

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE



NÁVRH KONSTRUKCE OBÝTNÉHO DOMU PRO  
VÝROBU NA OBRÁBĚCÍM CENTRU  
HUNDEGGER

Bc. Lukáš Engl, DiS

2020



Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta lesnická a dřevařská

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Autor práce:	Bc. Lukáš Engl, DiS.
Studijní program:	Dřevařské inženýrství
Obor:	Dřevařské inženýrství
Vedoucí práce:	Ing. Přemysl Šedivka, Ph.D.
Garantující pracoviště:	Katedra zpracování dřeva a biomateriálů
Jazyk práce:	Čeština
Název práce:	<b>Návrh konstrukce obytného domu pro výrobu na obráběcím centru Hundegger</b>
Název anglicky:	<b>Design of dwelling house for production on Hundegger machining center</b>
Cíle práce:	Cílem práce je návrh konstrukce rodinného obytného domu systémem sloupkové dřevěné konstrukce pro výrobu na obráběcím centru Hundegger. V rámci literární rešerše bude realizován rozbor typů dřevěných konstrukcí pro obytné stavby a charakteristika základních konstrukčních prvků při výrobě konstrukcí na obráběcím centru Hundegger. Na základě požadavků investora autor navrhne vlastní typ sloupkové konstrukce obytného domu včetně výkresové dokumentace pro obrábění na centru Hundegger a vizualizace konstrukce.
Metodika:	<ul style="list-style-type: none"><li>- Literární rešerše typů dřevěných konstrukcí pro obytné stavby</li><li>- Charakteristika požadavků investora na stavbu</li><li>- Vlastní návrh sloupkové konstrukce pro výrobu na obráběcím centru Hundegger</li><li>- Výkresová dokumentace a vizualizace</li><li>- Závěr</li></ul>

Doporučený rozsah práce: 60 – 80 stran

Klíčová slova: Dřevostavba, sloupková konstrukce, CNC centrum

Doporučené zdroje informací:

1. Borgström, E. Design of timber structures: Structural aspects of timber construction. SE 102 04 Stockholm: Swedish Forest Industries Federation, 2016. ISBN 978-91-980304-8-8
2. EN 1995-1-1:2004 (2004). Eurocode 5: Design of timber structures Part1-1: General-Common rules and rules for buildings
3. Gulvanessian, H, Calgaro, J.A., Holický, M. Designers' guide to Eurocode: basis of structural design : EN 1990. 2nd ed. London: ICE Publishing, 2012. ISBN 9780727741714
4. Jodíido, P. 100 Contemporary Wood Buildings. Kolín nad Rýnem: Taschen, 2019. ISBN 3836561565
5. Kolb, J. Dřevostavby: systémy nosných konstrukcí, obvodové pláště. 2., aktualiz. vyd. v České republice. Přeložil Bohumil Koželouh. Praha: Grada, 2011. ISBN 9788024740713
6. Kuklík, P. Dřevěné konstrukce. Praha: Pro Českou komoru autorizovaných inženýrů a techniků činných ve výstavbě (ČKAIT) vydalo Informační centrum ČKAIT, 2005. Technická knižnice autorizovaného inženýra a technika. ISBN 8086769720
7. Neufert, E., Neufert, P. Navrhování staveb: zásady, normy, předpisy o zařízeních, stavbě, vybavení, nárocích na prostor, prostorových vztazích, rozměrech budov, prostorech, vybavení, přístrojích z hlediska člověka jako měřítka a cíle. 2. české vyd., (35. německé vyd.). Praha: Consultinvest, 2000. ISBN 8090148662
8. Newman, M. Design and Construction of Wood Framed Buildings, New York: McGraw-Hill Education, 1994. ISBN 978-0070463639

Předběžný termín obhajoby: 2019/20 LS - FLD

Elektronicky schváleno: 18. 2. 2020

**Ing. Radek Rinn**  
Vedoucí ústavu

Elektronicky schváleno: 22. 2. 2020

**prof. Ing. Róbert Marušák, PhD.**  
Děkan

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma „Návrh konstrukce obytného domu pro výrobu na obráběcím centru Hundegger“ vypracoval pod vedením Ing. Přemysla Šedivky, Ph.D. samostatně, že jsem v příloženém seznamu literatury uvedl všechny literární prameny, ze kterých jsem čerpal a že si nejsem vědom porušení zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon).

V Nahořanech dne 2. října 2019

.....

Podpis

## **Poděkování**

Rád bych tímto vyjádřil své poděkování rodině za vytvořené zázemí, které umožnilo vznik této práce. Zvláštní poděkování pak patří panu Ing. Přemyslu Šedivkovi, Ph.D za cenné rady a připomínky k mé práci.

## **Abstrakt**

Diplomová práce obsahuje dvě základní části. Textovou část tvořenou literární rešerší a požadavky investora. Montážní dokumentace sloupkové dřevostavby rodinného domu je druhou částí práce. Literární rešerše popisuje jednotlivé typy dřevostaveb. Jejich historický vývoj, nosné prvky konstrukce a jejich spojování včetně popisu vhodných materiálů. Dále pak požadavky investora na stavbu rodinného domu a metodiku návrhu dřevostavby sloupkového typu. Praktickou část práce tvoří vizualizace stavby a montážní dokumentace. Cílem práce bylo vypracování návrhu sloupkové konstrukce dřevostavby pro trvalé bydlení na základě požadavků investora.

## **Klíčová slova**

Dřevostavba, sloupková konstrukce, CNC centrum

## **Abstract**

The thesis contains two essential parts. The text part consists of a literature review and requirements of an investor. The assembly documentation for a light frame construction of a family home is the second part of the work. The literature review describes different types of wooden structures - their historical development, load-bearing members of a structure and their connections, including a description of suitable materials. Furthermore, there are investor's requirements for construction of the house and methodology of designing light frame wooden structures. The practical part of the work consists of visualization of the house and the assembly documentation. The aim of the work was to make a design of a light frame wooden construction for permanent residence on the basis of the investor's requirements.

## **Key words**

Wooden structure, light frame construction, CNC centre

# Obsah

<b><u>1. ÚVOD</u></b>	<b>9</b>
<b><u>2. CÍLE PRÁCE</u></b>	<b>11</b>
<b><u>3. LITERÁRNÍ REŠERŠE – TYPY DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ PRO OBYTNÉ STAVBY</u></b>	<b>12</b>
3.1 SLOUPKOVÉ DŘEVOSTAVBY	12
3.2 SKELETOVÉ DŘEVOSTAVBY	21
3.3 PANELOVÉ DŘEVOSTAVBY	25
3.4 SRUBY A ROUBENKY	29
3.5 SHRUTÍ LITERÁRNÍ REŠERŠE	32
<b><u>4. METODIKA</u></b>	<b>33</b>
4.1 POŽADAVKY INVESTORA	33
4.2 VLASTNÍ NÁVRH SLOUPKOVÉ KONSTRUKCE PRO VÝROBU NA CNC HUNDEGGER	34
4.2.1 KONSTRUKCE OBVODOVÉHO PLÁŠTĚ	34
4.2.2 KONSTRUKCE STĚNOVÝCH PŘÍČEK	36
4.2.3 KONSTRUKCE STŘECHY	36
4.2.4 VÝPLNĚ OBVODOVÉHO PLÁŠTĚ	37
4.2.5 PŘÍPRAVA A VÝROBA NA CNC	37
<b><u>5. DISKUZE</u></b>	<b>39</b>
<b><u>6. ZÁVĚR</u></b>	<b>40</b>
PŘEHLED LITERATURY A POUŽITÝCH ZDROJŮ	41
SEZNAM OBRÁZKŮ	42
SEZNAM PŘÍLOH	43



## 1. Úvod

Historie konstrukcí ze dřeva je stará jako lidstvo samo. Již v pravěku bylo dřevo využíváno jako stavební materiál pro stavbu úkrytů a později chýší. Jak se člověk vyvíjel, měnila se i obydlí a potřeba domova získávala na důležitosti. Zejména proto, že dřevo bylo snadno dostupné a opracovatelné i primitivními nástroji, bylo nejpoužívanějším stavebním materiálem.

Obydlí se postupně zvětšovala, a spolu s tím se měnily konstrukce a způsoby spojování prvků. Každý spoj měl unikátní funkci a byl proto vhodný pro jiná namáhání. Prvopočátkové stavby se rozvinuly až do dnešní podoby, kdy jsou na dřevostavby kladeny moderní požadavky. Historický vývoj až do současné doby mapuje první část mé práce. Jsou zde uvedeny nejen moderní způsoby spojování a provádění staveb, ale i jejich význam a přínos pro konstrukci jako celku.

Současné parametry staveb ze dřeva musí splňovat požadavky na tepelně technické, akustické, architektonické, statické a architektonické vlastnosti. Všechny požadavky odborného charakteru jsou zakořeněny a podmíněny normami. Především ale musí být funkční a uspořádané tak, aby uspokojovaly nároky uživatele.

Z tohoto pohledu je i diplomová práce postavena na přáních investora a snaze maximálně těmto přáním vyhovět. Nároky na stavbu však musejí být reálně proveditelné, a proto je nezbytným klíčem k úspěchu hledat kompromisy.

Texty metodiky popisují nejen požadavky zadané investorem, ale především způsoby, jak jich bylo docíleno. Dále pak charakteristiku konstrukcí a použité materiály.

Hlavní částí diplomové práce je výkresová dokumentace, která byla zpracována nejen z pohledu vizualizace objektu ale také jako vstupní data určená pro výrobu stavby na dřevo obráběcím tesařském CNC centru Hundegger K2i. Největší podíl tvoří montážní dokumentace, podle které byla dřevostavba sloupkového typu následně postavena v lokalitě Zbůch.

Motivací autora práce je navrhnout fungující rodinný objekt, sloužící k trvalému bydlení. Dodržet všechny platné předpisy a současně vyhovět přáním zákazníka.

Konstrukce dřevostavby je sloupkového typu s klasickou vaznicovou soustavou, tvořící skelet střechy. Dispozice stěn je situována tak, aby vnitřní prostor byl maximálně využitý. Důraz je kladený na splnění tepelně-technických požadavků. Celý objekt splňuje podmínky pro zařazení do nízkoenergetického standardu, konkrétně pak do kategorie B.

