

**ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE**

**FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ**



**ENVIRONMENTÁLNÍ NÁROČNOST  
DŘEVOSTAVEB**

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

Vedoucí práce: Ing. Martin Múčka, Ph.D.

Vypracovala: Petra Jaworková

**2016**

# ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Petra Jaworková

Územní technická a správní služba

Název práce

**Environmentální náročnost dřevostaveb**

Název anglicky

**Environmental demands wooden constructions**

---

### Cíle práce

Cílem práce je na vybraných dřevostavbách stejné stavební konstrukce a shodné energeticky vztažné ploše, diagnostikovat environmentální náročnost, a to včetně kvantifikace jednotlivých environmentálních činitelů.

### Metodika

1. Rešerš k dřevostavbám
2. Výběr dřevostaveb
3. Konstrukční popis jednotlivých dřevostaveb
4. Kvantifikace jednotlivých environmentálních činitelů
5. Vzájemné sledování environmentálních činitelů
6. Environmentální vyhodnocení

**Doporučený rozsah práce**

40 – 60 stran textu, přílohy, grafy

**Klíčová slova**

environmentální činitel, environmentální náročnost, dřevostavba

---

**Doporučené zdroje informací**

- BAUMANN, Henrikke, TILLMAN, Anne-Marie. The Hitch Hiker's Guide to LCA: An Orientation in Life Cycle Assessment Methodology and Application. Vydání 2., dotisk. Gazelle Book Services, 2004, 543 s. ISBN 978-91-440-2364-9
- COLLINS, Michael, John. Building Green in New Zealand: Wood, a Sustainable Construction Choice. Vydání 226, New Zealand Forest Research Institute, 2003, 68.
- EYERER, P, REINHARDT, W. – H.: Ökologische Bilanzierung von Baustoffen und Gebäuden, Birkhäuser-Verlag, 2000, ISBN 3-7643-6207-3
- MÚČKA, M.: Disertační práce. Energetická náročnost a environmentální kvalita dřevěných staveb, TU, Zvolen, 2011, 200 s.
- Souhrnné bilance svázaných energií a ekvivalentních emisí CO<sub>2</sub> jednotlivých stavebních dodávek a prací variant A/÷D/. Nепublikované podklady k výpočtům. ATREA, s.r.o.
- ŠTEFKO, Jozef, MÚČKA, M. Environmentální vlastnosti dřevěných stavebních konstrukcí. In Dřevostavby 2008: Sborník přednášek z odborného semináře, Volyně, 255 s. ISBN 978-80-86837-18-5

---

**Předběžný termín obhajoby**

2015/16 LS – FŽP

**Vedoucí práce**

Ing. Martin Múčka, Ph.D.

**Garantující pracoviště**

Katedra dřevěných výrobků a konstrukcí

---

Elektronicky schváleno dne 10. 1. 2016

**doc. Ing. Martin Böhm, Ph.D.**

Vedoucí katedry

---

Elektronicky schváleno dne 26. 1. 2016

**prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.**

Děkan

V Praze dne 29. 03. 2016

**Prohlášení:**

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracovala samostatně, pod vedením Ing. Martina Múčky, Ph.D. Další informace mi poskytla firma Haniš srubové domy s.r.o. a Haas Fertigbau s.r.o.. Uvedla jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpala.

V Praze, dne 8.4.2016

Podpis: .....

**Poděkování:**

Ráda bych poděkovala Ing. Martinu Múčkovi, Ph.D. za cenné připomínky, rady a vedení této práce. Také bych ráda poděkovala firmě Haniš srubové domy s.r.o. a firmě Haas Fertgibau s.r.o. V neposlední řadě bych chtěla poděkovat mé rodině a všem blízkým za podporu během mého studia.

**Abstrakt:**

Tato bakalářská práce se zabývá environmentální náročností dřevostaveb. V práci jsou řešeni vybraní činitelé, kteří ovlivňují životní prostředí. První část je zaměřena na charakteristiku životního prostředí a obecný popis druhů dřevostaveb. V další části jsou uvedeny konkrétní typy dřevostaveb, včetně environmentální kvality. Vybraní činitelé jsou podrobně popsáni na řešených dřevostavbách. V poslední kapitole jsou dřevostavby porovnány vzhledem ke kvalitě životního prostředí.

**Klíčová slova:**

environmentální činitel, environmentální náročnost, dřevostavba

**Abstract:**

My bachelor thesis aims at the environmental seriousness of wooden houses. There are several factors, that affect the environment. The first part of my bachelor thesis focuses on the characteristics of the environment and the general description of the types of wooden houses. The next part refers to the particular types of wooden houses, including the environmental loading. The next chapter describes how the factors affect each particular wooden house. Last part of the bachelor thesis compares the wooden houses considering the loading of environment.

**Key words:**

environmental factor, environmental seriousness, wooden house

## Obsah:

<b>1. ÚVOD:</b> .....	<b>8</b>
<b>2. CÍLE PRÁCE</b> .....	<b>9</b>
<b>3. LITERÁRNÍ REŠERŠE</b> .....	<b>10</b>
3.1. ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ.....	10
3.1.1. <i>Zdroje surovin</i> .....	10
3.1.2. <i>Antropogenní ovlivnění</i> .....	11
3.1.3. <i>Důsledky a jejich minimalizace</i> .....	12
3.2. TYPY DŘEVOSTAVEB .....	13
3.2.1. <i>Vlastnosti dřeva</i> .....	13
3.2.2. <i>Rozdělení dřevostaveb</i> .....	13
3.2.3. <i>Srubové a roubené konstrukce</i> .....	14
3.2.4. <i>Sloupkový konstrukční systém</i> .....	16
3.2.5. <i>Panelový konstrukční systém z biodesek</i> .....	18
<b>4. METODIKA</b> .....	<b>20</b>
4.1. POPIS VYBRANÝCH DŘEVOSTAVEB A JEJICH KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ .....	20
4.1.1. <i>Srubový dům Jirka</i> .....	20
4.1.2. <i>Prefabrikovaný dům Star Line B</i> .....	23
4.2. KVANTIFIKACE A VZÁJEMNÉ SLEDOVÁNÍ ENVIRONMENTÁLNÍCH ČINITELŮ ..	26
4.2.1. <i>Těžba surovin, výroba a doprava materiálu</i> .....	27
4.2.2. <i>Výstavba budovy</i> .....	28
4.2.3. <i>Provoz budovy</i> .....	28
4.2.4. <i>Demolice</i> .....	29
4.2.5. <i>Recyklace</i> .....	30
<b>5. ENVIRONMENTÁLNÍ VYHODNOCENÍ</b> .....	<b>31</b>
5.1.1. <i>Vytápění</i> .....	31
5.1.2. <i>Produkce emisí v životním cyklu</i> .....	32
5.1.3. <i>Produkce a recyklace odpadu v životním cyklu</i> .....	34
<b>6. DISKUZE</b> .....	<b>36</b>
<b>7. ZÁVĚR</b> .....	<b>37</b>
<b>8. PŘEHLED LITERATURY A POUŽITÝCH ZDROJŮ</b> .....	<b>39</b>
<b>9. PŘÍLOHY</b> .....	<b>44</b>

## 1. Úvod:

Již v dávných dobách se dřevo využívalo pro stavební účely. Ovšem později se od použití dřeva ve stavebnictví upouštělo. To bylo zapříčiněno neúměrným odlesňováním a špatným hospodařením v lesích. Lidé neuměli tuto surovinu správně využívat a postupně ji nahradili jinými materiály, jako jsou beton, cihly či ocel. Tímto jednáním pak začali narušovat životní prostředí mnohem více, vzhledem k tomu, že čerpali neobnovitelné suroviny. Později se lidé naučili hospodařit se dřevem a výstavba dřevostaveb se znovu začala vracet (Houdek, Koudelka, 2009).

Stavební činnost se nikdy neobejde bez ovlivnění životního prostředí. Zatěžujeme jej při těžbě, kdy čerpáme přírodní suroviny pro výrobu stavebních materiálů. Dále spotřebováváme velké množství energie. Stavební činností také znečišťujeme ovzduší i vodu a dochází k tvorbě pevných odpadů. Je tedy potřeba prosazovat vhodné řešení a volit stavební materiály tak, aby stavebnictví mělo minimální dopady na životní prostředí. Ovlivnění životního prostředí ovšem vzniká i při užívání objektu, je to například množství spotřebované energie. Největší podíl energie připadá na vytápění. Dále je třeba objekt udržovat či provádět rekonstrukce, čímž zároveň ovlivňujeme životnost celé stavby. Budova se po svém dožití musí zlikvidovat a nastává tak otázka, jakým způsobem naložit s odpadem z demolic. Mnoho studií prokázalo, že právě dřevo se jeví jako vhodný stavební materiál vzhledem k minimálnímu zatížení životního prostředí (Vlček, Drkal, 1994).

V současné době největší podíl na stavebním trhu v Kanadě, USA a Austrálii zaujímá 80% dřevostaveb, dále to jsou skandinávské země, kde je zaznamenáno 55-65% z celkového počtu jejich staveb (Štefko, Múčka, 2008). V České republice je tento podíl pouze 9,5%. (Blaha, 2015). Přitom na našem území je poměrně velká míra zalesnění a jsou zde dobré podmínky pro častější využití dřeva pro stavební účely. Ovšem vzhledem k nedostatku informovanosti lidí jsou v České republice známy nepravdivé mýty ohledně krátké životnosti dřevostaveb, dále že dřevo shoří nebo ho mohou napadnout škůdci. Ovšem pravda je taková, že dřevostavby jsou proti škůdcům opatřeny ochrannými nátěry. Dále při požáru dřevěná konstrukce drží svůj tvar poměrně dlouhou dobu a zborší se až při úplném prohoření konstrukce. Navíc dřevostavby musí splňovat veškeré technické normy. Mají tedy srovnatelné vlastnosti v porovnání s objekty z jiných stavebních materiálů (Růžička, 2007).



## **2. Cíle práce**

Bakalářská práce se zabývá environmentální kvalitou DSK. Cílem práce je vyhodnotit environmentální zátěž vybraných dřevostaveb se shodnou zastavěnou plochou.

### 3. Literární rešerše

#### 3.1. Životní prostředí

Životní prostředí je v České republice vymezeno dle ust. § 2 zákona č. 17/1992 Sb., o životním prostředí, v platném znění. Definuje ho jako „*Životním prostředím je vše, co vytváří přirozené podmínky existence organismů včetně člověka a je předpokladem jejich dalšího vývoje. Jeho složkami jsou zejména ovzduší, voda, horniny, půda, organismy, ekosystémy a energie.*“ Na tyto složky působí přírodní a umělé environmentální činitelé. Umělými činiteli jsou ti, kteří jsou ovlivněni člověkem. Je důležité si uvědomit, že člověk je součástí životního prostředí s nímž je třeba zacházet ohleduplně, tak, abychom ho předali příštím generacím v co nejméně pozměněné podobě.

##### 3.1.1. Zdroje surovin

Člověk ke svému životu potřebuje splnit určité základní potřeby. Těmi jsou příjem vzduchu, vody a potravy. K uspokojení těchto potřeb využívá přírodní zdroje. Lidstvo tyto zdroje využívá nejen k uspokojení svých tělesných potřeb, ale i ke stavební či průmyslové činnosti. Ovšem postupným rozvojem plýtvá zdroji neúměrně, což může vést k jejich vyčerpání (Vlček, Drkal, 1994). Členění přírodních zdrojů je uvedeno v tab. 1.

