřeva a postupného ústupu jehličnatých lesů ujala do značné míry hrázděná technika, která dřevo spojí. (Vaverka, Havířová a Jindrák, 2008) Můžeme u nás najít obrovské množství historických dřevěných objektů od obytných srubových a hrázděných staveb, přes stodoly srubové i sloupkové konstrukce, až po hospodářské a technické stavby, jako jsou seníky, mlýny, pilnice či kovárny. Tradiční srubové domy mající obvykle trojdílnou dispozici skládající se ze světnice, středního zádvoří s černou kuchyní a komory či chléva, se liší v jednotlivých regionech. Můžeme tedy vystopovat typický jihočeský dům⁵, severočeský dům⁶, volarský alpský dům⁷, chebský dům⁸ a mnoho dalších regionálních variant. (Štefko a Reinprecht, 2004) Dřevo ztratilo na našem území, včetně oblasti lidové architektury, popularitu na přelomu 18. a 19. století vlivem zdražování v důsledku kalamit v lesních monokulturách a zpřísněním požárních předpisů (Smola a Růžička, 2012) i další legislativy (Smola, 2009). Podobný trend se u nás udržel v podstatě až do 2. poloviny 20. století, kdy se začala pomalu formovat současná podoba dřevostavby, na kterou prakticky navázala její realizace firmami po roce 1989. (Krella, 2013)



Obr. 11: České dřevostavby⁹

⁵ Jihočeský dům známý diagonálním obkladem štítu a půlkuželovým ukončením u hřebene. (Štefko a Reinprecht, 2004)

⁶ Severočeský dům je typický náročně skládanou předsazenou lomenicí. (Štefko a Reinprecht, 2004)

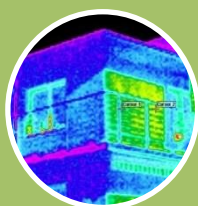
⁷ Volarský alpský dům je rozlehlá usedlost s roubeným patrem a mírně šikmou střechou. (Kozák, 2014)

⁸ Chebský dům je známý srubovým věncem a hrázděným členěným barevným poschodím. (Štefko a Reinprecht, 2004)

⁹ Obr. 11: České dřevostavby. Autoři obrázků a fotografií: Luděk Galuška; Ivana Jelínková; Josef Středa a Ivan Bárta, Pokorný Architekti

6 Charakteristika masivních dřevostaveb a prvků

Masivní dřevostavby a stavebně-architektonické prvky z masivního dřeva jsou svými vlastnostmi zcela specifické. Je proto nutné dobře znát fyzikální a mechanické vlastnosti dřeva, zákonitosti stavební fyziky a dodržovat základní principy při navrhování se dřevem. Zohlednění těchto vlastností a principů pomáhá minimalizovat negativní jevy a degradaci materiálu při dosažení požadovaných výstupů a adekvátním způsobem využít přirozených vlastností dřeva a jeho benefitů.



Stavby s podílem dřeva v konstrukci jsou z hlediska stavební fyziky specifické a je proto třeba brát jejich zvláštní charakteristiky v potaz při navrhování dřevostaveb, ať už se jedná o masivní, rámové nebo skeletové konstrukce.



Z důvodu vlastností dřeva, jako je navlhavost, rozměrové změny a náchylnost k poškození různými činiteli, je nutné při navrhování nejen staveb, ale veškerých prvků ze dřeva, vycházet z konstrukčních principů, které pomohou zvýšit životnost dřevěného produktu.



Dřevo jako přírodní materiál má zvláštní charakteristiky také z hlediska ekologie. Jeho použití v konstrukci a v interiéru mimo to příznivě působí na vnitřní mikroklima budovy a pohodu bydlení.



Pro využití dřeva ve stavebnictví je samozřejmě zásadní také jeho životnost. Na opotřebení dřeva a potažmo jeho životnost má vliv mnoho faktorů, které se dají do značné míry ovlivnit a prodloužit tak životnost dřevěných prvků na maximum.

Tab. 2: Specifické vlastnosti masivních dřevostaveb a prvků¹⁰

¹⁰ Tab. 2: Specifické vlastnosti masivních dřevostaveb a prvků. Autoři obrázků: Tomáš Kročil, Selbst, Floyd Wilde, ČZU.

6.1 Stavební fyzika dřevostaveb

Při posuzování stavební fyziky vycházíme z několika základních fyzikálních parametrů, a to součinitele tepelné vodivosti λ , s nímž souvisí také součinitel prostupu tepla U , a tepelné jímavosti b .

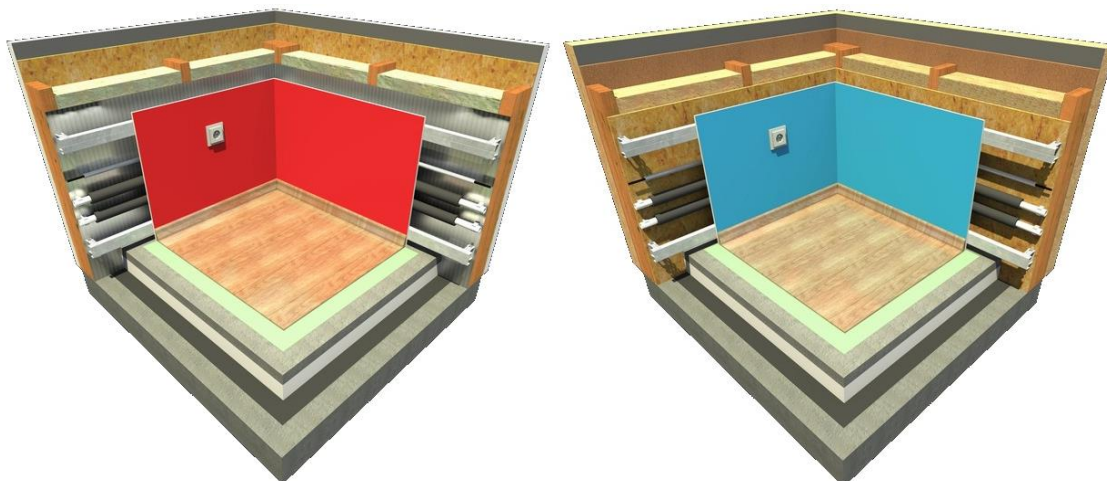
Součinitel tepelné vodivosti λ [$\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$] vyjadřuje schopnost materiálu vést teplo (TZB info [1], 2014) a součinitel prostupu tepla U [$\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$] vyjadřuje teplo, které unikne 1 m^2 plochy konstrukce při rozdílu teplot jejích povrchů 1 K (TZB info [2], 2014). Hodnota součinitele prostupu tepla je uváděna v normě ČSN 73 0540-2 (2011) jako kritérium posouzení tepelné izolace obvodových konstrukcí staveb.

Tepelná jímavost b [$\text{W}^2\cdot\text{s}\cdot\text{m}^4\cdot\text{K}^2$] charakterizuje schopnost dřeva akumulovat a uvolňovat teplo (VAPIS SH, 2014). Tepelnou jímavost materiálu kromě měrné tepelné kapacity a součinitele tepelné vodivosti nejvýznamněji ovlivňuje jeho objemová hmotnost, proto obvodové konstrukce dělíme na lehké a těžké. Lehké stěny, tedy stěny s plošnou hmotností nižší než $100 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$, mají nižší schopnost tepelné akumulace než stěny těžké. Ačkoliv novodobé masivní dřevěné stěny stále ještě obvykle spadají mezi lehké konstrukce, masivní stěny s vyšší plošnou hmotností plní funkci tepelně-akumulační a izolační vrstva, která se umísťuje z důvodu akumulace masivní stěny a kondenzace vodních par z exteriérové strany, funkci tepelně-izolační. Pro zvýšení tepelné akumulace u masivních dřevostaveb můžeme využít navíc ze strany interiéru opláštění materiály s vysokou měrnou tepelnou kapacitou, například sádkokartonem, jehož měrná tepelná kapacita je $1060 \text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$, nebo využití prvků¹¹ v interiéru z hutných stavebních materiálů, jako je například beton. (Zahradníček a Horák, 2011)

Důležitá je při navrhování dřevostaveb otázka difuze a kondenzace vodních par v obvodové konstrukci. Vodní pára, prochází-li zejména v chladném období směrem z interiéru do exteriéru, je nutné zabránit tomu, aby se prostup vodní páry zastavil v místě s nižší teplotou, tedy obvykle v exteriérové části stěny. V tomto případě by došlo ke kondenzaci. (Zahradníček a Horák, 2011) V otázce difuze a kondenzace vodních par máme k dispozici dva přístupy k řešení masivních obvodových stěn, a to zvolit difuzně otevřenou či difuzně uzavřenou konstrukci. Difuzně otevřená konstrukce pracuje s prostupem plynů, neobsahuje parotěsnou zábranu a je nutné u ní pečlivě navrhnout skladbu konstrukce tak, aby difuzní odpor jednotlivých vrstev směrem k exteriéru klesal a vodní pára tak mohla bez problémů proudit ven z konstrukce. U difuzně otevřených konstrukcí se uplatňuje parobrzdicí vrstva, což je vrstva se středně vysokým difuzním odporem, obvykle dřevotřísková nebo OSB deska, která omezuje průchod páry do konstrukce na určitou úroveň. Je důležité dbát na přelepení styků desek parotěsnou páskou. Díky tomu, že u difuzně otevřených konstrukcí dochází k pohybu plynů, což je nepříznivé pro plísně a mikroorganismy, zlepšují tak kvalitu ovzduší v budovách. (Soukupová, 2011) Difuzně uzavřená konstrukce pracuje na principu úplného utěsnění konstrukce proti pronikání vodní páry, k čemuž slouží parotěsná vrstva neboli parozábrana. Parozábrana je tenká vrstva z materiálu s vysokým difuzním odporem, obvykle polyethylenová

¹¹ Nejčastěji se využívá vnitřních stěn, komínů, obložení krbů, monolitických schodišť a podlahových vrstev z anhydritové stěrky či betonové mazaniny. (Zahradníček a Horák, 2011)

nebo hliníková folie. Tato folie by se měla umísťovat co nejbližšie interiéru, nicméně s ohledem na snahu o dokonalou těsnost je lepší ji umístit pod interiérový rošt, který vytvoří předstěnu pro instalaci většiny rozvodů. (Zahradníček a Horák, 2011) Od vnějšího prostředí by měla být kvalitně vysušená konstrukce oddělena neprodyšnou tepelnou izolací, nejčastěji polystyrenem. Problémem u difuzně uzavřeného typu konstrukce může být praktické zajištění dokonalé těsnosti folie a hygienické hledisko.



Obr. 12: Vzor difuzně uzavřené a difuzně otevřené skladby konstrukce rámové dřevostavby (Avanta, 2010)
 Skladba difuzně uzavřené konstrukce směrem od interiéru: SDK opláštění, instalační předstěna, parotěsná folie, rámová konstrukce s izolací, OSB opláštění, fasádní izolace, strukturovaná omítka.
 Skladba difuzně otevřené konstrukce směrem od interiéru: SDK opláštění, instalační předstěna, OSB opláštění, rámová konstrukce s izolací, rošt a fasádní izolace, difuzní folie, rošt a dřevěný obklad.

Akustické vlastnosti dřevostavieb nejsou pro výstavbu obytných budov velice příznivé. Obecně lehčí konstrukce, než mají stavby z klasických materiálů, mají za následek nižší zvukovou izolaci. Z hlediska akustiky hodnotíme zejména vzduchovou a kročejovou neprůzvučnost. Vzduchová neprůzvučnost označuje schopnost dělicí konstrukce bránit přenosu zvuku vzduchem, kdežto kročejová neprůzvučnost označuje schopnost vodorovné konstrukce tlumit kročejový hluk vznikající nárazem, pádem či chůzí. Požadavky na vzduchovou a kročejovou neprůzvučnost stavebních konstrukcí uvádí ČSN 73 0532 (2010). Zlepšit akustické vlastnosti můžeme použitím materiálů¹² s vyšší váženou laboratorní neprůzvučností, tedy s vyšší objemovou hmotností (Zahradníček a Horák, 2011). Zároveň je nutné uplatňovat základní konstrukční principy zlepšující akustické vlastnosti už při samotném navrhování stavby a držet se jich i během její realizace.

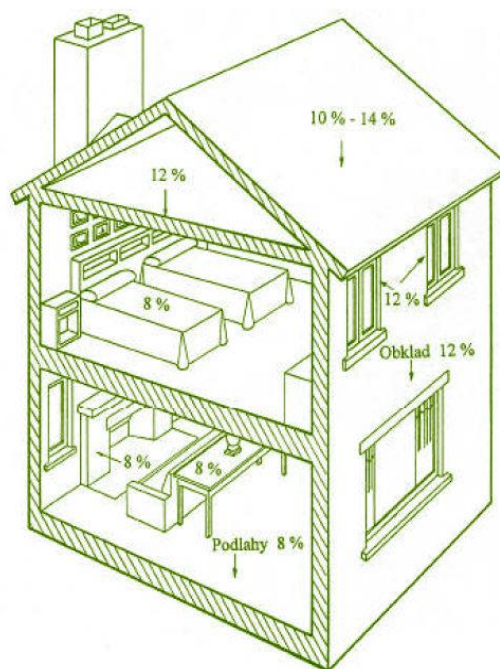
¹² Nejčastěji se jedná o podlahy s vrstvou betonových či anhydritových stěrek o tloušťce nad 5 centimetrů, vyzdívkou z cihel, zdvojení vnitřního záklopu sádrokartonovou deskou. (Zahradníček a Horák, 2011)

6.2 Specifika při navrhování

Jelikož je dřevo přírodním materiálem, který výrazně reaguje na přímý kontakt s vodou i na její přítomnost ve vzduchu, povětrnostní vlivy i jiné činitele, je nutné dbát při navrhování staveb a stavebně-architektonických prvků ze dřeva určitých zásad, abychom dosáhli co největší odolnosti a trvanlivosti dřeva a konstrukce. Dřevo jako biologický materiál je přirozeně nehomogenní od submikroskopické po makroskopickou úroveň. Vlastnosti dřeva navíc během růstu ovlivňují i další faktory. Jednotlivá dřeva se liší svou odolností vůči degradačním činitelům, proto první fáze návrhu spočívá již ve výběru vhodného materiálu v závislosti na prostředí, v němž se bude vyskytovat, a jeho účelu. Mezi evropské dřeviny s dobrou trvanlivostí patří modřín, dub, jasan, borovice či jilm (Svatoň, 2000). Přirozenou trvanlivost dřeva lze samozřejmě vylepšit impregnační či jinou umělou ochranou dřeva. Upřednostňována je však primárně konstrukční ochrana dřeva, která eliminuje expozici dřeva degradačním vlivům. (Ptáček, 2009) Samozřejmostí je výběr dřeva bez vad.

Nejzávažnějšími činiteli degradujícími dřevo jsou houby a hmyz, které významně snižují pevnost dřeva. Jejich výskyt vyžaduje teplotu okolo 20° C, zvýšenou relativní vlhkost vzduchu a dřevo o vlhkosti nad 20%. (Svatoň, 2000) Je proto nutné zamezit tomu, aby bylo dřevo vystaveno působení vody, a to už v době skladování a montáže. Dřevěné prvky by měly být skladovány přímo na staveništi, a to po minimální dobu. Dřevěné prvky i stavby v průběhu montáže by při špatném počasí měly být dostatečně chráněny.

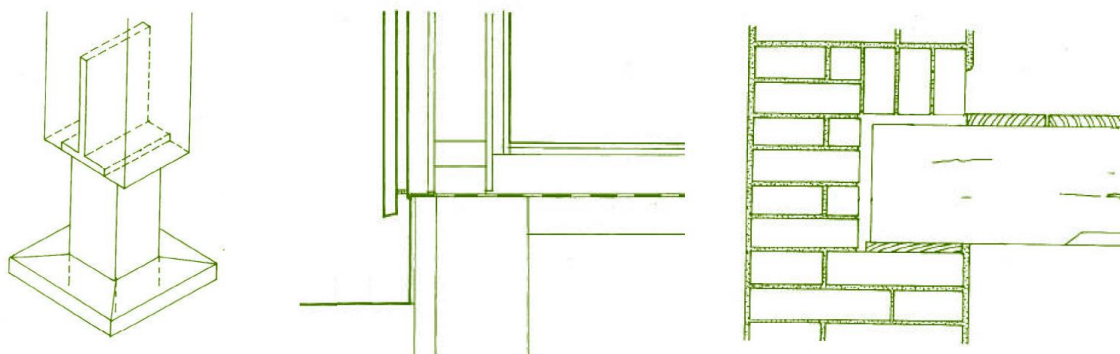
U dokončené stavby je nebezpečné zejména teplé a vlhké prostředí tím, že v něm vlhkost snadno proniká do dřeva a hromadí se zde. Stejně nebezpečným prvkem mohou být stěny nepropustné pro vodní páry. Obzvláště v zimním období, kdy je tlak par vzduchu v interiéru vyšší než v exteriéru, je zásadní, aby difuzní odpor vrstev v obvodové stěně stavby klesal a aby konstrukce obsahovala odvětrávanou vzduchovou mezeru pro odvod vodních par ze stěny. U difuzně uzavřených konstrukcí obvodových stěn se používá parotěsných vrstev umístěných co nejbližší interiéru, které minimalizují vstup vlhkosti do konstrukce. Místa v konstrukci, kde se předpokládá vyšší výskyt kondenzace vodních par, je nutné opatřit odvodem vody. Dřevo by mělo být do konstrukce zabudováno s vlhkostí odpovídající přibližně budoucí provozní vlhkosti. V interiéru je to obvykle okolo 8 % (Svatoň, 2000). Mělo by tak být zamezeno vzniku výsušných trhlin, kudy by do dřeva mohl pronikat hmyz



Obr. 13: Vlhkost dřeva ve stavbě (Žák a Reinprecht, 1998)

Vlhkost v interiéru okolo 8%, vlhkost konstrukce a venkovního obkladu okolo 12% a vlhkost střešní krytiny okolo 14%.

či houby, a bobtnání v případě přesušení. Zásadní je také zabránění kontaktu dřevěné konstrukce a prvků se zemí, zemní vlhkostí, odstříkující dešťovou vodou a sněhem. Dřevěné stavby i exteriérové prvky se proto osazují tak, aby byly umístěné 300 až 400 mm nad okolním terénem. (Haviřová, 2006)



Obr. 14: Konstruktivní ochrana dřeva (Štefko, Reinprecht a Kuklík, 2009)

Z důvodu hořlavosti se u některých aplikací dřeva dodržují určitá požárně bezpečnostní opatření. Dřevěné prvky by měly být dimenzovány na základě bezpečnostního faktoru, který zajišťuje menší povrch dřeva v poměru k objemu a tedy i vyšší požární odolnost, a opatřeny hladkým povrchem či nehořlavou povrchovou úpravou. Dřevěná stavba samozřejmě musí zohledňovat požární riziko, odpovídat příslušné legislativě a měla by být vybavena požárně-bezpečnostními opatřeními. (Svatoň, 2000)

Z hlediska zlepšení akustických vlastností dřevěných staveb je vhodné držet se určitých konstruktivních principů. Základem je zahrnutí materiálů s vyšší objemovou hmotností do skladeb konstrukcí. Je důležité podlahy přerušit konstrukcí příček založených přímo na hrubé stropní konstrukci a na pružné podložce. Také se musí umisťovat zvuková izolace mezi podlahu a stěnu, povrchové vrstvy podlah by měly být zakončeny dilatační vrstvou a instalační předstěny svislých konstrukcí by měly být maximálně nezávislé a dilatované od nosné konstrukce. Styky svislých a vodorovných konstrukcí by měly být napojeny s použitím pružného tmelu. Kročejová izolace by se měla umisťovat mezi nosnou konstrukci stropu a roznášecí vrstvu podlahy. Měl by být použit také podhled. (Zahradníček a Horák, 2011)

6.3 Ekologické a zdravotní hledisko

Dřevo může být ve své podstatě jedním z ekologicky nejzajímavějších materiálů s obrovským potenciálem pro využití. Jedná se o obnovitelný a nevyčerpatelný zdroj, který roste téměř všude (Horáček, 2008). Evropské lesy jsou nejintenzivněji obhospodařované na světě a pouze 64% jejich čistého ročního přírůstku je vytěženo, tudíž pokrytí krajiny lesními porosty každý rok stoupá. Ekologický dopad se stal jedním z důležitých hledisek při navrhování výrobků a produktů a stanovování jejich kvality a ceny. Dřevo roste, aniž by spotřebovávalo umělou energii. Rostoucí stromy absorbují oxid uhličitý, fotosynteticky jej rozkládají a uchovávají v sobě uhlík. Jeden kubický metr rostoucího dřeva v sobě uchová téměř tři čtvrtě tuny oxidu uhličitého. Využití dřeva dospělých stromů vede k tomu, že je v dřevěných produktech oxid uhličitý uložen po celou dobu jejich užívání. Hospodaření s lesy a využívání dřevní suroviny správným způsobem tedy vede ke snížení produkce skleníkových plynů. (Havwoods, 2014) Je důležité však dbát na to, aby nesprávným způsobem manipulace se dřevem nebyla tato jeho vlastnost znehodnocena a dodržovat trvale udržitelný systém dodavatelského řetězce.



Tab. 3: Trvale udržitelný životní cyklus¹³

¹³ Tab. 2: Trvale udržitelný životní cyklus. Autoři fotografií: MPF, Fishdecy, Strohlnc, Richard Wheeler.

Dřevo by mělo pocházet z odpovědně obhospodařovaných lesů. Toto kritérium lze sledovat prostřednictvím mezinárodních organizací, nejčastěji PEFC®¹⁴ či FSC®¹⁵. Těžba i zpracování by měly probíhat na lokálním principu, aby byla minimalizována přeprava a její dopad. Tento fakt mimo jiné přispívá k rozvoji lesního hospodářství a zaměstnanosti v regionu. To vše pomáhá zlepšit kvalitu krajiny, podporuje biodiverzitu i turismus (SBWP, 2009). Díky svým fyzikálně-mechanickým vlastnostem je dřevo snadno opracovatelné s nízkými energetickými nároky (Havířová, 2006).



Obr. 15: Certifikované dřevo¹⁶

Zároveň je při výrobě z dřevního materiálu minimalizováno množství odpadu. Odpad je téměř bez kontaminantů, tudíž může být jednoduše dále využit, a to obvykle na výrobu dřevěných briket, biomasy nebo ke kompostování (NIS [2], 2013). Zpracování dřeva zatěžuje životní prostředí minimálně v porovnání s ostatními běžnými stavebními materiály. Výroba probíhá suchým postupem, což zvyšuje ekologickou hodnotu materiálu (Vaverka, Havířová a Jindrák, 2008). Kromě dopravy má největší ekologický dopad zpravidla umělé sušení řeziva. Tento nedostatek se dá řešit efektivnějšími metodami sušení s využíváním přirozeného předsušení. (Slavid, 2012) Také na konci svého životního cyklu zůstává dřevěný produkt ekologicky užitečný. Dřevo je totiž snadno ekologicky odbouratelné, dá se jednoduše opakovaně využít, zrecyklovat či použít jako zdroj energie (Horáček, 2008). Popel lze následně likvidovat jako běžný odpad. Kombinaci využití konstrukčních panelů z masivního dřeva, dřevního vlákna k izolaci a dřevěného exteriérového obkladu můžeme při dodržení zmíněných zásad považovat z environmentálního hlediska za nejvýhodnější řešení s neutrálním uhlíkovým dopadem (SBWP, 2009).

Přírodní dřevo je estetický materiál, který je příjemný na pohled i na dotek. Díky své hygroskopicitě je schopné absorbovat přebytek vzdušné vlhkosti ve vnitřním prostředí budov a případně jej do ovzduší uvolňovat, pokud se vzduch vysuší. Regulace vzdušné vlhkosti na tomto principu vytváří zdraví prospěšné vnitřní prostředí. (SBWP, 2009) Také nízká tepelná akumulace, příjemná vůně, schopnost udržovat přijatelné klima či pohlcovat škodlivé látky z interiéru přispívají ke zkvalitnění pohody bydlení (Štefko a Reinprecht, 2004). Vzhledem k faktu, že 88% našeho času trávíme v interiéru (Fell, 2013), je jeho kvalita velmi důležitá.