V závěrečné kapitole jsou shrnuta veškerá zvolená řešení a jejich celkový přínos pro zlepšení dané problematiky konkrétních částí stavby, jakož i míra naplnění stanovených cílů diplomové práce

## 2. Cíle práce

Cílem práce je návrh konstrukce rodinného obytného domu systémem sloupkové dřevěné konstrukce pro výrobu na obráběcím centru Hundegger. Návrh bude realizován v programu pro dřevěné konstrukce SEMA spolu s montážními výkresy, které by měly urychlit řešení problémů pozic a napojení jednotlivých prvků stavby. Požadavky investora budou zohledněny při řešení konstrukce dřevostavby. Dílčím cílem je rozbor jednotlivých, v současné době používaných, typů dřevostaveb a porovnání výhod a nevýhod daných konstrukcí z hlediska výroby na CNC Hundegger K2i. Tato část zadefinuje vhodnost běžně používaných materiálů a problematiku s nimi spojenou.

### 3. Literární rešerše – typy dřevěných konstrukcí pro obytné stavby

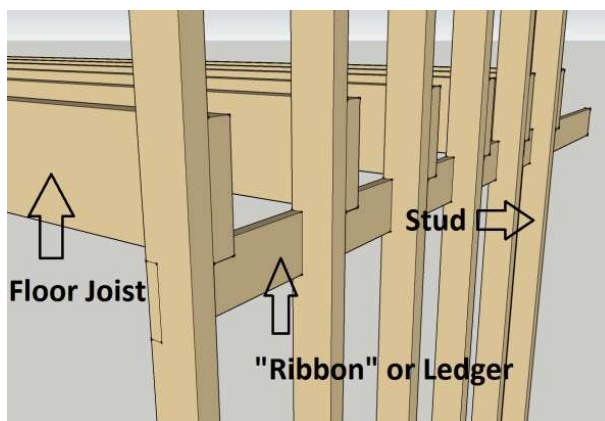
Tyto kapitoly stručně popisují, jak je definována dřevostavba a charakterizují jednotlivé druhy konstrukcí pro běžné rodinné domy.

#### 3.1 Sloupkové dřevostavby

Sloupkové dřevostavby konstrukčně vychází z konceptu hrázděných staveb. Hrázděné konstrukce, byly hojně využívány zejména v oblastech, kde byl nedostatek dřeva pro budování srubů. Využilo se i krátké dřevo, na ztužující prvky nehodící se na jiné systémy. V dnešní době se konstrukce hrázděného typu téměř nepoužívá, zatímco sloupkové dřevostavby jsou jednou z nejpoužívanějších variant staveb ze dřeva.

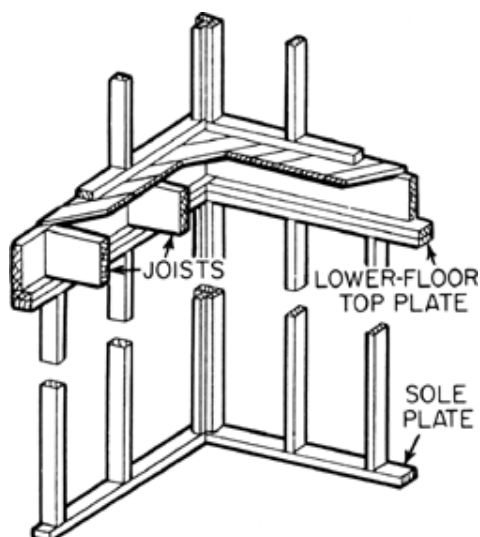
Sloupkové dřevostavby se dají rozdělit z mnoha hledisek např. použitý materiál na nosné části, skladba stěny podle propustnosti vodních par, zvolený způsob zateplení a další. Nejzásadnějším je však dělení na balloon - frame a platform – frame (Borgström 2016).

Prvním způsobem je balloon – frame systém. Sloupky ve stěnách prochází přes dvě a více podlaží. Stropní nosníky jsou uloženy na stojaté fošně, která je zapašována do zářezů na stěnových sloupcích (Kolb 2007). Výhodou tohoto řešení je, zvláště pak u difúzně uzavřených skladeb obvodových konstrukcí, celistvost vzduchotěsné vrstvy.



Obrázek 1 – Balloon frame systém  
(Matt 2011)

Platform – frame systém je opakem prvního způsobu. Sloupky jsou vedeny pouze v rámci jednoho podlaží. Dřevěné hranoly uloženy vodorovně na svislé konstrukci vytváří stropy a zároveň slouží jako prostor pro montáž a přípravu dalších částí objektu (Kolb 2007).



Obrázek 2 – Platform frame systém  
(McGraw 2003)

Principem sloupkové konstrukce je konstrukční rošt z lamelového dřeva v definované osové vzdálenosti, mezi které je aplikovaná tepelná izolace. Tímto řešením nedochází k nežádoucímu zesilování obvodových stěn. Integrovaná izolace zlepšuje součinitel prostupu tepla celé stěny a zabraňuje ztrátám tepla v důsledku vyrovnávání teplot mezi interiérem a exteriérem.

Únikem tepla skrz obálku budovy se zvyšují náklady potřebné na vytápění, proto se tepelná izolace mezi sloupky doplňuje další vrstvou tepelné izolace, nejčastěji na straně exteriéru.

Součinitel prostupu tepla v hodnotách pro pasivní či nízkoenergetické domy je dnes již běžným standardem. Pořizovací náklady jsou vyšší, ale po ekonomické stránce je návratnost za ušetřené náklady na vytápění příznivá.

Tloušťka vrstvy tepelné izolace závisí na tepelně-technických požadavcích kladených na stěnu. Dále pak na zvoleném materiálu a účinnosti izolačního materiálu.

Mezi největší výhody sloupkových dřevostaveb jistě patří izolace vložená mezi nosné části konstrukce. Tato izolace je doplněná další vrstvou nejen pro zlepšení hodnot součinitele prostupu tepla, ale i z důvodu eliminace tepelných mostů. Tepelný most v tomto případě představuje každý sloupek či paždík ve stěně. Druhá vrstva izolačního materiálu tento problém odstraní. Je však nutno dbát zvýšenou pozornost návrhu skladby stěny, aby byla vyloučena možnost kondenzace vody uvnitř skladby.

Kondenzace by nejen zhoršila tepelně izolační vlastnosti, ale především by vedla k možnému vzniku plísní a později k degradaci konstrukce. Velikost rizika ovlivňuje návrh a samotný typ skladby zda se jedná o skladbu difúzně otevřenou nebo uzavřenou. U skladeb otevřených je riziko menší, neboť zde není žádná parotěsnicí vrstva znemožňující únik případné vodní páry.

Další výhodou je rychlost výstavby. Dílce jsou zaměnitelné, tudíž v případě poškození některého z nich je výměna jednoduchá. Jednotlivé prvky se poskládají do rámu a k podkladu se přikotví již jako stěna. Menší úskalí spočívá v dostatku pro uložení ostatních elementů a samotné montáži stěny. Tuto práci zastanou i méně zkušené pracovníky což je dalším pozitivem. Složené rámy nejsou tak těžké jako např. prvky těžkých skeletů a není tudíž nutná těžká technika.

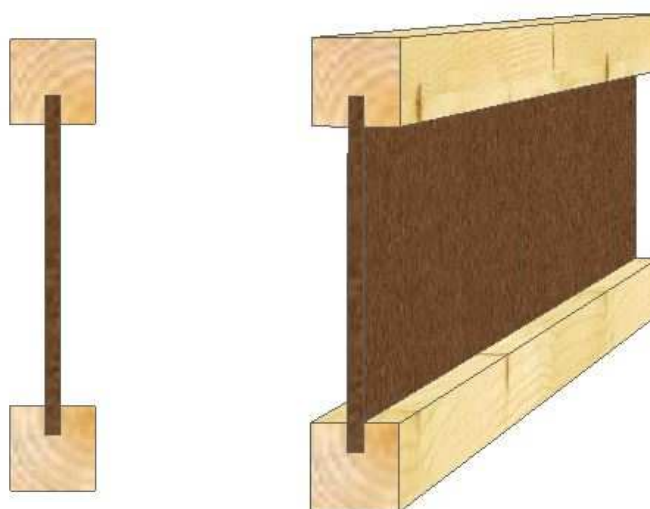
V neposlední řadě i možnost suché výstavby hovoří ve prospěch dřevostaveb. U zděných domů se bez tohoto procesu nelze obejít, což vede k nutným technologickým přestávkám a prodlužování doby výstavby.

Nevýhodou montáže sloupkových dřevostaveb je prostor na přípravu stěn. Velké množství komponentů a jejich správná organizace. Každý prvek musí být kvalitně připevněn ke zbytku konstrukce, což vede k vyšší spotřebě spojovacích prostředků. Jednou z největších nevýhod je pracnost montáže na staveništi v nepříznivém počasí na rozdíl od přípravy panelů v klimatizovaných halách.

Materiál zvolený na nosné části dřevostavby musí splňovat specifické požadavky na pevnost a zejména vlhkost, popř. estetičnost v případě pohledových prvků. Nejčastěji používaným materiálem jsou proto lepené profily, u kterých jsou podle příslušné normy garantovány vlastnosti. Garance v podobě certifikátu zaručuje zákazníkovi jednotné vlastnosti v celém hranolu, bez ohledu na velikost průřezu nebo jeho délku, a proto jsou KVH a BSH hranoly hojně voleným prostředkem.

Sloupky, přestože prostor mezi nimi je vyplněný tepelnou izolací a celá nosná kostra je opláštěná konstrukční deskou, na kterou zpravidla z vnější strany navazuje další vrstva tepelné izolace, představují oslabení celistvosti zateplení objektu. To lze vyřešit výměnou dřevěných hranolů za I nosníky jejichž šířka je díky tenké stojině výrazně menší.

I nosníky tvoří stojina spojující horní a dolní pásnici. Stejně jako variabilnost použití těchto nosníků je i materiál na jejich výrobu různorodý.