PŘÍRODNÍ ZDROJE:
NEVYČERPATELNÉ
nezměnitelné
poškoditelné
VYČERPATELNÉ
udržitelné
obnovitelné
neobnovitelné
neudržitelné
nahraditelné
nenahraditelné

Tab. 1: Členění přírodních zdrojů.

Zdroj: Vlček, Drkal, 1994.

##### Nevyčerpatelné zdroje:

Jsou to vlastně neomezené zdroje, které populace nemůže nikdy vyčerpat, ale některé z nich může změnit. Nezměnitelnými zdroji je například sluneční záření, větrná a vodní energie. Poškoditelnými zdroji jsou ovzduší, voda a krajinný prostor (Vlček, Drkal, 1994).

### **Vyčerpatelné zdroje:**

Jsou nám dostupné pouze v omezeném množství, můžeme je tedy zcela vyčerpat, některé z nich lze obnovit, jiné nahradit za jim podobné suroviny. Obnovitelnými zdroji jsou například úrodnost půdy, pitná voda a dřevní hmota. Lidstvo je schopno je za použití finančních nákladů, práce a energie znovu získat. Dalším typem jsou neobnovitelné zdroje, jimiž je půda, lze ji zcela vyčerpat a my nejsme schopni ji získat zpět. Nahraditelnými zdroji jsou některá nerostná bohatství, můžeme je zaměnit za jiné podobné suroviny. Nenahraditelnými zdroji jsou nerostné suroviny a fosilní paliva. Po jejich vyčerpání je nelze znovu obnovit a jsou trvale ztraceny (Vlček, Drkal, 1994).

### **3.1.2. Antropogenní ovlivnění**

Lidstvo svým postupným rozvojem čím dál více zatěžuje životní prostředí. Zátěž je dána celkovým počtem lidí na Zemi, jejich materiálními nároky a ekologickou náročností uspokojení těchto potřeb. Tato globální zátěž je dána nadměrným využitím přírodních zdrojů, průmyslovou, zemědělskou a stavební činností a vývojem nových technologií. Ovlivňujeme tak veškeré složky životního prostředí. Zvyšujícím se množstvím produkovaných paliv v oblasti průmyslu, dopravy, energetiky a jiných činností se do ovzduší dostávají emisní plyny, které narušují ozonovou vrstvu a následně dochází k silnějšímu slunečnímu záření a následně způsobuje skleníkový efekt. Důsledkem silně znečištěného ovzduší nežádoucími látkami se můžou zvýšit zdravotních potíže u obyvatel i organismů, ale také může být poškozen náš majetek. Zároveň znehodnocujeme další složky životního prostředí jako je voda a půda. Významným jevem znečištění vod je eutrofizace, kdy se do vod dostává nadměrné množství sloučenin dusíku a fosforu při vypouštění odpadních vod do vod povrchových, ale i z hnojiv a pesticidů používaných v zemědělství. Tento jev může mít za následek úmrtí ryb a jiných organismů. Další nedílnou součástí života na Zemi je půda. Představuje pro nás důležitý zdroj živin pro růst plodin, ale i prostor pro stavbu lidských sídel a infrastruktury. Rizikem pro vyčerpání této neobnovitelné suroviny je špatné obhospodařování, nadměrné hnojení, či přílišné zhutňování zemědělskými stroji. Následkem této činnosti nastává eroze a degradace půdy. V současné době je také

významnou problematikou i zábor kvalitní půdy, tím se mění hydrologie přilehlého území a zvyšuje se možnost výskytu povodní (Herčík, 1996).

### **3.1.3. Důsledky a jejich minimalizace**

Jako důsledek této antropogenní činnosti se často příroda s těmito zásahy těžko vyrovnává. Jsou tak zhoršeny podmínky pro život obyvatel na planetě. Typickým důkazem jsou klimatické změny. Za poslední dobu jsou pozorovány časté teplotní výkyvy, snížení vlhkosti v ovzduší. V důsledku lidských aktivit je také narušen hydrologický systém krajiny, při čemž nastává snížení minimálních průtoků nebo zvýšení výskytu povodní. Také jsou porušeny tlumící a samočistící vlastnosti krajiny. Ekosystémy jsou do určité míry schopny pohltit znečišťující látky, ale tato vlastnost je na některých územích zhoršena. V neposlední řadě je také následkem zhoršení zdravotního stavu obyvatelstva. Příkladem je častý výskyt alergií, zhoršení psychického zdraví (Bálek, 2000).

Snahou o minimalizaci těchto škod není navrhovat nejlepší a nejvýhodnější technologie či postupy pro nás pro lidstvo, nýbrž pro životní prostředí, protože právě my jsme jeho součástí. Pokud má populace další tisíce let přežít, je nutné změnit současný postoj k této problematice. V rámci trvale udržitelného rozvoje je hlavní myšlenkou jednat tak, abychom životní prostředí předali příštím generacím v co nejméně pozměněné podobě. To se má uskutečnit snížením ekologické náročnosti, jako je šetření přírodními zdroji a minimalizací produkce odpadů. Toto je závislé na materiálních požadavcích lidí. Je potřeba správně hospodařit s přírodními zdroji a účelně je využívat. Důležitým principem trvale udržitelného rozvoje je ucelení ekologických, ekonomických a sociálních hledisek. Z ekologického hlediska je nutné zachovat dostatečnou kvalitu životního prostředí, výrazně neovlivňovat klima a hydrologii na planetě a zachovat dostatečné množství přírodních zdrojů. Ze sociálního hlediska jde o udržitelný rozvoj obyvatelstva, snížení chudoby a ohrožení našeho zdraví. Podle ekonomických hledisek je důležité, aby šetrnější technologické postupy přinesly ekologický a zároveň ekonomický zisk (Bálek, 2000).

Předpokladem k úspěchu v rámci trvale udržitelného rozvoje je důležitá informovanost obyvatelstva o současném stavu životního prostředí a jeho každodenního ovlivňování a o možných negativních dopadech na životní prostředí.

## 3.2. Typy dřevostaveb

### 3.2.1. Vlastnosti dřeva

Dřevo má pro své mechanicko-fyzikální vlastnosti široké uplatnění ve stavebnictví. Byl to už od pradávna často používaný materiál. Postupem času se pro neúměrné hospodaření s lesy přecházelo k jiným technologiím a od stavění objektů ze dřeva se upouštělo. V současné době se použití dřeva pro stavební účely znovu rozmohlo. Je to zvláště proto, že se jedná o obnovitelnou surovinu s nízkou energetickou náročností při jeho zpracování, což představuje výbornou environmentální kvalitu dřevostaveb. Fyzikálně-mechanickými vlastnostmi jsou dobrá pevnost, pružnost a tvrdost. Charakteristické je také pro svou snadnou opracovatelnost. Také má dobré tepelně izolační vlastnosti. Výhodou při výstavbě je to, že není potřeba použití mokrých procesů a technologických přestávek. Ve stavebnictví se dřevo často používá v kombinaci s dalšími materiály (Havířová, 2005).

### 3.2.2. Rozdělení dřevostaveb

- Podle účelu použití
  - Obytné budovy
  - Stavby občanského vybavení
  - Průmyslové a výrobní haly
  - Stavby pro zemědělství
  - Mosty
  - Rozhledny
  
- Podle typu konstrukce
  - Srubové a roubené konstrukce
  - Sloupkový konstrukční systém
  - Panelový konstrukční systém
  
- Podle environmentálních vlastností v životním cyklu budovy
  - Množství vynaložené energie
  - Množství produkce CO<sub>2</sub>

- Množství produkce SO<sub>2</sub>
  - Množství produkce odpadů
  - Množství recyklovaných materiálů
- Podle energetické náročnosti
    - Starší dům
    - Současná novostavba
    - Nízkoenergetický dům
    - Pasivní dům
    - Nulový dům

### 3.2.3. Srubové a roubené konstrukce

Charakteristikou srubových staveb je, že jejich konstrukce je tvořena masivními výřezy, kterými jsou kuláče nebo polokuláče. Výřezy jsou vzájemně horizontálně spojeny do jednotlivých srubových konstrukcí. Rohový spoj je řešen přeplátováním s přesahujícím zhlavím 100 až 300 mm. Roubená konstrukce je tvořena z hraněného řeziva (hranoly). Rohový spoj je také vyřešen přeplátováním s přesahujícím zhlavím, nebo rybinovým přeplátováním, nebo spojem s rovným plátem s kolíkem (Štefko, 2006). Detaily rohových spojů jsou znázorněny na obr. 1.

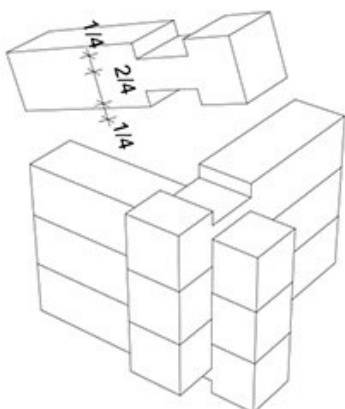
Výhodou srubových a roubených domů je jejich estetická funkce. Dobře tak zapadnou do okolní krajiny. Navíc vzhledem k tomu, že stěny jsou tvořeny masivními výřezy, je tak v budově zajištěn pobyt ve zdravém přírodním prostředí spojený s příjemnou vůní dřeva. Další výhodou je lepší požární odolnost v porovnání s ostatními typy dřevostaveb. Masivní konstrukce při požáru drží svůj tvar poměrně dlouhou dobu a zborší se až při úplném prohoření (Carpenter, 2016).

Nevýhodou srubových a roubených domů je jejich náročnější montáž. Ve výrobní hale jsou dřevěné nosné prvky opracované a následně je sestavena celá stavba. Poté je rozebrána, převezena na staveniště a sestavena do přesné podoby na základové desce. Znamená to tedy, že je vyžadována dvojnásobná montáž. Spotřebuje se mnohem více paliva do motorových pil. Také to obnáší dvojnásobnou práci zaměstnanců, kteří tak zatěžují životní prostředí vyšší spotřebou vody pro hygienu. Další nevýhodou je nedostatečná tepelná ochrana těchto domů. U

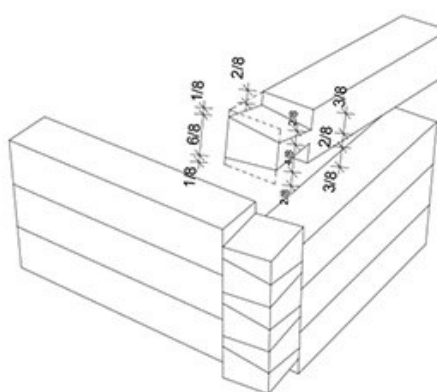
srubových a roubených domů jsou zjištěny značné tepelné ztráty v ložné spáře a s tím spojené vyšší požadavky na čerpání zdrojů energie pro vytápění. Je tedy nutno tyto objekty zateplit buď tepelnou izolací s vnitřním dřevěným obkladem, nebo použitím dvojité stěny s vloženým izolačním materiálem (Houdek, Koudelka, 2009).