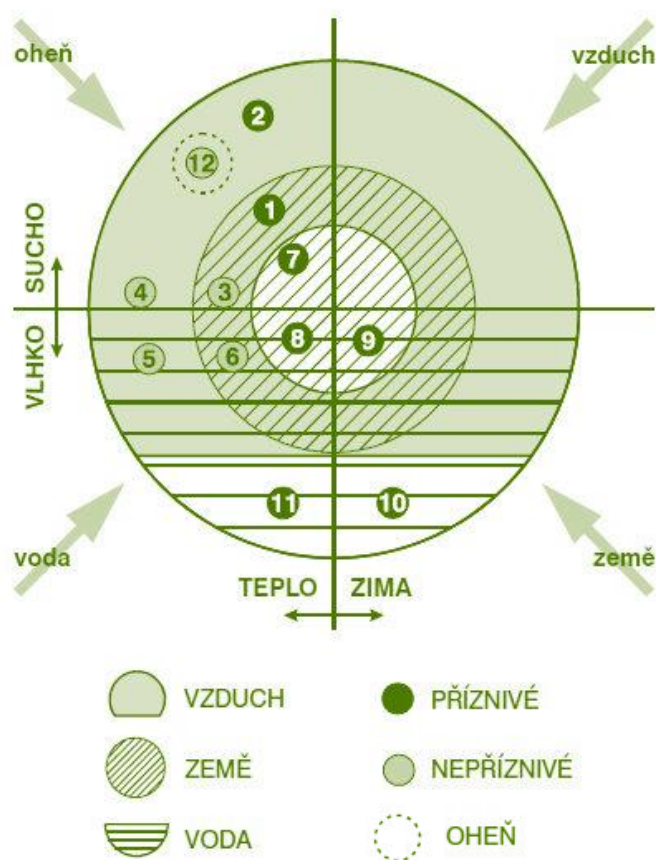
¹⁴ PEFC®, Program for the Endorsement of Forest Certification, Program pro vzájemné uznávání certifikace lesa.

¹⁵ FSC®, Forest Stewardship Council, Rada pro správu lesa.

¹⁶ Obr. 15: Certifikované dřevo. Autor fotografie: Lewis Lumber Products.

6.4 Životnost a opotřebení dřevěných konstrukcí

Působení okolního prostředí na dřevo má vliv na jeho opotřebení a životnost. Různé vnější vlivy však působí různě a jejich vzájemné kombinace mají rozdílné dopady na životnost dřeva. (Šefců, Vinař a Pacáková, 2000) U veškerých konstrukcí dochází k fyzickému a morálnímu opotřebení. Fyzické opotřebení označuje pokles užitné hodnoty v důsledku vzniku vad. Toto opotřebení se dá ovlivnit ochranou konstrukce a péčí o ni. Morální opotřebení vzniká v důsledku rozvoje a zvyšujícími se nároky na stavbu. Dá se ovlivnit modernizací. S hodnotou opotřebení souvisí životnost konstrukce, která zahrnuje jak fyzickou, tedy technickou, životnost, tak morální a ekonomickou životnost. Morální životnost souvisí zejména s estetikou a požadavky na stavbu a prvky. Ekonomická životnost vychází z posouzení hospodárnosti z hlediska porovnání nákladů na provoz, odpisy a údržbu s využitelností konstrukce. Délka těchto životností se liší a rozdílná je také pro jednotlivé konstrukční části. Mezi prvky s dlouhou fyzickou životností patří nosné konstrukce, trámy či krovky. Prvky s kratší životností mohou být podlahy, střešní krytina, fasády či exponované části krovů. Vždy však závisí na konkrétních podmínkách jejich umístění a provedení, stupni ochrany a údržby. Mezi nejčastější faktory negativně ovlivňující životnost dřevěné konstrukce se řadí nedostatky a chyby v projektu, při realizaci či montáži a během užívání. (Reinprecht a Štefko, 2000)

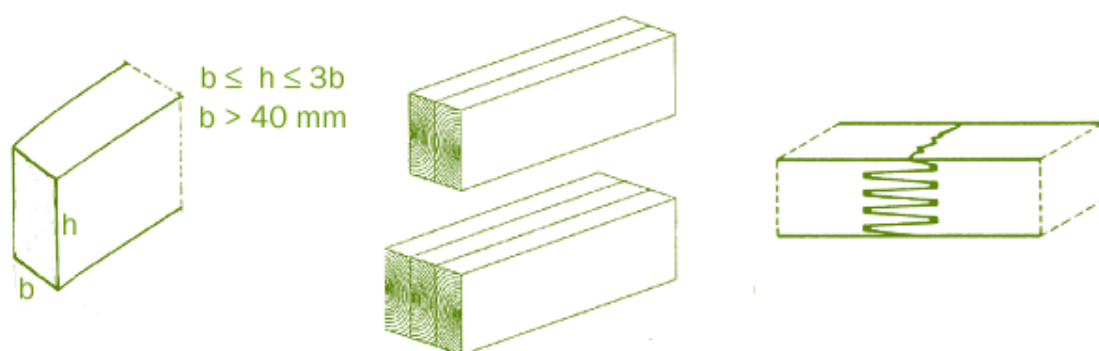


Obr. 16: Ukázky vlivu prostředí na životnost dřeva (Šefců, Vinař a Pacáková, 2000).

[1] Egyptské nálezy v hrobkách staré 4000 let vlivem suchého a horkého prostředí. [2] Dřevěné vybavení interiéru staré přes 1000 let vlivem suchého prostředí a přirození trvanlivosti. [3] Prvky dotčené vztlínáním vlhkosti. [4, 5] Dřevo vystavené povětrnosti výjimečně a často. [6] Dřevo v trvale vlhkém prostředí, kam například zatéká. [7] Dřevo v téměř suchém prostředí s přístupem vzduchu, například zazděné trámy staré až 500 let. [8, 11] Dřevo ve vlhkém či konzervačním, například jílovitém či rašelinovém, prostředí bez přístupu vzduchu může dosáhnout až stáří 10 000 let. [9, 10] Dřevo v trvale zmrzlé půdě a ledovci. [12] Působení požáru.

7 Masivní dřevo v konstrukcích staveb

Masivní dřevo se objevuje v konstrukcích staveb od pravěku díky kombinaci svých vlastností, jako je pevnost, dobré tepelně-izolační vlastnosti či jednoduchá opracovatelnost. Dřevostavby postupným vývojem získaly mnoho podob a vzniklo mnoho typů konstrukcí. Tyto konstrukce můžeme v obecnosti rozdělit na rámové, skeletové a masivní. Rámové konstrukce vychází z nosné dřevěné kostry z masivního řeziva a jsou opláštěné velkoplošnými materiály, které rovněž působí při přenosu zatížení. Masivní dřevo zde najdeme ve formě nosného rámu sestávajícího ze svislých stojek o rozměrech nejčastěji 60 x 120 mm či 60 x 180 mm, horního a spodního pasu, překladů a poprsníků u otvorů v konstrukci. (Havířová, 2006) Pro tyto účely je nejčastěji využíváno rostlé konstrukční hraněné řezivo získávané nejčastěji z jehličnaté kulatiny.



Obr 17: Hraněné řezivo, lepené nosníky a zubový spoj (Vaverka, Havířová a Jindrák, 2008)

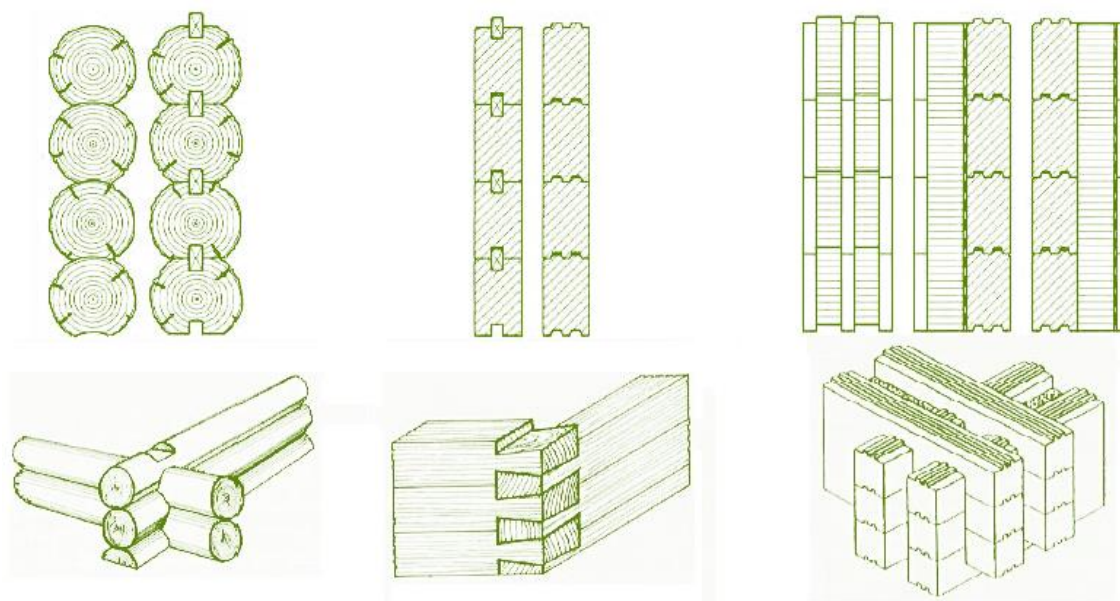
Skeletové stavby mají nosnou dřevěnou kostru o větších dimenzích a obvodový plášť, který se však nepodílí na přenosu zatížení a má pouze ochrannou funkci. Tyčové prvky ve skeletové konstrukci jsou nejčastěji z lepeného dřeva. Může se jednat o duo či trio nosníky z masivních technicky vysušených fošen nebo hranolů či o lepené lamelové dřevo. Nejčastěji smrkové lamely mívají tloušťku od 32 mm do 40 mm a je možné vytvořit takto nosník libovolných rozměrů. Lamely i masivní nosníky lze délkově nastavovat zubovým spojem. Masivní dřevostavby jsou typické svými obvodovými konstrukcemi, kde plní nosnou funkci masivní materiál, a to buď z plného profilu či spojovaný, doplněný o tepelně-izolační vrstvu. Masivní dřevostavby mohou být rozděleny na srubové stavby a novodobé masivní systémy. (Havířová, 2006)

7.1 Srubové stavby

Srubové stavby jsou nejstarším typem masivních staveb ze dřeva. Jejich vzhled obvykle koresponduje s regionální tradicí. Konstrukční elementy, jako jsou samotné stěny, hrany, stupně, rohy či trámy, se stávají pohledovými architektonickými prvky. Vyznačují se obvykle náročným řemeslným zpracováním často s využitím uměleckých konstrukčních spojů a vychází z pečlivého výběru dřeva. Spotřeba dřeva u tohoto typu stavby je velmi vysoká. (Kolb, 2008)

7.1.1 Typy konstrukcí

Srubové stavby se původně vyráběly z vodorovných na sebe kladených prvků, loupaných kuláčů, které byly smontovány do plošných konstrukčních prvků a utěsněny mechem či jílem. Klády se spojovaly v rozích přeplátováním a zpravidla se ponechával přesah dřeva, takzvané zhlaví. To bylo později nahrazeno lícováním a novějšími způsoby konstrukčního spojování, například vloženým perem. Další vývoj vedl k použití polohraněného a hraněného řeziva. V současnosti jsou spoje obvykle tvořeny přeplátováním doplněným o hřebíky či kolíky v ose plátu, které pomáhají přenášet vodorovné síly, případně rybinovým přeplátováním. Vodorovné spáry srubových prvků se provádí se dvěma či třemi pery a drážkami a vloženým těsněním pro dosažení neprůvzdušnosti.



Obr. 18: Vývoj a typy srubových staveb (Kolb, 2008; Havířová, 2006)

U srubových staveb, kde jsou na sebe kladeny trámy vodorovně, má významný vliv na konstrukci bobtnání a sesychání dřeva. Proto je nutné sloupkové ostění otvorů opatřit drážkou, do níž se zasune čep na čelech trámů, a spáry vyplňovat měkkou pružnou izolací (Havířová, 2006). Také některé vnitřní vybavení stavby je tomuto nutné přizpůsobit. Variantou srubové stavby je roubení, které označuje dřevěnou stavbu srubového typu z masivních prvků, které jsou opracované, hraněné a v rozích spojované obvykle rybinovým spojem bez přesahů. Jelikož v současné době tradiční jednoduchá srubová konstrukce nevyhovuje požadavkům na tepelnou izolaci, existuje několik

metod, jak dosáhnout vyhovujících hodnot. Provádějí se tepelně izolované srubové stěny, které jsou viditelné buď z exteriérové či z interiérové strany (Kolb, 2008). Dodatečné zateplení se dá realizovat vnější tepelnou izolací a falešným roubením z exteriérové strany. Dá se použít také metoda zdvojeného roubení, kdy se tepelná izolace umísťuje mezi dvě roubené stěny. (Havířová, 2006) Vedle klasické jednovrstvé srubové konstrukce a jejích zateplených variant existují také prefabrikované prvky na bázi srubových staveb (Kolb, 2008).

7.1.2 Příklady využití

Srubové stavby mají svou tradici zejména v horských oblastech. Můžeme je najít v mnoha regionech od Skandinávských zemí a Ruska, přes Alpské oblasti a další středoevropské hory, až po Severní Ameriku.



Obr. 19: Srubové stavby ¹⁷

Novodobé srubové stavby, ač vycházející ze své bohaté historie, mají za cíl vyhovět současným požadavkům na bydlení, čemuž odpovídá také náročnější technické provedení. Mezi novodobými a tradičními srubovými stavbami tak mohou být významné jak vizuální, tak technologické rozdíly.



Obr. 20: Novodobý srub ¹⁸

¹⁷ Obr. 19: Srubové stavby. Autoři fotografií: Alexei Byeloborodov, Jan Polák, Paul Hamilton.

¹⁸ Obr. 20: Novodobý srub. Autor fotografie: Jukka Hiltula.

7.2 Novodobé stavby

Novodobé masivní dřevostavby vychází z principu využití dřeva jako specifického stavebního materiálu, pomocí kterého je možné vytvářet architektonicky zajímavé a vysoce funkční moderní stavby. Estetický odkaz tradičních masivních staveb přetrvává, dřevo zůstává i v moderních dřevostavbách přiznané. Novodobé masivní stavby využívají průmyslově vyráběných konstrukčních systémů, kde nosné konstrukce tvoří plošné masivní bloky vyrobené lepením, vrstvením či skládáním. Tyto plošné dílce mohou být využity

pro svislé, vodorovné i střešní konstrukce. Jedná se o plošně působící nosné systémy s izolací osazovanou z exteriérové strany, kde minimálně polovinu nosné vrstvy tvoří masivní podíl. U tohoto typu staveb je možné dosáhnout velmi účinného přenosu velkých zatížení a vysoké rozměrové stability při zachování zajímavých pohledových vlastností masivního dřeva. Kromě velkoplošných masivních konstrukčních dílců se můžeme setkat také s maloformátovými nosnými prvky, které se v plošnou konstrukci sestavují na místě stavby.



Obr. 21: Novodobé masivní dřevostavby (Berchtold Holzbau, 2013 a Proholz, 2013)¹⁹



Obr. 22: Novodobé masivní dřevostavby (Berchtold Holzbau, 2013 a Pichler, 2011)²⁰

¹⁹ Obr. 21: Novodobé masivní dřevostavby. Autoři fotografií: Berchtold Holzbau, Robert Fessler.

²⁰ Obr. 22: Novodobé masivní dřevostavby. Autoři fotografií: Berchtold Holzbau, neznámý autor.

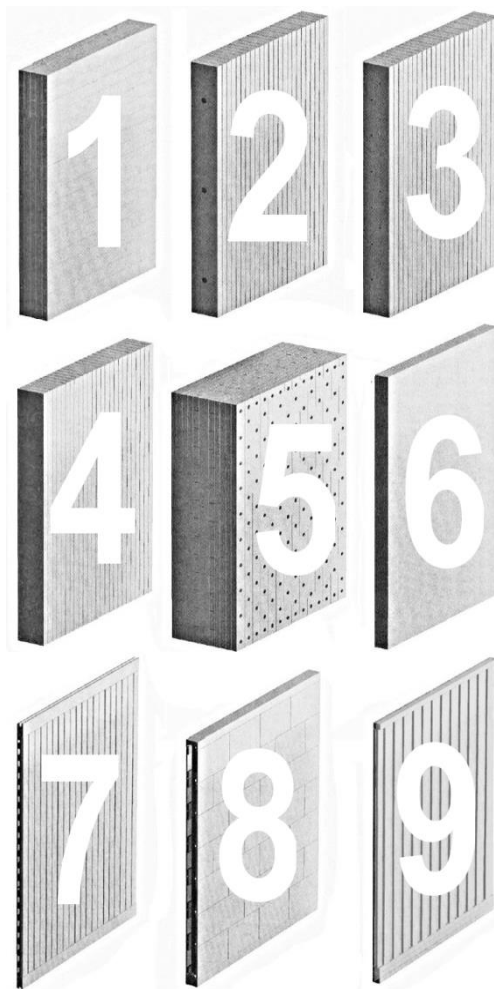
7.2.1 Typy konstrukcí

Konstrukční systémy novodobých dřevostaveb můžeme rozdělit do několika skupin podle druhu a orientace prvků, ze kterých je nosný prvek složen. Obvykle se jedná o velkorozměrové plošné dílce tvořené lamelami ze dřeva jehličnatých dřevin, nejčastěji smrku či jedle. Alternativou je použití materiálů na bázi dřeva, například OSB desek nebo dřevotřískových desek. Prefabrikované konstrukce jsou obvykle vyráběny přímo s otvory tak, aby byly po transportu na staveniště připravené k montáži hrubé stavby. Vnitřní strana, je-li vyrobena z hoblovaného tříděného řeziva, může být ponechána jako pohledová. Ke spojování se používají tradiční hřebíky, lepení či kolíky. V případě lepení se používá řezivo vysušené na 12 % vlhkosti, což je také odpovídá vlhkosti dřeva zabudovaného do standardních podmínek obývané místnosti. Pro spojování pomocí kolíků se využívá kolíků z tvrdého listnatého dřeva, obvykle dubu, které jsou podsušené na vlhkost přibližně 6 %. Po zasunutí do předvrtaných otvorů tyto kolíky vlivem vyšší vlhkosti okolního dřeva nabobtnají a vytvoří pevný spoj. (Havířová, 2006)



Obr. 23: Křížem lepené řezivo (Novatop [1], 2013)

Prvním typem novodobých masivních systémů jsou konstrukce z vrstveného dřeva, kdy je nosný prvek tvořen třemi, pěti i více křížem kladenými vrstvami přířezů. Tyto prvky mohou být spojovány buď kolíky [5], hřebíky nebo nejčastěji lepením [1]. Díky křížovému lepení jsou tyto prvky tvarově téměř dokonale stálé, což ulehčuje návrh konstrukčních detailů a montáž. Tloušťky desek z křížem lepeného řeziva²¹ se pohybují obvykle od 50 do 300 mm. Křížově kolíkové dílce jsou složeny z fošnového jádra, kterému se pomocí kolíků připevňují vrstvy prken vodorovně, svisle a diagonálně. Výrobci někdy využívají pouze přírodních materiálů, proto také ke spojování používají podsušené dřevěné kolíky. Obvykle se křížově kolíkové dílce používají pouze pro svislé konstrukce. Druhým typem jsou ze sebou skládané masivní bloky²², které tvoří obvykle vedle sebe na šířku kladená prkna o tloušťce obvykle mezi 20 a 50 mm spojovaná hřebíky [3], kolíky [2] či lepením [4] do nosného bloku. Velkoplošné dílce mají obvykle tloušťku od 80 do 240 mm. (Kolb, 2008) Třetím typem jsou jiné a speciální masivní konstrukce. Může se jednat o plošně lisované materiály na bázi dřeva [6], například tři až pět desek OSB desek slepených do masivního nosného bloku. Ačkoliv tento systém bývá zařazován do skupiny masivních dřevostaveb (Kolb, 2008), nejedná se o stavbu využívající masivní dřevo tak, jak jej chápeme pro účely tohoto textu. Masivní dřevo však najdeme u takzvaných složených průřezů. Tyto konstrukční prvky bývají obvykle duté a je proto možné těmito prostory vést vnitřní izolaci, akusticky pohltivé výplně a rozvody. Spojují se zpravidla lepením. Můžeme sem zařadit příčně lepená prkna s mezerami [7], která jsou na koncových částech opatřena rámy. Dalším druhem jsou „truhlíkové“ maloformátové systémy, které je možné využít ke stavbě stěn i stropů, či modulově-zásuvné [8], též „tvarokové“, systémy sloužící pouze k realizaci svislých konstrukcí (Havířová, 2006). Mezi složené průřezy můžeme řadit také konstrukce z dřevěných fošen spojených přes pero a drážku [9]. (Kolb, 2008)



Obr. 24: Typy novodobých konstrukcí (Kolb, 2008). [1] Křížově lepené řezivo, [2] Skládané řezivo spojované kolíky, [3] Skládané řezivo spojované hřebíky, [4] Skládané lepené řezivo, [5] Křížově vrstvené kolíkové řezivo, [6] Lisované materiály na bázi dřeva, [7, 8, 9] Složené masivní průřezy.

²¹ Též CLT „Cross Laminated Timber“ či KLH „Kreuzlagenholz“.

²² Též „Brettstapel“.

7.2.2 Příklady využití

Novodobé systémy masivních dřevostaveb získaly díky jednoduchým a jasným možnostem realizace, velké škále možných použití, dobrým funkčním vlastnostem a elegantnímu vzhledu oblibu po celém světě. Je možné se s nimi setkat v moderní architektuře východoasijských států, zejména Japonska, či Skandinávie, kde mají díky místním klimatickým a krajinným podmínkám dřevostavby hlubokou tradici, na niž navazuje místní proslulá moderní dřevěná architektura. Realizaci masivních dřevostaveb je možné vysledovat například i v anglosaských zemích a středoevropských státech. Jedním z hlavních center dřevěné architektury jsou samozřejmě německy mluvící země, kde jsou dřevěné stavby realizovány v pečlivém detailním zpracování s použitím kvalitních materiálů, obvykle v nízkoenergetickém či pasivním standardu. Po světě se lze setkat s novodobými masivními dřevostavbami, které neslouží pouze k obytnému, nýbrž často i k veřejnému účelu. (Zahradníček a Horák, 2011)



Obr. 25: Dřevostavby ve světě (Turner, 2009; Domesi, 2010; k_m architektur, 2005; Fairs, 2007)

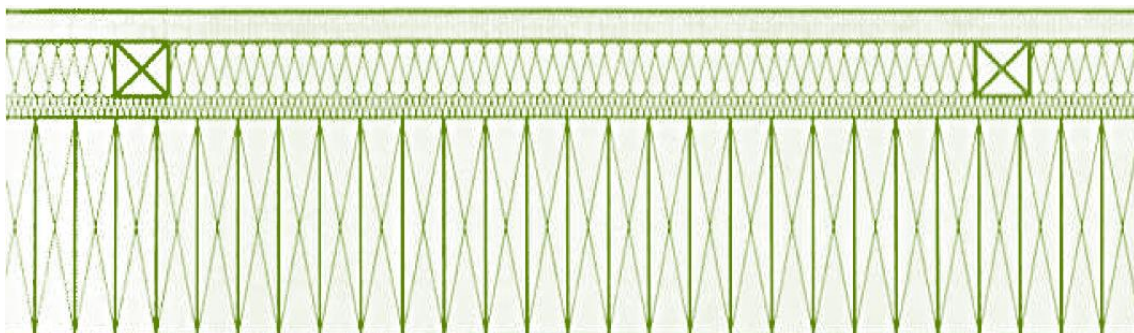
7.3 Stropy a střechy

Masivní dřevo bylo neodmyslitelnou součástí konstrukce stropů a střešních krovů od nepaměti. I v dobách, kdy bylo dřevo z různých důvodů v architektuře upozaděno za ostatními stavebními materiály, zůstalo jedním z hlavních materiálů pro vodorovné nosné konstrukce a krovové konstrukce. S masivním dřevem je možné setkat se také ve formě střešní krytiny. I u těchto prvků je potřebné dodržovat určité principy, které chrání konstrukci před poškozením. Ukládají-li se zhlaví dřevěných elementů na jiný materiál, obvykle zdivo, musí se podkládat impregnovanou podložkou umístěnou na izolačním pásu (Reinprecht, 1992 via Svatoň, 2000). Zhlaví těchto prvků je vhodné opatřit chemickou ochranou a zajistit k nim přístup vzduchu 5 cm širokou mezerou (Havířová, 2006). Pro proudění vzduchu by měly dostačovat i 3 cm široké větrací kanálky, kterými by měly být opatřeny všechny zazděné části dřevěných elementů, jako je například pozednice, zhlaví stropních trámů nebo krokví. Zároveň je nutné dbát na to, aby nebyly tyto prvky neprodyšně uzavřeny, jako se například může stát v případě nevhodné kombinace parozábrany a neprodyšné krytiny. (Svatoň, 2000) Střechy musejí být opatřeny hydroizolační vrstvou. U sklonitých střech se jedná o hlavní hydroizolační vrstvu, tedy samotnou střešní krytinu²³, a pojistnou hydroizolaci. Důležité je dokonalé provedení zejména u kritických míst, kterými jsou nároží, úžlabí a střešní otvory. U plochých střech je nutné hydroizolaci provést až na okraje střechy a strop od krytiny²⁴ oddělit odvětrávanou vzduchovou mezerou. (Fajkoš a Novotný, 2003)

²³ Hlavní hydroizolační vrstvu sklonitých střech může tvořit krytina v podobě střešních tašek, desek, plechů, šindelů nebo došků. (Fouček, 2010)

²⁴ Hydroizolaci plochých střech obvykle tvoří asfaltové pásy, plechy, umělohmotné či tekuté fólie a stěrky. (Fouček, 2010)

Strop je vodorovná dělicí konstrukce, která výškově člení budovu na podlaží a přenáší zatížení. Strop musí splňovat požadavky požární odolnosti, zvukové izolace a případně také tepelné izolace, musí poskytovat dostatečnou únosnost při minimálním průhybu. (Kolb, 2008).