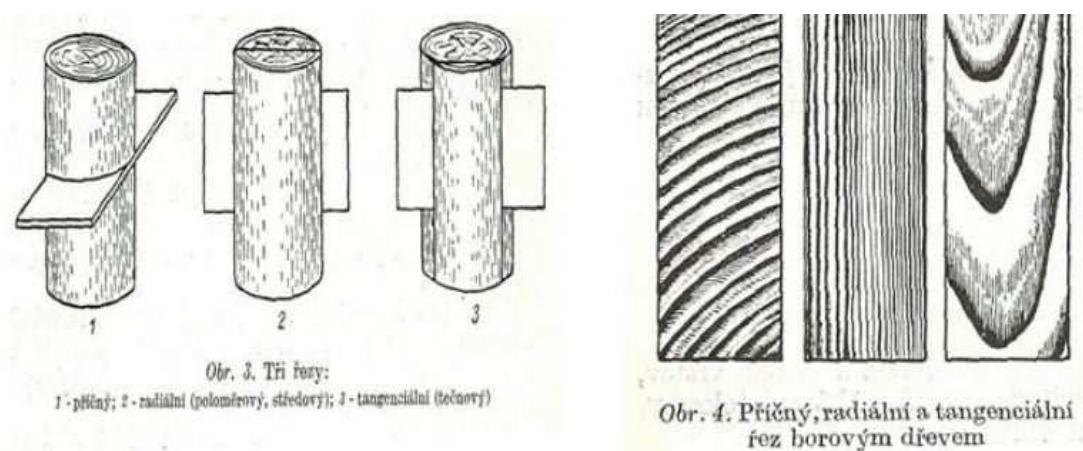
Obrázek 3 – I nosník  
(Zdroj: autor)

Pásnice nosníků jsou vyráběny z jehličnatého dřeva, převážně smrku. Alternativou smrkového dřeva jsou LVL (z anglického Laminated Vaneer Lumber) profily. Jedná se o materiál vyráběný vrstvením a lepením dýh (Mika 2016). Aglomerované materiály jsou naproti tomu hojně používány na stojiny nosníků, zejména pak desky OSB nebo dřevovláknité desky tvrdé.

Obecně platí, že dřevěné prvky zabudované do dřevostavby musí splňovat podmínku vlhkosti. Vlhkost dřevěných elementů musí být 12 % s tolerancí  $\pm 2$  % (ČSN EN 14250). Z toho vyplývá, že lepené profily či I nosníky jsou výhodnou volbou. Rostlý materiál, byť vysušený přírodní cestou má vlhkost v našich klimatických podmínkách 15-20 %, z tohoto důvodu je nutné rostlý materiál uměle vysušet na vlhkost 12 %.

Proces umělého sušení řeziva klade vysoké nároky na technologie, správně zvolené sušicí cykly a zejména energetické nároky. Všechny tyto faktory negativně ovlivňují konečnou cenu materiálu.

Hlavním důvodem, proč se rostlé dřevo suší na požadovanou hodnotu, jsou rozměrové změny průřezu materiálu vlivem bobtnání a sesychání. Struktura dřeva má anizotropní charakter. V praxi to znamená, že hodnota bobtnání či sesychání je v každém směru jiná a může dojít k problémům nejen při realizaci ale zejména v době užívání stavby (Křupalová 2008).



Obrázek 4 – Anizotropie dřeva  
(Jandová 2015)

Změna rozměrů prvků stavby vlivem vlhkosti nemá na celkovou únosnost vliv, s touto změnou jsou však nerozlučně spojené deformace (průhyb, kroucení) a výsušné trhliny. Obě jmenované vady mohou být příčinou mnohem závažnějších deformací konstrukce nebo jejích částí popř. poruch celistvosti skladby stěn. Příkladem výše jmenovaných problémů může být sloupek stěny vlivem vysychání v celé své výšce roztrhaný výsušnými trhlínami. Svislé elementy ve stěnách sloupkových dřevostaveb jsou rozmístěny po vzdálenostech umožňující plynulé napojení konstrukčních desek tvořících plášť. Tento detail je velice důležitý, neboť stavby ze dřeva sloupkového typu se stávají staticky únosnými, až ve chvíli, kdy je konstrukce opláštěna minimálně z jedné strany konstrukčními deskami suplujícími prostorové ztužení.



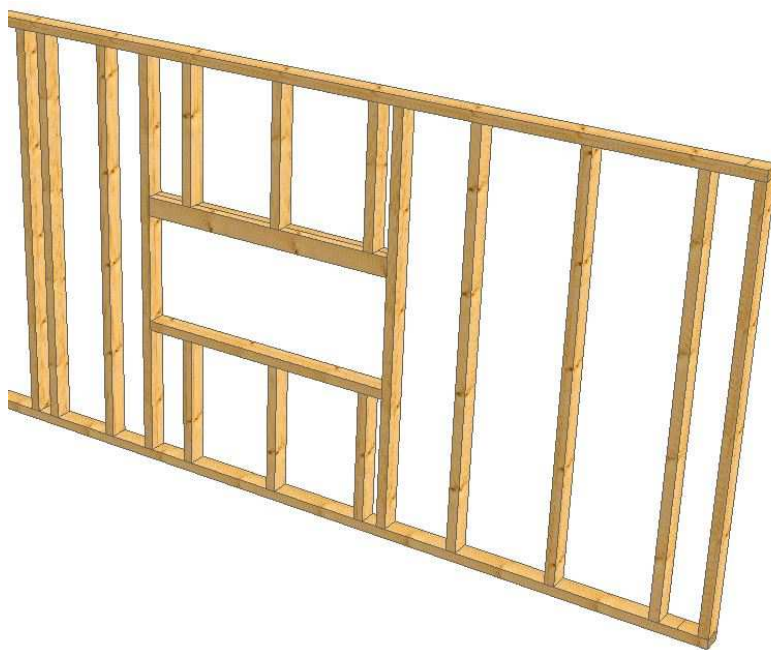
Oba výše zmíněné konstrukční systémy Baloon-frame i Platform-frame jsou tvořeny svislými elementy – sloupky a vodorovnými prvky – prahy, překlady, paždíky. Sloupky ve stěnách jsou rozmístěny nejčastěji v rastru po 625 mm, který je doplněný o prvky vytyčující otvor. Tato rozteč je stanovena s ohledem na konstrukční desky tvořící plášť objektu. Plášť lze aplikovat z vnitřní i vnější strany obvodových stěn. Sloupkové dřevostavby se stávají staticky únosnými po dokončení opláštění. U exponovaných staveb lze prostorové tuhosti objektu dosáhnout opláštěním z obou stran.

Nejčastěji používaným materiálem jsou sádrovláknité či OSB desky, které svými vlastnostmi zlepšují celkovou stabilitu domu. Kotvení deskových materiálů ke sloupkům je prováděno pomocí nastřelovacích hřebíků nebo vrutů. Vhodnost desek určují jejich vlastnosti s ohledem na zvolenou skladu stěny.

Profil veškerých stěnových prvků je vždy shodný. Jedním ze základních rozměrů je tloušťka stanovená u běžných staveb na 60 mm. Šířka prvku koresponduje s účelem dané stěny. U obvodových stěn bude nejvyužívanější hodnotou 140, 160, nebo 180 mm. Nejen z hlediska statiky, kvůli přenášení veškerých zatížení, ale zejména díky možnosti uložení tepelné izolace do vrstvy samotné konstrukce. Nedochozí tak k dalšímu nárůstu tloušťky stěny.

Překlady běžných stavebních otvorů (okna, dveře), tvoří prvky totožného průřezu jako sloupky, s tím rozdílem že jsou uloženy vodorovně mezi svislé hranoly. Výška překladu odpovídá šířce sloupku, často jsou zdvojovány nebo ztrojovány pro větší únosnost (viz obr. 5- Stěna sloupkové dřevostavby).

Paždíky sloužící pro podepření okna jsou připevňovány identicky jako překlady pomocí hřebíků, vrutů, úhelníků či vlnovců. Pro otvory větší šíře jsou paždíky podpírány krátkými sloupky z důvodu zamezení deformací a následnému poškození vyplní.



**Obrázek 5 – Stěna sloupkové dřevostavby**

(Zdroj: autor)

Základový práh i horní pásnici stěny tvoří hranol o stejné délce jako je délka stěny. Celistvost těchto prvků je klíčová z hlediska prostorové tuhosti. V některých případech se spodní hranol vyrábí z modřínového dřeva, které je trvanlivější a odolnější vůči působení vlhkosti. Jedná se spíše o preventivní opatření, neboť jakákoliv vlhkosti způsobující degradaci konstrukce je nepřijatelná. Dalším negativem tohoto řešení jsou vyšší náklady na materiál.

Horní pásnice jsou zdvojeny pro lepší přenos zatížení na všechny svislé prvky stěny. K těmto hranolům jsou připevněny trámy tvořící stropní konstrukci a v případě nepohledové stavby i nosné prvky podhledu.

Stropní prvky z pravidla představují trámy větších průřezů případně I nosníky. Dimenze hodnot závisí na velikosti předpokládaného zatížení. Zatížení je součtem vlastní váhy materiálů, užitným zatížením, působení sněhu v zimním období, větru a dalších. Všechny tyto jevy působí nepříznivě pro konstrukci. Na druhou stranu je třeba brát zřetel na kombinace různých zatěžovacích stavů, které vzájemně vylučují působení některých zatížení, např. když fouká vítr není váha sněhu tak vysoká.

Zatížení sněhem a stejně tak větrem je dáno tabulkovou hodnotou v závislosti na lokalitě. V případě oblasti umístěné na rozhraní dvou sněhových pásem se

z důvodu bezpečnosti uvádí vždy vyšší z hodnot. U větru záleží i na dalších faktorech, tím nejdůležitějším je členitost terénu v lokalitě a především okolní zástavba.

Konstrukce schodiště u většiny dřevostaveb je řešena jako samonosná. V praxi to znamená, že prvky schodiště nejsou kotvené do obvodových stěn. Fixace a prostorové stability je dosaženo kotvením do vnitřních nosných stěn objektu ohraničujících schodišťový prostor. Takovéto řešení nepoškodí jednotlivé vrstvy obvodové stěny a eliminuje tak možnost budoucích problémů vzniklých neopatrnou montáží spojovacích prostředků.

Výstupní rameno je fixováno k vodorovné konstrukci stropu. Zvolené spojovací prostředky navrhne projektant případně static s ohledem na předpokládané využívání schodiště. Samotný návrh schodů, jejich počet, velikost, šířku schodišťového ramene, velikost mezipodesty „odpočívadla“ a výšku zábradlí přesně definuje norma ČSN 73 4130 Schodiště a šikmé rampy.