## VAZBY ROHŮ U SRUBOVÝCH A ROUBENÝCH STAVEB

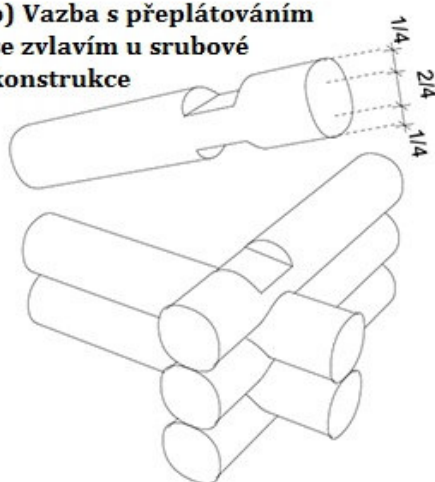
a) Vazba přeplátováním se zhlavím u roubené konstrukce



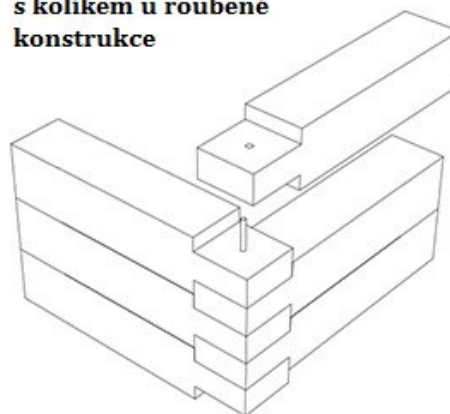
c) Rybinové přeplátování u roubené konstrukce



b) Vazba s přeplátováním se zhlavím u srubové konstrukce



d) Vazba s rovným plátem s kolíkem u roubené konstrukce

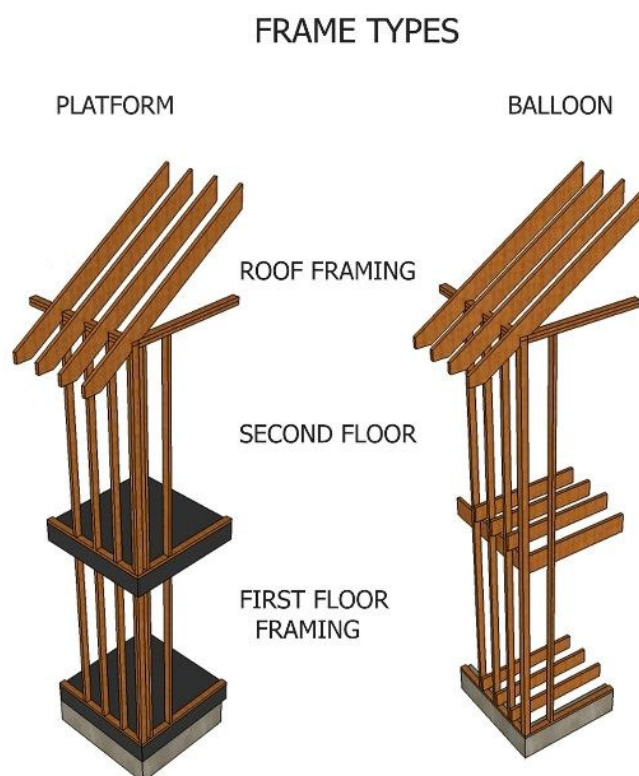


Obr. 1: Rohové spoje srubových a roubených staveb. Zdroj: Heřmánek, 2016.

### 3.2.4. Sloupkový konstrukční systém

#### Montovaný na stavbě:

V současné době je tento systém poměrně rozšířený. Základní prvek tohoto systému tvoří dřevěný obdélníkový rám, který je opláštěný velkoplošným materiálem a prostor mezi sloupky je vyplněn tepelnou izolací. Nosné stojky mají většinou průřez 60 x 120 mm a jsou od sebe osazeny v malé osové vzdálenosti. Rozlišují se dva typy konstrukčního řešení. Jedním z nich je tzv. Balloon frame, kde stojky probíhají přes celou výšku budovy a následně jsou k nim připevněny stropní nosníky. Druhým typem je tzv. Platform frame. V tomto případě stojky probíhají pouze na výšku podlaží a stropní nosníky jsou uloženy na nosném rámu. Konstrukční systémy sloupkové konstrukce jsou znázorněny v Obr. 2. Vytvořený rám je následně opláštěný deskovým materiálem, kterým je např. OSB deska, dřevotřísková, nebo sádrovláknitá deska. Popřípadě jinými technologiemi firmy. Tyto desky se zároveň podílejí na prostorovém ztužení budovy. Mezi žebry je prostor vyplněn tepelnou a zvukovou izolací. Dále podle funkce, kterou mají konstrukce plnit jsou opatřeny parotěsnou vrstvou, či jinými speciálními fóliemi. Povrch konstrukčních systémů je následně opatřen povrchovou úpravou podle přání investora (Havířová, 2005).



Obr. 2: Systémy konstrukčního řešení sloupkového systému dřevostaveb. Zdroj: Zlobin, 2016.

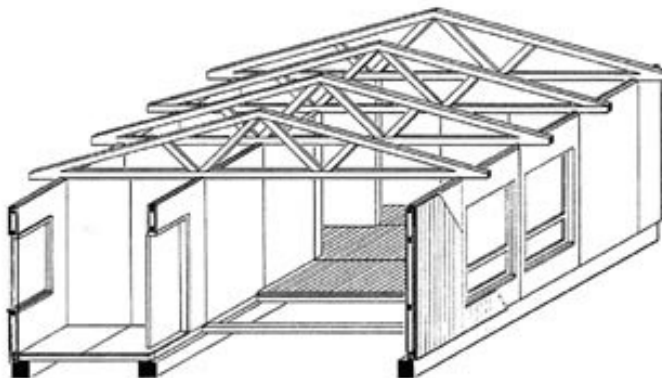


Vzhledem k tomu, že se celá stavba montuje přímo na staveništi, je výhodou, že není potřeba použití těžkých strojů a odpadá tak problematika s náročnou přepravou stavebních dílců na stavbu. Navíc tak není v místě stavby prostředí zatíženo zhutňováním půdy těmito stroji.

Nevýhodou je pracnější a náročnější montáž na staveništi. Také jsou kladeny vyšší nároky na dovednost tesařů. Výstavba budovy z tohoto systému, je tak časově delší a zároveň finančně nákladnější oproti jiným typům dřevostaveb (Doležal, 2014).

### **Prefabrikovaný systém:**

Prefabrikovaný sloupkový systém je charakteristický, že jsou jednotlivé prvky předem ve výrobě sestaveny do maloplošných či velkoplošných panelů. Konstrukce panelového domu je znázorněna na obr. 3. Tyto prefabrikované dílce jsou vyrobeny s ohledem na to, jakou funkci budou plnit. Mají buďto nosný, nebo nenosný charakter. Vyrábí se také stropní, střešní i štítové panely. Jednotlivé dílce jsou předem zkompletovány ve výrobě do finální podoby včetně interiérového a exteriérového opláštění. Do stěn jsou osazeny potřebné rozvody instalací, včetně oken a dveří. Následně jsou takto připravené prefabrikáty dopraveny na stavbu, kde jsou za pomoci strojů sestaveny. V případě hmotnosti prefabrikovaných prvků do 80 kg není potřeba použití zvedacích strojů. Druhou možností je dílce ve výrobě zkompletovat pouze částečně. V hale je sestaven rám, který je z jedné strany opláštěný velkoplošným materiálem. Po dovození na stavbu jsou dutiny rámu vyplněny potřebnou izolací, dále je opláštěná druhá strana rámu a jsou připevněny další vrstvy panelů (Havířová, 2005).



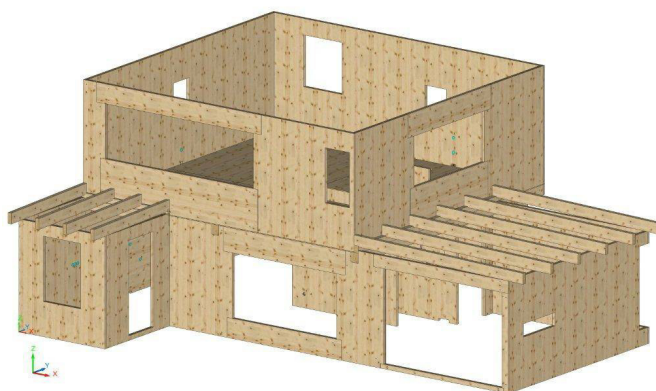
Obr. 3: Konstrukce prefabrikované dřevostavby. Zdroj: Holenda, 2012.

Výhodou předvýroby těchto dílců je nejen rychlost výstavby, ale také kompletace dílců v chráněných uzavřených prostorech, kde nehrozí nebezpečí vnikání vlhkosti do materiálů. Navíc výstavba objektu se může provádět za jakéhokoliv počasí. Pořizovací cena panelových domů je poměrně nízká.

Nevýhodou tohoto systému je nutnost použití těžkých strojů na staveništi a problematická přeprava stavebních dílců. Další nevýhodou pro budoucí uživatele objektu je špatná zvukotěsnost stěn (Zacharzewski, 2011; Vinšová, 2011).

### 3.2.5. Panelový konstrukční systém z biodesek

Jedná se o poměrně nový typ dřevostaveb. Tyto domy jsou vyrobeny z prefabrikovaných deskových panelů, které mají svou nosnou konstrukci tvořenou z masivního vrstveného dřeva. Konstrukce masivního domu je znázorněna na obr. 4. Použit se mohou pro nosné a nenosné stěny, či pro konstrukci stropů a



Obr. 4. : Konstrukce rodinného domu z masivních panelů. Zdroj: Loučka, 2015.

střech. Jedním typem jsou vrstvené masivní bloky, které se tvoří lepením křížem kladených přířezů do tří až pěti vrstev. Dalším typem jsou skládané masivní bloky, při kterém jsou jednotlivá prkna k sobě upevněna svou širší stranou. Spojovány jsou tak, že se prkna stlučou hřebíky, nebo jsou prkna provrtána a do vyvrtaného místa je vtlačen dubový kolík. Třetím typem jsou lepené masivní bloky. Je to typ, kdy je lepením vytvořen dřevěný truhlík, který je vyplněn izolací. Jednotlivé truhlíky jsou většinou spojeny do jednoho bloku. Zmíněné prvky jsou předem vyráběny ve výrobních halách a na stavbě jsou za pomoci autojeřábu sestaveny jako stavebnice. Méně častým typem těchto masivních bloků je, že jsou předem vyrobeny jako tvarovky a vzhledem k jejich malé hmotnosti jsou na stavbě sestaveny bez použití těžkých mechanismů (Havířová, 2005; Massiv-Holz Mauer, 2009).

Výhodou těchto staveb je jejich moderní vzhled. Také mají dobré tepelně izolační vlastnosti, které mohou být výhodou při vytápění objektu a následném šetření zdrojů energie pro vytápění. Navíc masivní panely mají poměrně velkou trvanlivost. Dalším plusem je rychlá výstavba na staveništi. A vzhledem k tomu, že jsou panely připraveny ve výrobě, jsou tak minimalizovány chyby spojené s nekvalitně provedenou montáží.

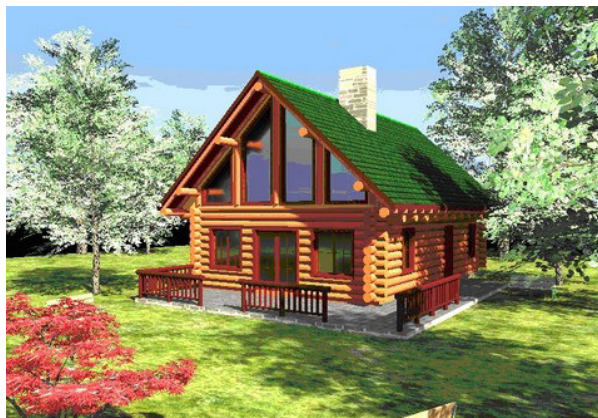
Nevýhodou těchto staveb je jejich náročná přeprava na staveniště a vzhledem k manipulaci s těžkými dílci je tak nutné na stavbě použít těžké stroje, které v místě stavby narušují životní prostředí výfukovými plyny a navíc zhutňují půdu. Další nevýhodou je poměrně vysoká pořizovací cena (Zacharzewski, 2011).