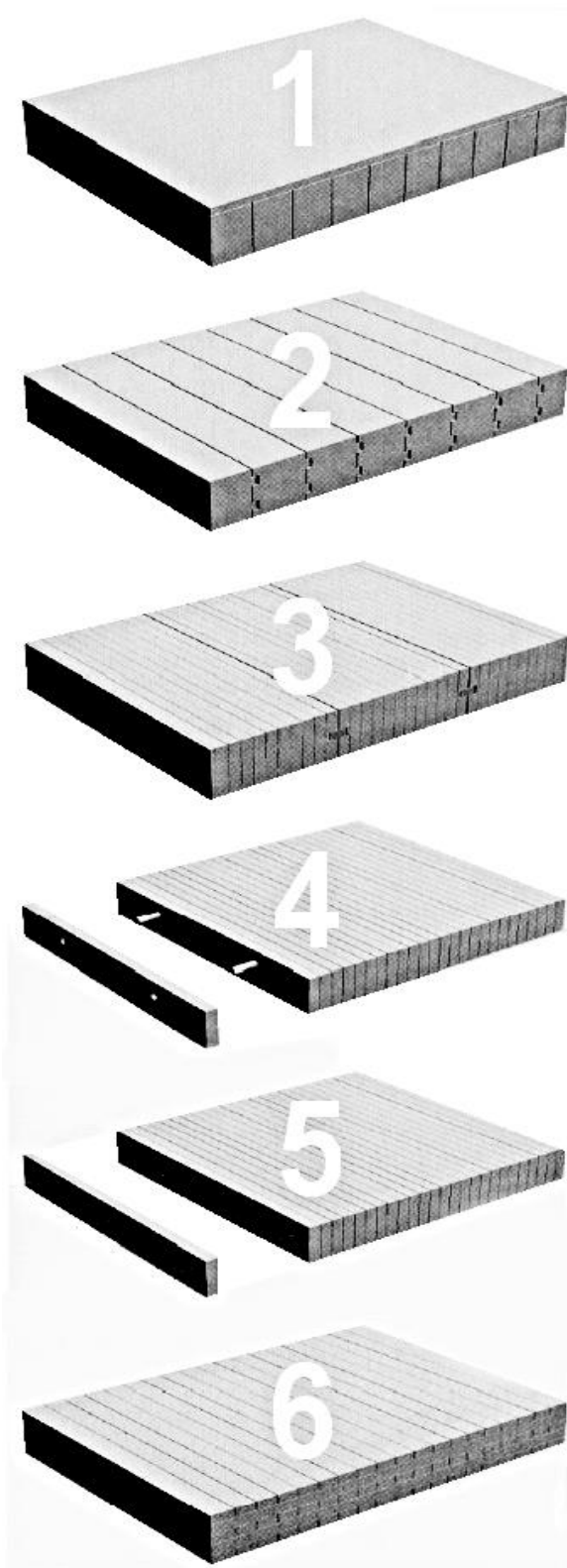


Obr. 26: Ukázka řešení skladby masivního stropu (Haviřová, 2006)

Nejstarším typem dřevěných stropů jsou stropy povalové z polohraněných těsně pokládaných trámů spojovaných dřevěnými klíny, hmoždinkami či ocelovými skobami do nosné desky. Vrchní stranu stropu tvořil násyp a podlahová krytina. Tyto stropy můžeme považovat na předchůdce jak tyčových systémů, tedy trámových stropů, tak masivních systémů. Z povalových stropů se vyvinuly historické trámové stropy, které byly tvořeny nosnými trámy uloženými v určitých pravidelných vzdálenostech. U jednoduchého trámového stropu se na trámy shora kladl prkenný záklop, který sloužil jako podlaha. Trámový strop mohl být nad vrstvou záklopu opatřen nehořlavým násypem, jehož minimální výška by měla být 80 mm. Tyto jednoduché typy trámových stropů byly spalné a neměly izolační schopnosti. Polospalné z těchto stropů činilo opatření spodní strany stropnic podhledy z prken a omítky. Později se tloušťka stropů snižovala pomocí zapuštění záklopu pod líc stropnic. Ke zvýšení požární odolnosti, ale i zvukově-izolačních vlastností se používal rákosníkový strop, u něhož byl podhled funkčně oddělen a nesen na menších trámech, takzvaných rákosnících. (Haviřová, 2006) Současné trámové stropy mohou mít různé skladby s vrstvami různých materiálů²⁵ poskládaných tak, aby co nejlépe vyhovovaly požadavkům na ně kladeným. Ačkoliv tyto stropy obsahují masivní prvky v podobě stropnic, podlahových vrstev nebo podhledů, jedná se o tyčové stopní konstrukční systémy. Hrubá stropní konstrukce však může být také tvořena masivním plným průřezem. Takové konstrukce se řadí mezi masivní systémy.

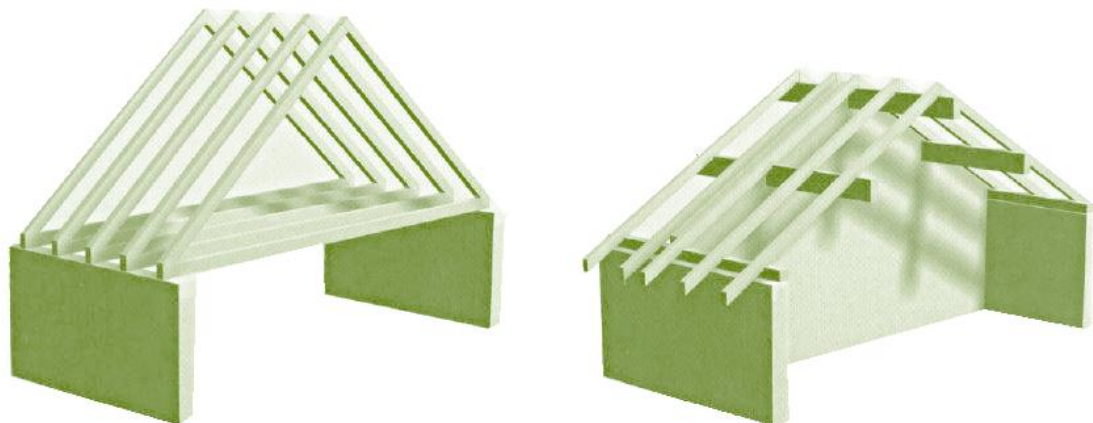
²⁵ Ve skladbě se mohou objevovat velkoplošné materiály na bázi dřeva, jako jsou OSB či dřevotřískové desky, i kompozity na bázi jiných materiálů, například sádkartonový podhled či betonové desky. Skladba musí být samozřejmě opatřena zvukovou, případně i tepelnou izolací.

Hrubé stropní konstrukce z masivního dřeva jsou obvykle složeny z prkenných lamel nebo z prvků z rostlého dřeva v plošný strop. Jejich hlavní výhodou oproti ostatním typům dřevěných stropů je vyšší plošná hmotnost, a tedy i lepší zvuková izolace při menší konstrukční výšce a rychlá montáž při možnosti okamžitého zatížení. Tyto stropy mají vysoký podíl masivního dřeva, což se projevuje pozitivním účinkem na vnitřní prostředí budovy. Problémem, který je třeba uvážit, je větší dopad bobtnání a sesychání prvků u stropních konstrukcí s výjimkou křížově lepeného řeziva. U masivních stropů z rostlého dřeva se můžeme setkat se spojením prvků tupou spárou [1] či rybinovým perem [2], které se v plošný dílec montují na staveništi. Stejně se montují i fošny z lepeného lamelového dřeva [3]. Jejich montáž je však o něco rychlejší díky větším profilům. Masivní stropy mohou být tvořené rovnáním řezivem, tedy stojatými lamelami o tloušťce od 20 do 50 mm, spojovaným dřevěnými kolíky [4] nebo hřebíky [5] do velkoplošných dílců. Tento typ stropů je možné opatřit profilováním podhledu, které dokáže příznivě ovlivnit akustiku. Prostorově nejstabilnějším typem masivní stropní konstrukce s minimálními rozměrovými změnami v důsledku změn vlhkosti je stropní konstrukce z křížově lepeného řeziva [6]. Stejně jako u svislých konstrukcí tohoto druhu se jedná o lamely tloušťky od 20 do 60 mm slepené do několika křížem orientovaných vrstev v lichém počtu, které vyrovnávají deformace. (Kolb, 2008) Masivní stropy mohou být tvořeny podobně jako nosné stěny dutými dřevěnými truhlíky. Všechny typy masivních stropů mohou být vyrobeny v pohledové kvalitě.



Obr. 27: Typy masivních stropních konstrukcí (Kolb, 2008). [1] Rostlé dřevo s tupou spárou, [2] Rostlé dřevo s rybinovým perem, [3] Fošny z lepeného lamelového dřeva, [4] Rovnané řezivo spojované kolíky, [5] Rovnané řezivo spojované hřebíky, [6] Křížem lepené řezivo.

Zvláštní kapitolou konstrukcí ze dřeva jsou konstrukce střešních krovů, kde se masivní dřevo vyskytuje obvykle ve formě tyčových prvků podle typu krovové konstrukce. Jedná se zejména o pozednice, krokve, vaznice, sloupky, vzpěry, kleštiny či hambalky. Existuje mnoho typů krovů, které se postupně vyvíjely z tradiční krokevní soustavy přes vaznicovou a hambalkovou soustavu, složité historické krovky až po současné široké spektrum možností pro navrhování střech. (Tropp, 2009). U obytných staveb se obvykle můžeme setkat s krovovými a vaznicovými střechami, nejčastěji se pro řešení střech obytných budov bez nadměrných rozpětí používají novodobé hambalkové krovky.



Obr. 28: Krovková a vaznicová soustava (Kolb, 2008)

8 Masivní dřevo ve stavebně-architektonických prvcích

Kromě využití masivního dřeva při řešení nosné konstrukce se s ním můžeme setkat v mnohých dalších stavebně-architektonických prvcích vyskytujících se ve stavbě jako součást konstrukčních skladeb, v interiéru či v exteriéru. Kvality dřeva jako materiálu lze při dalších aplikacích využít s větší rozmanitostí, neboť rozdílné podmínky a technické zpracování těchto aplikací umožňují používat širší spektrum materiálů než u nosných konstrukčních prvků, kde se obvykle využívá kuláčů, konstrukčního řeziva či spojovaných přířezů z jehličnatého dřeva s odpovídajícími vlastnostmi.



Obr. 29: Možnosti aplikace masivního dřeva ve stavebních a architektonických prvcích²⁶

²⁶ Obr. 29: Možnosti aplikace masivního dřeva ve stavebních a architektonických prvcích. Autoři fotografií: Luxury Panels, Novatop, Prokom, Maxim Winkelaar, Hyka, Prokom, Arkis.

8.1 Vybavení interiéru

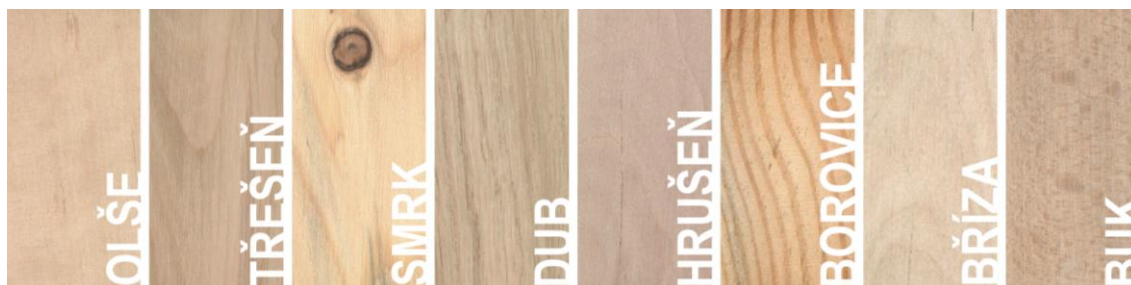
Masivní dřevo v interiéru pomáhá regulovat vzdušnou vlhkost, pohlcovat škodliviny a spolu s příjemným vzhledem a dotykovými vlastnostmi tak zlepšovat kvalitu vnitřního prostředí a pohody bydlení. V případě aplikace v interiéru můžeme pro dřevo najít pravděpodobně nejširšího využití. Mohou být využity druhy, které jsou pro interiér speciálně vhodné, i veškeré ostatní. Rozdílné odstíny, vlastnosti, pevnosti, metody zpracování, dostupnost, tvar a struktura ještě zvyšují variabilitu masivního materiálu pro vnitřní výstavbu. Interiérové prostředí je potřeba plně izolovat od zdrojů vlhkosti, kterými může být spodní voda, srážková voda, vodovodní instalace a kondenzační voda. Je proto důležité správně zvolit tepelnou izolaci, udržovat cirkulaci vzduchu a izolovat styk dřeva a materiálů s vysokým koeficientem vodivosti tepla. (Svatoň, 2000) Jako masivní dřevěné vybavení interiéru jsou označovány takové aplikace masivního dřeva, které se vyskytují pouze ve vnitřním prostředí a nejsou tedy vystaveny náročnějším podmínkám v nosné konstrukci nebo v exteriéru. Do této skupiny může být zahrnut masivní dřevěný nábytek, dřevěná schodiště, interiérové masivní dveře a rámy a drobné interiérové prvky.



Obr. 30: Vybavení interiéru²⁷

²⁷ Obr. 30: Vybavení interiéru. Autoři fotografií: Domesi; Justin Alexander; Luaidi.

Masivní nábytek, tedy funkční vybavení interiéru, který je celý nebo alespoň jeho většinová část vyroben z masivního dřeva, je jedním z historicky nejstarších typů nábytku. První zařizovací předměty, truhly, lavice a desky na podstavcích, bývaly vyrobeny právě z masivního dřeva. V 20. století začalo být masivní dřevo nahrazováno ve výrobě překližkou a jinými kompozitními materiály (APA, 2014), nikdy však nábytkový průmysl neopustilo. K výrobě masivního nábytku se nejčastěji používá dřevo borovice, smrku, břízy, dubu, hrušně, třešně, olše nebo buku, který je typický pro své vlastnosti vhodné pro výrobu ohýbaného nábytku.



Obr. 31: Obvyklé druhy pro výrobu masivního nábytku (ÚNOD, 2002)

Výroba nábytku může být jak strojová, tak řemeslná, přičemž každý výrobek je z podstaty originálního materiálu jedinečný. Při výrobě je nutné pracovat s adekvátně vyschlým materiálem, aby po umístění do vnitřního prostředí nedocházelo k rozměrovým změnám. Povrchová úprava se provádí obvykle pomocí laku, oleje nebo vosku tak, aby chránila dřevo před vlhkostí, špínou a dalšími vlivy každodenního užívání. Je dobré nábytek chránit před častými a výraznými změnami teploty a vlhkosti, aby nedocházelo k bobtnání a sesychání, a tedy k deformacím a trhlinám, a zajistit proudění vzduchu kolem povrchu nábytku pro případ výskytu vlhkosti v dobře používání. Masivní nábytek můžeme najít téměř ve všech typech interiérů, od interiérů srubových domů, přes interiéry imitující venkovský styl až po moderní minimalistické prostory.



Obr. 32: Masivní nábytek (HFD, 2014)

Interiérová masivní schodiště mohou být definována jako dřevěné konstrukce spojující rozdílné výškové úrovně vyskytující se v interiéru. Cílem schodiště je splnit za dodržení bezpečnostních požadavků pohodlný výstup a přemístění předmětů. Dřevěná schodiště jsou často využívána z důvodu jejich estetického působení v interiéru. Můžeme se zde setkat s různými konstrukčními částmi, které mohou být vyrobeny z masivního dřeva. Jedná se o schodnici, podestu, schodišťové vřeteno, stupnice a podstupnice. Schodnice označuje šikmý nosný prvek nesoucí schodišťové stupně, podesta je vodorovná plocha na začátku či konci schodišťového ramene, jejíž obdobou je mezipodesta nacházející se mezi úrovněmi dvou propojovaných podlaží. Schodišťové vřeteno je nosná středová konstrukce u točitých schodišť. Jako stupnice je označována horní nášlapná plocha a jako podstupnice

svislá čelní část schodišťového stupně. Také ochranná zábradlí a madla mohou být vyrobená z masivního dřeva. Při navrhování masivních schodišť je potřeba dodržovat zásady uvedené v normě ČSN 73 4130 (1965). Šířka schodišťového ramene v rodinných domech by měla být minimálně 900 mm, optimální rozměry stupně jsou 170 a 220 mm. Tloušťka stupnic z masivního dřeva by měla být minimálně 40 mm a měly by být ošetřeny povrchovou úpravou s vysokou odolností a malou kluzkostí, nejčastěji polyuretanovými laky. U schodnic vyrobených z masivního dřeva se z důvodu omezení deformací rozděluje prvek uprostřed a znovu se slepuje do původní šířky tak, aby pravá strana dřeva mířila ven. K výrobě masivních schodišť se používá dřevo tvrdých listnáčů nebo jehličnanů o vlhkosti kolem 10 %. Mezi obvyklé druhy patří dub, buk, jasan, třešeň, borovice, modřín, ořech nebo jedle. (Havířová, 2006)



Obr. 33: Obvyklé druhy pro výrobu masivních schodišť (ÚNOD, 2002)

S masivním dřevem se můžeme v interiéru setkat také u vnitřních dveří, tedy u dveřního křídla, ostění, nadpraží a prahu. Kromě uvedených elementů se masivní dřevo v interiéru vyskytuje také ve formě drobných funkčních a dekorativních předmětů, jako jsou lišty, parapety nebo prahy.

8.2 Obklady a podlahy

V interiéru je možné najít masivní dřevo i ve formě obkladů stěn, stropních podhledů a masivních podlahových krytin. Kromě použití úplně vyschlých materiálů ve skladbách, je u těchto prvků je důležité zamezit hromadění vody v povrchových vrstvách a zajistit jeho vysychání prostřednictvím proudění vzduchu v okolí. Toho se docílí provětrávanou mezerou s oboustranným přístupem vzduchu pod vrstvou obkladu či podlahy. (Svatoň, 2000)

Dřevo jako materiál příjemný na pohled i na dotek bylo v historii používáno k vnitřnímu obkládání nosných stěn, dělicích příček i ve formě stropních podhledů. V současné době je v tomto účelu často nahrazováno kompozitními materiály na bázi dřeva či materiály zcela odlišného původu. Může být využito masivní dřevo listnáčů i jehličnanů ve formě profilovaných prvků spojovaných k sobě, obvykle přes pero a drážku. (SBWP, 2012)



Obr. 34: Obkladové a podlahové palubky (Dekwood, 2012)

Je možné se setkat jak s tradičními, tak moderními typy obkladů. Prvky jsou obvykle na zadní straně opatřeny drážkami zajišťujícími větší rozměrovou stabilitu. Využíváno je dřevo jak tvrdších, tak měkčích druhů. Kromě obkladů se můžeme setkat s masivním dřevem ve formě pohledové interiérové konstrukční vrstvy, jak tomu bývá poměrně často u novodobých masivních staveb. V tomto případě bývá u stěn, stropů a podhledů podkroví využíváno dřevo v pohledové kvalitě, přičemž je možné vést instalace přímo v konstrukci. (Novatop, 2012)



Obr. 35: Pohledové konstrukční dřevo a masivní obložení (Novatop, 2012 a Luxury Panels, 2012)

V případě podlah existuje mnoho druhů podlahovin, ze kterých je možné vybírat. Masivní podlahoviny zahrnují zejména palubky, parketové vlysy a mozaikové parkety. Palubky označují několikametrové masivní prvky, které se přibíjí na podklad přes pero a drážku. Parketové vlysy jsou jakostně tříděné prvky o šířce 4 – 8 cm a délce 30 – 40 cm, které mohou být v různých skladbách sesazovány a lepeny na podklad. Mozaikové podlahoviny se skládají z drobných obvykle 8 mm tlustých dřevných lamel lepených buď přímo na podlahovou konstrukci, nebo na nosnou tabulku. (Křenková, 2012)



Obr. 36: Ukázka palubkové, vlysové a mozaikové podlahoviny²⁸

Důraz je kladen na pevnost, homogennost, tvrdost a odolnost nášlapného materiálu proti abrazivnímu poškození. Masivní podlahoviny je možné opakovaně renovovat a oproti jiným materiálům neztrácejí na hodnotě. Pokládají se obvykle přímo na nosné konstrukční povrchy. Jejich vzhled je považován za nadčasový a také proto bývají oblíbenou volbou jak v klasických, tak v současných interiérech.



Obr. 37: Obvyklé druhy pro výrobu podlahovin (ÚNOD, 2002)

Z hlediska trvalé udržitelnosti jsou podlahoviny problematickým prvkem, v němž se častěji než jinde vyskytuje dřevo necertifikované či dřevo dopravované z velkých vzdáleností, jehož přeprava vyžadovala značné množství energie. Proto je důležité sledovat původ materiálu. (SBWP, 2009) Ideální je vybírat místní tvrdé dřeviny. V našich podmínkách se jedná zejména o dřevo borovice, modřínu, dubu či akátu. Setkat se můžeme s masivními podlahovinami z javoru, jilmu, jasanu, třešně, ořešáku, švestky či břízy. (Křenková, 2012)

²⁸ Obr. 36: Ukázka palubkové, vlysové a mozaikové podlahoviny. Zdroj fotografií: EURO-MONT.

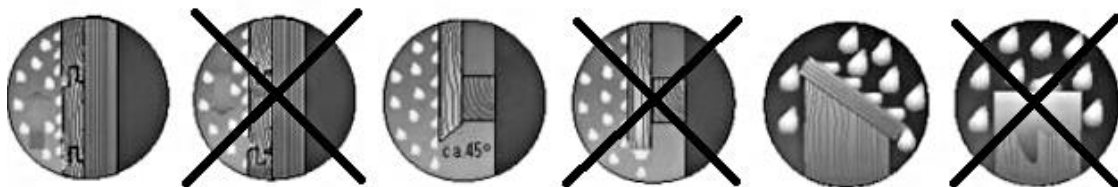
8.3 Exteriérové prvky

Náročné podmínky venkovního prostředí, kde je dřevo přímo vystaveno působení vlhkosti, větru, slunce a jiných degradačních činitelů, vyžadují zvýšenou ochranu materiálu, která začíná jeho samotným výběrem. Do exteriéru jsou vhodná trvanlivá dřeva, mezi která patří například modřín, dub či akát. Mohou být použita také dřeva středně trvanlivá, a to například borovice, jasan či jilm.



Obr. 38: Dřeva vhodná pro exteriérové použití (ÚNOD, 2002 a Proparket, 2014)

Pro umístění v exteriéru by dřevo mělo mít vlhkost $17 \pm 2 \%$ (NIS [3], 2013). Konstrukční ochrana dřeva v exteriéru má za cíl udržovat dřevo dostatečně chráněné před trvalým zvlhčováním. Extrémně náročnými plochami jsou místa styku vody a vzduchu, okolí vodovodních instalací či místa zabudování prvků do země. Konstrukční ochrana dřeva umístěného v exteriéru tedy vychází z tvarové optimalizace prvků, jejich vhodného umístění omezující kontakt s vodou a umožňující cirkulaci vzduchu a prosychání dřeva. (Svatoň, 2000) Sloupy i další stálé prvky včetně dřevostaveb by se v našich podmínkách měly kotvit 300 až 400 mm nad okolním terénem (Havířová, 2006), aby byly dostatečně chráněné před vlhkostí, sněhem i odstříkující vodou. Tyto prvky by měly být zvednuty nad povrch pomocí suchého materiálu s hydroizolační vrstvou, tedy například podezdívkou, betonovými či kovovými patkami. Důležité je také zamezení zatékání vody a umožnění jejího odtoku z dřevěných elementů. Toto se řeší přesahy dřevěných konstrukcí, aplikací odkapních lišt, odtokových drážek, roštovou konstrukcí vodorovných ploch nebo jejich dostatečným zešikmením, šikmým seříznutím vrcholů svislých prvků a dalšími opatřeními. (Svatoň, 2000) Povrchové úpravy pomáhají prodloužit životnost dřeva, chrání před UV zářením, v jehož důsledku dřevo šedne, a omezují vsakování vlhkosti.