Další nadzemní podlaží se skládá i provádí obdobně jako podlaží předchozí. Výška dřevostaveb v ČR je omezena požárními předpisy. Tato problematika se vztahuje zejména na administrativní či bytové domy kde se předpokládá více nadzemních podlaží. Rodinné domy jsou nejčastěji typu bungalov (přízemní), nebo s obyvatelným podkrovím kde je maximálně využit prostor členy domácnosti.

Zastřešení rodinných domů je dvojího provedení. První možností je zastřešení objektu pomocí vazníků libovolné konstrukce. Toto provedení má své klady i zápory. Výhodou je rychlá montáž, možnost zastřešení velkých prostorů bez nutnosti středových podpor, nízká hmotnost konstrukce, spotřeba materiálu, výroba v klimatizovaných halách, rovný podhled a mnohé další. Negativy vazníků jsou nutnost těžké techniky na dopravu a jeřáb kvůli osazení vazníků na střechu, cena, nutnost kvalitního zavětrování konstrukce střechy, nevyužitelný prostor pod střechou.

Druhý způsob je klasickou vaznicovou soustavou. Jedná se o klasické řešení s postupným historickým vývojem, kde je možnost využití podkrovního prostoru. Přiznaná konstrukce krovu může tvořit zajímavý estetický prvek v interiéru a spojit účelnost s dekorací. Vaznicové soustavy za posledních několik století prošly

zásadním vývojem z hlediska konstrukce a tesařských spojů, kde každý z nich plnil úlohu jistého zpevnění konstrukce.

Volba klasických krovů přináší jisté výhody. Plnohodnotné využití podkrovního prostoru, estetické prvky interiéru, snazší instalace tepelné izolace, využití dřeva z vlastního lesa. Nevýhodou může být montáž konstrukce, její hmotnost, důsledně vyřešené podpory pro nosné prvky krovu.

Všechny spoje ve sloupkové dřevostavbě musí být provedeny kvalitně. A podle zvolených spojovacích prostředků i používáno přiměřené nářadí a pomůcky v době montáže. Pozice sloupků ve stěnách bylo dříve nutné pracně rozměřovat, v dnešní době je umístění svislých elementů při výrobě na CNC linkách značeno strojově. Ať již formou mělkých zářezů do spodní i horní pásnice nebo značkovacím agregátem, kterých vytvoří tenkou čáru v místě osazení sloupků.

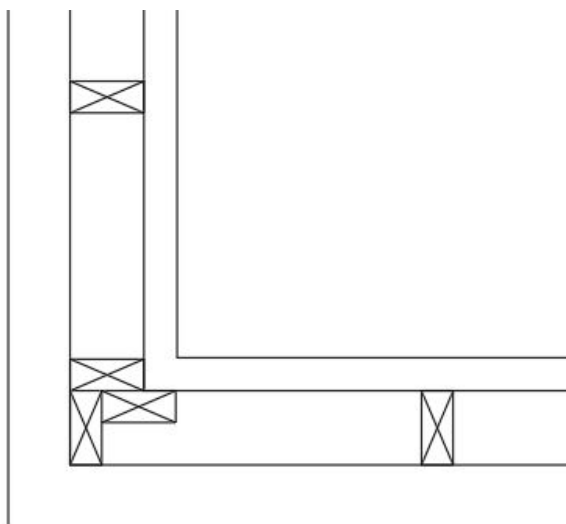
Zakládání staveb ze dřeva se neliší od založení běžných zděných domů. Základové pasy i deska jsou voleny především podle únosnosti podloží na pozemku. Speciální možností řešení základů je tzv. crawl space. Jedná se o rošt vytvořený z masivních hranolů vyvýšených nad úroveň terénu z čehož je i odvozený název konstrukce (Myslín, Straka, Melcher 1999). Tato volba umožňuje pravidelné kontroly a údržbu spodní části dřevostavby. Další pozitivní vlastností je dokonalá izolace před radonem. Zvláštní pozornost je třeba věnovat návrhu tepelné izolace do podlahy, neboť tím, že je stavba zvednutá nad úroveň terénu vzniká tak další ochlazovaná plocha kudy by mohlo unikat teplo z objektu.



**Obrázek 6 – Crawl space**

(Vokoun 2012)

Dalším neméně důležitým detailem při montáži sloupkových dřevostaveb je provázání jednotlivých stěn. Počátek stěny tvoří vždy sloupek. V místě styku s další stěnou jsou sloupky rozmístěny v zavedeném rastru doplněny o další, který je k nim orientovaný na kolmo, tak aby vzniklo po přivrutování pevné spojení (viz. obr. č 7 Spojení stěn).



**Obrázek 7 – Spojení stěn**

(Zdroj: autor)

Prostorová pevnost je dále dána také vhodným tesařským převázáním základových hranolů a horních prvků zdvojených pásnic. Konce hranolů jsou spojeny pomocí plátování a zajištěny hřebíky či vhodnějšími vruty. Pláty se pravidelně střídají, tj. na jednom konci je plát na spodní polovině pásnice a na druhém je nahoře.

Spojení dřevostavby se základy může být provedeno kombinací úhelníků a vrutů nebo mechanických kotev. Častějším řešením je provrtání spodního hranolu stěny a betonu pod ním. Po důkladném vyfoukání nečistot z otvoru je do něho natlačena chemická kotva, do které je zašroubována závitová tyč zkrácená na hloubku otvoru + výšku základového hranolu + tloušťku podložky a matky.

#### 3.2 Skeletové dřevostavby

Nosnou část těchto dřevostaveb tvoří, jak je již patrné z názvu skeletová konstrukce. Rozdělují se z hlediska možnosti překlenutí rozponů na těžké a lehké skelety (Růžička 2014). Obě varianty vychází z historicky starších hrázděných staveb, kde nosnou kostru domu tvořila soustava vodorovných a svislých hranolů. Prostor mezi nosnými

Prvky vyplňovaly pálené cihly.

Dnes se hojně využívá kombinace materiálů. Kostra objektu je z masivního dřeva, zatímco nenosnými výplněmi může být libovolný materiál. Vhodnost materiálu definuje účel daného prostoru. Pro rodinné domy budou nenosnými výplněmi zejména panely ze dřeva a velkoplošných aglomerovaných desek, zatímco u výstavních prostor budou převládat skleněné výplně (Kuklík 2005).

Rastr použitý pro pozice sloupů vychází z rozměrů desek aplikovaných jako plášť. Nejběžnějším rozponem jsou tedy násobky 625 mm. Na rozdíl od sloupkových dřevostaveb zde velkoplošné materiály neslouží jako zavětrování pro zvýšení prostorové stability. U skeletů ať už lehkých nebo těžkých jsou desky instalovány často jen na vnější stranu, zatímco ta interiérová je ponechána bez opláštění. Je tím tak otevřený pohled na nosnou konstrukci, jenž dodává interiéru jedinečný ráz.

Ztužení skeletových dřevostaveb zajišťují ocelové kříže, dřevěné diagonály nebo některé z polí mezi sloupky opláštěné deskami na bázi dřeva. Těmi mohou být sádkokartonové, OSB nebo např. cementotřískové desky s povrchovou úpravou. Prostorovou stabilitu pomáhají zvyšovat i vnitřní konstrukce jakými jsou schodiště nebo větrací šachty.

Konstrukčním materiálem pro nosnou konstrukci jsou u lehkých skeletů hranoly z rostlého dřeva nebo lepené profily. U těžkých skeletových objektů jsou voleny KVH nebo spíše BSH hranoly u nichž jsou garantovány stejné vlastnosti v celém průřezu.

Název BSH hranolů pochází z německého Brettschichtholz, což lze přeložit jako lepené lamelové dřevo (DIN 1052-1/A1). Tento sortiment je certifikovaný a splňuje požadavky kladené na prvky konstrukce umístěné v interiéru. Je uměle vysušený na hodnoty odpovídající vlhkosti interiéru domu. Tím je eliminována

možnost vzniku výsušných trhlin, které negativně ovlivňují statickou únosnost hranolů a nejsou estetické.

Hranoly jsou slepené z jednotlivých lamel, které jsou délkově nastavovány zubovým spojem. Splením lamel do hranolu, lze dosáhnout vyrovnání vlastností v celém průřezu a současně se výsledné trámy nedeformují v takové míře jako rostlý materiál. Jednotlivé lamely dřeva prochází kvalitativní kontrolou před jejich splením do nekonečných vlysů. Výroba dřevěných trámů je energeticky méně náročná než např. výroba betonových sloupů, na něž jsou kladeny identické nároky.

Z výše uvedených poznatků lze říci, že BSH hranoly jsou nejlepší volbou pro těžké skelety. Konstrukce z lepeného lamelového dřeva umožňuje vzdušnost interiéru a zastřešení větších rozponů bez nutnosti středových podpor.

Negativní stránkou skeletových dřevostaveb jsou nároky na dopravu a těžkou techniku v době montáže, cena, kvalifikovaní pracovníci, náročná příprava a nutnost přesného opracování během výroby.

Výhodami jsou naopak možnost velkých rozponů, volná vnitřní dispozice, esteticky zajímavá konstrukce, možnost kombinace různých materiálů (EN 1995-1-1 2004).

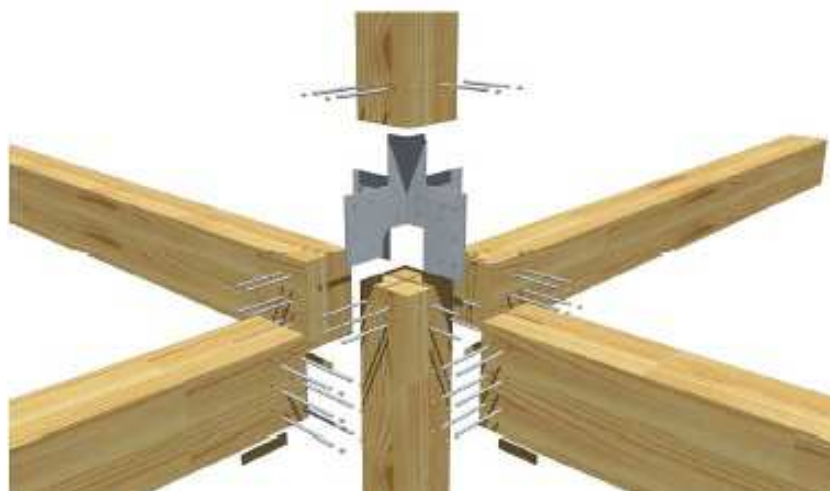
Tento typ dřevostaveb je výhodný z hlediska statiky a přenosu sil od konstrukce střechy do základů. Současně jsou kladeny větší nároky na spoje jednotlivých prvků. Takto masivní konstrukce je potřeba správně nadimenzovat a uzpůsobit velikosti průřezu dimenze spojovacích prostředků (Kuklík 2004).