## 4. Metodika

### 4.1. Popis vybraných dřevostaveb a jejich konstrukční řešení

#### 4.1.1. Srubový dům Jirka

Srubový dům Jirka je typovým domem od firmy Haniš srubové domy s.r.o.. Vizualizace objektu je znázorněna na Obr. 5. Tento srub má zastavěnou plochu 100 m<sup>2</sup> a je dispozičně řešen jako 4+kk. Stavba tohoto domu je členěna do dvou fází. První je fáze výrobní v hale a následuje fáze výstavby na pozemku.



Obr. 5: Srubový dům Jirka. Zdroj: Haniš, 2016.

Firma Haniš srubové domy s.r.o. vyrábí do svých srubových domů kachlová kamna či krby. Vyrobeny jsou z velmi kvalitních jílu dodávaných z Německa. Kachlová kamna dodávají srubovým domům svůj tradiční vzhled. Tento dům se tedy vytápí dřevem. Což je vhodným řešením, jelikož se jedná o obnovitelnou surovinu. Roční potřeba tepla na vytápění je závislá na poloze objektu a na veškerém použitém materiálu, včetně jeho součinitelu propustnosti tepla. Konstrukce obvodových stěn má součinitel propustnosti tepla  $U = 0,30 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Rozumí se tím, kolik množství tepelné energie je z konstrukcí propuštěno, neboli tepelné ztráty. Celková energetická náročnost této budovy se pohybuje v kategorii C (Haniš, 2016).

#### Konstrukční řešení

Celá stavba tohoto domu je založena na železobetonové základové desce a základových pasech. Svislý obvodový plášť je tvořen smrkovou kulatinou o průměru 30 cm. Rohový spoj je řešen překládáním jednotlivých kulatin. Ložná spára je řešena tzv. výřezem W, který je v horní části ve tvaru V a ve spodní části ve tvaru W. Tato

spára je vyplněna tepelnou izolací, kterou je nejčastěji ovčí vlna. Detail výřezu je znázorněn na Obr. 6. Střešní konstrukce je sestavena z masivní trámové konstrukce. Nenosné stěny jsou konstruovány buďto jako zděné, nebo sádkartonové příčky (Haniš, 2016).



### **Fáze výrobní**

Vytěžené dřevo pochází z oblasti Krkonoš a Orlických hor. Následně je dovezeno do nedalekého výrobního areálu. Použitým materiálem je kulatina, která je ručně odkorněná a dále opracovaná. Ve výrobě jsou vyříznuty veškeré konstrukční spoje a okenní i dveřní otvory. Srubová konstrukce se sestaví již ve výrobní hale a následně jsou vyznačeny místa, kudy povede elektroinstalace. Poté se jednotlivé prvky číselně označí a celý srub se rozebere. Při tomto kroku jsou postupně vyříznuty veškeré prostupy pro vedení instalací. Manipulaci s kulatinou zajišťuje vestavěný mostový jeřáb. Těsně před dovozem na stavbu je provedena impregnace. Celý proces této výrobní fáze trvá přibližně 3 měsíce.

Obr. 6: Detail W výřezu. Zdroj: Haniš, 2016.

Při realizaci srubových domů vzniká největší část odpadu již ve výrobě. Odpad vzniká při odkornění kulatiny a jejím následném opracování. Dalším odpadem jsou části po vyříznutí konstrukčních rohových a podélných spojů. Při vyříznutí otvorů pro okna a dveře a otvorů pro vedení instalací vzniká další odpad. Z celkového množství odpadu má menší podíl i směsný komunální odpad, který nelze dále zužítkovat.

Dřevní odpad jako je kůra z loupání kulatiny, piliny z řezu motorových pil, které vznikly ve výrobě, jsou dovezeny do nedaleké elektrárny v Opatovicích, která tento odpad využívá jako topivo. Odřezky z masivu kulatiny jsou prodávány jako palivové dříví (Haniš, 2016).

## Fáze výstavby

Před montáží srubové stavby je potřeba připravit betonové základy, u nichž v porovnání se zděnými domy není třeba tolik dimenzovat z důvodu nižšího přenosu zatížení srubové stavby. Po dovezení připraveného materiálu na stavbu se srub smontuje za pomoci autojeřábu, který zatěžuje životní prostředí výfukovými plyny a zhutňuje půdu. Podélné ložné spáry se vyplní tepelnou izolací. V připravených prostupech jsou rozvedeny veškeré instalace za pomoci husích krků. Na stavbě se také vyříznou drážky pro napojení zděných přiček. Okenní a dveřní otvory jsou seříznuty na přesně požadovaný rozměr. Po dokončení hrubé stavby se kulatina vybrousí do hladka a je znovu provedena impregnace. Montážní fáze hrubé stavby trvá přibližně 6 až 8 týdnů. Průběh výstavby je znázorněn na Obr. 6. Nevýhodou srubových staveb je právě jejich dvojnásobná montáž. Znamená to tedy, že je nutné použít o to více energie, či dalších surovin do potřebných strojů (Haniš, 2016; Houdek, Koudelka, 2009).

Vzhledem ke zpracování kulatiny do požadovaných rozměrů již ve výrobě je tak minimalizován stavební odpad na staveništi. V místě stavby je odpad produkován po oříznutí okenních a dveřních otvorů do přesných rozměrů. Veškerý vzniklý odpad je tvořen jednotlivými odřezky dřeva nebo pilin.

Odřezky, které vznikly v místě stavby jsou přenechány majiteli stavby jako topivo do kamen či krbu. Piliny jsou ponechány na pozemku, kde slouží jako součást zeminy. Z celkového množství dřevního odpadu je přibližně 50% prodáno jako palivo a 30% odvezeno do nedaleké spalovny.



Obr. 6: Výstavba srubového domu. Zdroj: Haniš, 2016.

#### 4.1.2. Prefabrikovaný dům Star Line B

Prefabrikovaný dům Star Line B je typovým domem od firmy Haas Fertigbau s.r.o.. Jedná se o sloupkový prefabrikovaný systém. Fotografie rodinného domu je na Obr. 7. Zastavěná plocha domu činí 100,32 m<sup>2</sup>. Dispozičně je řešen jako 5+1. U tohoto domu jsou panely předem připraveny ve výrobní hale v Chanovicích. Následně jsou dovezeny na stavbu, kde jsou jednotlivé dílce postupně smontovány.

Prefabrikované domy od Firmy Haas Fertigbau s.r.o. jsou vytápěny ústředním systémem s otopnými tělesy. Druhy topidel mohou být elektrokotle, plynové kotle, tepelné čerpadla nebo kotle na biomasu. Tepelné ztráty obvodových stěn jsou  $U = 0,14$  W/m<sup>2</sup>K. Energetická náročnost budovy spadá do kategorie B (Haas Fertigbau Chanovice s.r.o., 2016).



Obr. 7: Rodinný dům Star Line B. Zdroj: Haas Fertigbau Chanovice s.r.o., 2016.

#### **Konstrukční popis**

Tato prefabrikovaná dřevostavba je založena na železobetonové základové desce a základových pasech. Vnější stěny s názvem Thermo protect premium se skládají z dřevěného rámu tloušťky 200 mm, který je vyplněn deskami z minerální vlny. Rám je opláštěný OSB deskami. Vnější strana stěny je opatřena deskou z pěnové hmoty s omítnutým povrchem. Vnitřní strana stěny je opatřena parozábranou a sádkartonovou deskou. Skladba stěny je znázorněna v příloze 1. Stropní panely jsou tvořeny nosnou dřevěnou konstrukcí vyplněnou minerální vlnou. Svrchní část stropní konstrukce se skládá z OSB desky, desky podlahového polystyrénu, polyethylenové folie, která slouží jako dilatační vrstva a další vrstvou je monolitická mazanina. Spodní část je tvořena podhledovým laťováním a sádkartonovou deskou (Haas Fertigbau Chanovice s.r.o., 2016).

## **Fáze výrobní**

Nejprve jsou za pomoci strojů do požadovaných rozměrů nařezány hranoly, které budou tvořit rám. Poté je na překlápěcích montážních stolech sestaven rám, který je opláštěný deskovým materiálem a opatřen parozábranou a sádrokartonovou deskou. Následně se do takto zhotovené konstrukce vkládají elektroinstalační komponenty pro vypínače a zásuvky. Za pomoci mechanizovaného stolu se panel překlápí, aby se umožnil přístup k panelu z druhé strany. V této fázi jsou upevněny instalace a do rámu je vložena minerální izolace. Na dřevěný rám se dále upevňují další vnější vrstvy panelu. Následně je panel postaven na výšku a jsou osazena okna i dveře a povrch panelu je omítnut. Podobně se postupuje i u ostatních prvků jako jsou stropní konstrukce a příčky. Veškeré montážní práce jsou provedeny ručně a manipulaci s již sestavenými panely zajišťuje vestavěný mostový jeřáb. Panely jsou pak zabaleny do folií, které při převozu zajišťují ochranu před klimatickými vlivy. Poté jsou naloženy na nákladní automobil a po dopravě na staveniště jsou za pomoci autojeřábu sestaveny (Haas, 2012; Jiříček, 2012).

Ve výrobní hale vzniká dřevní odpad při řezání hranolů pro rámovou konstrukci a při řezání dřevotřískových a OSB desek. Odpad tvoří jednotlivé odřezky a piliny. Dalším odpadem jsou úlomky hliníkových lišt, odřezky z minerální izolace a parozábrany. Dále je odpad z výroby tvořen různými obaly, jako například fóliemi, papírovými rolemi, či plastovými nádobami. Tyto obalové materiály jsou vytříděny. Menší část odpadu tvoří směsný komunální odpad, který nelze dále využít.

Veškerý dřevní odpad vzniklý při výrobě panelů je likvidován ve výrobě. Největší část dřevního odpadu je rozdracena a jsou z něho vyrobeny pelety, které jsou následně prodávány. Větší kusy dřeva jsou spalovány v místní tepelné elektrárně. Odpad z ostatních materiálů je dovážen do firmy Aston s.r.o., která sídlí v Písku. Tato společnost se zabývá zpracováním, likvidací a odvozem odpadů. Fóliové materiály jsou dále recyklovány. Zbytky sádrokartonových desek a minerální izolace jsou skládkovány.



## Fáze výstavby

Po dovezení veškerých prvků na staveniště jsou všechny díly za pomoci autojeřábu během jednoho dne sestaveny na předem připravené základové desce. Nejprve jsou smontovány svislé konstrukce prvního podlaží. Poté je osazena stropní konstrukce a svislé stěny dalšího podlaží. Následně je provedena montáž střešní konstrukce, včetně položení střešní krytiny. Po dokončení stavby je objekt napojen na inženýrské sítě. V posledním kroku jsou provedeny dokončovací práce včetně konečné povrchové úpravy. Vše je provedeno během krátké doby (Jiříček, 2012). Průběh výstavby je znázorněn na obr. 8.