Obr. 39: Ukázka konstrukční ochrany dřeva (Selbst, 2014)

Při osazování vodorovných masivních prvků, jako mohou být terasy, balkonové podlahy, schodišťové stupně či bazénové i jiné chodníky, je nutné zajistit odvod vody z povrchu i podkladu. Je dobré proto

realizovat tyto prvky se spádem minimálně 2 % a s odvětrávací mezerou. U styku se zemí je vhodné použít podkladní netkané textilie. U navrhování těchto prvků je také důležité vzít v potaz rozměrové změny dřeva a jim přizpůsobit například hustotu podkladního roštu nebo způsob ukotvení.



Obr. 40: Různé druhy terasových palubek z tepelně upraveného dřeva (Prokom [1], 2013)

Oblíbenou úpravou dřeva pro toto použití je tepelně upravené dřevo ThermoWood, které má vyšší rozměrovou stabilitu, odolnost proti dřevokazným škůdcům a díky tomu celkově delší životnost, která se pohybuje okolo 30 let v případě absence povrchové úpravy. Proces probíhá působením vysokých teplot a vodní páry na dřevo bez aplikace chemických látek. Dřevo, které obvykle procesem tepelné úpravy prochází, je například borovice. (Prokom [2], 2013)

Okna a vstupní dveře do objektů jsou prvky, které oddělují dvě odlišná prostředí a jsou tedy jedněmi z nejnáročnějších aplikací dřeva. Z jedné strany musí odolávat tvrdým podmínkám exteriéru, aniž by se toto působení na interiérové straně jakkoliv projevilo. Zároveň jsou na dveře a zejména na okna kladeny mnohé další přísné požadavky, například z hlediska proslunění, větrání, izolace tepelné a zvukové. Dřevěná okna a konstrukce vchodových dveří jsou nejčastěji tvořeny tzv. eurohranolem, tedy lepeným hranolem ze tří až čtyř vrstev masivních lamel vysušených na vlhkost 12 %. Tyto lamely jsou řezány radiálně či poloradiálně a vedle sebe jsou skládány tak, aby se směr letokruhů sousedních vrstev střídal. Toto opatření zajistí optimální vyrovnání pnutí dřeva a eliminuje jeho tvarové změny. Nejčastěji se eurohranol vyrábí ze dřeva smrku a borovice, někdy také z dubového dřeva. Exteriérová lamela může být tepelně ošetřena. (Křenková, 2012)

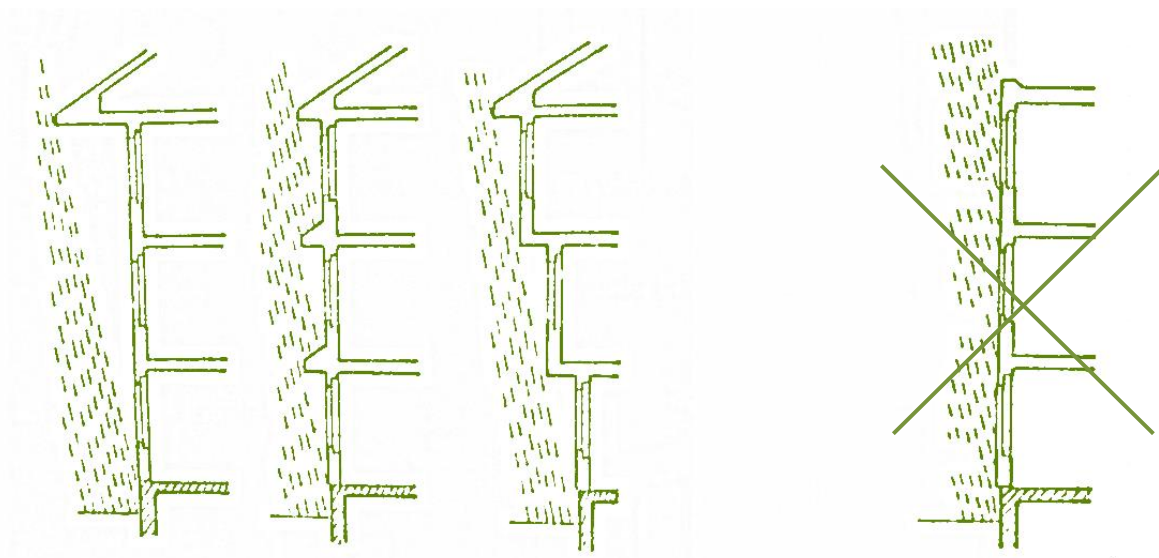


Obr. 41: Aplikace masivního dřeva v exteriéru (Prokom [4], 2013 a Rekord, 2014)

Vedle teras, balkonů, zahradních a bazénových chodníků, oken a vstupních dveří, můžeme mezi další masivní exteriérové prvky zařadit přístřešky, exteriérová schodiště, zahradní nábytek, garážová a venkovní vrata a dveře, ploty či zábradlí.

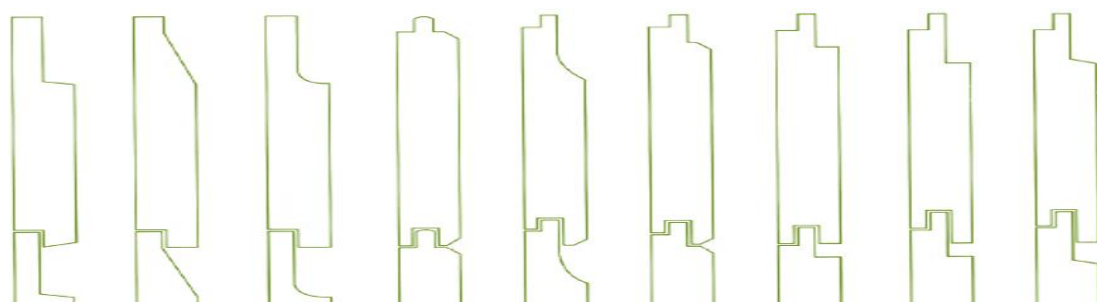
8.4 Dřevěné fasády

Výraznou a u novodobých dřevostaveb oblíbenou exteriérovou aplikací masivního dřeva jsou dřevěné fasády. Jedná se o fasádní řešení, kdy je na nosném odvětrávaném roštu umístěná pohledová vrstva z masivních prvků, kterými mohou být hoblované palubky, nehoblovaná prkna nebo štípané šindele. Pro správnou funkčnost a dosažení maximální životnosti dřevěné fasády, je nutné stejně jako u všech dřevěných prvků v exteriéru dodržovat principy konstrukční ochrany. Fasáda by měla být pokud možno maximálně chráněna přesahem střechy, který fasádu kryje před přímým slunečním zářením a dešťovou vodou.



Obr. 42: Správné a špatné řešení ochrany fasády přesahem střechy (Svatoň, 2000 via Reinprecht, 1994)

Jednotlivé elementy dřevěného obkladu musí být chráněny proti zadržování vody ve spojích a jejímu vzlínání ve spárách. Návrh detailů tedy musí umožňovat odtok vody, prkna obkladu by se měla překrývat ve směru deště. Pro plynulé odvádění vody by měla být fasáda předsunuta před líc spodní stavby alespoň o 30 mm a měla by mít vyfrézovaný odkapní nos. (Havířová, 2006)



Obr. 43: Vhodné profily fasádních palubek (EWT, 2014)

Kromě toho by mělo být prostřednictvím dodržení dostatečných odstupů mezi prvky zajištěno kolem nich proudění vzduchu ze všech stran tak, aby docházelo k jejich rychlému a úplnému vysušování. Vývoj v oblasti dřevěných fasád se zabývá zejména prodloužením jejich životnosti, omezením

a zjednodušením péče o ně. Otázkou diskuze je, zda používat ošetřené či neošetřené dřevo. Některé druhy povrchových úprav a impregnace mají negativní vliv na ekologickou stránku materiálu. Kromě toho je nutné povrchovou úpravu pravidelně opakovat. Neošetřené fasády kvůli slunečnímu záření přirozeně degradují působením světla a nerovnoměrně šednou. Výraznější zešednutí probíhá na plochách více vystavených slunečnímu záření, tedy na jižní straně fasády a na plochách, které neskrývá přesah střechy. Barevné změny nemají vliv na trvanlivost a kvalitu dřeva. (Stará, 2013)



Obr 44: Různé druhy fasádních palubek (Prokom [3], 2013)

Neošetřené dřevěné fasády jsou často využívány například v Rakousku, na rozdíl od skandinávských zemí. Důvodem může být fakt, že ve střední Evropě je dostupnější velmi kvalitní a odolné dřevo modřínu, kdežto ve Skandinávii fasády realizují ze smrkového a jedlového dřeva. (SBWP, 2012) Vhodnou, i když finančně velmi nákladnou, alternativou modřínu by mohl být dub. Pro realizaci dřevěných fasád je také vhodné tepelně upravené dřevo.



Obr. 45: Dřevěná fasáda řešená hoblovanými palubkami, nehoblovanými prkny a šindelí²⁹

Dřevěné fasády mohou být horizontální i vertikální. U nás nejčastější variantou masivních prvků pro fasády jsou hoblované palubky. O něco trvanlivější variantou jsou nehoblovaná prkna, která se využívají zejména v severní Evropě. Pravděpodobně nejdelsí životnost mají fasády z šindelů, u kterých štípaní neporušuje dřevěná vlákna. (Stará, 2013)

²⁹ Obr. 45: Dřevěná fasáda řešená hoblovanými palubkami, nehoblovanými prkny a šindelí. Autoři fotografií: Wolveridge Architects, Arkis, Zoey Braun.

8.5 Střešní krytiny

Také střešní krytiny mohou být vyrobeny z masivního dřeva, i když se jedná o poměrně neobvyklou aplikaci tohoto materiálu. Nejobvyklejší dřevěnou krytinou jsou šindele, které mohou být buď řezané, nebo štípané. Z hlediska životnosti jsou vhodnější šindele štípané, při jejichž výrobě nejsou výrazně porušována dřevěná vlákna. Vyrábějí se obvykle ze dřeva modřínu, případně ze dřeva smrku s odpovídajícími ochrannými opatřeními v podobě impregnace a povrchových nátěrů. Kromě těchto domácích dřev mohou být pro výrobu šindelů použita dřeva dovážená, například cedr. Tento materiál však už s sebou nese vyšší vázanou energii a z ekologického hlediska není tak vhodný jako domácí dřeva. Z konstrukčního hlediska je důležité chránit šindele před trvalým zvlhčováním správným osazením, které zamezí zadržování vody a umožní průběžné vysychání. Výhodou šindele jako střešní krytiny jsou jeho dobré tepelně-izolační vlastnosti a specifická estetika. Druhým způsobem, kdy může být na povrch šikmé střechy umístěno masivní dřevo, je prosté obkládání prkny či palubkami podobně jako u dřevěných fasád.



Obr. 46: Dřevěné střešní krytiny³⁰

³⁰ Obr. 46: Dřevěné střešní krytiny. Autoři fotografií: Massimo Crivellari, Arkis.

8.6 Speciální využití masivního dřeva

Speciálního využití může najít masivní dřevo například v zimních zahradách, tělocvičnách, v okolí bazénu nebo v saunách. V těchto specifických aplikacích je materiál vystaven náročnějším podmínkám než v klasickém interiéru.

Pro tvorbu saun se obvykle používá masivní dřevo na její vnitřní vybavení, vstupní dveře i samotnou nosnou konstrukci a opláštění. Ačkoliv bývá v prostředí sauny dřevo vystaveno přímé vlhkosti, tak bývá díky působení vysoké teploty rychle vysušeno a není tedy potřeba zvláštních úprav a ošetření. Pro vybavení a obklady saun se používají masivní palubky, případně neomítaná prkna. Kromě dovážených dřev mohou být pro výrobu sauny použity i dřeva domácí, upřednostňovány jsou druhy s žádným nebo nízkým obsahem pryskyřice. Obvykle se jedná o dřevo osiky, olše nebo lípy, které může být tepelně upravené. (Finská sauna, 2009) V případě venkovních saun se na vnější obklad používají obvykle palubky z trvanlivějších dřev, pro která platí stejné principy ochrany jako pro standardní použití v exteriéru. Pro vnitřní i vnější obklady a vybavení může být použitý totožné dřevo v úpravě ThermoWood.

V tělocvičnách se používají především sportovní podlahy. Tyto se od standardních masivních podlah liší tím, že se pokládají na pružný rošt z elastických materiálů a dřevěných prken či překližky. Povrchovou vrstvu tvoří často masivní parketové vlasy z tvrdých listnatých dřevin, zejména dubu, opatřené odolnou povrchovou úpravou. (Hyka, 2014)



Obr. 47: Speciální užití masivního dřeva³¹

Masivní dřevo se často používá ke stavbě zimních zahrad, kde tvoří obvykle nosnou konstrukci a zároveň jsou dřevěné rámy použity i u otvorových výplní. Na návrh otvorových výplní zimních zahrad se vztahují standardní principy. Pro nosné části konstrukce zimní zahrady se upřednostňuje využití lepeného lamelového dřeva kvůli jeho vyšší tvarové stálosti. (Stempel, 2011)

I v okolí bazénů je díky svému přírodnímu vzhledu a dotykovým vlastnostem dřevo oblíbeným materiálem. Při použití u venkovních bazénů je potřeba dodržovat klasické principy pro použití v exteriéru. U vnitřních bazénů se dřevo nejčastěji vyskytuje v podobě obkladů stěn, podhledů, pochozích bazénových ploch a jejich roštů či nábytku. Vzhledem ke zvýšené vlhkosti v těchto prostorech i častému přímému působení vody na materiál, je vhodné zejména na prvky pochozích ploch aplikovat dřevo, například borovicí, v úpravě ThermoWood. (Prokom [2], 2013)

³¹ Obr. 47: Speciální užití masivního dřeva. Autoři fotografií: Maxim Winkelaar, Hyka.

9 Návrh obytné stavby

Při projektování novodobých obytných budov je obvyklé, že je z masivního dřeva tvořena nosná konstrukce doplněná nezřídka o dřevěnou fasádu. Méně obvyklé je širší doplnění této konstrukce o další dřevěné masivní prvky, ať už v interiéru či exteriéru. Dřevo je však velmi tvárný konstrukční materiál s velkým potenciálem využití.

9.1 Výběr materiálů a prvků

Mezi nejčastěji využívaný konstrukční systém na bázi masivního dřeva patří systém z konstrukčně vrstveného lepeného řeziva, který se označuje také CLT. Tento systém je pravděpodobně ze všech masivních systémů v celém světě nejrozšířenější a také poskytuje velkou variabilitu při navrhování. Křížové lepení masivních lamel zaručuje maximální tvarovou stálost oproti ostatním masivním konstrukčním systémům. Vysoká nosnost a specifická estetika dělá z tohoto materiálu velmi oblíbenou metodu k realizaci nejen rodinných domů, ale také komerčních a veřejných objektů. Dokonce existuje několik mnohopodlažních staveb vyrobených v systému CLT, přičemž při odhlédnutí od legislativních limitů by bylo v tomto systému možné stavět i více než třicetipatrové stavby. (Green, 2013)



Obr. 48: Stavby z křížově lepeného řeziva CLT: Kežmarská Huť (návrh), Stadthaus, knihovna ve Vennesle³²

Tento konstrukční systém byl zejména z důvodu, že je ze všech masivních systémů nejčastěji využíván, zvolen jako výchozí pro referenční projekt. Mezi nejznámější obchodní značky tohoto stavebního systému patří Novatop, který byl také vybrán pro návrh stavby, či KLH. Při navrhování se vychází z vodorovných a svislých nosných elementů o různých tloušťkách, které se k sobě spojují ocelovými spojovacími prostředky. Systém obsahuje také velkoplošné šikmé konstrukce pro střechy. Svislé prvky jsou masivní velkoplošné panely z křížem lepených lamel o stejných či různých tloušťkách. Panely jsou obvykle vyráběny v několika tloušťkových variantách, ke kterým se v závislosti na tepelně izolačních, akustických, požárně bezpečnostních, estetických a dalších požadavcích připevňují další vrstvy. Jedná se obvykle o sádrovláknité či sádkartonové desky, dřevovláknitou, minerální či foukanou izolaci, polystyren a fasádní systém. V interiéru je možné využít pohledové kvality masivních povrchů.

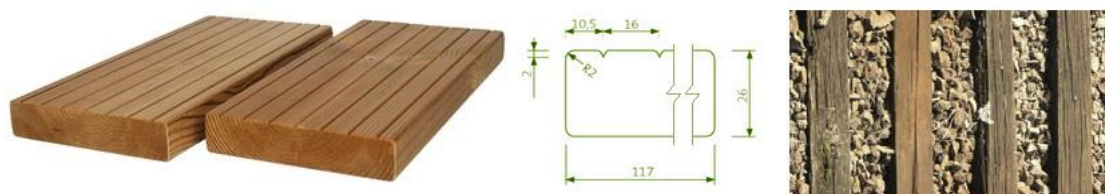
³² Obr. 48: Stavby z křížově lepeného řeziva CLT. Autoři fotografií: Atelier 8000, Will Pryce, Emile Ashley.

U referenčního objektu byly jako fasáda vybrány dřevěné palubky umístěné vertikálně na bocích a horizontálně na čelech budovy. Jedná se o tepelně upravené dřevo borovice, které by mělo být odolnější povětrnostním vlivům než je tomu u klasického neošetřeného masivního dřeva. Jako střešní krytina je s ohledem na sklon střechy, složitost řešení a celkový estetický dojem zvolena místo palubkové či doškové masivní krytiny titanzinková falcovaná střešní krytina.



Obr. 52: Fasádní palubky z masivního dřeva s tepelnou úpravou a ukázka podobných realizací³³

Dalšími exteriérovými prvky jsou terasa a balkonová podlaha, pro které byly vybrány terasové palubky rovněž z tepelně upraveného dřeva borovice. Pro návrh plotu a zábradlí bylo vybráno hladkých profilů ze stejného materiálu. Do exteriéru jsou navrženy také dřevěné masivní pražce, které plní funkci zahradního chodníku umístěného podél stavby a parkovacího stání. Pražce jsou navrženy k zapuštění do zeminy se štěrkovým násypem. K tomuto účelu by měly být využity starší železniční pražce z impregnovaného dubového dřeva.



Obr. 53: Terasové palubky z masivního dřeva s tepelnou úpravou a zahradní pražce³⁴

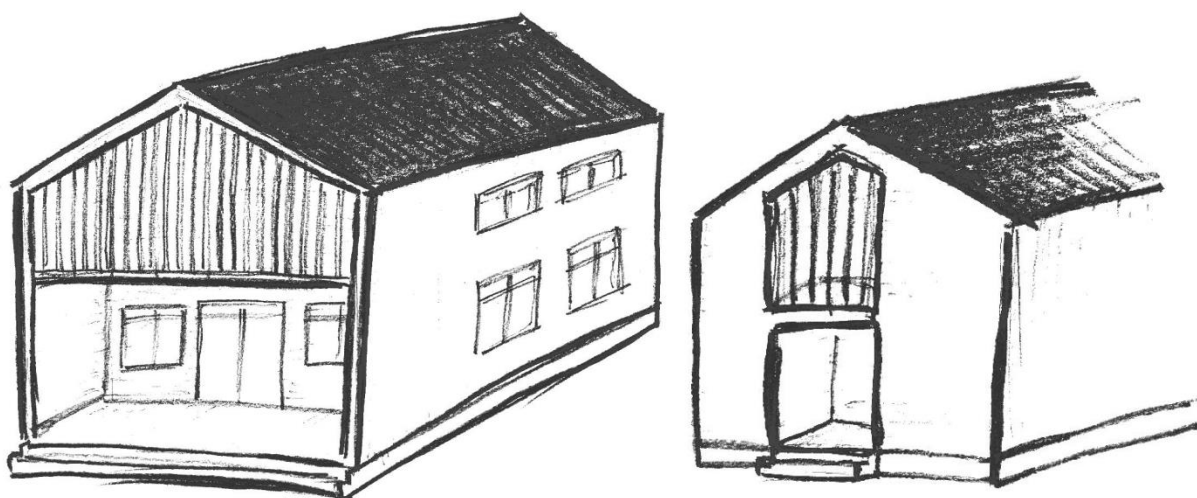
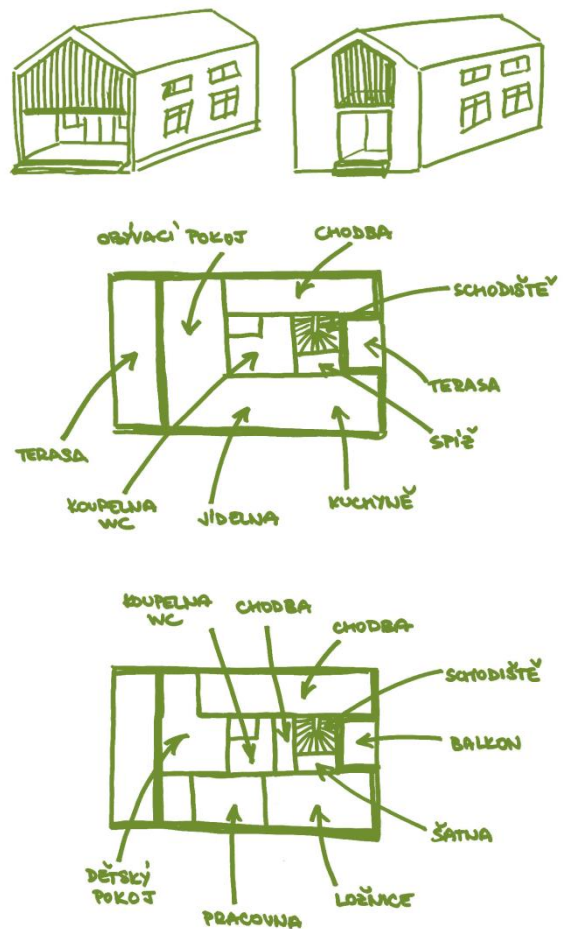
V interiéru stavby je masivní dřevo navrhováno ve formě masivních podlahových palubek z jasanového dřeva a masivního schodiště rovněž z jasanového dřeva. Okna a balkonové dveře jsou konstruovány z masivních euro hranolů ze smrkového dřeva. Obvodová svislá konstrukce má povrch v pohledové kvalitě, vnitřní stěny vždy na jedné straně také. Druhá strana je opatřena pláštěm ze sádrovláknité desky nebo instalační předstěnou se stejnou pohledovou deskou. Stropní konstrukce je také pohledová, neobsahuje podhled. Nábytek v interiéru by měl být proveden ze světlého masivního dřeva, které bude korespondovat se světlým dřevem pohledové konstrukce. Může se jednat například o dřevo smrku, břízy či olše. Do interiéru by měly být zakomponovány i nábytkové kusy vyrobené z odřezků z výroby CLT panelů.

³³ Obr. 52: Fasádní palubky z masivního dřeva s tepelnou úpravou a ukázka podobných realizací. Autoři fotografií: Prokom, Lars Petter Pettersen, Lars Due jensen.

³⁴ Obr. 53: Terasové palubky z masivního dřeva s tepelnou úpravou a zahradní pražce. Autoři fotografií: Prokom, Petr Litomyský.

9.2 Projekt

Referenční stavba je navrhována s cílem použít v její konstrukci a vybavení maximální množství masivního dřeva. Zvolené masivní konstrukce a elementy jsou s ohledem na jejich vlastnosti začleněny do stavby tak, aby byly efektivně využity. Navrhovaným objektem je jednoduchý ale velkorysý dvoupodlažní rodinný dům s terasou a sedlovou střechou.