Nejběžněji používaným spojem průvlaků se sloupy jsou vkládané plechy doplněné svorníky nebo ocelovými kolíky (viz. obr 8 - Vkládané plechy). Únosnost spoje zaručí dostatečný počet kolíků. Trámy jsou do poloviny průřezu předvrtány vrtákem průměru o 1 mm menším, než je průměr kolíku. Ocelové kolíky mají špičku opatřenou břitem, díky němuž se provrtají skrze vložený plech až do druhé poloviny dřevěného hranolu.

Drážky pro plechy mohou procházet skrze celou výšku průvlaku, nebo být z jedné strany kryté. Tím, že je ocel chráněná vrstvou dřeva se zlepšuje i požární odolnost. Odolnost vůči působení ohně je důležitým faktorem u všech typů dřevostaveb (ČSN 73 0802). Dřevo je hořlavým materiálem, přesto je během

působení žáru odolnější než ocel, neboť ocel se taví a deformuje a dochází ke zborcení konstrukce.

Masivní dřevo naproti tomu postupně ohořívá po povrchu, ale stále je staticky únosné a umožňuje bezpečný únik osob z objektu. Zuhelnatělá vrstva zabraňuje přístupu kyslíku a prodlužuje tak dobu hoření dřeva, aniž by došlo ke ztrátě únosnosti.



**Obrázek 8 – Vkládané plechy**

(Rojík 2011)

Schodiště mohou být samonosná, jako je tomu u jiných typů dřevostaveb. Ovšem těžké skeletové konstrukce umožňují i možnost kotvení prvků schodiště přímo ke skeletu, čímž se zjednodušuje konstrukce schodiště a lze využít podschodišťový prostor (ČSN 73 4130 ).

Těžké skeletové konstrukce jsou nejvíce používané, jak již bylo uvedeno, zejména pro velká rozpětí. Tedy pro administrativní budovy nebo komplexy s nutností velkých prostor. Zastřešení takových objektů je nutno řešit s ohledem na velikost svíslé nosné konstrukce, proto použití běžných vaznicových soustav není vhodné. Stejně jako jsou na velké rozpory ideální sloupy a průvlaky těžkého skeletu, pro konstrukci zastřešení jsou nejvýhodnější vazníky.

Vazníky dovolují překlenout velké vzdálenosti s použitím minimálního množství materiálu. Správný návrh vazníkové soustavy závisí na velikosti volného



rozpětí, s použitím vnitřní podpory se tato vzdálenost ještě zvětší. Velikost průřezu prvků použitých na vazníky je volena dle velikosti zatížení od skladby střechy, volného rozpětí, materiálu podhledu a dalších (ČSN 73 1901).

Největší výhodou vazníkových soustav oproti běžným krovům je možnost zastřešení velkých rozpětí. Úspora materiálu je také nezanedbatelným faktorem, na diagonály lze využít i krátké díly.

Nevýhodou je cena, nutnost těžké techniky, přeprava, kvalifikovaní pracovníci. V době montáže je nezbytné důkladně vazníky ukotvit a provést precizní ztužení jak v příčném, tak podélném směru. V případě porušení jednoho z vazníků se zatížení rovnoměrně rozloží na ostatní části konstrukce a nedojde ke zřícení střechy.

Podélné ztužení mohou tvořit desky připevněné k horním pásnicím tvořící záklop. Desky se ukládají delší stranou v podélném směru a každá následující řada je posunuta, tak aby došlo k důslednému převázání. Druhým způsobem ztužení v delší ose objektu mohou být tzv. Ondřejské kříže. Jedná se o svislá prkna umístěná na nejdelší diagonálu vazníků (Jelínek, Červený 2012).

### 3.3 Panelové dřevostavby

Principem panelové konstrukce je co nejvyšší stupeň prefabrikace dílců ve vhodných a mechanizovaných podmínkách montážních hal. Panelové dřevostavby vycházejí z konceptu sloupkových dřevostaveb a mohou je plnohodnotně nahradit. Dřevo je materiálem snadno opracovatelným s téměř neomezeným množstvím způsobu využití. Stejně tak panelové konstrukce se dají rozdělit na sendvičové a masivní (Růžička 2005).

Systém panelů je konstruovaný pro veškeré nosné části domu. Panely lze rozdělit z mnoha hledisek- velikost panelu, stupeň jeho dokončení, nosné či nenosné, stěnové, stropní, štítové, střešní, aj. Nejvíce problematickým detailem těchto staveb je důsledná montáž s pečlivě provedenou parotěsnicí vrstvou.

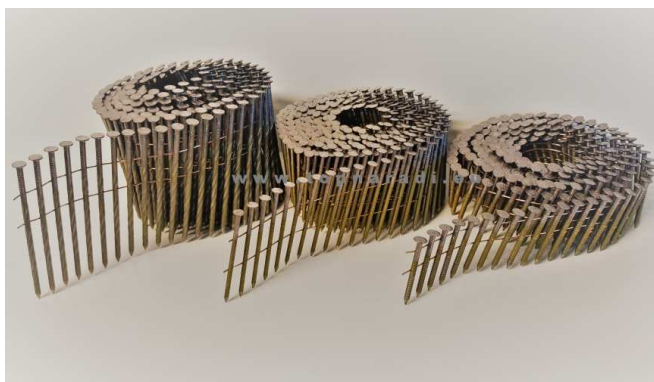
Sendvičové konstrukce jsou de facto prefabrikované stěny sloupkových dřevostaveb. Jen způsob provázání jednotlivých stěn je rozdílný. Zatímco u sloupkové konstrukce spolupůsobení zajišťuje rohové přeplátování prahů a vrchních hranolů u panelové se jedná o kovový spojovací prostředek držící panely pohromadě.

Panely sendvičového typu tvoří nosná kostra z dřevěných hranolů popř. I profilů, jež jsou opláštěny dvojicí konstrukčních desek. Pláštěm jsou nejčastěji desky na bázi dřeva. Rastr nosné kostry je opět volený s ohledem na pohodlné připevnění desek pláště. Svislé spáry na styku desek se musí střídat, tak aby v celé výšce panelu nebyla pouze jedna. Tím by se prostorová stabilita stěny několikanásobně snížila.

Volný prostor uvnitř panelu je vyplněn tepelnou izolací. Tou mohou být deskové tepelné izolace (extrudovaný polystyren, minerální vlna, dřevovláknité desky měkké, a další) nebo je dutina vyplněna foukanou izolací (nejčastěji celulóza nebo dřevní vlákna). Na vyplnění lze použít i odřezky z tepelných izolací, což je další nespornou výhodou panelů. Prakticky se dá říct, že míra zužitkování jednotlivých materiálů je maximální možná (Vaverka, Havířová, Jindrák 2008).

V prostorách hal jsou vhodnější podmínky než-li na staveništi, a tudíž i panely získávají na kvalitě. Míra prefabrikace je možná až k dokončovacím pracím včetně vnější fasády a rozvodů potrubí uvnitř panelu. V takovém případě se vyrobené panely na stavbě pomocí jeřábu pouze osadí a vhodnými spojovacími prostředky zafixují. Výplně otvorů je možné osadit přímo na stavbě nebo již během samotné výroby panelu.

Jednotlivé elementy, jež tvoří panel jsou spojovány hřebíky nebo sponkami. Díky svým vlastnostem a snadné aplikaci pomocí hřebíkovacích pistolí jsou optimální volbou. Délka spojovacích prostředků závisí na velikosti panelu a spojovaných prvků.



**Obrázek 9 – Hřebíky do hřebíkovacích pistolí**

(Patka 2020)

Samostatnou kapitolou jsou panely vyrobené z masivního dřeva. Nejběžnějším rozdělením jsou tzv. CLT panely (z anglického Cross-Laminated Timber) nebo také X-LAM a DEK panely. Obě konstrukce se zásadně liší ve způsobu spojování jednotlivých lamel. Zatímco DEK panely jsou šroubované, CLT panely drží pohromadě tenké vrstvy lepidla (Pavlas 2016).

Každá z konstrukcí má své výhody i stinné stránky. Obě varianty se hojně používají pro vícepodlažní budovy. Mají vyšší hmotnost oproti běžným montovaným panelům, ale tento nedostatek vynahrazují svou schopností přenášet větší zatížení. Liší se nejen způsobem spojování jednotlivých vrstev ale také tloušťkou panelu. Správná dimenze panelu vychází ze statického výpočtu a požárních požadavků na konstrukci.

Rozměry jednotlivých panelů je třeba sladit především s následnou montáží a dopravou. Tyto požadavky je nezbytné zohlednit před samotnou výrobou panelů a vyhnout se tak problémům. Nejdelší panely s ohledem na dopravu jsou 13 m, pak je již nutné požádat o výjimku pro nadměrné náklady což negativně ovlivní finanční náklady.

Pohledová vrstva panelů musí splňovat estetické požadavky na konstrukci, tj. žádné zamodránění, omezený počet suků a jejich velikost, žádné viditelné spojovací prostředky, trhliny a další, které ovšem nemají vliv na mechanické vlastnosti (Pavlas 2016).

Stejně jako tomu bylo u montovaných panelů i masivní panely jsou navrženy tak, aby uspokojily potřeby každé konstrukce domu nezávisle na tom, zda se jedná o stěny, štíty, stopy či střechu.

Výhodou masivních panelů jsou nejen výborné mechanické vlastnosti a odolnost vůči působení požáru, ale také zajímavá estetičnost interiéru. Masivní dřeva dodává vnitřním prostorům jedinečný ráz a zároveň působí příznivě na lidskou psychiku díky svému přírodnímu původu (Gulvanessian, Calgaro, Holický 2012).

Současně panely umožňují plné zatížení a užívání ihned po montáži. V neposlední řadě je i doba samotné výstavby díky vysoké prefabrikaci krátká a nevyžaduje vysoké odborné znalosti pracovníků, neboť řešení kotvení se neustále opakuje. Jak bylo uvedeno výše, panely se vyrábí v klimatizovaných halách, což je výhodou nejen pro pracovníky ale i pro kvalitu produktů. Z ekonomického hlediska

jsou panely skvělou volbou pro výrobce, protože odpad z výroby je minimální a zužitkují se i menší kusy pro jiné typy dřevostaveb nepoužitelné.