Vzhledem k připravení dílců již ve výrobě je na stavbě produkce odpadu minimalizována. Ovšem při realizaci střešní konstrukce je produkován dřevní odpad. Další odpad je tvořen fóliemi, do kterých jsou panely zabaleny. A také obalovým materiálem ze stavebních hmot. Tento odpad je též vytríděn. Minimální část odpadu tvoří směsný komunální odpad.



Obr. 8: Výstavba sloupkové dřevostavby z prefabrikovaného systému. Zdroj: Haas Fertigbau Chanovice s.r.o., 2016.

## 4.2. Kvantifikace a vzájemné sledování environmentálních činitelů

Stavební činnost významně ovlivňuje životní prostředí. Už při projektování budov je nutné se zamyslet nad jejím celkovém environmentálním zatížení v celém jejím životním cyklu. Jedná se tak nejprve o těžbu surovin, včetně výroby stavebních materiálů a jejich dovozem na stavbu a následnou výstavbu objektu. Zmíněné procesy jsou největší zátěží pro životní prostředí. Po dokončení výstavby je prostředí ovlivněno i řadou činitelů při provozu objektu, který má oproti pořízovací fázi mnohem delší trvání. Příkladem je energetická náročnost budovy, při které čerpáme přírodními zdroji energie. Další ovlivnění životního prostředí je spojeno s následnou likvidací objektu, a jaké budou možnosti pro znovuvyužití odpadového stavebního materiálu z demolice. Veškeré tyto vlivy ovlivňují životní prostředí, ať už vypouštěním škodlivin do ovzduší, či znečištěním vody nebo tvorbou odpadů. Cílem udržitelného rozvoje je tyto negativní činitele minimalizovat (Vlček, Drkal, 1994).

Ve stavebnictví se pojednává o celkové environmentální náročnosti ve svém životním cyklu. Jedná se o tzv. vázanou primární energii (PEI), neboli šedou energii, jejíž veličina je MJ/kg. Výstupem z výrobní činnosti je množství CO<sub>2</sub> produkované do ovzduší. Označuje se jako index globálního oteplování (GWPI). Emise CO<sub>2</sub> tak přispívají ke skleníkovému efektu. Hodnoty emisí jsou udávány v kilogramech. Stromy při svém růstu pohlcují více CO<sub>2</sub>, než je vyprodukováno při jeho zpracování, manipulací se dřevem při výstavbě, nebo při demolici dřevostavby. Množství produkce CO<sub>2</sub> u dřeva tedy dosahuje záporných hodnot. Dalším výstupem ze stavebního procesu jsou emise SO<sub>2</sub>, které jsou označovány jako index zakyselení životního prostředí (API). Jsou udávány také v kilogramech (Chybík, 2009; Tonooka, 2014).

Orientační hodnoty PEI, GWPI a API vybraných materiálů jsou uvedeny v tab. 2.

materiál	PEI (MJ/kg)	GWPI CO <sub>2</sub> (g/kg)	API SO <sub>2</sub> (g/kg)
Beton prostý	0,69	103	0,24
Děrované cihly	2,49	1760	0,55
Ocel na vyztužování	22,7	935	0,567
<b>Dřevo</b>	2,72	-1409	0,161
<b>Lepené vrstvené dřevo</b>	3,22	-1632	0,183
<b>OSB desky</b>	9,32	-1 168	0,603

Tab. 2: Orientační hodnoty PEI, GWPI a API. Zdroj dat: Chybík, 2009.

#### 4.2.1. Těžba surovin, výroba a doprava materiálu

Již při samotné těžbě lesních porostů pro výrobu stavebních materiálů je ovlivňováno životní prostředí. V současné době se u nás nejvíce používá holosečná těžba, jelikož způsob následné obnovy je poměrně snadný a nenákladný proces. Jedná se o takové kácení stromů, kterým následně vznikne velká, či malá vykácená plocha v lese. Oproti dalším způsobům těžby má holosečná těžba značné negativní dopady pro životní prostředí. Vzhledem k vykácení velké plochy je lesní půda vystavena prudkému slunečnímu záření a naopak v zimním období tato půda rychleji promrzá. V těchto půdách se rychleji rozkládá organická hmota, která by měla napomáhat k rozkladu listů, větví či bylin. Tato funkce je tak poškozena. Také je v blízkém území zvýšené riziko povodní, protože holina není schopná zadržet takové množství přívalové vody jako zalesněná plocha. Holosečná těžba má negativní vliv na živočichy i rostliny. V místě těžby jsou změněny klimatické poměry a organismy zde nemají vhodné podmínky pro přežití. Vznikem těchto holin se dále poruší rekreační hodnota lesů, kdy místo příjemného zastínění lesa vzniká neestetická zasluněná plocha (Bláha a kol., 2005).

Vlivem dopravního zatížení jsou znečišťovány složky životního prostředí. Nejvíce je v souvislosti s dopravou znečišťováno ovzduší výfukovými plyny. To má negativní důsledek na zdraví obyvatel, ale i na zdejší faunu a flóru. Dále vlivem přívalových srážek jsou znečištěny povrchové vody. Srážková voda tak splachuje nečistoty z komunikací do povrchových vod. Také při případných haváriích vozidel mohou unikat pohonné hmoty, motorové oleje, provozní kapaliny nebo jiné škodlivé látky, které kontaminují půdu i vodu (Adamec a kol., 2008).

Výhodou použití dřeva pro stavební účely je to, že při jeho správném hospodaření se jedná o obnovitelnou surovinu. Také při volbě šetrnějších stavebních materiálů je třeba zároveň zohlednit přepravu na stavbu. Použití ekologických materiálů by ztrácelo význam, pokud by se na stavenišť dopravovaly dlouhými trasami.

### **4.2.2. Výstavba budovy**

Pro snadnou manipulaci se dřevem a bez nutnosti použití technologických přestávek je výstavba dřevostavby poměrně rychlý proces. Z ekologického hlediska platí, že čím je doba výstavby delší, tím větší má negativní vliv na prostředí. Použitím stavebních strojů, například pro výkopové práce se v okolí stavby zvyšuje hlučnost, otřesy, či vibrace. To má negativní vliv na obyvatele v okolí staveniště. Také se při použití těchto strojů znečišťují další složky životního prostředí. Zejména ovzduší, kdy jsou do ovzduší vypouštěny emise z těchto strojů. Také se zvyšuje prašnost a následně po dešti vzniká bláto. Zvýšenou prašností může být ohrožena i okolní zeleň. Výstavbou je ovlivněna i kvalita okolních vod. Pokud je při výstavbě použit beton, dochází ke znečišťování vody betonářskými vodami. Dále při montáži stavby vzniká stavební odpad, který je vhodné již na staveništi vytřídit a dále recyklovat. Také je důležité zmínit, že celkovou životnost stavby zároveň ovlivňuje kvalita provedené práce. Je tedy vhodné provádět montáž kvalifikovanými pracovníky (Jokl, 1986).

### **4.2.3. Provoz budovy**

Již při návrhu dřevostavby je nutné se zamyslet, jakým způsobem bude daná stavba užívána a jak snížit očekávané nepříznivé environmentální vlivy. V rámci snížení čerpání zdrojů energie se v současnosti často pojednává o snížení energetické náročnosti budov. Z celkové provozní energetické potřeby připadá 65% energie na vytápění a větrání. Znamená to, že stavba z environmentálního hlediska musí šetřit co nejvíce zdrojů energie na vytápění, ale zároveň musí být navržena tak, aby v objektu nedocházelo k přetápění. Je tedy potřeba dům dostatečně zateplit a zamezit tepelným ztrátám. Dřevo jako stavební materiál má výborné tepelně izolační vlastnosti, tudíž v tomto ohledu dřevostavby šetří spotřebu energie. Důležitým úkolem je také zajistit tepelnou pohodu v objektu. Při příliš vysoké teplotě se můžou z materiálů uvolňovat škodlivé látky, které ohrožují lidské zdraví. Tyto látky mají původ ze stavebních materiálů a jejich povrchových úprav, či z nábytku. Je tedy třeba v objektu zajistit mechanické větrání či klimatizaci a celkově vyřešit akumulaci tepla. Dalším faktorem kvalitního bydlení je osvětlení. Denní světlo je vždy upřednostňováno před osvětlením umělým. Zmíněné faktory mají vliv na životní

pohodu uživatelů objektu, ale i na celkovou spotřebu energie. Je možné je ovlivnit již při návrhu stavby správnou orientací objektu. V případě situování fasády k jihu vznikají menší nároky na vytápění, jelikož dochází k uchovávání tepla. Stejně tak tomu je i u osvětlení. Pokud je vyřešena správná orientace staveb a správné rozvržení oken v objektu, mohou se tak ušetřit zdroje energie na osvětlení (Antoaneta, 1999).

Už při výběru materiálu pro stavbu, se ovlivňuje životnost dřevostavby. Pokud použijeme kvalitní materiál, můžeme očekávat dlouhou životnost objektu. Vlivem stárnutí budovy postupně dochází ke ztrátě užitečných vlastností materiálů. V tomto případě je nutné dřevostavbu podrobit údržbě či rekonstrukci. Zároveň docílíme zlepšení kvality a životnosti budovy. Pokud by se tak nedělo, zhoršovala by se kvalita prostředí a zároveň se zvyšovaly náklady na likvidaci stavby. Při předání stavby investorovi je nutné, aby projektant či dodavatel vypracoval příručku, ve které je popsán návod na údržbové práce a celkové užívání domu. Dalším kritériem životnosti stavby je, zda jsou přítomny podmínky, které ovlivní trvanlivost dřeva. Tím je například vlhkost. Dřevo je pak vystaveno nebezpečí napadení houbami. Je tedy nutné dřevo opatřit patřičnou ochranou před napadením.

#### **4.2.4. Demolice**

Po dokončení životnosti stavby je potřeba objekt ekologicky zlikvidovat. Principem je co nejvíce stavebního odpadu opětovně využít. Při demontáži stavby, by se měl odpad separovat již na místě vzniku a dále recyklovat. Je vhodné, aby se jednotlivé konstrukční prvky daly snadno oddělit od těch nekonstrukčních. Při správném vytřídění na stavbě je možné ušetřit finanční náklady a snížit zatížení životního prostředí při dalším skládkování. Do jaké míry demolice ovlivňuje životní prostředí je určeno tím, jaký je použitý demoliční a demontážní postup a jaká je využita demoliční technika. Dále prostředí ovlivňuje množství a rozměr veškerého stavebního odpadu a poměr mezi recyklovaným a skládkovaným materiálem. Také záleží na tom, jakým způsobem je tříděný odpad recyklován, zda je drcen přímo v místě vzniku, či pouze vytříděn. Dalším činitelem je dopravní vzdálenost pro převoz veškerého stavebního odpadu a použitá dopravní technika. A dalším důležitým činitelem je konečné využití recyklátů (Reisner, 2005).

#### **4.2.5. Recyklace**

Po likvidaci stavby je vhodné stavební odpad dále zužitkovat. Cílem recyklace je minimalizovat zatížení skládek, šetřit přírodními zdroji, snížit náklady na převoz stavebních materiálů a snížit celkové náklady nové stavby.

V budoucnu lze očekávat větší zájem o kvalitní použité dřevěné materiály pro účely rekonstrukcí a oprav historických objektů. Další možností využití dřevního odpadu je výroba aglomerovaných desek, těmi jsou překližované, dřevovláknité, dřevotřískové desky, dále desky z plochých orientovaných třísek (OSB), či desky spojené cementem. Tyto desky lze dále využít pro stavební či nábytkářské účely. Pro nízkou vlhkost dřeva je výhodou také jeho energetické využití. Další možností využití dřevního odpadu je využití pilin jako steliva pro živočichy (Galindo, 2013).