Obr. 54: Skica

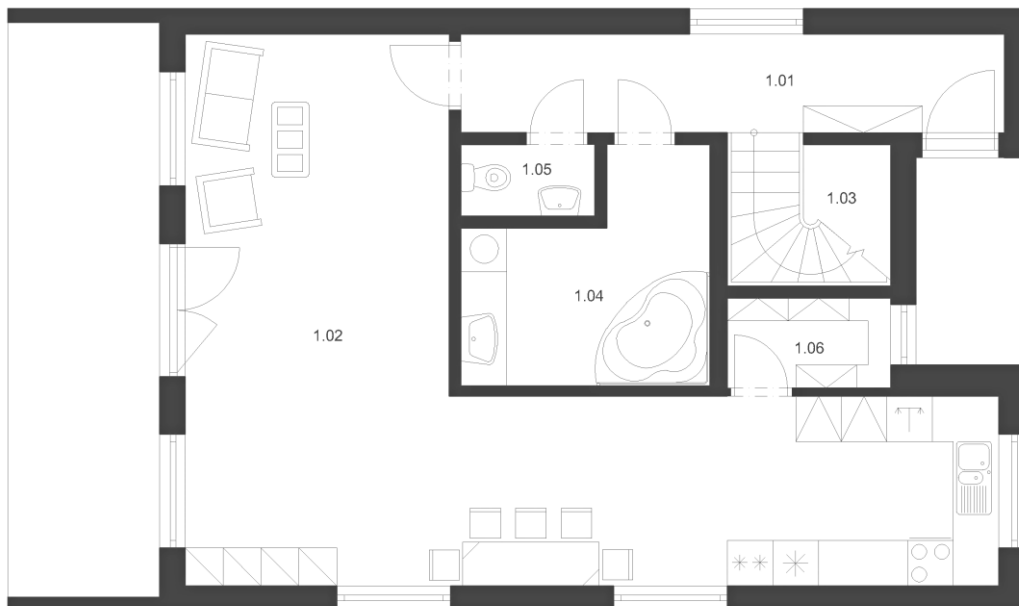
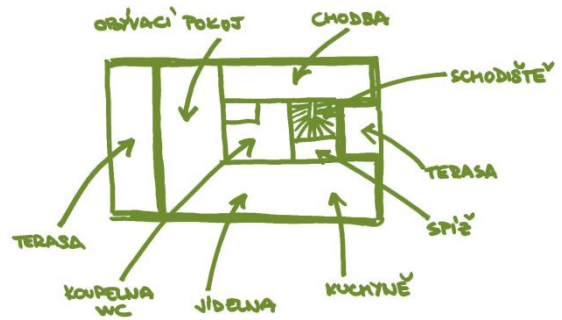
9.2.1 Dispozice a půdorys

Objekt má vnější půdorysné rozměry 13460 x 7945 mm včetně terasy o šířce 2000 mm, která se nachází pod převisem střechy podél jedné z příčných stran budovy. Vnitřní rozměry stavby jsou 10800 x 7280 mm, přičemž na čelní straně objektu se nachází výklenek směrem dovnitř o vnějších rozměrech 1500 x 2730 mm. Největší místností je obytná místnost v prvním podlaží spojující obývací pokoj, jídelnu a kuchyni, která má výměru 43,4 m². Celková obytná plocha všech místností je 141,5 m². Ve stavbě se nachází čtyři obytné místnosti, spíž, dvě koupelny, dvě samostatné toalety, dvě šatny, dvě chodby a schodiště. V exteriéru se nachází dvě terasy a balkon. V objektu se nachází čtyři druhy dveří: vstupní dveře o šířce 900 mm, balkonové dveře vedoucí na terasu, interiérové dveře určené do obytných místností o šířce 800 mm a interiérové dveře vedoucí do koupelny, šaten, spíže a na toaletu o šířce 700 mm.

První podlaží		Druhé podlaží	
Chodba	9,3 m ²	Chodba	12,3 m ²
Obývací pokoj a kuchyně	43,4 m ²	Koupelna	5,6 m ²
Koupelna	8,6 m ²	Toaleta	1,5 m ²
Toaleta	1,7 m ²	Dětský pokoj	16,2 m ²
Spíž	2,6 m ²	Šatna 2.08	3 m ²
Schodiště	4,1 m ²	Šatna 2.05	2,4 m ²
		Ložnice	20,2 m ²
		Pracovna	10,6 m ²

Tab. 4: Plochy místností

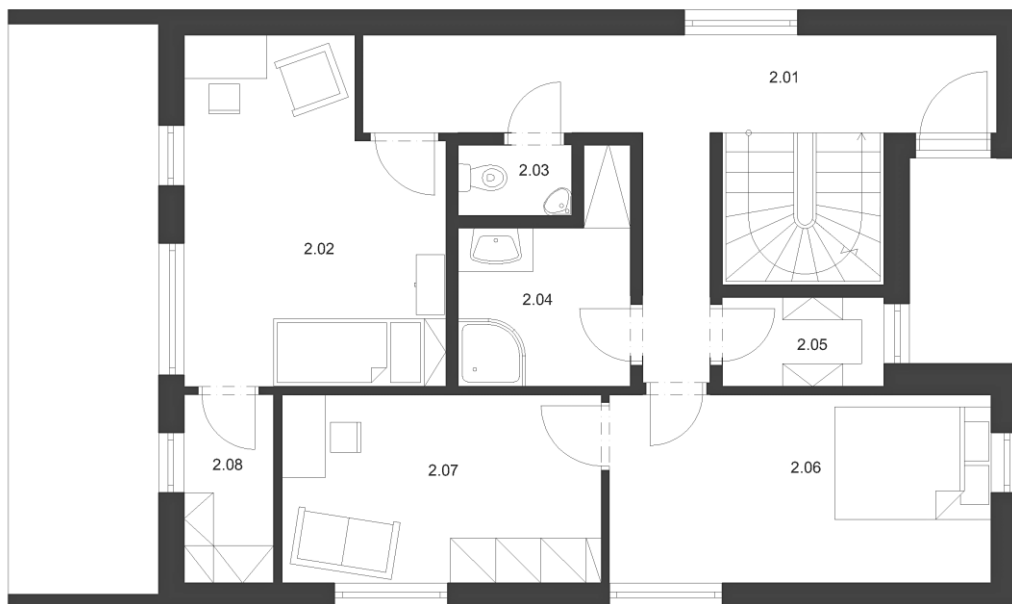
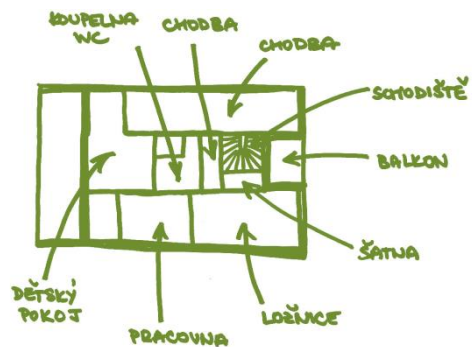
Do dvoupodlažní budovy vede hlavní vchod z malé terasy ve výklenku půdorysu. Zádveří pokračuje v chodbu [1.01], na níž navazuje levotočivé smíšenočaré schodiště [1.03] spojující chodbu v prvním a v druhém [2.01] podlaží. Jádru podlaží tvoří koupelna [1.04] a oddělená toaleta [1.05]. Hlavní obytná místnost [1.02], která spojuje obývací pokoj, jídelnu a koupelnu, je vizuálně propojená s exteriérem velkými okny a balkonovými dveřmi, které ústí na terasu. Vedle kuchyně je umístěna spíž [1.06].



Obr. 55: Dispozice 1. nadzemního podlaží

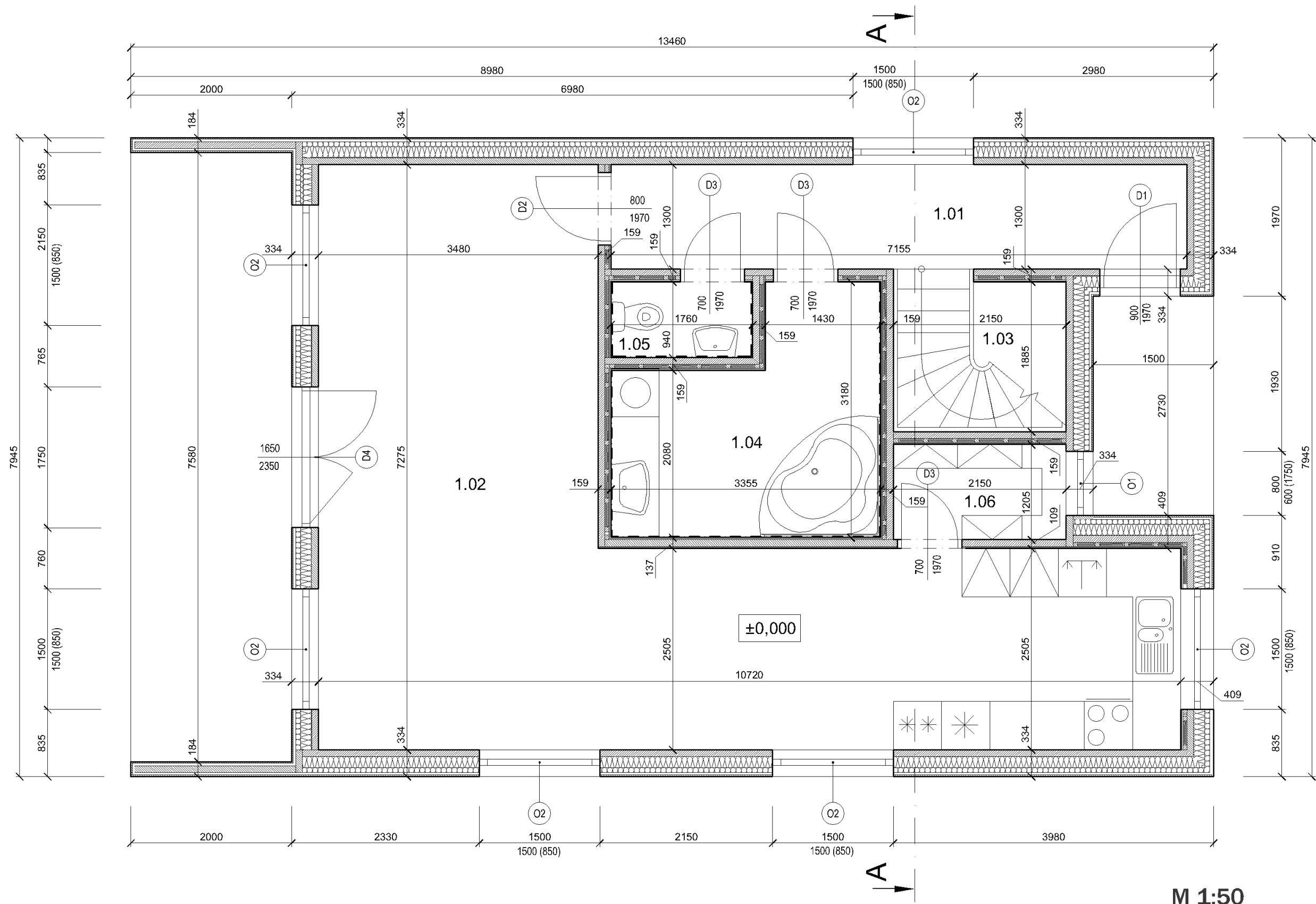
M 1:100

V druhém podlaží stavby se nachází dětský pokoj [2.02] s oddělenou šatnou [2.08] a ložnice [2.06], na níž navazuje pracovna [2.07]. Jádru tvoří také koupelna [2.04] a toaleta [2.03]. V druhém podlaží je umístěna také druhá šatna [2.05]. Z chodby je možné vyjít na malý balkon umístěný v čele stavby.



Obr. 56: Dispozice 2. nadzemního podlaží

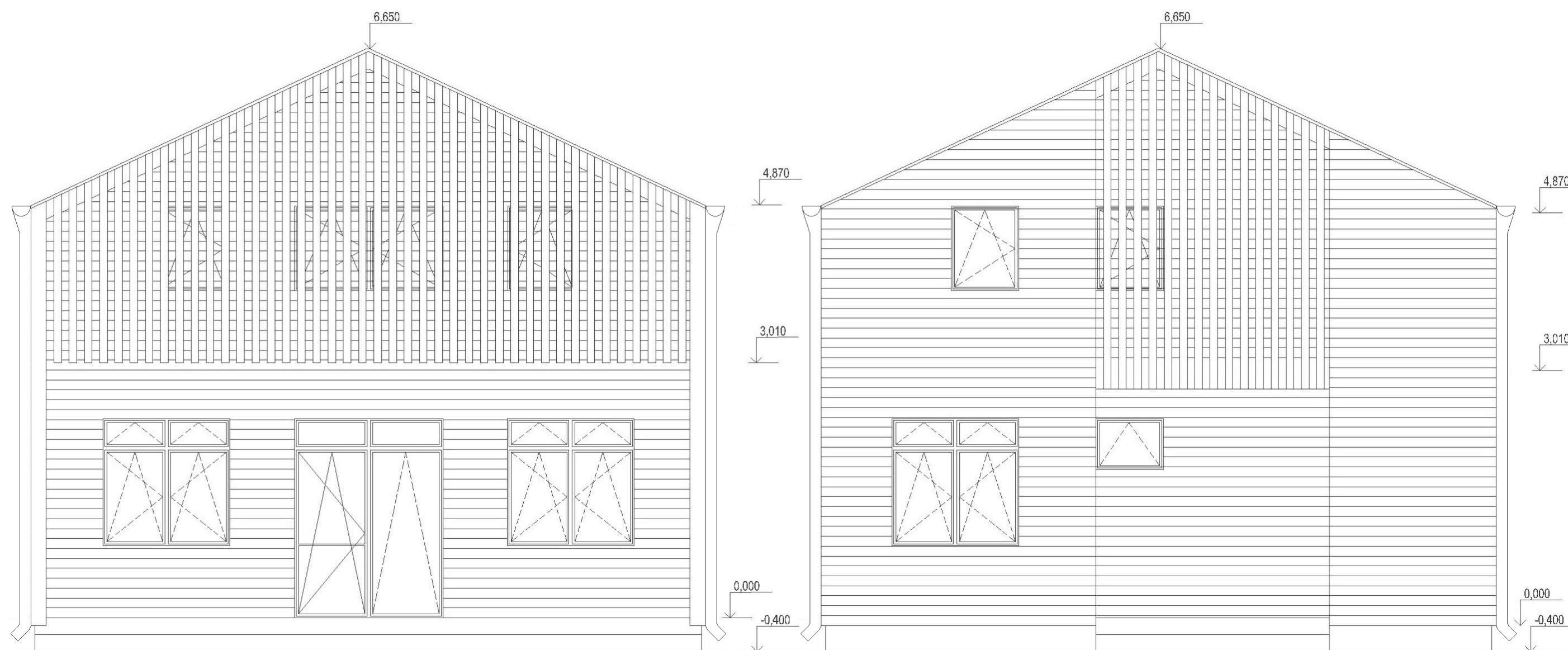
M 1:100



Obr. 57: Púdorys 1. nadzemného podlaží

9.2.2 Pohledy

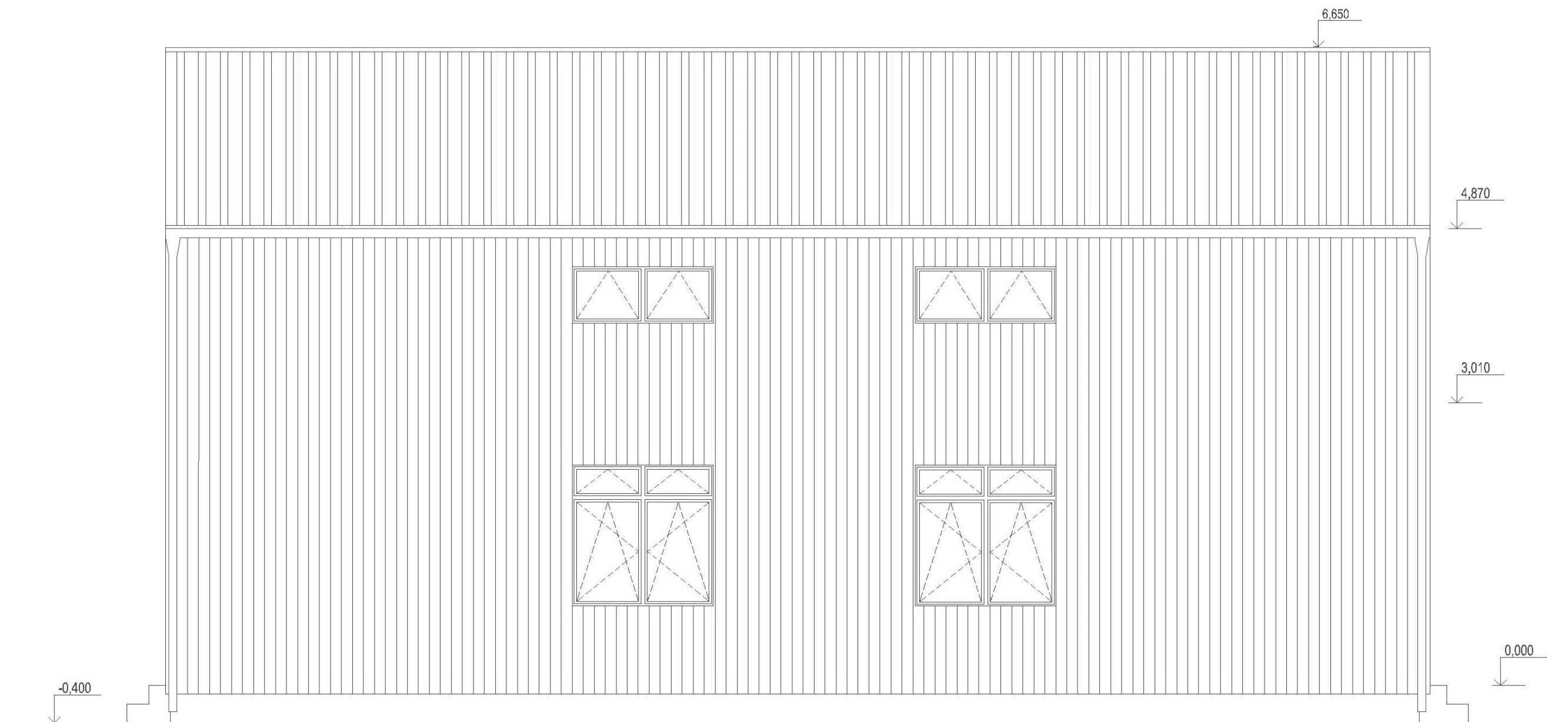
Z čelní strany objektu jsou ve výklenku, nad nímž se nachází balkon, umístěny vchodové dveře. Balkonové zábradlí je řešeno umístěním vertikálních palubek, které korespondují s palubkovým stíněním na opačné straně stavby. Obě čela objektu jsou opatřena terasami, na které vedou z okolního terénu dva schody. U čelní strany stavby se jedná o drobnější vstupní terasu. Na druhé straně objektu je terasa, která navazuje na interiér balkonovými dveřmi, umístěna po celé délce stavby. Je chráněna převislou střechou, stínícími palubkami a s okolním terénem zahrady ji po celé délce spojují schody. Obě čela budovy mají fasádu z horizontálně orientovaných dřevěných palubek. Výška objektu ve štítu je 6650 mm, okolní terén se nachází 400 mm pod úroveň prvního nadzemního podlaží.



Obr. 59: Pohledy čelní

M 1:50

Z bočního pohledu má stavba minimalistický charakter. Fasáda je tvořena vertikálně orientovanými dřevěnými palubkami a monolitický charakter má i plechová falcovaná střešní krytina v tmavém provedení.

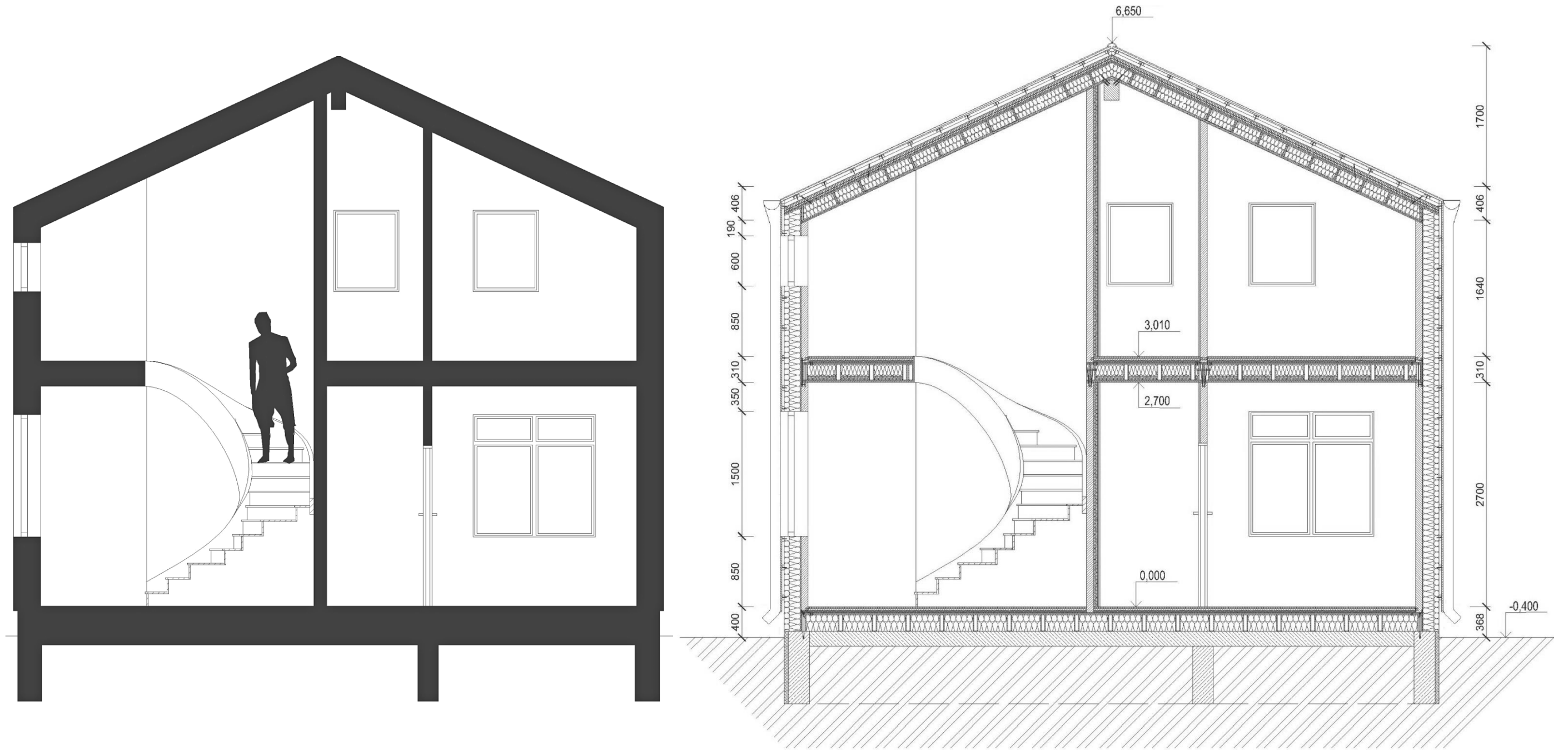


Obr. 60: Pohled boční

M 1:50

9.2.3 Řez

Řez prochází levotočivým smíšenočarým schodištěm. V prvním podlaží protíná chodbu, spíž a kuchyni, v patře rovněž chodbu, šatnu a ložnici. Světlá výška prvního podlaží je 2700 mm. Výška druhého podlaží je 1640 mm u obvodové zdi a 3340 mm u štitu. Řez zobrazuje také skladby konstrukcí obvodových a vnitřních stěn, stropů a střechy.



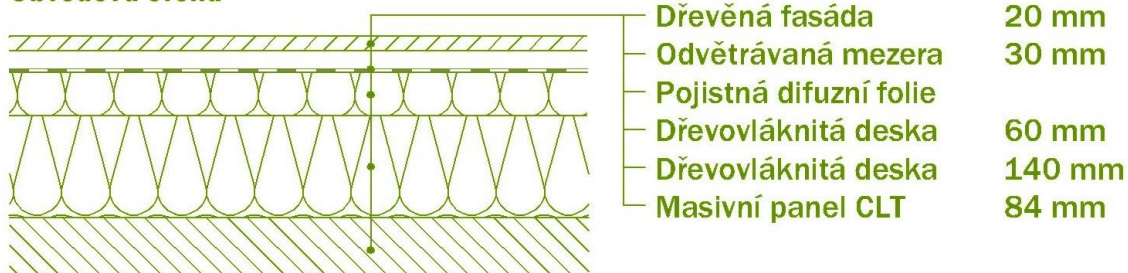
Obr. 61: Rez stavbou

M 1:50

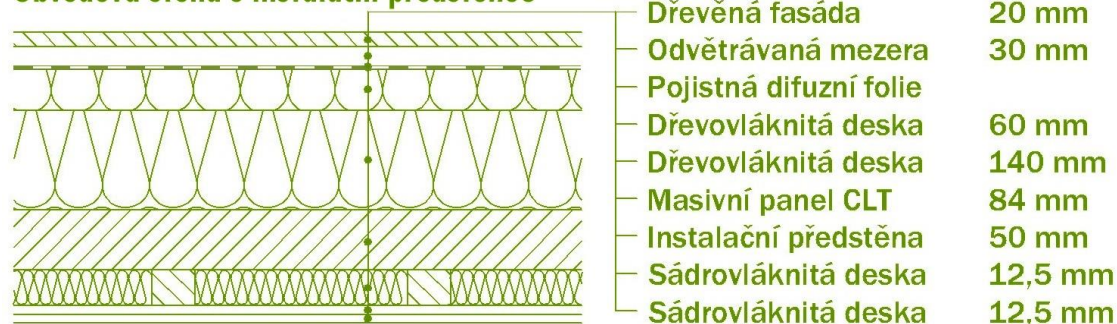
9.2.4 Skladby konstrukcí a jejich posouzení

Obvodové stěny budovy jsou buď v pohledové kvalitě, kdy je nosný masivní panel viditelný z interiéru, případně jsou doplněny o instalační předstěnu, kterou tvoří dřevěný rošt s dřevovláknitou deskou opláštěný sádrovláknitou deskou. Obvodová stěna bez předstěny má včetně fasády tloušťku 334 mm, obvodová stěna s předstěnou 409 mm. V konstrukci je použit masivní dřevěný panel z křížově lepených lamel o celkové tloušťce 84 mm.