**Obrázek 10 – Masivní CLT panely**

(Dvořák 2017)

Druhou stranou mince jsou negativa spojená s tímto řešením konstrukce bez ohledu na to, zda se jedná o panely masivní nebo montované. Velká hmotnost panelů vyžaduje přítomnost těžké techniky na staveništi. Tím, že se jedná o přepravu velkoplošných dílců bude nutné zvolit vhodný dopravní prostředek v závislosti na terénu a komunikacích poblíž místa realizace. Též trasu mezi výrobnou a stavenišťem je potřeba naplánovat z důvodů různých omezení na komunikaci.

Montáž panelů vyžaduje příznivé klimatické podmínky, nelze montovat za deště, který by mohl znehodnotit dlouhodobou životnost panelů. Rovněž za silného větru by jeřáb nedokázal přesně osadit panely na jejich místo určení. Rozhoupání zavěšeného břemena je nebezpečné a snadno by mohlo být příčinou úrazu nebo dokonce smrti některého z pracovníků.

Všechny tyto body se nepříznivě projeví na ceně dřevostavby a záleží pouze na investorovi, zda jím zvolené řešení je finančně přijatelné.

#### 3.4 Sruby a roubenky

Sruby jsou konstrukčně nejstarším typem dřevostaveb. Hojně byly stavěny především v horských oblastech a lokalitách bohatých na dřevo. Roubenky jsou novodobím následníkem srubů, od kterých převzali koncept tvorby stěn a začali využívat pro dnešní dobu typičtější hranoly z lepeného lamelového dřeva (Horák, Zahradníček 2007).

Horské oblasti s dostatkem lesů byly doslova jako stvořené pro vývoj a realizace srubů. Materiál byl snadno dostupný a jednotlivé kmeny tvořící veškeré stěny se opracovávaly a upravovaly přímo na místě. Konstrukce srubové stěny spočívá v osazení odkorněných kmenů na sebe. V místě křížení byla vytvořena kapsa pro přesné osazení kmene tak, aby bylo zajištěno vzájemné spolupůsobení (Houdek, Koudelka 2004).

U dřevostaveb tohoto typu platí, že první a poslední kmeny stěny musí být vcelku bez přerušení. Dále jsou sruby i roubenky omezeny maximální délkou stěn, a to nejen kvůli problematickému shánění potřebného materiálu ale i z důvodu zajištění prostorové stability stěny. S tím souvisí i použití vhodných prvků, stromy nesmí mít sbíhavý tvar kmene (Hunt 2016).

V dnešní době je tento problém u roubených dřevostaveb překonaný díky technologii výroby BSH hranolů, které mají konstantní průřez. Lepené lamelové dřevo je vysušené na požadovanou hodnotu, a tudíž výsledná stavba nesesdává vlivem sesychání v takové míře jako rostlý materiál používaný na sruby. Tento nedostatek je patrný především v prvním roce. V dalších letech stále dochází k sesedání ale již ne tak výraznému.

Kvůli sesychání je nezbytné u výplní otvorů nechat dostatečné tolerance vyplněné paměťovými pásky. V opačném případě hrozí ztráta funkčnosti výplní nebo jejich nenávratnému poškození.

Rohové spojení stěn se provádí pomocí speciálních tesařských spojů. Lze použít klasické přeplátování kde každý z prvků je oslabený o polovinu průřezu. Důmyslnějším spojem je tzv. dove tail. Jedná se o speciální spoj zdokonalený právě pro novodobé roubené dřevostavby. Tento spoj, který tvoří dokonalé provázání kolmých stěn, současně poskytuje konstrukční ochranu proti případnému vniknutí vody do spoje (Gerner 2003).



**Obrázek 11 – Dove tail**

(Zdroj: autor)

Jednou z předních výhod bydlení ve srubu či roubence je harmonické bydlení ve stavbě se nenapodobitelným rázem. Dále pak tloušťka stěny a možnost vedení veškerých rozvodů přímo skrze ni. Z pohledu požární odolnosti jsou roubené dřevostavby jednou z nejlepších možností, ačkoliv je dřevo hořlavým materiálem ohořívá postupně a masivní konstrukce mají delší dobu hoření, než dojde k destrukci než je tomu u oceli (ČSN 73 0802).

Další výhodou je, že v dnešní době se veškeré prvky připravují ve výrobnách a na staveništích se jen lehce upravují dle potřeby. To vše vede k urychlení montáže a snížením nákladů na těžkou techniku za dlouhé časové prodlevy během montáže. Pochopitelně v zahraničí se stále některé firmy ubírají tradičnějším stylem a kmeny upravují v místě realizace dle potřeby. Jedná se především o Kanadu a skandinávské státy (Hájek 2002).

Nevýhodou, jak již bylo uvedeno, je hořlavost konstrukce jako u všech druhů dřevostaveb. Náklady na dopravu a těžkou techniku během montáže. Z hlediska financí je materiál použitý na konstrukci srubů a roubenek nejvyšší ze všech dřevostaveb. Tepelně-technické požadavky splňující hodnoty pasivního domu ani s masivní stěnou ze dřeva nelze. Tento problém lze vyřešit instalací vrstvy tepelné

izolace na interiérové straně obvodových stěn, bohužel tak dochází ke zmenšení využitelné podlahové plochy objektu.

Dříve bylo velmi problematické řádně utěsnit veškeré mezery a výplně otvorů, a proto docházelo k velkým únikům tepla z objektu. Dnes je tento problém překonán použitím paměťových pásků, které pružně reagují na případné nedostatky. Zejména je to patrné během prvního roku, kdy dochází k největšímu sedání srubu vlivem sesychání dřeva.

Sruby i roubené dřevostavby je nutné kvalitně ošetřit, aby se co nejvíce prodloužila jejich životnost. Toto opatření lze rozdělit na ochranu chemickou a konstrukční. Chemická ochrana spočívá v aplikaci nátěru na povrch prvků, čímž se zabrání průniku vlhkosti do konstrukce a napadení dřevokaznými škůdci. V případě některých látek je potřeba tento nátěr pravidelně obnovovat.

Konstrukční ochrana je přirozenější a spočívá v minimalizování možnosti průniku vody do konstrukce. Všechny typy dřevostaveb jsou vyvýšené minimálně 300 mm na upraveném terénu kvůli pronikání vlhkosti ze spodku stavby a ostřiku dešťovou vodou.

Delší přesahy střechy jsou dalším detailem příznivě přispívajícím k ochraně stavby před vodou. Všechny spoje vystavené povětrnostním vlivům by měli být navrženy tak, aby voda mohla bez potíží odtéct a nezpůsobovat degradaci konstrukce. Rohové spoje dovetail jsou navrženy tak, že zámek je skloněn ve dvou rovinách a tím pádem i eliminováno riziko hromadění se vody ve spoji (Havířová 2005).

Důležitým prvkem je i samotný tvar budovy a jeho orientace na pozemku. U složitých členění je vyšší hrozba nesprávně vyřešeného detailu a zatékání vody do konstrukce. U kmenů stromů dochází zpravidla k vysoušení a vzniku výsušných trhlin. Jedná se o přirozený jev a jeho působení na konstrukci je minimální, přesto je dobré tyto trhliny orientovat na vnitřní stranu objektu nebo alespoň směrem dolů, aby nemohlo dojít k hromadění vlhkosti. Toto platí u montáže již vyschlých kmenů. V případě montáže nevysušené kulatiny se výsušné trhliny projeví až později a je nezbytné je chemicky ošetřit nátěrem.

Konstrukce stěny je důležité pevně prostorově ztužit. Touto výztuhou mohou být vnitřní nosné stěny provázané s obvodovými. Další možností je provádět

v pravidelných rozestupech ztužení v podobě závitových tyčí protažených v připravených otvorech, které stahují stěnu v celé její výšce. Závitové tyče lze nahradit stavebními vruty s talířovou hlavou, jež pevně stahují vždy právě položenou vrstvu s tou předchozí.

Opracované kmeny ve srubové stěně těsně doléhají jeden na druhý. U roubených dřevostaveb jsou BSH hranoly opatřeny perem na horní a drážkou na spodní straně. Tento zámek pomáhá zlepšovat prostorovou stabilitu stěny. Dříve se do vyvrtaných otvorů vkládaly dřevěné kolíky.

Zámek v podobě vlastních per a drážek lze nahradit perem vloženým. Jedná se o pero vytvořené ze dřeva případně překližky. V dnešní době se vkládaná pera používají také při imitacích starých roubenek, kdy je mezi dvojicí per vložená tepelná izolace přičemž svislé zatížení přenáší dubové hranolky instalované mezi pásy tepelné izolace.

#### 3.5 Shrnutí literární řešerše

Literární řešerší byl proveden průzkum aktuálně nejčastěji používanými konstrukčními systémy pro výstavbu dřevostaveb. Pro realizaci dřevostavby bude zvolen systém, který splňuje představy a požadavky investorky.



## 4. Metodika

### 4.1 Požadavky investora na RD

Zadáním investorky je návrh a vypracování výrobní projektové dokumentace pro konstrukci rodinného domu sloupkového typu pro výrobu na centru Hundegger. Silný důraz je kladen na rychlost výstavby a celkové náklady na pořízení dřevostavby určené pro trvalé bydlení.

Dům je určen pro celoroční užívání pro čtyřčlennou rodinu. Prováděcí dokumentace bude vypracována na základě podkladů základního architektonického návrhu s ohledem na požadavky investora.

Z hlediska charakteristiky místa výstavby bude stavba situována do oblasti obce Zbůch v nadmořské výšce 370 m n.m. v 3. klimatické oblasti. Tvar stavebního pozemku a sklon reliéfu omezuje realizaci domu s případnou velkou zastavěnou plochou, proto byla zvolena výstavba i podkrovních obytných místností v 1. patře. Na pozemku je připravenost na připojení elektrické energie, vodovodního řadu, zemního plynu a odpadní kanalizace.