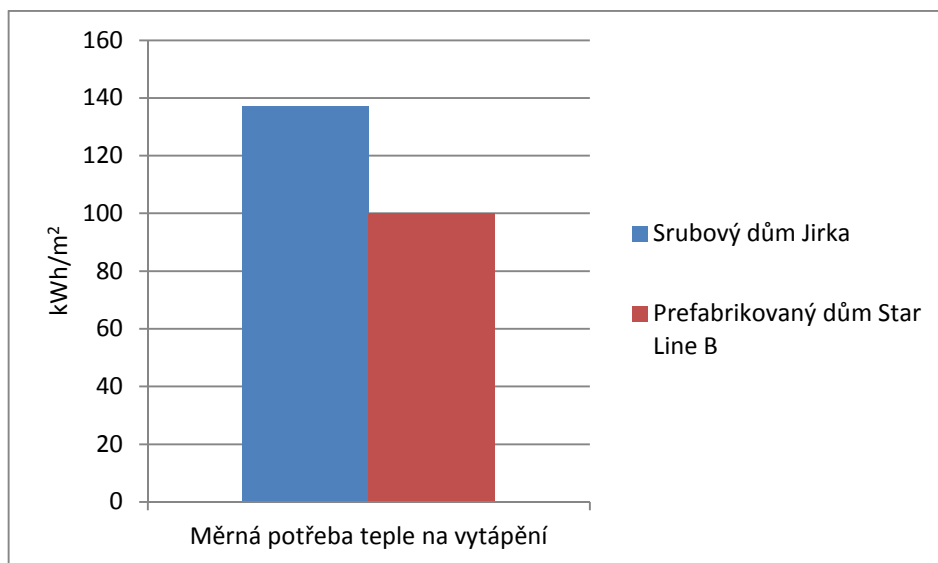
Dalším problémem je, že v mnoha případech je potřeba stavební odpad převážet na poměrně velkou vzdálenost do podniků zabývajících se dalším zpracováním dřeva.

## 5. Environmentální vyhodnocení

Nejrychlejším způsobem výstavby na pozemku je, když se co nejvíce dílců předem připraví již ve výrobě. Delší trvání výstavby na staveništi ovlivňuje okolní prostředí, ať už zvýšenou prašností, hlukem, či znečištěním složek životního prostředí. Což nejlépe splňuje prefabrikovaný dům Star Line B. Vzhledem k připravenosti dílců do přesné podoby může být výstavba až o 45% rychlejší, než je tomu u sloupkového systému, kdy jsou dílce sestaveny až na místě stavby (Houdek, 2008).

### 5.1.1. Vytápění

Environmentální náročnost dřevostaveb při vytápění závisí na druhu použitého zdroje energie. Již při těžbě energetických zdrojů ovlivňujeme životní prostředí. Celkové množství použití zdrojů energie pro vytápění závisí na měrné potřebě tepla pro vytápění objektu. Grafické znázornění měrné potřeby tepla obou domů můžeme vidět na obr. 9. Jak je v grafu vidět, tak prefabrikovaný dům Star Line B má nižší potřebu tepla pro vytápění než srubový dům Jirka. Je to dáno lepšími tepelně izolačními vlastnosti domu Star Line B a celkově nižšími tepelnými ztráty konstrukcí. Čím vyšší jsou tepelné ztráty u objektů, tím více se musí vyrovnat tepelná pohoda v objektu, která je spojena s vyššími nároky pro vytápění. Což znamená větší čerpání zdrojů energie. Z hlediska potřeby využití zdrojů pro vytápění si tedy nejlépe vede prefabrikovaný dům Star Line B.



Obr. 9: Přibližná měrná potřeba tepla na vytápění u řešených dřevostaveb.

Další otázkou ovlivnění životního prostředí při vytápění je množství emisí vypouštěného do ovzduší při samotné výrobě tepla, či elektřiny. Teplo se do objektu získává buďto při spalování paliva přímo v domácnosti, která znečišťuje ovzduší v místě bydliště. Nebo se pouze využívá elektrické energie, která nezatěžuje ovzduší v místě bydliště, ale emise vznikají v elektrárnách při výrobě elektřiny (Cenia, 2013). Orientační hodnoty emisí při spalování vybranými palivy jsou uvedeny v tab. 3.

Ve srubovém domě Jirka se pro vytápění využívá obnovitelná surovina, čímž je dřevo, která se spaluje v kachlových kamnech, či krbech. Vytápění dřevem je vhodné z hlediska minimálního zatížení životního prostředí, jelikož se jedná právě o obnovitelnou surovinu a navíc jak je vidět v tabulce, tak minimálně znečišťuje ovzduší emisemi v porovnání s ostatními palivy.

Vytápění prefabrikovaného domu může být řešeno několika možnostmi vytápění. Jsou jimi elektrokotle, plynové kotle, tepelné čerpadla nebo kotle na biomasu. Nejlepším možným způsobem vytápění z hlediska šetření zdrojů energie je vytápění za použití tepelných čerpadel, jelikož tepelná čerpadla využívají tepelnou energii z okolního vzduchu, či půdy, jedná se tedy o nevyčerpatelný zdroj. Navíc tepelná čerpadla neznečišťují ovzduší emisemi (Mikulec a kol., 2013).

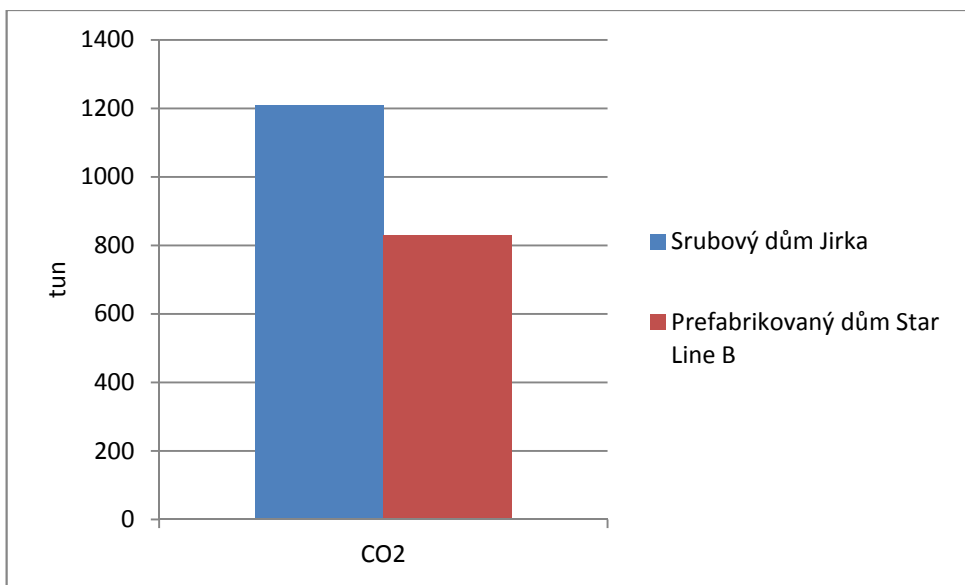
	CO <sub>2</sub>	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>
<b>Dřevo</b>	0,000	7,260	21,780
<b>Zemní plyn</b>	6823,000	0,033	5,528
<b>Hnědé uhlí</b>	15302,000	125,960	25,830

Tab. 3: Orientační hodnoty emisí ze spalování zdrojů pro vytápění.  
Zdroj dat: Trnobranský, 2007.

### 5.1.2. Produkce emisí v životním cyklu

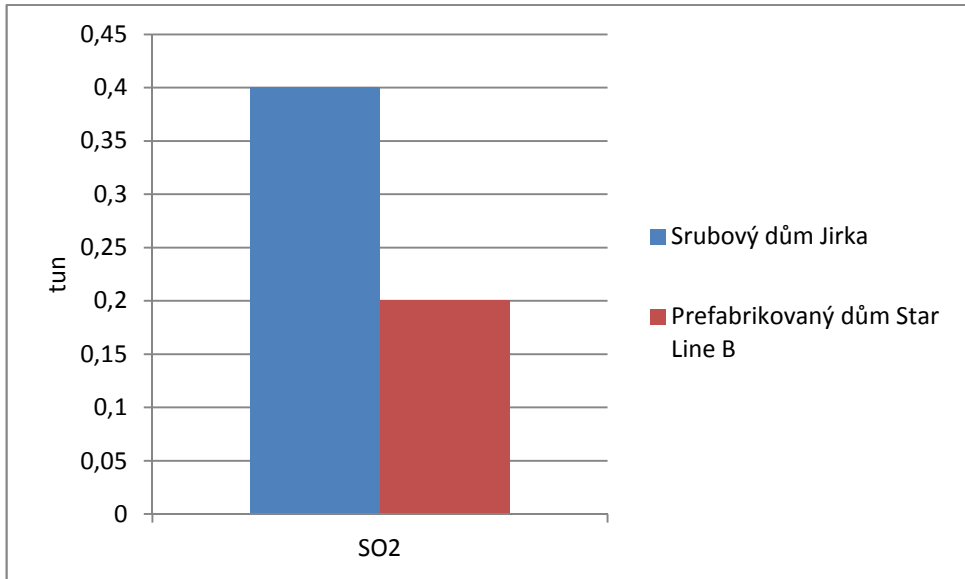
Vzhledem k celkovému množství produkovaných emisí CO<sub>2</sub> v celém životním cyklu si nejlépe vede prefabrikovaný dům Star Line B. Který má přibližně o čtvrtinu menší produkci CO<sub>2</sub> než srubový dům Jirka. Grafické znázornění je zobrazeno na obr. 10.





Obr. 10: Přibližná environmentální zátěž při produkci CO<sub>2</sub> v životním cyklu řešených dřevostaveb. Zdroj dat: Můčka, 2011.

Minimální environmentální zátěží při produkci SO<sub>2</sub> opět lépe splňuje prefabrikovaný dům Star Line B, který má o polovinu menší produkci než srubový dům Jirka. Grafické znázornění je zobrazeno na obr. 11.



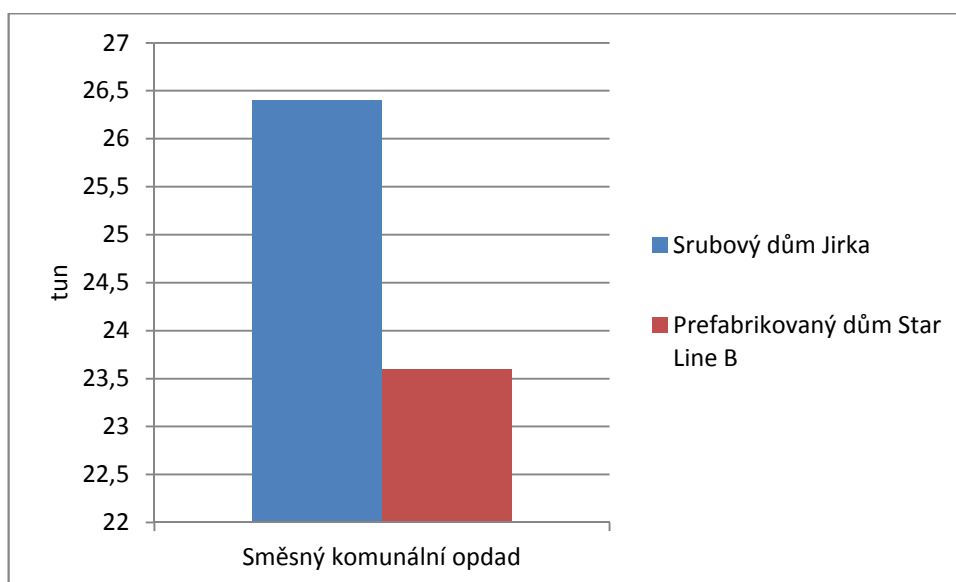
Obr. 11: Orientační environmentální zátěž při produkci SO<sub>2</sub> v životním cyklu řešených dřevostaveb. Zdroj dat: Můčka, 2011.