Obvodová stěna



Obvodová stěna s instalační předstěnou



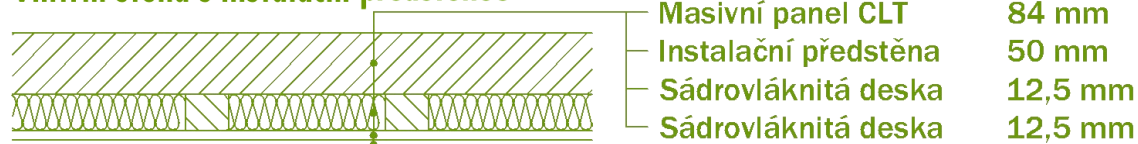
Obr. 62: Skladba obvodových stěn

Vnitřní stěny jsou tvořeny masivním panelem, který je z jedné strany pohledový a z druhé strany opláštěn sádrovláknitou deskou nebo opatřen instalační předstěnou. V konstrukci jsou použity také stěny, které nejsou pohledové, jsou tedy opláštěny sádrovláknitou deskou z obou stran. Tloušťka vnitřní stěny bez předstěny je 109 mm a s předstěnou 159 mm.

Vnitřní stěna



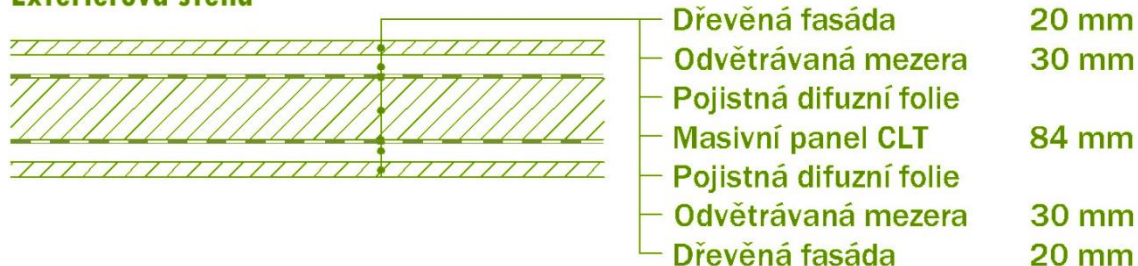
Vnitřní stěna s instalační předstěnou



Obr. 63: Skladba vnitřních stěn

Předsazenou střešku podpírá exteriérová stěna, kterou tvoří masivní panel z obou stran opatřený dřevěnou palubkovou fasádou stejnou, jako u celého objektu. Tloušťka exteriérové stěny je 184 mm.

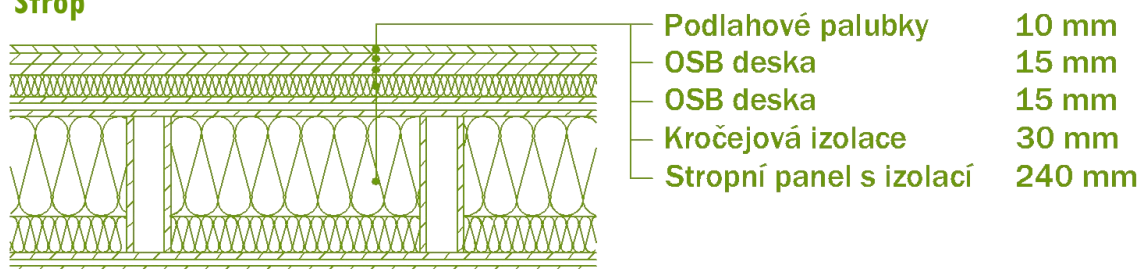
Exteriérová stěna



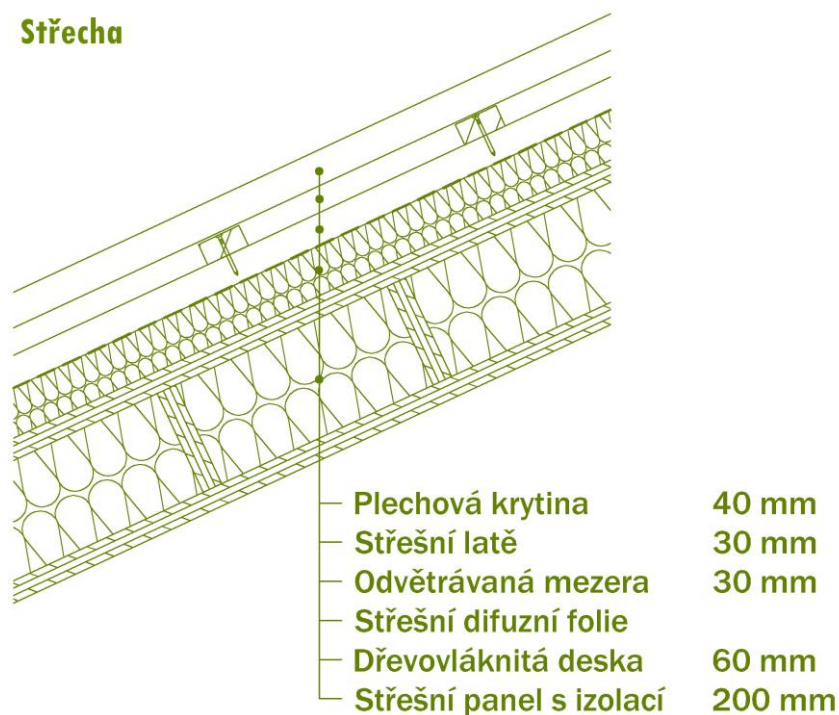
Obr. 64: Skladba exteriérové stěny

Stropní a střešní konstrukce jsou tvořeny kombinovanými panely s žebry vyplněnými izolací. Stropní konstrukce obsahuje také vrstvu kročejové izolace a skladbu podlahy. Střešní konstrukce je opatřena dodatečnou izolací, střešní difuzní folií a palubkovou krytinou položenou na roštu z dřevěných latě a kontralatě. Tloušťka stropní konstrukce je celkem 310 mm. Tloušťka střešní konstrukce je 360 mm. Obě tyto konstrukce jsou ze spodní strany pohledové.

Strop



Střecha



Obr. 65: Skladba stropní a střešní konstrukce

Z hlediska stavební fyziky u obvodových konstrukcí bývá posuzován součinitel prostupu tepla konstrukcí, který vyjadřuje množství tepla, které unikne skrz obvodovou konstrukci stavby o ploše 1 m² při rozdílu teplot povrchů této konstrukce 1 K. Jedná se tedy o ukazatel popisující tepelnou izolaci.

Pro výpočet se vychází mimo jiné z údajů o přestupu tepla $R_{\alpha i}$ na interiérové straně a $R_{\alpha e}$ na exteriérové straně uvedených v ČSN 73 0540-3 (2005). U vnitřního povrchu obvodové stěny je tepelný odpor $R_{\alpha i}$ roven 0,13 m²·K·W⁻¹, u střešní konstrukce se $R_{\alpha i}$ rovná 0,1 m²·K·W⁻¹ a u konstrukce podlahy je $R_{\alpha i}$ rovno 0,17 m²·K·W⁻¹. Tepelný odpor přestupu tepla u vnějšího povrchu konstrukce $R_{\alpha e}$ je roven 0,04 m²·K·W⁻¹ a při styku se zeminou je nulový. Údaje pro výpočet součinitele prostupu tepla obvodovými stěnami, tedy tloušťky vrstev konstrukce a jejich součinitele tepelné vodivosti, jsou uvedeny v tabulce Tab. 5.

Materiál (Index)	Tloušťka [m]	Součinitel tepelné vodivosti [W·m ⁻¹ ·K ⁻¹]	
Sádrovláknité desky (SVD)	2 x 0,0125 = 0,025	0,32	(Novatop [1], 2013)
Dřevovláknitá deska (DVD:A)	0,05	0,04	(Novatop [1], 2013)
Rošt instalační předstěny (SM)	0,05	0,18	(TZB info [3], 2014)
Masivní panel (CLT)	0,084	0,13	(Novatop [1], 2013)
Dřevovláknitá deska (DVD:B)	0,14	0,041	(Novatop [1], 2013)
Dřevovláknitá deska (DVD:C)	0,06	0,04	(Novatop [1], 2013)

Tab. 5: Údaje pro výpočet součinitele prostupu tepla obvodovými stěnami

V obvodové stěně bez instalační předstěny se před odvětrávanou mezerou nachází pouze nosná masivní deska a dvě vrstvy dřevovláknité izolace. Vzorec pro výpočet součinitele prostupu tepla U vychází pouze z údajů o těchto vrstvách.

$$U = \frac{1}{R_{\alpha i} + \frac{d_{CLT}}{\lambda_{CLT}} + \frac{d_{DVD:B}}{\lambda_{DVD:B}} + \frac{d_{DVD:C}}{\lambda_{DVD:C}} + R_{\alpha e}}$$

$$U = \frac{1}{0,13 + \frac{0,084}{0,13} + \frac{0,14}{0,041} + \frac{0,06}{0,04} + 0,04}$$

$$U \doteq 0,17 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$$

Obvodová konstrukce tohoto typu má součinitel prostupu tepla rovný 0,17 W·m⁻²·K⁻¹. Tato hodnota vyhovuje dle normy ČSN 73 0540-2 (2011) požadavku na lehké obvodové stěny, který je 0,3 W·m⁻²·K⁻¹, a je také nižší než doporučená hodnota pro běžné novostavby 0,2 W·m⁻²·K⁻¹. V obvodové stěně s instalační předstěnou je nutné započítat také samotnou předstěnu a opláštění. Jelikož je předstěna umístěna na dřevěném roštu, provádí se přepočítání tepelného odporu této vrstvy na odpovídající odpor R_{eq} .

$$U = \frac{1}{R_{\alpha i} + \frac{d_{SVD}}{\lambda_{SVD}} + \frac{d_{DVD:A,SM}}{\frac{I_{SM} \cdot \lambda_{SM} + I_{DVD:A} \cdot \lambda_{DVD:A}}{I_{SM} + I_{DVD:A}}} + \frac{d_{CLT}}{\lambda_{CLT}} + \frac{d_{DVD:B}}{\lambda_{DVD:B}} + \frac{d_{DVD:C}}{\lambda_{DVD:C}} + R_{\alpha e}}$$

$$U = \frac{1}{0,13 + \frac{0,025}{0,32} + \frac{0,05}{\frac{0,06 \cdot 0,18 + 0,6 \cdot 0,04}{0,06 + 0,6}} + \frac{0,084}{0,13} + \frac{0,14}{0,041} + \frac{0,06}{0,04} + 0,04}$$

$$U \doteq 0,15 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$$

Obvodová konstrukce tohoto typu má součinitel prostupu tepla necelých 0,15 W·m⁻²·K⁻¹. Tato hodnota vyhovuje dle normy ČSN 73 0540-2 (2011) požadavku na lehké obvodové stěny, který je 0,3 W·m⁻²·K⁻¹, a dokonce vyhovuje doporučené hodnotě pro nízkoenergetické stavby 0,15 W·m⁻²·K⁻¹. Údaje pro výpočet součinitele prostupu tepla střešní konstrukcí, tedy tloušťky vrstev konstrukce a jejich součinitele tepelné vodivosti, jsou uvedeny v tabulce Tab. 6.

Materiál (Index)	Tloušťka [m]	Součinitel tepelné vodivosti [W·m ⁻¹ ·K ⁻¹]	
Masivní deska (CLT)	0,027	0,13	(Novatop [1], 2013)
Dřevovláknitá deska (DVD:A)	0,186	0,04	(Novatop [1], 2013)
Rošt střešního panelu (SM)	0,186	0,18	(TZB info [3], 2014)
Masivní deska (CLT)	0,027	0,13	(Novatop [1], 2013)
Dřevovláknitá deska (DVD:B)	0,06	0,041	(Novatop [1], 2013)

Tab. 6: Údaje pro výpočet součinitele prostupu tepla střešní konstrukcí

Do výpočtu součinitele prostupu tepla střešním pláštěm se započítávají všechny její vrstvy umístěné pod odvětrávanou mezerou. Jelikož je střešní panel kombinovaný a obsahuje dřevěná žebra, provádí se přepočet tepelného odporu této vrstvy na odpovídající odpor R_{eq}.

$$U = \frac{1}{R_{\alpha i} + \frac{d_{CLT}}{\lambda_{CLT}} + \frac{d_{DVD:A,SM}}{\frac{I_{SM} \cdot \lambda_{SM} + I_{DVD:A} \cdot \lambda_{DVD:A}}{I_{SM} + I_{DVD:A}}} + \frac{d_{CLT}}{\lambda_{CLT}} + \frac{d_{DVD:B}}{\lambda_{DVD:B}} + R_{\alpha e}}$$

$$U = \frac{1}{0,1 + \frac{0,027}{0,13} + \frac{0,186}{\frac{0,027 \cdot 0,18 + 0,313 \cdot 0,04}{0,027 + 0,313}} + \frac{0,027}{0,13} + \frac{0,06}{0,041} + 0,04}$$

$$U \doteq 0,18 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$$

Střešní konstrukce tohoto typu má součinitel prostupu tepla necelých 0,18 W·m⁻²·K⁻¹. Tato hodnota vyhovuje dle normy ČSN 73 0540-2 (2011) požadavku na střechy ploché a šikmé se sklonem do 45°, který je 0,24 W·m⁻²·K⁻¹, je však o něco vyšší než doporučená hodnota součinitele tepelného prostupu u běžných novostaveb, která je 0,16 W·m⁻²·K⁻¹. Dosáhnout doporučené hodnoty nebo hodnoty ještě nižší je možné jednoduše výběrem střešního dílce s vyšší středovou vrstvou, která je vyplněna tlustší vrstvou dřevovláknité

izolace, nebo navýšením horní vrstvy izolace střešního pláště. Pokud by středová vrstva střešního dílce měla tloušťku 226 mm a vrchní izolace 100 mm, což by celkově navýšilo tloušťku střešní konstrukce o 80 mm, dosáhli bychom součinitele prostupu tepla o hodnotě $0,13 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$.

Údaje pro výpočet součinitele prostupu tepla konstrukcí podlahy, tedy tloušťky vrstev konstrukce a jejich součinitele tepelné vodivosti, jsou uvedeny v tabulce Tab. 6. Podlaha má konstrukci, která je totožná se skladbou stropu. Stropní panel však ze spodní strany není opatřen druhou masivní deskou, žebra jsou vyplněna dřevovláknitou izolací a panel je umístěn na hydroizolaci podkladního betonu.

Materiál (Index)	Tloušťka [m]	Součinitel tepelné vodivosti [$\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$]	
Podlahové palubky (JS)	0,01	0,18	(TZB info [3], 2014)
OSB deska (OSB)	0,03	0,13	(KMB, 2012)
Minerální vlákna (MV)	0,03	0,036	(Isover, 2014)
Masivní deska (CLT)	0,027	0,13	(Novatop [1], 2013)
Dřevovláknitá deska (DVD)	0,2	0,04	(Novatop [1], 2013)
Rošt stropního panelu (SM)	0,2	0,18	(TZB info [3], 2014)
Hutný beton (B)	0,18	1,36	(TZB info [3], 2014)

Tab. 7: Údaje pro výpočet součinitele prostupu tepla konstrukcí podlahy

Do výpočtu součinitele prostupu tepla konstrukcí podlahy se započítávají všechny její vrstvy umístěné nad terénem. Jelikož je stropní panel kombinovaný a obsahuje dřevěná žebra, provádí se přepočítání tepelného odporu této vrstvy na odpovídající odpor R_{eq} .

$$U = \frac{1}{R_{\alpha i} + \frac{d_{\text{JS}}}{\lambda_{\text{JS}}} + \frac{d_{\text{OSB}}}{\lambda_{\text{OSB}}} + \frac{d_{\text{MV}}}{\lambda_{\text{MV}}} + \frac{d_{\text{CLT}}}{\lambda_{\text{CLT}}} + \frac{d_{\text{DVD,SM}}}{\frac{l_{\text{SM}} \cdot \lambda_{\text{SM}} + l_{\text{DVD}} \cdot \lambda_{\text{DVD}}}{l_{\text{SM}} + l_{\text{DVD}}}} + \frac{d_{\text{B}}}{\lambda_{\text{B}}} + R_{\alpha e}}$$

$$U = \frac{1}{0,17 + \frac{0,01}{0,18} + \frac{0,03}{0,13} + \frac{0,03}{0,036} + \frac{0,027}{0,13} + \frac{0,2}{\frac{0,027 \cdot 0,18 + 0,313 \cdot 0,04}{0,027 + 0,313}} + \frac{0,18}{1,36} + 0}$$

$$U \doteq 0,18 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$$

Konstrukce podlahy má součinitel prostupu tepla přibližně $0,18 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$. Tato hodnota vyhovuje dle normy ČSN 73 0540-2 (2011) požadavku na podlahu nad terénem, který je $0,45 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$, bez problémů vyhovuje dokonce požadavku na nízkoenergetické stavby stanovenému na $0,2 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$.

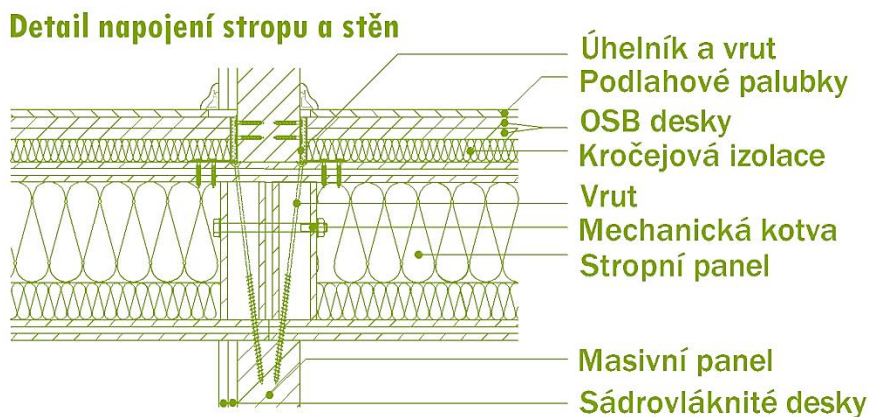
Dalším kritériem, které je možné u uvedených konstrukcí posoudit, jsou jejich akustické vlastnosti a požární odolnost. Hrubý stropní panel vyplněným vápencovou drtí dosahuje vzduchové neprůzvučnosti R_w 55 dB a kročejové neprůzvučnosti $L_{n,w}$ 58 dB. Požární odolnost použitých panelů odpovídá REI 45. (Novatop [4], 2013) Obvodové stěny s instalační předstěnou mají zvukovou neprůzvučnost rovnou 50 dB a požární odolnost REI 60. Vnitřní přčky jsou různého typu, jejich požární odolnost je REI 60 a u přček s předstěnou EI 120. Vzduchová neprůzvučnost se pohybuje okolo hodnot 35 a 40 dB. (Novatop [2], 2013)

9.2.5 Konstrukční detaily a jejich posouzení

Při navrhování staveb ze dřeva a na bázi dřeva je nutný pečlivý návrh konstrukčních detailů tak, aby ke všem byla poskytnuta dostatečná dokumentace a stavba mohla být řádně namontována. Prvky mohou být spojovány různými způsoby³⁵. Je nutné dodržovat konstrukční principy při navrhování ze dřeva a zajistit správné umístění a četnost spojovacích prostředků.



Obr. 66: Detail vnějšího rohu obvodové konstrukce



Obr. 67: Detail napojení stropu a stěn

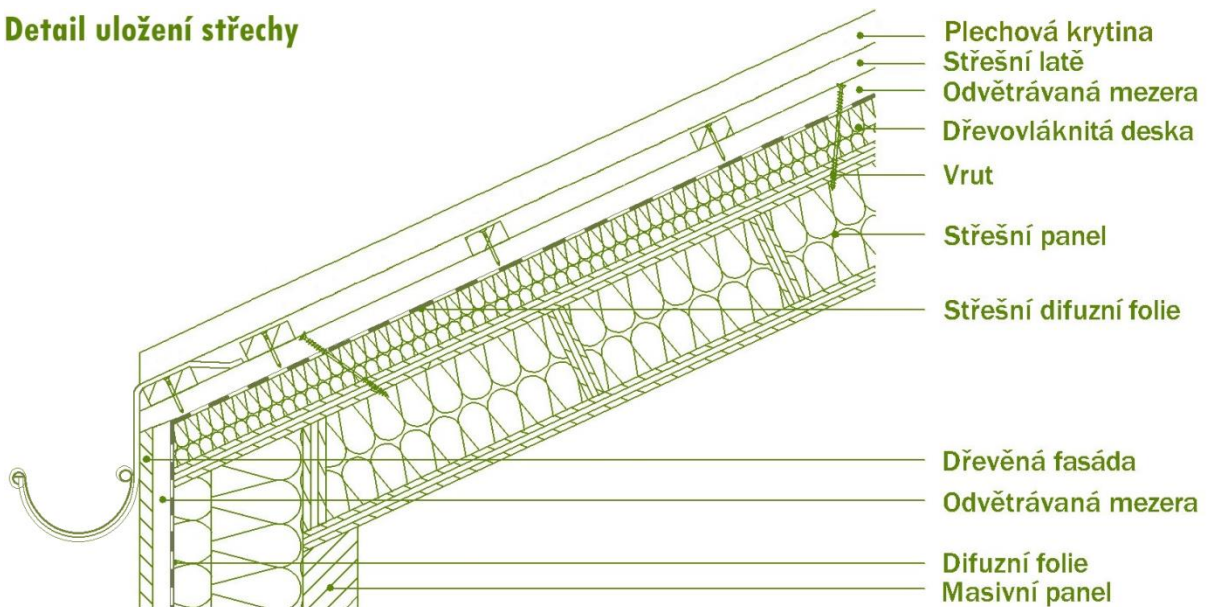
³⁵ Mohou být spojovány například na tupo kolmo, na tupo šikmo, na tupo s přesazením, s přeplánováním, s příložkou či v úhlu.