Požadavky parametrů pro konstrukci díla stran investorky jsou:

- 1) nízkoenergetický standard, z hlediska energetického štítku hodnoty pro zařazení objektu do kategorie B
- 2) cenová dostupnost vzhledem k vlastnostem pro užívání
- 3) difuzně otevřený konstrukční systém
- 4) důraz na rychlou a suchou výstavbu
- 5) maximální využití podlahové plochy
- 6) použití keramické střešní krytiny
- 7) anhydrotové podlahy kvůli útlumu přenosu hluku
- 8) použití KVH hranolů na nosnou konstrukci a rostlého dřeva na krov

## 4.2 Vlastní návrh sloupkové konstrukce pro výrobu na CNC Hundegger

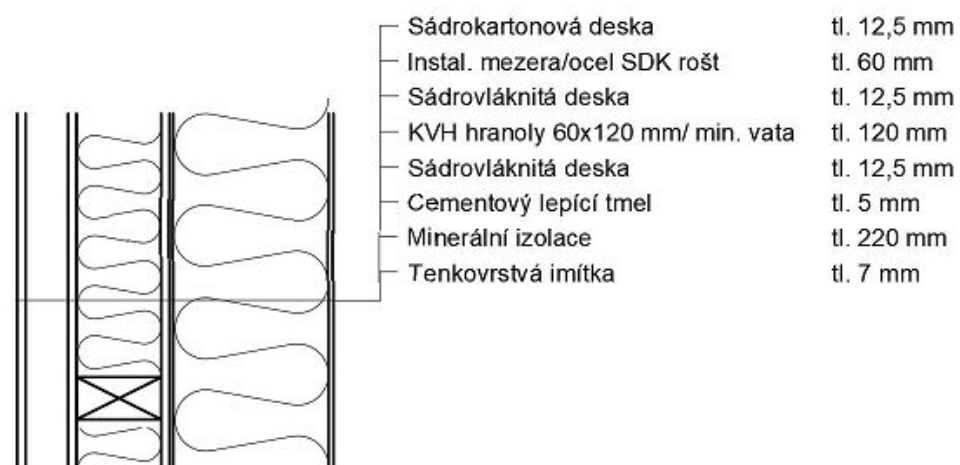
Skladba obvodového pláště byla navržena s ohledem na požadované hodnoty součinitele prostupu tepla tak, aby systém splňoval požadavky nízkoenergetického standardu, z hlediska energetického štítku hodnoty pro zařazení objektu do kategorie B a současně byl difuzně otevřený.

### 4.2.1 Konstrukce obvodového pláště

Pro konstrukci obvodového pláště a interiérových příček byl zvolen systém sloupkové konstrukce tzv. „Two by four“ s osovou vzdáleností sloupků 625 mm s použitím KVH hranolů. Unifikovaný rozměr průřezu obvodové stěny 60 x 120 mm. Průřez hranolů nenosných příček 60 x 100 mm. Pro konstrukci střechy byl zvolen systém vaznicové soustavy s pozednicemi a vrcholovou vaznicí. Použitým materiálem na konstrukci krovu bylo rostlé dřevo přirozeně vysušené na hodnotu vzduchosuchého.

Použitou dřevinou na veškeré prvky obvodového pláště byl smrk. Z hlediska požadovaných vlastností a ceny je výhodný.

Skladba stěny:



**Obrázek 12 – Skladba obvodové stěny**

(Zdroj:Autor)

Výše uvedená konstrukce obvodového pláště je navržena tak aby plnila funkci:

- z hlediska rozvodů inženýrských sítí je v interiéru navržena předstěna – tl. 60 mm vytvořená pomocí roštu z KVH hranolů a uzavřená sádkartonovými deskami. Předstěna dále funguje jako tepelně izolační vrstva. Vedení instalací předstěnou zabezpečuje neoslabování obvodových stěn a současně se tím nevytváří tepelné mosty. Zvyšuje se tak trvanlivost stavby a snáze se provádějí opravy na rozvodech při poškození.
- z hlediska statické účinnosti jsou navrženy KVH hranoly v dimenzích 60 x 120 mm, které jsou ze strany exteriéru opláštěny OSB tl. 160 mm.
- z hlediska zamezení vzniku rosného bodu uvnitř konstrukce a řešení umístění tepelné izolace je použita tepelná izolace mezi sloupky typu minerální vlna od výrobce Isover tl. 120 mm.
- pro základový rám jsou zvoleny impregnované smrkové prahy, které jsou osazeny na základovou desku s aplikovanou hydroizolací izolací typu Guttabit A 330 H od výrobce Gutta.

Výhodami tohoto zvoleného konstrukčního systému jsou:

- difúzně otevřený systém neklade nároky na precizní instalaci kompaktní parozábrany do obvodového pláště.
- zaměnitelnost dílců a jejich snadné opracování.
- jednoduché řešení s neustále se opakujícími spoji.
- stavbu lze provádět bez pomoci těžké techniky.
- v případě poruchy, snáze dojde k vysušení krátkodobě nahromaděné vlhkosti

Nevýhodami tohoto zvoleného konstrukčního systému jsou:

- vyšší náklady na zateplení difúzně otevřeného systému.
- difúzně otevřený systém klade nároky na vyšší tloušťku obvodového pláště a tím dochází ke zmenšení užité obytné plochy v interiéru (v případě zateplování interiérové strany).
- nutnost správné volby skladby a materiálů tak, aby nedocházelo ke kondenzaci uvnitř skladby více, než je přípustné normou.

#### 4.2.2 Konstrukce stěnových příček

Pro konstrukci příček byl zvolen systém sloupkové konstrukce s osovou vzdáleností sloupků 625 mm s použitím KVH hranolů. Unifikovaný rozměr průřezu nenosných příček 60 x 100 mm a 60 x 140 mm pro vnitřní nosné stěny. Konstrukce vnitřních stěn a příček byla oplášťována SDK deskami tl. 12,5 mm.

Výhodami tohoto zvoleného konstrukčního systému jsou:

- malá hmotnost
- jednoduché provedení s opakovatelnými spoji
- možnost vedení svislých instalací
- demontovatelnost a změna vnitřní dispozice

Nevýhodami tohoto zvoleného konstrukčního systému jsou:

- delší doba montáže než u panelů
- nemožnost libovolných bodových zatížení
- vysoká schopnost přenosu hluku

#### 4.2.3 Konstrukce střechy

Pro konstrukci střechy byl zvolen systém vaznicové soustavy s pozednicemi a vrcholovou vaznicí. Použitým materiálem na konstrukci krovu bylo rostlé dřevo přirozeně vysušené na hodnotu vzduchosuchého. Rostlý materiál splňuje pevnostní požadavky a je cenově příznivější.

Výhodami tohoto zvoleného konstrukčního systému jsou:

- cenově příznivější než vazníková soustava nebo použití KVH hranolů.
- možnost přiznání konstrukce krovu
- možnost dodání dřeva z vlastních zdrojů
- maximální využití podkrovního prostoru bez navyšování stavby
- možnost úpravy spojů přímo na stavbě
- možnost libovolné střešní krytiny

Nevýhodami tohoto zvoleného konstrukčního systému jsou:

- nutnost těžké techniky v době montáže
- vyšší finanční náklady na izolaci a spojovací materiál
- nezbytnost vhodného materiálu

#### 4.2.4 Výplně obvodového pláště

Pro výplně obvodového pláště byly zvoleny dřevěná okna tl. rámu 78 mm s izolačním dvojsklem. Hodnota součinitele prostupu tepla u oken  $U_w = 0,85 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ . Všechny výplně obvodového pláště splňují podmínku součinitele tepelné vodivosti pro nízkoenergetické objekty sloužící k trvalému bydlení.

#### 4.2.5 Příprava a výroba na CNC

Návrh celé konstrukce byl podmíněn vyrobiteľností strojem Hundegger K2i, proto veškerá opracování a dimenze prvků byly voleny s ohledem na možnosti stroje. Model objektu vytvořený pro vizualizaci a zejména pak, jako výchozí data pro výrobu byl realizován prostřednictvím programu pro dřevěné konstrukce SEMA.

Prvním krokem při tvorbě modelu, bylo rozčlenění objektu podle výškových úrovní. Každé úrovni odpovídá jedna hladina v programu SEMA tak, aby společně tvořily objekt rodinného domu a bylo možné libovolně vypínat a zapínat jednotlivé úrovně z důvodu přehlednosti během projektování.

V každém podlaží byly zakresleny vnitřní stěny včetně průvlaků a otvorů pro dveře. Dělicí stropy mezi podlažími tvoří samostatnou hladinu. Zde bylo důležité vyčlenění schodišťového prostoru pomocí výměn.

U všech konstrukcí kromě zřetele na výrobu bylo nezbytné rozmisťovat prvky ve správné osové vzdálenosti pro kotvení konstrukčních desek pláště.

Při návrhu krovu bylo nutné zvážit několik řešení, která by nejlépe splňovala požadavky investorky na využití podkrovního prostoru a současně vyhověla z pohledu fungování konstrukce.

Program SEMA umožňuje přímý export dat na tesařské CNC, díky čemuž se model přetvoří na NC kódy se, kterými již umí Hundegger pracovat. Tento výrobce vyvinul vlastní program pro zpracování a předání pokynů obsluhy stroji. V programu

EKP se po exportu dat ze SEMY zobrazí veškerá problematická opracování a další informace o projektu např. počet prvků, čas výroby, objem materiálu a další.

Některé chyby lze odstranit výběrem vhodného nástroje nebo použitím vhodnějšího typu opracování. Dalším krokem je příprava dat pro stroj, myslí se tím odstranění nadbytečných značek, které naopak mohou v době montáže působit zmatečně. V případě složitých opracování je možné zvolit pevné pořadí operací, čímž se z nevyrobitelného prvku stane prvek vyrobitelný.

Program EKP je vybaven funkcí optimalizace. Tato funkce zajišťuje maximální využití řeziva s co nejmenším odpadem. Zejména u projektů, kde se nachází krátké i delší elementy jsou tyto prvky optimalizací sdruženy do konkrétní délky trámu s minimálním prořezem. Nezáleží tedy na pevném pořadí, v jakém jsou kusy do CNC vkládány.

Během montáže, je naopak důležité zachovat správné pořadí prvků, které je názorné z montážních výkresů (viz. přílohy).

## 5. Diskuze

Dle studie podle Kolba mají nejrychlejší dobu montáže panelové dřevostavby, avšak cena za materiál, montáž a výrobu byla příznivější z pohledu sloupkové konstrukce. Je to dáno především tím, že sloupkové konstrukce tvoří menší objem dřeva. Současně je dobré konstatovat fakt, že vstupní materiál, přestože musí splňovat požadavky kladené na konstrukční prvky dřevostavby, nemusí být ve stejné jakostní třídě jako řezivo používané na výrobu panelů, zejména těch masivních, což se projeví na jeho ceně.