### 5.1.3. Produkce a recyklace odpadu v životním cyklu

U řešených dřevostaveb vzniká značná část odpadů již ve výrobě. Vzhledem k připravení panelů do finální podoby tak na místě stavby vzniká minimální část odpadu při výstavbě prefabrikovaného domu Star Line B.

Při řešení environmentální náročnosti dřevostaveb se řeší celkové množství směšného komunálního odpadu, který nelze dále recyklovat. Ve strategii odpadového hospodářství by mělo být na prvním místě předcházení vzniku odpadů, dále jeho materiální využití, dále energetické využití s využitím tepla, dále energetické využití odpadu ve spalovnách bez využití tepla a poslední nejméně vhodnou možností je skládkování odpadu. Produkci odpadu při životním cyklu dřevostaveb je poměrně velká část tvořena recyklovatelným materiálem, což je vhodné řešení. Směšný komunální odpad, který nelze recyklovat je spalován ve spalovnách za vysokých teplot nebo je skládkován. To následně představuje větší zátěž pro životní prostředí.

Minimální produkci směšného komunálního odpadu má prefabrikovaný dům Star Line B, kterým se produkuje pouze třetina odpadu v porovnání se srubovým domem Jirka. Grafické zobrazení produkce směšného komunálního odpadu je znázorněno na obr. 12.



Obr. 12: Orientační environmentální zátěž při produkci směšného komunálního odpadu u řešených dřevostaveb. Zdroj dat: Múčka, 2011.

Vzniklý recyklovatelný dřevní odpad z vybraných dřevostaveb je dále využíván pro energetické účely. Nejlépe si vede firma Haas Fertigbau a.s., která zpracovává dřevní odpad pro energetické účely, ale převážnou část likviduje přímo v místě vzniku. Prefabrikovaný dům Star Line B tedy v tomto ohledu také poměrně vhodným řešením. Hůře si vede firma Haniš srubové domy s.r.o. se svým srubovým domem Jirka, kdy je veškerý vzniklý dřevní odpad využíván pro energetické účely a zároveň je prostředí zatíženo dopravou spojenou s převozem odpadu. Ovšem z pohledu využití ekologické tepelné izolace se nejlépe jeví právě srubový dům Jirka s izolací z ovčí vlny, která se po dokončení životnosti stavby dá znovu využít jako izolace, nebo je použita do jiných produktů, či může být biologicky rozložena (Faltys, 2011).

U obou typů domu vzniká část obalového odpadu, z důvodu převozu stavebního materiálu na stavbu. Jednotlivé prvky musí být ochráněny před klimatickými vlivy a jsou tedy zabaleny do papírových či fóliových obalů. Tento obalový odpad lze recyklovat.

Vzhledem k recyklaci stavebního odpadu po demolici je na tom nejlépe srubový dům Jirka. U tohoto typu domu není použita omítka a nevzniká tak problematický proces při odstraňování omítky. Jednotlivé materiály se pak jednoduše demontují a lze tento materiál vytrídít a dále recyklovat. U rodinného domu Star Line B je náročnější postup při odstranění povrchové úpravy. Z tohoto pohledu si tento dům vede nejhůře.

## 6. Diskuze

Využití dřeva pro stavební účely je vhodným řešením pro snížení environmentálních dopadů ve stavebnictví. V současné době je dřevo používáno nejvíce pro střešní konstrukce, ale nejvhodnějším řešením by bylo, pokud by se do podvědomí lidí dostalo jako hlavní stavební prvek právě dřevo. Možná by tomu napomohla větší informovanost lidí o příznivých vlastnostech dřeva a tím i vyvrácení nepravdivých mýtů kolem dřevostaveb. Dalším faktem je, že lidé sice vědí, že se musí k životnímu prostředí chovat ohleduplně, ale mnoho z nich bohužel netuší proč a nedokážou si uvědomit následky spojené s přílišným zatížením životního prostředí. Mnoho lidí se také domnívá, že těžba stromů pro stavební účely je neekologická, protože tím likvidujeme lesy. Je to mylná obava. Jedná se přeci o obnovitelnou surovinu, která při správném hospodaření znovu doroste. Ovšem lidé už si nedomyslí následky se zánikem zásoby ropy a fosilních paliv při nahrazování dřeva jinými materiály (Bondora, 2009; Štefko, 2009).

Překvapilo mě, že na stavebnictví je spotřebováno až 50 % energie. Myslím si, že by bylo na místě se pokusit toto vysoké číslo snížit. Toho by se dalo docílit provedením určitých změn v legislativě.

Co se týče recyklace dřeva, překvapilo mne, že oslovené stavební firmy likvidují vzniklý dřevní odpad pro energetické účely. Myslím si, že je škoda tento odpad spalovat. Například kůru z loupání kulatiny by bylo vhodnější využít pro mulčování v zahradnictví či zemědělství jako ochrannou metodu před plevele. Další odpad jako jsou odřezky, by bylo vhodnější využít pro výrobu velkoplošných deskových materiálů. Tedy pouze v případě, že by to neobnášelo příliš vzdálený převoz do výrobního závodu aglomerovaných materiálů.

Z důvodu vysokých nákladů na demontáž budovy po jejím dožití lidé často nechtějí objekt likvidovat a nechají ho zchátrat. Materiály, které by se daly recyklovat jsou tak bohužel nevyužity. Životní prostředí je následně více zatíženo při těžbě nových surovin. Také to má za následek další zábory půdy. V místě zchátralé budovy by tak mohl být prostor pro výstavbu nového domu. Měly by se tedy v legislativě provést určité změny, které by vedly k likvidaci dožitých objektů.

## 7. Závěr

Faktorů, které ovlivňují environmentální náročnost dřevostaveb, existuje mnoho. Jeden typ dřevostavby může být sice šetrnější z pohledu použití ekologičtějších materiálů, ale zároveň na druhé straně může mít horší užitné vlastnosti, které mohou negativněji ovlivnit životní prostředí než druhý typ dřevostavby. Například nemusí mít tak dobré tepelně izolační vlastnosti jako jiný systém. Nelze tedy jednoduše stanovit, která dřevostavba je ta nejekologičtější. Lze pouze zhodnotit jednotlivé aspekty vzhledem k zatížení životního prostředí.

Po shrnutí aspektů, které byly řešeny v práci, bylo zjištěno, že vzhledem k použitému typu svíslé obvodové konstrukce a systému vytápění nejlépe dopadl prefabrikovaný dům Star Line B. Nejhůře z řešených typů se jeví srubový dům Jirka, protože představuje příliš velké tepelné ztráty a jsou tak kladeny vyšší požadavky pro vytápění. Grafické znázornění měrné potřeby tepla pro vytápění je uvedeno na obr. 9. Masivní kulatina s kombinací tepelné izolace z ovčí vlny nezajistí tak dobré tepelně izolační vlastnosti jako prefabrikovaný dům. Také bylo zjištěno, že podle množství produkce skleníkových plynů CO<sub>2</sub> a SO<sub>2</sub> v celém životním cyklu si lépe vede prefabrikovaný dům Star Line B. Grafické znázornění je uvedeno na obr. 10 a obr. 11. Dále bylo zjištěno, že nejméně nežádoucího směsného komunálního odpadu vzniká u prefabrikovaného domu Star Line B. Grafické znázornění produkce směsného komunálního odpadu je uvedeno na obr. 12. Ve všech zmíněných aspektech obstál nejlépe právě prefabrikovaný dům Star Line B.

Řešené domy mají svoje výhody, či nevýhody vůči životnímu prostředí. Shrneme-li vhodnost použití dřeva ve stavebnictví, jedná se o obnovitelnou surovinu pro konstrukci objektů, která je šetrná vůči životnímu prostředí i během svého zpracování. Ovšem měl by se zdokonalit způsob těžby dřeva tak, aby se zamezilo holosečné těžbě a nahradily ji šetrnější postupy, tak aby se kácely jednotlivé stromy nebo malé skupinky v porostu.

V rámci trvale udržitelného rozvoje by se tak mělo zvýšit využití dřeva pro stavební účely. Cílem udržitelného stavebnictví by mělo být zvýšení energetické účinnosti budov. Toho se může docílit lepšími tepelně izolačními vlastnostmi konstrukcí a využitím obnovitelných zdrojů energie. Dalším úkolem by mělo být efektivní využívání přírodních zdrojů, jako je šetření neobnovitelných zdrojů a

zároveň hospodárné využívání obnovitelných zdrojů. Dále je nutné volit takové stavební materiály, které lze následně snadno vytřídit a recyklovat. Dále by se mělo snížit celkové množství emisí z výstavby a provozu budov. A zároveň snížit množství nerecyklovatelných materiálů (Hájek, 2007). Právě v tomto ohledu jsou dřevostavby vhodnou alternativou. Dřevo používané ve stavebnictví by se tak mělo stát hlavním stavebním prvkem. Jsou vhodným řešením pro udržitelnou výstavbu.

## 8. Přehled literatury a použitých zdrojů

### **Knižní zdroje:**

ADAMEC V. (eds), 2008: Doprava, zdraví a životní prostředí. Grada Publishing, a.s., Praha, 176 s.

ANTOANETA Y., 1999: Příručka ICLEI pro řízení záležitostí životního prostředí. Centrum environmentálních analýz, Děčín, 43 s.

BÁLEK R., 2000: Životní prostředí. České vysoké učení technické, Praha, 143 s.

BONDORA J., 2009: Dřevostavby z pohledu investorů. In: Dřevostavby: Sborník přednášek z odborného semináře se zahraniční účastí. Vyšší odborná škola a Střední průmyslová škola Volyně, Volyně: 139 - 142.

CHYBÍK J., 2009: Přírodní stavební materiály. Grada, Praha, 268 s.

HAVÍŘOVÁ Z., 2005: Dům ze dřeva. ERA, Brno, 99 s.

HERČÍK M., 1996: Životní prostředí: Úvod do studia. Vysoká škola báňská-Technická univerzita Ostrava, Ostrava, 134 s.

HOUDEK D., 2008: An Economic Impact Analysis of Stick Frame versus Panelized Home Construction Method through Case Study Analysis. In: Dřevostavby: Sborník přednášek z odborného semináře se zahraniční účastí. Vyšší odborná škola a Střední průmyslová škola Volyně, Volyně: 119 – 121.

HOUDEK D., KOUDELKA O., 2009: Srubové domy z kulatin. JoshuaCreative, Vážany nad Litavou, 175 s.

JOKL M., KOČÍ J., 1986: Výstavba jako faktor tvorby životního prostředí. Nakladatelství techn. lit., Praha, 187 s.

MASSIV-HOLZ MAUER., 2009: Was ist die Massiv-Holz-Mauer. In: Dřevostavby: Sborník přednášek z odborného semináře se zahraniční účastí. Vyšší odborná škola a Střední průmyslová škola Volyně, Volyně: 209 - 213.