Detail uložení stropu na obvodovou stěnu



Obr. 68: Detail uložení stropu na obvodovou stěnu

Detail uložení střechy



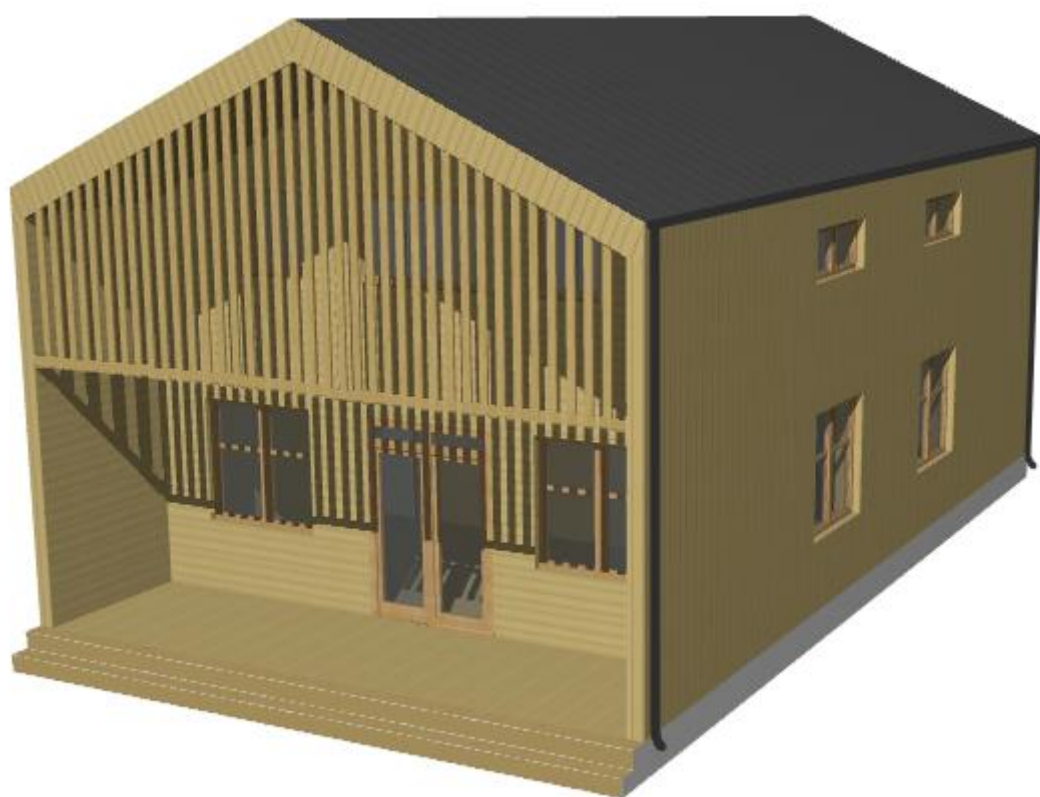
Obr. 69: Detail uložení střechy

Na spotřebu tepla mají vliv místa styků konstrukcí, tedy tepelné vazby, a místa se slabší vrstvou izolace, tedy tepelné mosty. Tato místa jsou velmi náchylná k vysokým tepelným ztrátám³⁶. Konstrukční detaily proto musí být zpracovány maximálně přesně a podloženy výpočtem. Stavební systémy z křížově lepeného řeziva jsou obvykle dodávány jako certifikované systémy, které mají pro své konstrukce konstrukční detaily zpracované a ověřené výpočtem a zkouškou. Tyto detaily jsou dostupné jak projektantům, tak technologům ve výrobě a montáži. Jejich správná aplikace a dodržení technologických postupů při stavbě by měli zaručit, že nebude docházet v těchto místech k nadměrným tepelným ztrátám. (Antonín a Srdečný, 2010)

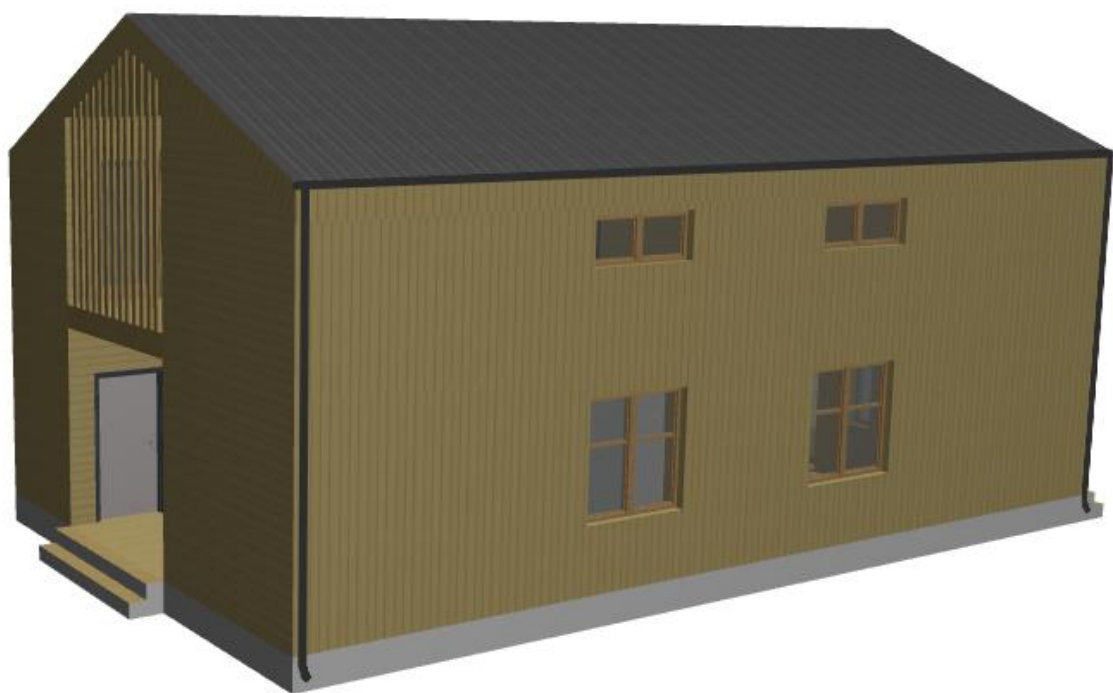
³⁶ Tepelná ztráty může být až ve velikosti desítek procent z tepelné ztráty prostupem konstrukcí. (Antonín a Srdečný, 2010)

9.2.6 Vizualizace

Vnější vzhled stavby je minimalistický a monolitický. Pro jemný kontrast se statickým výrazem jsou u stavby umístěny stínící a balkonové palubky.



Obr. 70: Vizualizace čelní



Obr. 71: Vizualizace boční

9.3 Výkaz masivního materiálu

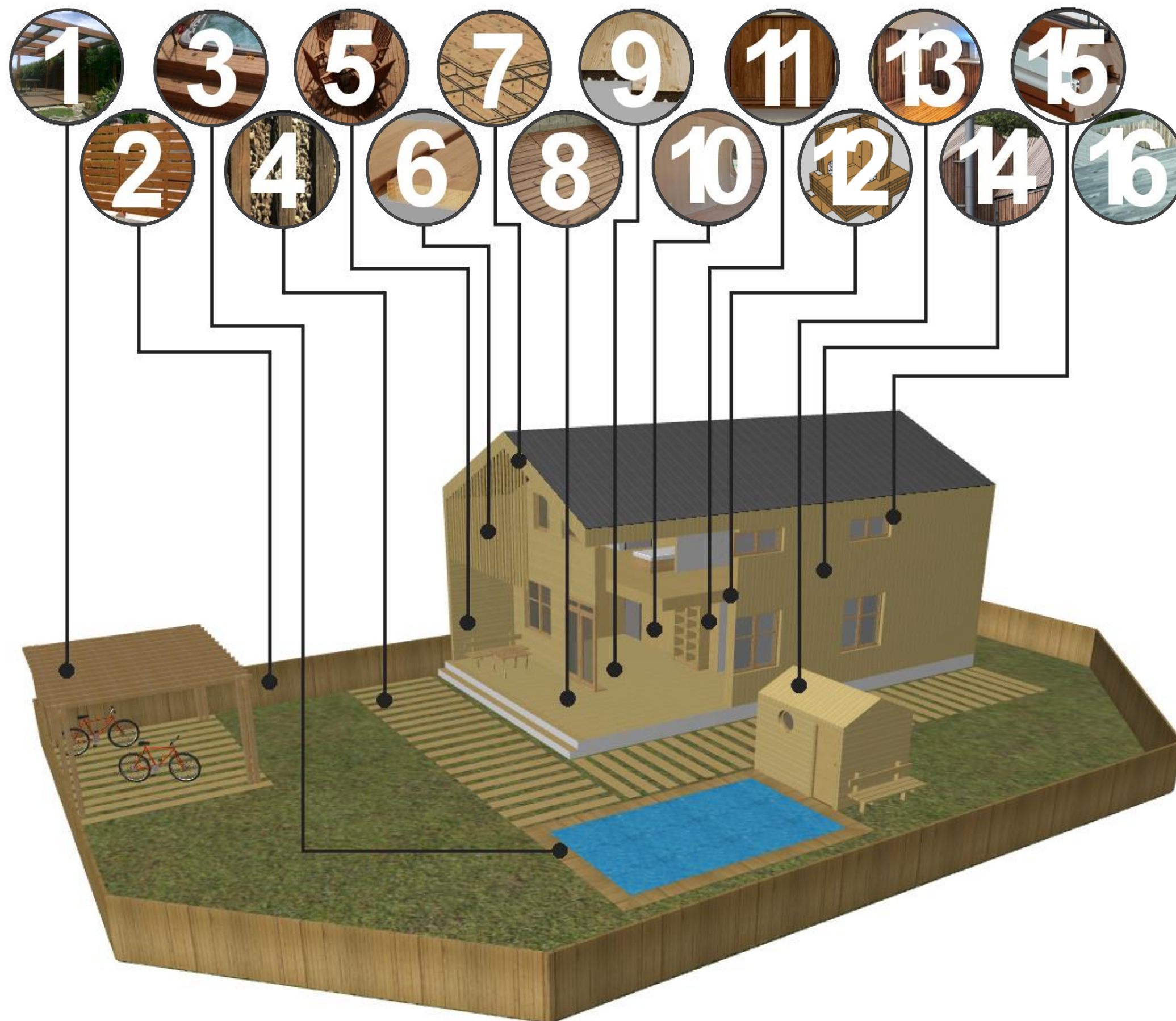
Navrhovaný objekt zahrnuje mnoho konstrukčních a stavebně-architektonických prvků z masivního dřeva různého druhu, zejména pak smrku, tepelně ošetřené borovice v exteriéru a jasanu v interiéru. Dřevo ve stavbě plní nosnou, funkční, estetickou i ochrannou úlohu. Dohromady je v konstrukci stavby a navrhovaných stavebně-architektonických prvcích přibližně 63,2 m³ masivního dřeva. Nejvíce se ho nachází ve svislé konstrukci, dohromady 28,1 m³. Značné množství se vyskytuje také ve vodorovných a střešních konstrukcích, dohromady 26,8 m³. Ostatní prvky uvedené v Tab. 8 obsahují relativně málo masivního materiálu. Do uvedeného množství dřeva nejsou započítány okna a dveře, interiérové ani exteriérové konstrukce vyjma schodiště, fasády, terasy, střešní krytiny a balkonu. Při průměrné hustotě smrku 420 kg·m⁻³ je hmotnost tohoto množství dřeva necelých 27 tun. Vzhledem k tomu, že 1 kg dřeva obsahuje přibližně 1,65 kg CO₂ (Canny Living, 2013) má toto množství dřeva v sobě absorbováno přibližně 46 tun CO₂. Pro srovnání každý člověk ročně vyprodukuje průměrně něco málo přes 2 tuny CO₂. (AEA, 2008)

Množství masivního dřeva v konstrukci a prvcích	
Vodorovná konstrukce prvního podlaží	8,4 m ³
Podlahovina prvního podlaží	0,7 m ³
Vodorovná konstrukce druhého podlaží	9,5 m ³
Podlahovina druhého podlaží	0,7 m ³
Obvodové svislé konstrukce	14,8 m ³
Vnitřní svislé konstrukce	13,3 m ³
Fasáda	5,9 m ³
Povrch terasy a balkonu	0,5 m ³
Stínící a balkonové palubky	0,3 m ³
Schodiště	0,3 m ³
Střešní konstrukce	8,9 m ³
Celkem	63,2 m ³

Tab. 8: Množství masivního dřeva

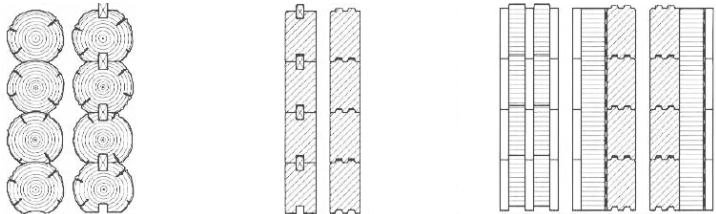

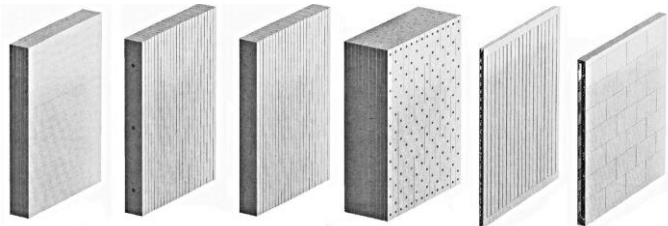

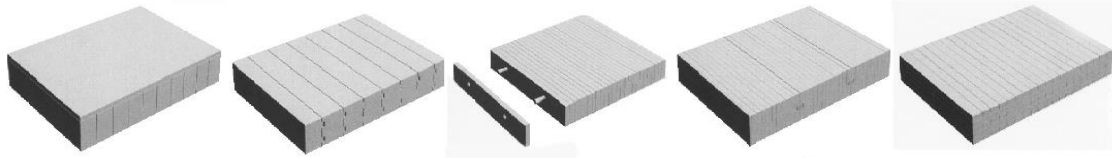



- Konstrukce
- Exteriér bez zahradních aplikací
- Interiér bez nosných konstrukcí a vybavení





- 1** Pergoly a jiné exteriérové konstrukce
- 2** Oplocení
- 3** Bazénové a zahradní chodníky
- 4** Pražce a jiné zahradní prvky
- 5** Zahradní nábytek
- 6** Zábradlí a stínění
- 7** Krovové a střešní konstrukce
- 8** Terasy a balkony
- 9** Podlahoviny
- 10** Vnitřní obklady a podhledy
- 11** Nábytek, schodiště a jiné vybavení interiéru
- 12** Vodorovné a svislé konstrukce
- 13** Sauny a jiné speciální aplikace
- 14** Fasády
- 15** Okna a dveře
- 16** Střešní krytiny

Obr. 73: Aplikace masivního dřeva

Konstrukce	Typy	Konstrukční řešení	Ukázka
<p>Srubové stavby</p>	<ul style="list-style-type: none"> ■ Sruby z kuláčů ■ Sruby z polohraněného řeziva ■ Sruby z hraněného řeziva ■ Roubenky ■ Tepelně izolované sruby ■ Falešné či zdvojené roubení ■ Prefabrikované prvky na bázi srubových staveb 		
<p>Novodobé masivní stavby</p>	<ul style="list-style-type: none"> ■ Křížově lepené řezivo ■ Skládané řezivo spojované kolíky ■ Skládané řezivo spojované hřebíky ■ Skládané lepené řezivo ■ Křížově vrstvené kolíkové řezivo ■ Lisované materiály na bázi dřeva ■ Složené masivní průřezy 		
<p>Stropy a střechy</p>	<ul style="list-style-type: none"> ■ Povalové historické stropy ■ Trámové stropy ■ Masivní stropy z rostlého dřeva ■ Masivní stropy z fošen z lepeného lamelového dřeva ■ Masivní stropy z rovnaného řeziva ■ Masivní stropy z křížem lepeného řeziva ■ Střešní krovy a krytiny ■ Plošné střešní dílce z masivního dřeva 		

Tab. 9: Aplikace masivního dřeva v konstrukci

Elementy	Příklady	Druhy dřeva	Opatření	Ukázka
Vybavení interiéru	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Masivní nábytek ➤ Schodiště ➤ Interiérové dveře a rámy ➤ Drobné interiérové prvky 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Nábytek: olše, třešeň, smrk, dub, hrušeň, borovice, bříza, buk ➤ Schodiště: buk, borovice, dub, jedle, jasan, modřín, ořešák, třešeň 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Izolace od zdrojů vlhkosti: Správná volba a provedení tepelné izolace, zajištění cirkulace vzduchu, izolace od materiálů s vysokým koeficientem tepelné vodivosti ➤ Použití dostatečně vysušeného dřeva ➤ Povrchová úprava lakem, olejem či voskem ➤ Rozdělení schodnic uprostřed a opětovné slepení tak, aby pravá strana dřeva mířila ven ➤ Povrchová úprava stupnic s vysokou odolností a malou kluzkostí (př. polyuretanovými laky) 	
Obklady a podlahy	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Obklady stěn ➤ Stropní podhledy ➤ Podlahové krytiny: Palubky, parketové vlasy, mozaikové podlahy ➤ Pohledové konstrukce 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Obklady a podhledy: různá dřeva listnáčů i jehličnanů ➤ Podlahy: javor, akát, švestka, ořešák, jasan, třešeň, modřín, dub 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Použití dokonale vyschlých materiálů ve skladbách ➤ Zamezení hromadění vody v povrchových vrstvách ➤ Zajištění vysychání prostřednictvím proudění vzduchu v okolí pomocí provětrávané mezery s oboustranným přístupem vzduchu pod vrstvou obkladu či podlahy ➤ Drážky na zadní straně zajišťující větší rozměrovou stabilitu ➤ Pevný, homogenní, tvrdý a proti abrazivnímu poškození odolný nášlapný materiál podlahovin 	
Exteriérové prvky	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Terasy ➤ Balkony ➤ Schodiště ➤ Bazénové a zahradní chodníky ➤ Okna a vstupní dveře ➤ Pergoly a altány ➤ Zahradní nábytek ➤ Garážová a venkovní dveře ➤ Ploty a zábradlí 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Exteriér: akát, modřín, jasan, borovice, dub, jilm, ThermoWood ➤ Okna a dveře: Eurohranol obvykle ze smrku, borovice nebo dubu 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Výběr trvanlivých dřev ➤ Vlhkost 17 ± 2 % ➤ Tvarová optimalizace prvků ➤ Omezení kontaktu s vodou: Umožnění cirkulace vzduchu a prosychání dřeva, kotvení sloupů a dalších statických prvků minimálně 300 až 400 mm nad okolním terémem, zamezení zatékání vody a umožnění jejího odtoku, přesahy dřevěných konstrukcí, odkapní lišty, odtokové drážky, seříznutí vrcholů vislých prvků ➤ Povrchová úprava či chemická ochrana ➤ Podklad vodorovných aplikací se spádem minimálně 2 % a s odvětrávací mezerou ➤ Umístění podkladní netkané textilie při styku se zemí ➤ Dodržení požadavků na proslunění, větrání, tepelné a zvukové izolace u oken a dveří 	
Dřevěné fasády	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Hoblované palubky ➤ Nehoblovaná prkna ➤ Šindele 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Modřín ➤ Smrk ➤ Jedle ➤ ThermoWood 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Maximální ochrana přesahem střechy ➤ Ochrana elementů proti zadržování vody ve spojích a jejímu vzlínání ve spárách ➤ Umožnění odtoku vody ➤ Překrytí prken obkladu ve směru deště ➤ Předsunutí fasády před líc spodní stavby alespoň o 30 mm a odkapní nos ➤ Dostatečné odstupy mezi prvky 	
Střešní krytiny	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Řezané šindele ➤ Štípané šindele ➤ Prkna ➤ Palubkami 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Modřín ➤ Dub ➤ Smrk ➤ Cedr 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Ochrana před trvalým zvlhčováním ➤ Zamezení zadržování vody ➤ Umožnění průběžného vysychání 	
Speciální aplikace	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Zimní zahrady ➤ Tělocvičny ➤ Bazény ➤ Sauny ➤ Sportovní podlahy 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Sauny: osika, olše, lípa, ThermoWood ➤ Sportovní podlahy: odolné listnáče, obvykle dub ➤ Bazény: ThermoWood, obvykle borovice 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Ochrana před trvalým zvlhčováním ➤ Tepelná úprava dřeva ➤ Výběr vhodných dřevin ➤ Pevný, homogenní, tvrdý a proti abrazivnímu poškození odolný nášlapný materiál sportovních podlah 	

Tab. 10: Aplikace masivního dřeva ve stavebně-architektonických prvcích

10 Diskuse

Při psaní práce zaměřené na využití masivního dřeva ve stavebnictví a architektuře obytných staveb jsem se zaměřila na návrh stavby, ve které se vyskytuje velké množství masivního dřeva. Na této stavbě jsem prezentovala možnosti aplikace sestavené v úvodní teoretické části práce, která se zabývala zhodnocením dřeva jako materiálu pro stavbu a stavební prvky a popisem jeho vlastností a specifik oproti ostatním materiálům. Také jsem se zde zabývala sestavením přehledu možných aplikací masivního dřeva v konstrukci i mimo samotnou konstrukci stavby. Z uvedených možností jsem vybrala vhodný konstrukční systém a několik elementů, které posloužily jako podklad pro praktickou část práce – návrh konstrukce.

V první části práce jsem se zaměřila na popis materiálu. Zpracovala jsem obecné informace o tom, co je dřevo, jaké jsou jeho druhy a vlastnosti. Zaměřila jsem se zejména na vlastnosti, které mají vliv na jeho užití ve stavebnictví a architektuře. Zabývala jsem se také vlastnostmi produktů z masivního dřeva, konkrétně masivních konstrukcí a prvků. Jsou zde vysvětleny základní fyzikální a mechanické vlastnosti dřeva, popsány některé druhy dřeva, které se u nás k uvedeným účelům používají a základní vady dřeva. Při posouzení vlastností konstrukcí a prvků z masivního dřeva jsem se zaměřila na hledisko stavební fyziky, které je u dřevostaveb specifické, stejně jako hledisko ekologické a zdravotní. Jako další zajímavý pohled na dřevo jsem zmínila jeho trvanlivost. Důležitou prakticky orientovanou kapitolou jsou principy pro navrhování těchto staveb. Součástí tohoto obecného pohledu na masivní dřevo je také kapitola zabývající se historií a tradicí využití dřeva ve stavebnictví a architektuře. Druhou část práce jsem věnovala vytvoření souhrnu možných aplikací masivního dřeva, který jsem pomyslně rozdělila na konstrukční užití, užití interiérové, exteriérové a speciální. Ve třetí části jsem ze souhrnu vybrala určité elementy a prostřednictvím návrhu obytné stavby rodinného domu jsem prezentovala možnost jejich použití. Cílem bylo vytvořit ucelený zdroj informací k uvedené problematice, vytvořit souhrnný seznam možností a tyto prezentovat na konkrétních příkladech a návrhu.

V první části práce jsem vytvářela obecný základní přehled o masivním dřevě jako materiálu. Jelikož k tomuto tématu je k dispozici velké množství literatury, výzkumů a jiných zajímavých zdrojů teoretických i z praxe, bylo mým cílem pojmout tuto část velmi obecně a zahrnout co nejširší pohled. Náročným úkolem bylo zpracování těchto rozsáhlých zdrojů tak, aby kapitoly přinesly informační hodnotu a mnoho hledisek při zachování relativně krátkého rozsahu. Zajímavým zjištěním bylo, že dřevo jako materiál je opravdu možné posuzovat z obrovského množství hledisek, přičemž u většiny z nich si stojí překvapivě velmi dobře. Co se týče vývoje jeho využívání, bylo velmi zajímavé se ponořit do historie nejen obecně, ale prostudovat také zvyklosti na našem území a regionální varianty staveb a potvrdit, že masivní dřevo má nejen na našem území poměrně výraznou tradici.

V druhé části práce jsem měla za cíl pojednat o možnostech aplikace masivního dřeva. V této otázce jsem se, s výjimkou konstrukčního užití, potýkala s malým množstvím literatury, která by separovala masivní dřevo od inženýrsky zpracovaných materiálů. U konstrukčních užití byly zpracovány klasické

srubové stavby a novodobé masivní konstrukce. Z šetření o masivních elementech vyplynuly zajímavé informace o tom, které dřeviny jsou vhodné pro konkrétní aplikace, jaká péče a ochrana je u těchto prvků důležitá a jaké jsou různé varianty těchto užití. Aplikace poté bylo možné rozdělit do několika logických skupin podle umístění a dalších charakteristik.

Třetí část práce se zaměřila na návrh masivní dřevostavby rodinného domu obsahující i další masivní elementy podle předem stanoveného výběru. V této části práce jsem vypracovala k budově základní výkresy. Součástí bylo také navržení vhodných skladeb konstrukcí a konstrukčních detailů, posoudit je z hlediska stavební fyziky a vykázat množství použitého masivního dřeva. Výsledky této části mě významně nepřekvapily. Dalo se očekávat, že největší podíl masivního dřeva bude k nalezení v nosné konstrukci. Překvapivě velké množství dřeva padlo na masivní fasádu. Velmi překvapena jsem byla přepočtem užitého množství masivního dřeva na množství uloženého CO₂, které je opravdu velmi vysoké. Kromě toho se dá samozřejmě ještě očekávat značné navýšení spotřeby dřeva, budou-li také ostatní prvky, které nejsou pevnou součástí stavby a návrhu, jako například nábytek či exteriérové aplikace, realizovány z masivního dřeva.

Existuje mnoho dalších možností, jak používat masivní dřevo, a to i ve stavebnictví a architektuře obytných budov. Je k nalezení mnoho návrhů i realizovaných masivních produktů, které by mohly být do uvedených skupin dále zahrnuty a detailněji rozpracovány. Cílem této práce bylo zmapovat základní možnosti a na jejich základě vytvořit praktický a přehledný materiál pro studium a seznámení s problematikou.