Dále pak sloupková konstrukce klade nižší energetické nároky na výrobu dílců. Během montáže panelů je nezbytná těžká technika, což je další výrazná položka v celkových nákladech.

Tento argument převážil a po dohodě s projektantem byl projekt přepracován do podoby sloupkové dřevostavby vyrobitelné na dřevoobráběcím centru Hundegger K2i. Tento postup byl zvolen na základě vyhodnocení autora projektu a na základě požadavků zadavatele projektu. Tato varianta konstrukce má své výhody, a to, jak je uvedeno již v kapitole 3.1. Sloupkové dřevostavby rychlost výroby konstrukce, menší objem řeziva, libovolně měnitelná vnitřní dispozice nenosných příček, není potřeba jeřábu v době výstavby, snadná oprava v případě havárie rozvodů, zaměnitelnost dílců konstrukce a další. Nicméně má i své nevýhody, a to z pohledu velkého počtu prvků konstrukce, delší doba montáže, potřeba pracovního prostoru na staveništi, větší počet pracovníků během realizace, správný návrh skladby stěny.

## 6. Závěr

Návrhem konstrukce sloupkové dřevostavby sloužící k trvalému bydlení 4 členné rodiny, došlo k výrazné úspoře finančních prostředků na stavbu. Zároveň se požadavek na difúzně otevřené skladby jevil příznivěji pro sloupkovou konstrukci.

Tím, že se výsledná konstrukce vyráběla na dřevoobráběcím centru, byl celkový čas nutný na výrobu, kratší než v případě panelů. Tato výhoda se však vyrušila v době montáže, kdy panelová konstrukce potřebovala menší časový úsek pro realizaci. Proto rozhodujícím faktorem se stala celková cena stavby a možnost změny vnitřní dispozice domu v budoucnu dle potřeb rodiny.

Konstrukce objektu splňuje energetické požadavky na zařazení do skupiny nízkoenergetických domů, ale především je vyrobiteľná na CNC Hundegger K2i.

Přínosem autora práce byla snaha naplnit konkrétní požadavky investorky a současně navrhnout konstrukci snadno vyrobiteľnou na dřevoobráběcím centru Hundegger K2i.



## Přehled literatury a použitých zdrojů

- **Borgström, E., 2016:** Design of timber structures: Structural aspects of timber construction. SE 102 04 Stockholm: Swedish Forest Industries Federation.
- **ČSN EN 14250 (732814).** Dřevěné konstrukce- Požadavky na refabrikované nosné prvky s kovovými styčnickovými deskami s prolisovanými trny, Praha: Český normalizační institut, 2010.
- **ČSN 73 1901.** Navrhování střech - Základní ustanovení, Praha: Český normalizační institut, 2011.
- **ČSN 73 4130 (734130).** Schodiště a šikmé rampy - Základní požadavky, Praha: Český normalizační institut, 2010.
- **ČSN 73 0802.** Požární bezpečnost staveb - Nevýrobní objekty, Praha: Český normalizační institut, 2009.
- **ČSN EN 1995-1-1 (731701).** Navrhování dřevěných konstrukcí - Část 1-1: Obecná pravidla - Společná pravidla a pravidla pro pozemní stavby, 2006.
- **DIN 1052-1/A1:1995-06 – Entwurf, Holzbauwerke - Teil 1: Berechnung und Ausführung; Änderung 1, Deutsches Institut für Normung, 1996.**
- **Gerner, M., 2003:** Tesařské spoje, Grada
- **Gulvanessian, H., Calgaro, J.A., Holický, M., 2012:** Designers' guide to Eurocode: basis of structural design : EN 1990 .2nd ed. London: ICE Publishing.
- **Hájek, V., 2002:** Lidová stavení: opravy a úpravy, Grada.
- **Havířová, Z., 2005:** Stavíme dům ze dřeva, Era- vydavatelství.
- **Horák, P., Zahradníček, V., 2007:** Moderní dřevostavby, Era- vydavatelství.
- **Hunt, B.W., 2016:** Jak postavit a vybavit srub, Pragma.
- **iMateriály.cz, 2020:**  
[https://www.imaterialy.cz/rubriky/materialy/konstrukcni-material-vrstvene-drevo\\_43529.html](https://www.imaterialy.cz/rubriky/materialy/konstrukcni-material-vrstvene-drevo_43529.html), cit.15.3.2020.
- **Jelínek, L., Červený, P., 2012:** Tesařské konstrukce, Praha: IC ČKAIT.

- **Kolb, J., 2007:** Dřevostavby: systémy nosných konstrukcí, obvodové pláště, Grada.
- **Křupalová, Z., 2008:** Nauka o materiálech, Sobotáles.
- **Kuklík, P., 2005:** Dřevěné konstrukce, ČKAIT.
- **Mika, O., 2016.** Konstrukční materiál vrstvené dřevo. Živě [online]. 2016-05-09 [cit. 2020-04-14]. Dostupné z WWW: <[https://www.imaterialy.cz/rubriky/materialy/konstrukcni-material-vrstvene-drevo\\_43529.html](https://www.imaterialy.cz/rubriky/materialy/konstrukcni-material-vrstvene-drevo_43529.html)
- **Pavlas, M., 2016:** Dřevostavby z vrstvených masivních panelů, Grada.
- **Růžička, M., 2005:** Stavíme dům ze dřeva, Grada.
- **Růžička, M., 2014:** Moderní dřevostavba, Grada.
- **Vaverka, J., Havířová, Z., Jindrák, M., 2008:** Dřevostavby pro bydlení, Grada

## Seznam obrázků

OBRÁZEK 1 – MATT. THINKING ABOUT JOISTS. ŽIVĚ [ONLINE]. 2018-11-09 [CIT. 2020-03-15]. DOSTUPNÉ Z WWW: < <a href="http://twoflatremade.com/2011/11/thinking-about-joists/">HTTP://TWOFLATREMADE.COM/2011/11/THINKING-ABOUT-JOISTS/</a> .....	12
OBRÁZEK 2 – MCGRAW. PLATFORM FRAMING. ŽIVĚ [ONLINE]. 2003-05-04 [CIT. 2020-03-15]. DOSTUPNÉ Z WWW: < <a href="https://encyclopedia2.thefreedictionary.com/platform+framing">HTTPS://ENCYCLOPEDIA2.THEFREEDICTIONARY.COM/PLATFORM+FRAMING</a> .....	13
OBRÁZEK 3 – I NOSNÍK (AUTOR) .....	14
OBRÁZEK 4 – JANDOVÁ, LUCIE. MATERIÁLY PRO REKONSTRUKCE STAVEB. ŽIVĚ [ONLINE]. 2015-08-22 [CIT. 2020-03-21]. DOSTUPNÉ Z WWW: < <a href="https://slideplayer.cz/slide/3669055/">HTTPS://SLIDEPLAYER.CZ/SLIDE/3669055/</a> .....	15
OBRÁZEK 5 – STĚNA SLOUPKOVÉ DŘEVOSTAVBY (AUTOR) .....	17
OBRÁZEK 6 – VOKOUN, MARTIN. CRAWL SPACE. ŽIVĚ [ONLINE]. 2012-01-06 [CIT. 2020-04-13]. DOSTUPNÉ Z WWW: < <a href="https://www.squareoneinsurance.com/us/">HTTPS://WWW.SQUAREONEINSURANCE.COM/US/</a> .....	19
OBRÁZEK 7 – SPOJENÍ STĚN (AUTOR) .....	20
OBRÁZEK 8 – ROJÍK, VÁCLAV. KLOUBOVÉ STYČNÍKY. ŽIVĚ [ONLINE]. 2011-08-29 [CIT. 2020-04-14]. DOSTUPNÉ Z WWW: < <a href="https://stavba.tzb-info.cz/nosne-systemy-drevostaveb/7763-stychniky-tezkych-drevenych-skeletu">HTTPS://STAVBA.TZB-INFO.CZ/NOSNE-SYSTEMY-DREVOSTAVEB/7763-STYCHNIKY-TEZKYCH-DREVENYCH-SKELETU</a> .....	23
OBRÁZEK 9 – PATKA, LEOŠ. NEREZOVÉ HŘEBÍKY PÁSKOVANÉ NA DRÁTĚNÉM SVITKU. ŽIVĚ [ONLINE]. 2020-02-10 [CIT. 2020-04-14]. DOSTUPNÉ Z WWW: < <a href="https://www.topnaradi.eu/2-5x55-">HTTPS://WWW.TOPNARADLEU/2-5X55-</a>	

KONVEX-NERAZ--COCKOVA-HLAVA-HREBIKY-PASKOVANE-NA-DRATKU-VE-SVITKU-BOSTITCH-N75C-7920KS_4764 .....	26
OBRÁZEK 10 –DVOŘÁK, JIŘÍ. FOTOGALERIE. ŽIVĚ [ONLINE]. 2018-04-09 [CIT. 2020-04-17]. DOSTUPNÉ Z WWW: < HTTPS://WWW.FACEBOOK.COM/FUTURAMITEAM/PHOTOS/A.192244144891012/192244748224285/?TYPE=3&THEATER .....	28
OBRÁZEK 11 – DOVETAIL (AUTOR) .....	30
OBRÁZEK 12 – SKLADBA OBVODOVÉ STĚNY (AUTOR) .....	34

## **Seznam příloh:**

- Vizualizace
- Základové prahy 1.NP
- Stěny 1.NP
- Stěna č. 11
- Stěna č. 12
- Stěna č. 13
- Stěna č. 14
- Stěna č. 15
- Stěna č. 16
- Stěna č. 17
- Stěna č. 18
- Stěna č. 19
- Stěna č. 20
- Stěna č. 21
- Stěna č. 22
- Stěna č. 23
- Stěna č. 24
- Věnc
- Stropy
- Stěny 2.NP
- Stěna č. 31
- Stěna č. 32
- Stěna č. 33
- Stěna č. 34
- Stěna č. 35
- Stěna č. 36
- Stěna č. 37
- Stěna č. 38
- Stěna č. 39
- Půdorys krovu

- Příčný řez krovem
- 3D pohled na krov
- 3D pohled na krov 2
- Zobrazení uložení krovu