MIKULEC J., BOSCH R., SPOL. S.R.O., 2013: Ekonomická a ekologická alternativa vytápění. Vše o bydlení: Jak ušetřit a postavit nízkoenergetický dům 2/2013: 48 – 50.

MÚČKA M., 2011: Energetická náročnosť a environmentálna kvalita drevených stavieb. Technická univerzita ve Zvolene, Zvolen: 200 s.

REISNER J., 2006: Technické a ekologické problémy při recyklaci dřeva z rekonstrukcí a asanací staveb. In: Recycling 2006: Možnosti a perspektivy recyklace stavebních odpadů jako zdroje plnohodnotných surovin. Vysoké učení technické v Brně, Brno: 35 - 39.

ŠTEFKO J., MÚČKA M., 2008: Environmentálne vlastnosti drevených stavebných konštrukcií. In: Dřevostavby: Sborník přednášek z odborného semináře se zahraniční účastí. Vyšší odborná škola a Střední průmyslová škola Volyně, Volyně: 209 – 216.

ŠTEFKO J., REINPRECHT L., KUKLÍK P., 2006: Dřevěné stavby: Konstrukce, ochrana a údržba. Jaga, Bratislava, 204 s.

VLČEK J., DRKAL F., 1994: Technika a životní prostředí. České vysoké učení technické, Praha, 237 s.



### **Internetové zdroje:**

BLÁHA J., ŠTROUFOVÁ Z., KOTECKÝ V., 2005: Holosečné kácení. Hnutí duha, Brno, Online:

[http://hnutiduha.cz/sites/default/files/publikace/typo3/Holosecne\\_kaceni.pdf](http://hnutiduha.cz/sites/default/files/publikace/typo3/Holosecne_kaceni.pdf)

BLAHA V., 2015: Statistika výstavby rodinných domů a dřevostaveb v ČR. Realizace dřevostavby, Neveklov, Online:

<http://www.realizacedrevostavby.cz/drevostavby/item/2250-statistka-vystavby-rodinnych-domu-a-drevostaveb-v-cr>

CARPENTER CH., 2016: Log Home construction and benefits. Frontier Log Homes, Motrose, Online: <http://www.frontierloghomes.com/log-home-articles/Log-home-construction-and-benefits.htm>

CENIA, 2013: Vítejte na Zemi. Cenia, Praha, Online: <http://vitejtenazemi.cz/cenia/>

DOLEŽAL M., 2014: Základní konstrukční systémy dřevostaveb. Nazeleno.cz, Brno, Online: [http://www.nazeleno.cz/stavba/drevostavby/chap\\_3586/zakladni-konstrukcni-systemy-drevostaveb.aspx](http://www.nazeleno.cz/stavba/drevostavby/chap_3586/zakladni-konstrukcni-systemy-drevostaveb.aspx)

FALTYS J., 2011: Tepelná izolace z ovčí vlny- výroba, použití. EnviWeb s.r.o., Brno, Online: <http://www.enviweb.cz/clanek/staveni/88994/tepelna-izolace-z-ovci-vlny-vyroba-pouziti>

GALINDO M., 2013: Recycling and wood waste. Wood Solutions, Online: <http://www.woodsolutions.com.au/Articles/Why-Wood/recycling-energy-wood-waste>

HAAS FERTIGBAU CHANOVICE s.r.o., 2016: Dřevostavby – montované rodinné domy, bungalovy, domy na klíč, Haas Fertigbau s.r.o., Chanovice, Online: <http://www.haas-fertigbau.cz/rodinne-domy/>

HÁJEK P., 2007: Udržitelná výstavba budov a její uplatňování ve střední Evropě. Expo Data spol. s.r.o., Brno, Online: [http://www.casopisstavebnictvi.cz/udrzitelna-vystavba-budov-a-jeji-uplatnovani-ve-strednievrope\\_A465\\_I11-12\\_07%3E](http://www.casopisstavebnictvi.cz/udrzitelna-vystavba-budov-a-jeji-uplatnovani-ve-strednievrope_A465_I11-12_07%3E).

HANIŠ P., 2016: Srubové domy a roubenky Haniš. Srubové domy, Hradec Králové, Online: <http://www.srubovedomy.cz/>

HEŘMÁNEK S., 2016: Masivní dřevostavby. Venkovský dům, Praha, Online: <http://www.venkovskydum.cz/masivni-drevostavby/>

HOLENDA T., 2002: Dřevo je akumulovaná sluneční energie. Business Media CZ, s.r.o., Praha, Online: [http://www.dumabyt.cz/rubriky/dum/materialy-a-technologie/drevo-je-akumulovana-slunecni-energie\\_14016.html](http://www.dumabyt.cz/rubriky/dum/materialy-a-technologie/drevo-je-akumulovana-slunecni-energie_14016.html)

JIRÍČEK P., 2012: Montovaná dřevostavba za 3 týdny. Netion s.r.o., Brno, Online: <http://www.drevostavitel.cz/clanek/drevostavba-za-3-tydny>

LOUČKA J., 2015: Jak vznikají domy z NOVATOPU?. Terinvest spol., s.r.o., Praha, Online: [http://www.drevostavby.eu/pro-navstevniky/aktuality.html/993\\_3002-jak-vznikaji-domy-z-novatopu-/14](http://www.drevostavby.eu/pro-navstevniky/aktuality.html/993_3002-jak-vznikaji-domy-z-novatopu-/14)

REISNER J., 2005: Možnosti použití metody LCA (hodnocení životního cyklu) při hodnocení recyklace stavebních materiálů. Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha, Online: [http://mrakoplas.arasm.cz/dok/sbor\\_rec\\_2005/050\\_Reisner.pdf](http://mrakoplas.arasm.cz/dok/sbor_rec_2005/050_Reisner.pdf)

ŠTEFKO J., 2009: Environmentálne vlastnosti drevených stavebných konštrukcií. Expo Data spol. s.r.o., Brno, Online: [http://www.casopisstavebnictvi.cz/environmentalne-vlastnosti-drevenych-stavebnych-konstrukcii\\_N2206](http://www.casopisstavebnictvi.cz/environmentalne-vlastnosti-drevenych-stavebnych-konstrukcii_N2206).

TONOOKA Y., 2014: Life Cycle Assessment of a Domestic Natural Materials Wood House. Energy procedia: 1634-1637, Online:

<http://www.sciencedirect.com.ezproxy.techlib.cz/science/article/pii/S1876610214033426/pdf?md5=a47ecc274bc210a7ccdec73269bcee32&pid=1-s2.0-S1876610214033426-main.pdf>

TRNOBRANSKÝ K., 2007: Vytápění domů při dnešním vývoji cen energií z fosilních paliv a biomasy jako obnovitelného zdroje energie, Praha, Online:

<http://www.tzb-info.cz/4102-vytapeni-domu-pri-dnesnim-vyvoji-cen-energi-z-fosilnich-paliv-a-biomasy-jako-obnovitelneho-zdroje-energie-i>

VINŠOVÁ M., 2011: Dřevostavby: Přehled konstrukčních systémů. Nazeleno.cz, Brno, Online: <http://www.nazeleno.cz/stavba/drevostavby/drevostavby-prehled-konstrukcnich-systemu.aspx>

ZACHARZEWSKI M., 2011: Dřevostavby. Neftlock, s.r.o., Praha, Online: <http://drevenastavba.cz/>

ZLOBIN V., 2016: Vnější stěny rámu domu (technologie frame). Proektiruy.rf, Moskva, Online: <http://xn--e1agdcsfheqm.xn--p1ai/kursyi-i-treningi/naruzhnyie-stenyi-karkasnogo-doma-karkasnyie-tehnologii/.html>

### **Legislativa:**

Zákon č. 17/1992 Sb., o životním prostředí, v platném znění.

### **Jiné zdroje:**

HAAS X., 2012: Fertighaus Produktion bei Haas Fertigbau. Haas Fertigbau s.r.o., Falkenberg, Online: <https://www.youtube.com/watch?v=j78I0swCk5E>

RŮŽIČKA M., 2007: Dřevostavby [prezentace na CD]. Dřevostavby a jejich perspektivy v České republice: Sborník odborného semináře, Praha.

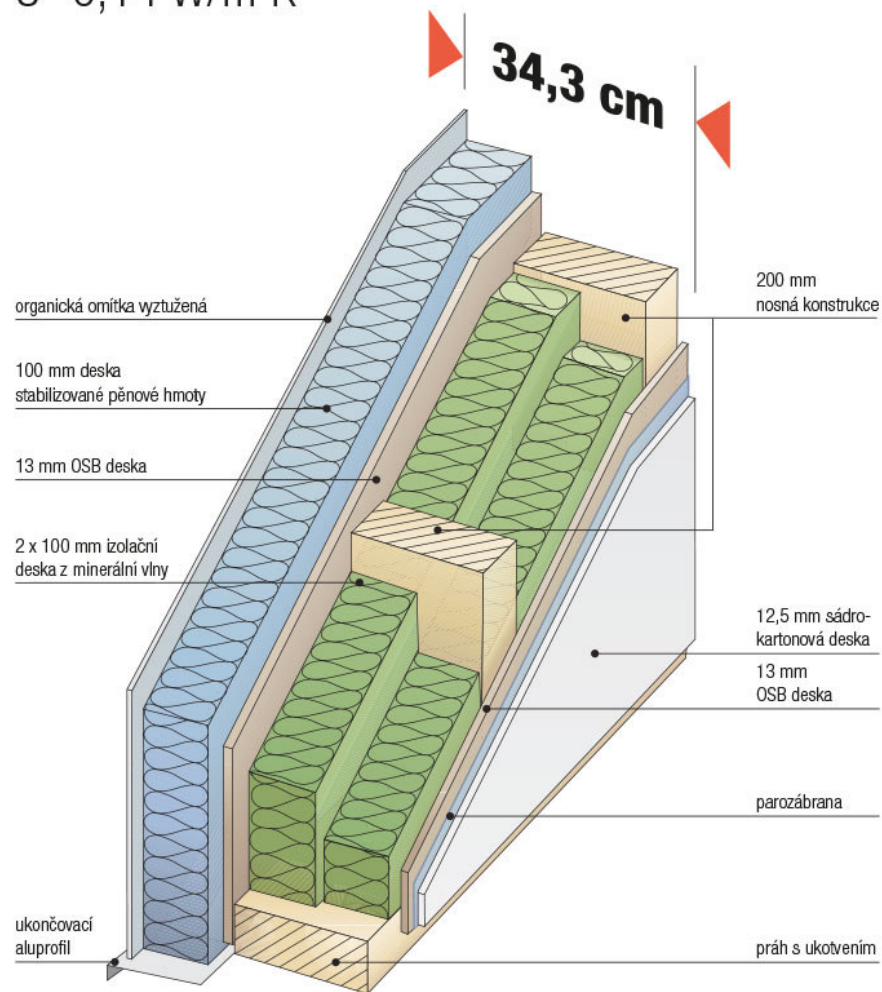
## 9. Přílohy



Rozmanitost staveb.

### THERMO-PROTECT PREMIUM

$U=0,14 \text{ W/m}^2\text{K}$



[www.Haas-Fertigbau.cz](http://www.Haas-Fertigbau.cz)

Member of the **Haas** GROUP

Příloha 1: Skladba obvodové stěny rodinného domu Star Line B. Zdroj: Haas Fertigbau Chanovice s.r.o., 2016.