11 Závěr

Tato diplomová práce byla psána s cílem vytvořit informační materiál zabývající se otázkou užití masivního dřeva ve stavebnictví a architektuře obytných budov a navrhnout referenční obytný dům pro prezentaci využití masivního dřeva. Text měl za cíl mít informační charakter podložený obrázky, průzkumy, schémata, výpočty a výkresy. Měl být vypracován takovým způsobem, aby vhodně poskytl důležité a zajímavé informace k dané problematice v úvodu zvolené cílové skupině.

V rámci práce byl zvolený materiál detailně popsán. Byl vytvořen seznam aplikací, jejich vlastností a opatření při jejich navrhování. Následně byl proveden výběr elementů, podle nichž byl vytvořen návrh obytné stavby s využitím masivního dřeva. Tento referenční objekt slouží jako prezentace možností aplikace masivního dřeva v obytných stavbách. Text by měl nyní sloužit jako studijní materiál, podklad pro navrhování nebo další rozpracování.

Tato práce by měla svým čtenářům poskytnout dostatek zajímavých a užitečných informací o masivním dřevě, masivních dřevostavbách a elementech. Ačkoliv se v praxi masivní dřevo v takovém množství forem, v jakém je navrhováno u referenční stavby, obvykle nevyskytuje, cílem bylo prokázat, že užití dřeva v jeho čisté přírodní podobě je možné a žádoucí.

Není nutné aplikovat masivní dřevo v maximální míře, není ani nutné vyhýbat se inženýrsky zpracovaným a kompozitním materiálům. Nicméně masivní dřevo tvoří v architektuře velmi specifickou hmotu a je proto dobré se o tomto materiálu informovat, naučit se s ním pracovat a vidět, že možností jeho aplikace je nepřeberné množství.

Masivní dřevo má silné slovo jak v tradiční, tak v moderní architektuře a při správném přístupu jej můžeme více než jako materiál minulosti vnímat jako materiál budoucnosti.

12 Summary

This thesis was written to create information material dealing with the issue of solid wood use in civil engineering and architecture of residential buildings and to design a reference residential house to present such possibilities. The text was intended to stand for information purposes and to be supported by pictures, surveys, diagrams, calculations and drawings. It should have been developed in such a way to provide the target group with relevant and interesting information on the issue.

As part of the work, the selected material – solid wood – has been described in detail. A list of its applications, their properties and design considerations was created. Subsequently, particular elements were selected on whose basis the design of a residential building utilizing solid wood was created. This reference building serves as a presentation of potential applications of solid wood in residential buildings. The text should now serve as study material, basis for designing or for further development.

This work should provide readers with plenty of interesting and useful information on solid wood, solid timber construction and solid wood elements. Although, solid wood usually does not occur in practice in such a variety of forms in which it is proposed in reference building, the goal was to demonstrate that the use of wood in its pure natural form is possible and desirable.

It is not necessary to apply solid wood as much as possible. It is not even necessary to avoid processed and engineered composite materials. However, solid wood forms a very specific matter in the perspective of civil engineering and architecture. Therefore, it is a good idea to inform about this material, learn to work with it and see that its possible applications are plentiful.

Solid wood has a strong position in both traditional and modern architecture, and with a responsible approach it can be perceived as a material of the future more than a material of the past.

13 Seznam použité literatury

- AEA - Arbor Environmental Alliance. Carbon & tree facts. [online] 2008 [cit. 2014-11-10]. Dostupné z <<http://www.arboreenvironmentalalliance.com/carbon-tree-facts.asp>>.
- ALBER, M. Das Bücherrefugium. [online] 2013 [cit. 2014-10-30]. Dostupné z <<http://www.klh.at/blog/beitrag/das-buecherrefugium.html>>.
- ALBERS, K. J. Moderner Holzhausbau in Fertigbauweise. Kissing: Weka Media, Bundeserband Deutscher Fertigbau, 2001. ISBN 3-8277-1195-9.
- ANTONÍN, J. a SRDEČNÝ, K. Zásady výstavby pasivních domů. Praha: EkoWATT, 2010.
- APA - The Engineered Wood Association. Milestones in the History of Plywood. [online] 2014 [cit. 2013-10-15]. Dostupné z <http://www.apawood.org/level_b.cfm?content=srv_med_new_bkgd_plycen>.
- AVANTA – Avanta Systeme. Konstrukční systémy. [online] 2010 [cit. 2014-10-22]. Dostupné z <<http://www.avanta.cz/konstrukcni-systemy>>.
- BALABÁN, K. Nauka o dřevě, 1. část: Anatomie dřeva. Praha: Státní zemědělské nakladatelství, 1955.
- BRUNECKÝ, P. Dějiny a bydlení. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 2002. ISBN 80-7157-677-8.
- CANNY LIVING. Wood as a climate stabilizer. [online] 2013 [cit. 2014-11-20]. Dostupné z <http://www.cannyliving.com/wood/wood_co2.htm>.
- ČSN 73 0532: Akustika - Ochrana proti hluku v budovách a posuzování akustických vlastností stavebních výrobků – Požadavky. 2010.
- ČSN 73 0540-2: Tepelná ochrana budov - Část 2: Požadavky. 2011.
- ČSN 73 0540-3: Tepelná ochrana budov - Část 3: Návrhové hodnoty veličin. 2005.
- ČSN 73 4130: Schodiště a šikmé rampy. Základní ustanovení. 1965.
- ČSN EN 335-1,2: Trvanlivost dřeva a materiálu na jeho bázi, definice tříd ohrožení biologickým napadením. 1992.
- ČZU – Česká zemědělská univerzita. Lexikon vad dřeva. [online] 2010 [cit. 2014-10-07]. Dostupné z <http://fld.czu.cz/~zeidler/lexikon_vad/index.htm>.
- DEKWOOD. Obkladové a podlahové palubky. [online] 2012 [cit. 2013-10-20]. Dostupné z <<http://dekwood.cz/produkty/drevene-obklady/obkladove-podlahove-palubky-64>>.
- DOMESI. Horní Maxov. [online] 2010 [cit. 2013-10-14]. Dostupné z <<http://www.prodesi.cz/portfolio/horni-maxov/>>.
- DÝHY.CZ. Dýhy. [online] 2014 [cit. 2014-10-06]. Dostupné z <<http://www.dyhy.cz/dyhy.html>>.
- EWT – English Woodlands Timber Ltd. Product Info Sheet. Cocking: English Woodlands Timber Ltd, 2014.
- FAIRS, M. Photographer shoots his own house: Ed's Shed by Advid Adjaye. [online] 2007 [cit. 2013-10-14]. Dostupné z <<http://www.dezeen.com/2007/10/16/photographer-shoots-his-own-house-eds-shed-by-david-adjaye/>>.
- FAJKOŠ, A. a NOVOTNÝ, M. Střechy: Základní konstrukce. Praha: Grada Publishing, a.s., 2003. ISBN 80-247-0681-4.
- FAO – Food and Agriculture Organisation of United Nations. Promoting sustainable management of forests and woodlands. [online] 2011 [cit. 2014-10-08]. Dostupné z <<http://www.fao.org/forestry/3861/en/>>.
- FELL, D. Wood and human health. [online] 2013 [cit. 2014-10-30]. Dostupné z <<http://www.woodworks.org/wp-content/uploads/Wood-Human-Health11.pdf>>.
- FINSKÁ SAUNA. Dřevo do sauny. [online] 2009 [cit. 2014-10-21]. Dostupné z <<http://www.finskasauna.cz/nabidka-zbozi/drevo-do-sauny/50.html>>.
- FOUČEK, P. Využití konstrukční ochrany u dřevostaveb. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 2010.
- GREEN, T. Přednáška. Why we should build wooden skyscrapers. [online] 2013 [cit. 2014-10-30]. Dostupné z <http://www.ted.com/talks/michael_green_why_we_should_build_wooden_skyscrapers>.
- HAVÍŘOVÁ, Z. Dům ze dřeva. Brno: ERA, 2006. Stavíme. ISBN 80-7366-060-1.
- HAVÍŘOVÁ, Z. Konstrukční ochrana dřeva zabudovaného ve stavbách. Stavební partner. 2012. 1. číslo.
- HAWOODS. The Wood Book, January – March 2014: The climate case for using more wood. Carnforth: Hawwoods Ltd, 2014.
- HFD – Hardwood Furniture & Design. Products. [online] 2014 [cit. 2013-10-15]. Dostupné z <<http://www.hardwoodfurnitureanddesign.com>>.

- HORÁČEK, P. Fyzikální a mechanické vlastnosti dřeva I. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 2008. ISBN 978-80-7375-169-2
- HYKA – Hyka podlahy. Sportovní haly. [online] 2014 [cit. 2014-10-22]. Dostupné z <<http://sportovni.podlahy.com/cs/sportovni-haly.html>>.
- ISOVER. Produkty. [online] 2014 [cit. 2014-11-11]. Dostupné z <<http://www.isover.cz/katalog/>>.
- K_M ARCHITEKTUR. Projekte: Einfamilienhäuser. [online] 2005 [cit. 2013-10-14]. Dostupné z <<http://www.k-m-architektur.com/joomla/projekte/einfamilienhaus/10-efhludesch.html>>.
- KMB – KM Beta. Technická příručka: Tepelné mosty. Hodonín: KM Beta, a.s., 2012.
- KOLB, J. Dřevostavby: Systémy nosných konstrukcí, obvodové pláště. Praha: Grada Publishing, a.s., 2008. ISBN 978-80-247-2275-7.
- KRELLA, J. Konstrukční systémy současných dřevostaveb. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 2013.
- KŘENKOVÁ, H. Přednáška. Stavebně truhlářská výroba I: Podlahoviny. LDF MENDELU, Brno, 2012.
- LOMHOLT, I. Stadthaus, Murray Grove Housing. [online] 2009 [cit. 2014-10-30]. Dostupné z <<http://www.e-architect.co.uk/london/stadthaus-murray-grove>>.
- LUXURY PANELS. Bricks: Dřevěné masivní obklady. [online] 2012 [cit. 2014-10-22]. Dostupné z <<http://www.luxury-panels.cz/dekorativni-panely/bricks/>>.
- NIS [1]- Nábytkářský informační server. Materiál. [online] 2013 [cit. 2014-10-06]. Dostupné z <<http://www.n-i-s.cz/cz/material/page/477/>>.
- NIS [2] - Nábytkářský informační server. Rozdělení dřeva dle sortimentu. [online] 2013 [cit. 2014-10-20]. Dostupné z <<http://www.n-i-s.cz/cz/rozdeleni-dreva-dle-sortimentu/page/323/>>.
- NIS [3] - Nábytkářský informační server. O trampotách dřeva. [online] 2013 [cit. 2014-10-20]. Dostupné z <<http://www.n-i-s.cz/cz/o-trampotach-dreva/page/534/>>.
- NOVÁK, J. Mechanické vlastnosti dřeva domácích dřevin. [online] 2013 [cit. 2014-10-06]. Dostupné z <<http://www.drevostavitel.cz/clanek/mechanicke-vlastnosti-dreva-domacich-drevin>>.
- NOVATOP. Nosná konstrukce zároveň finálním vnitřním povrchem. [online] 2012 [cit. 2013-10-20]. Dostupné z <<http://www.novatop-system.cz/nosna-konstrukce-zaroven-finalnim-vnitrim-povrchem/>>.
- NOVATOP [1]. Solid pro stěny a příčky. [online] 2013 [cit. 2013-10-14]. Dostupné z <<http://www.novatop-system.cz/co-je-novatop/sortiment/solid-pro-steny-a-pricky/>>.
- NOVATOP [2]. Kompletní katalog konstrukčních detailů. [online] 2013 [cit. 2014-10-29]. Dostupné z <<http://www.novatop-system.cz/soubory-ke-stazeni/>>.
- NOVATOP [3]. Novatop Solid: Technická dokumentace. [online] 2013 [cit. 2014-10-31]. Dostupné z <<http://www.novatop-system.cz/soubory-ke-stazeni/>>.
- NOVATOP [4]. Novatop Element: Technická dokumentace. [online] 2013 [cit. 2013-11-11]. Dostupné z <<http://www.novatop-system.cz/soubory-ke-stazeni/>>.
- PICHLER, K. Eine harmonische Symphonie aus Holz: Vorarlberger Architekten dominieren den erstmals ausgeschriebenen Liechtensteiner Architekturpreis „Konstruktiv“. Siegerscheck für Johannes Kaufmann. [online] 2011 [cit. 2014-10-14]. Dostupné z <<http://kulturzeitschrift.at/kritiken/ausstellung/eine-harmonische-symphonie-aus-holz-vorarlberger-architekten-dominieren-den-erstmal-ausgeschriebenen-liechtensteiner-architekturpreis-2011>>.
- PROKOM [1]. ThermoWood: Terasové a bazénové profily pro terasy a chodníky. [online] 2013 [cit. 2014-10-20]. Dostupné z <<http://www.prokom.cz/tepelne-upravene-drevo-thermowood/120-tepelne-upravene-drevo-thermowood-profil-y-pro-venkovni-terasy-bazeny-balkony-a-chodniky>>.
- PROKOM [2]. ThermoWood: Terasy, fasády, sauny, nábytek. [online] 2013 [cit. 2014-10-22]. Dostupné z <<http://www.prokom-sr.sk/thermowood-tepelne-upravene-drevo/katalog-tepelne-upravene-drevo-thermowood.pdf>>.
- PROKOM [3]. ThermoWood na venkovní, exteriérové a fasádní obklady budov. [online] 2013 [cit. 2014-10-22]. Dostupné z <<http://www.prokom.cz/tepelne-upravene-drevo-thermowood/119-tepelne-upravene-drevo-thermowood-profil-y-na-venkovni-obklady-budov>>.
- PROKOM [4]. Fotogaléria: Tepelne upravené drevo ThermoWood. [online] 2013 [cit. 2014-10-22]. Dostupné z <<http://www.prokom-sr.sk/tepelne-upravene-drevo-thermowood/135-thermowood-tepelne-upravene-drevo-fotogaleria>>.
- PROPARKET. Thermowood finská borovice. [online] 2014 [cit. 2014-10-20]. Dostupné z <<http://www.proparket.cz/450-dreveneterasy/451-dreveneterasy/thermowood-finska-borovice-10361.html>>.
- PTÁČEK, P. Ochrana dřeva ve stavbách. Praha: Grada Publishing, a.s., 2009. ISBN 978-80-247-1950-4.

- REINPRECHT, L. a ŠTEFKO, J. Dřevěné stropy a krovy. Typy, poruchy, průzkumy a rekonstrukce. Praha: ABF, a.s., Nakladatelství ARCH, 2000. ISBN 80-86165-29-9.
- REINPRECHT, L. Ochrana dřeva a kompozitov. Zvolen: TUVZ, 1994.
- REKORD – Rekord Fenster und Türen. Ihre Fenster Kataloge. Dägeling: Rekord Fenster und Türen, 2014.
- SBWP – Scottish Borders Woodland Partnership. Supplementary planning guidance: Use of Timber in Sustainable Construction. Boswells Melrose: Scottish Borders Council, 2009.
- SELBST. Konstruktiver Holzschutz. [online] 2014 [cit. 2014-10-22].
Dostupné z <<http://www.selbst.de/moebel-holz-artikel/lackieren-streichen/lasur-lack-oe/konstruktiver-holzschutz-holzschutz-abc-108111.html>>.
- SLAVID, R. Out of the woods: The creation of 12 hardwood chairs. London: The American Hardwood Export Council, 2012.
- SMOLA, J. a RŮŽIČKA, M. Podpora dřevostaveb v ČR: Možnosti a východiska. [online] 2012 [cit. 2014-10-07].
Dostupné z <<http://stavba.tzb-info.cz/drevostavby/8548-podpora-drevostaveb-v-cr-moznosti-a-vychodiska>>.
- SMOLA, J. Tradice a historický vývoj. Dřevo a stavby: Stavíme dům ze dřeva (2). 2009, 2. číslo.
- SOUKUPOVÁ, M. Difuzně otevřená dřevostavba. [online] 2011 [cit. 2014-10-13].
Dostupné z <<http://www.drevostavitel.cz/clanek/difuzne-otevrena-drevostavba>>.
- STARÁ, J. Jakou zvolit fasádu, aby nevyžadovala údržbu. [online] 2013 [cit. 2014-10-20].
Dostupné z <<http://www.drevostavitel.cz/clanek/jakou-zvolit-fasadu-aby-nevyzadovala-udrzbu>>.
- STEMPEL, U. E. Zimní zahrady: Návrh, stavba, užívání. Praha: Grada Publishing, a.s., 2011. ISBN 978-80-247-3703-4.
- SVATOŇ, J. Ochrana dřeva. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2000. ISBN 80-7157-435-X.
- ŠEFCŮ, O., VINAŘ, J. a PACÁKOVÁ, M. Metodika ochrany dřeva. Praha: Státní ústav památkové péče v Praze, 2000. ISBN 80-86234-14-2.
- ŠLEZINGEROVÁ, J. a GANDELOVÁ, L. Stavba dřeva. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 2002. ISBN 80-7157-636-0.
- ŠTEFKO, J. a REINPRECHT, L. Dřevěné stavby: Konstrukce, ochrana a údržba. Bratislava: Jaga group spol. s r.o., 2004. ISBN 80-88905-95-8.
- ŠTEFKO, J., REINPRECHT, L. a KUKLÍK, P. Dřevěné stavby: Konstrukce, ochrana a údržba. Bratislava: Jaga group spol. s r.o., 2009.
- TROPP, J. Porovnání vlastností různých typů dřevostaveb. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 2009.
- TURNER, B. Chen House by C-Laboratory. [online] 2009 [cit. 2013-10-14].
Dostupné z <<http://www.dezeen.com/2009/06/26/chen-house-by-c-laboratory/>>.
- TZB INFO [1]. Součinitel tepelné vodivosti. [online] 2014 [cit. 2014-10-13].
Dostupné z <<http://stavba.tzb-info.cz/prostup-tepla-stavebni-konstrukci/soucinitel-tepelne-vodivosti>>.
- TZB INFO [2]. Součinitel prostupu tepla. [online] 2014 [cit. 2014-10-13].
Dostupné z <<http://stavba.tzb-info.cz/prostup-tepla-stavebni-konstrukci/soucinitel-prostupu-tepla>>.
- TZB INFO [3]. Katalog stavebních materiálů. [online] 2014 [cit. 2014-11-11].
Dostupné z <http://www.tzb-info.cz/docu/tabulky/0000/000068_katalog.html>.
- ÚNOD – Ústav nauky o dřevě. Anatomická stavba dřeva: Lexikon dřev. [online] 2002 [cit. 2014-10-06].
Dostupné z <http://ldf.mendelu.cz/und/sites/default/files/multimedia/stavba_dreva/lexikon/index.htm>.
- VAPIS SH. Tepelná akumulace. [online] 2014 [cit. 2014-10-13].
Dostupné z <<http://www.vapis-sh.cz/pro-projektanty/stavebne-fyzikalni-vlastnosti/tepelna-ochrana-akumulace/soucinitel-tepelne-vodivosti/tepelna-akumulace.html>>.
- VAVERKA, J., HAVÍŘOVÁ, Z. a JINDRÁK, M. a kol. Dřevostavby pro bydlení. Praha: Grada, 2008. Stavitel. ISBN 978-80-247-2205-4.
- VELÍMSKÝ, T. Přednáška. Dějiny pravěku: Neolit ve střední Evropě. PF UJEP, Ústí nad Labem, 2013.
- ZAHRADNÍČEK, V. a HORÁK, P. Moderní dřevostavby. Brno: Computer Press, 2011. Stavíme. ISBN 978-80-251-3568-6.
- ŽÁK, J. a REINPRECHT, L. Ochrana dřeva ve stavbě: Odborná příručka pro stavebníky, investory, projektanty a architekty. Praha, ARCH, 1998. ISBN 80-86165-00-0.

14 Seznam obrázků

- Obr. 1: Dřevo
Obr. 2: Směry a řezy ve dřevě
Obr. 3: Boulovitost
Obr. 4: Třídy ohrožení dřeva biotickými škůdci
Obr. 5: Vady dřeva
Obr. 6: Dřeviny
Obr. 7: Dřevo
Obr. 8: Časová osa
Obr. 9: Stavby ze dřeva
Obr. 10: Využití dřeva v současné architektuře
Obr. 11: České dřevostavby
Obr. 12: Vzor difúzně uzavřená a difúzně otevřená skladba konstrukce u rámové dřevostavby
Obr. 13: Vlhkost dřeva ve stavbě
Obr. 14: Konstrukční ochrana dřeva
Obr. 15: Certifikované dřevo
Obr. 16: Ukázky vlivu prostředí na životnost dřeva
Obr. 17: Hraněné řezivo, lepené nosníky a zubový spoj
Obr. 18: Vývoj a typy srubových staveb
Obr. 19: Srubové stavby
Obr. 20: Novodobý srub
Obr. 21: Novodobé masivní dřevostavby
Obr. 22: Novodobé masivní dřevostavby
Obr. 23: Křížem lepené řezivo
Obr. 24: Typy novodobých konstrukcí
Obr. 25: Dřevostavby ve světě
Obr. 26: Ukázka řešení skladby masivního stropu
Obr. 27: Typy masivních stropních konstrukcí
Obr. 28: Krokrová a vaznicová soustava
Obr. 29: Možnosti aplikace masivního dřeva ve stavebních a architektonických prvcích
Obr. 30: Vybavení interiéru
Obr. 31: Obvyklé druhy pro výrobu masivního nábytku
Obr. 32: Masivní nábytek
Obr. 33: Obvyklé druhy pro výrobu masivních schodišť
Obr. 34: Obkladové a podlahové palubky
Obr. 35: Pohledové konstrukční dřevo a masivní obložení
Obr. 36: Ukázka palubkové, vlysové a mozaikové podlahoviny
Obr. 37: Obvyklé druhy pro výrobu podlahovin
Obr. 38: Dřevo vhodná pro exteriérové použití
Obr. 39: Ukázka konstrukční ochrany dřeva
Obr. 40: Různé druhy terasových palubek z tepelně upraveného dřeva
Obr. 41: Aplikace masivního dřeva v exteriéru
Obr. 42: Správné a špatné řešení ochrany fasády přesahem střechy
Obr. 43: Vhodné profily fasádních palubek
Obr. 44: Různé druhy fasádních palubek
Obr. 45: Dřevěná fasáda řešená hoblovanými palubkami, nehoblovanými prkny a šindeli
Obr. 46: Dřevěné střešní krytiny
Obr. 47: Speciální užití masivního dřeva
Obr. 48: Stavby z křížově lepeného řeziva CLT. Kežmarská Huť, Stadthaus, knihovna ve Vennesle
Obr. 49: Svislé konstrukce a ukázka jejich spojování
Obr. 50: Vodorovné konstrukce plné a kombinované
Obr. 51: Detail spojů prvků
Obr. 52: Fasádní palubky z masivního dřeva s tepelnou úpravou a ukázka podobných realizací
Obr. 53: Terasové palubky z masivního dřeva s tepelnou úpravou a zahradní pražce
Obr. 54: Skica
Obr. 55: Dispozice 1. nadzemního podlaží
Obr. 56: Dispozice 2. nadzemního podlaží
Obr. 57: Půdorys 1. nadzemního podlaží
Obr. 58: Půdorys 2. nadzemního podlaží
Obr. 59: Pohledy čelní
Obr. 60: Pohled boční
Obr. 61: Rez stavbou
Obr. 62: Skladba obvodových stěn
Obr. 63: Skladba vnitřních stěn
Obr. 64: Skladba exteriérové stěny
Obr. 65: Skladba stropní a střešní konstrukce
Obr. 66: Detail vnějšího rohu obvodové konstrukce
Obr. 67: Detail napojení stropu a stěn
Obr. 68: Detail uložení stropu na obvodovou stěnu
Obr. 69: Detail uložení střechy
Obr. 70: Vizualizace čelní
Obr. 71: Vizualizace boční
Obr. 72: Graf podílu masivního dřeva
Obr. 73: Aplikace masivního dřeva

15 Seznam tabulek

- Tab. 1: Druhy dřeva podle různých vlastností
Tab. 2: Specifické vlastnosti masivních dřevostaveb a prvků
Tab. 3: Trvale udržitelný životní cyklus
Tab. 4: Plochy místností
Tab. 5: Údaje pro výpočet součinitele prostupu tepla obvodovými stěnami
Tab. 6: Údaje pro výpočet součinitele prostupu tepla střešní konstrukcí
Tab. 7: Údaje pro výpočet součinitele prostupu tepla konstrukcí podlahy
Tab. 8: Množství masivního dřeva
Tab. 9: Aplikace masivního dřeva v konstrukci
Tab. 10: Aplikace masivního dřeva ve stavebně-architektonických prvcích