

**ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA  
V PRAZE**

**FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ**



**ENVIRONMENTÁLNÍ NÁROČNOST A KVALITA  
DŘEVOSTAVEB**

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

Vedoucí práce:

Ing. Kamil Trgala, Ph.D.

Vypracovala:

Adéla Kopřivová

© 2017

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Adéla Kopřivová

Územní technická a správní služba

Název práce

**Environmentální náročnost a kvalita dřevostaveb**

Název anglicky

**Environmental demands and quality of wooden buildings**

---

### Cíle práce

Environmentální náročnost dřevostaveb a vliv výstavby dřevostaveb na životní prostředí. Cílem práce bude návrh metodiky a definice environmentálních faktorů mající vliv pro hodnocení environmentální kvality dřevostaveb. Dalším cílem bude i vzájemné vyhodnocení a porovnání zvolených environmentálních faktorů.

### Metodika

1. Rešerš
2. Výběr dřevostaveb
3. Definice environmentálních činitelů
4. Environmentální analýza
5. Vyhodnocení environmentálních činitelů
6. Závěr

## Doporučený rozsah práce

40-60 stran včetně textu a příloh

## Klíčová slova

environmentální kvalita, dřevostavby, roubenky, sruby, životní prostředí

---

## 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/. Nepublikované podklady k výpočtům. ATREA, s.r.o.

---

## Předběžný termín obhajoby

2016/17 LS – FŽP

## Vedoucí práce

Ing. Kamil Trgala, Ph.D.

## Garantující pracoviště

Katedra dřevěných výrobků a konstrukcí

---

Elektronicky schváleno dne 21. 4. 2017

**Ing. Kamil Trgala, Ph.D.**

Vedoucí katedry

---

Elektronicky schváleno dne 21. 4. 2017

**prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.**

Děkan

V Praze dne 23. 04. 2017

Prohlášení: Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracovala samostatně, pod vedením Ing. Kamila Trgaly, Ph.D. Uvedla jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpala.

V Praze, dne 22. 4. 2017

Podpis:.....

Poděkování: Ráda bych poděkovala Ing. Kamilu Trgalovi, Ph.D. za cenné připomínky, rady a vedení této práce. Velké díky patří též mé rodině a přátelům za podporu při studiu.

#### Abstrakt:

Tato bakalářská práce je kompilací dostupných dat z oboru dřevěných staveb. Pojednává o jejich environmentální náročnosti a kvalitě a vlivu výstavby na životní prostředí. První část je zaměřena na charakteristiku dřevostaveb, ovlivnění životního prostředí a přináší výčet metod hodnocení environmentálních činitelů. V druhé části jsou vybrání environmentální činitelé s bližším zaměřením na metodu SBToolCZ popsáni na třech druzích dnes běžně používaných dřevostaveb. Výstupem je jejich porovnání a vyhodnocení.

#### Klíčová slova:

Environmentální kvalita, dřevostavby, roubenky, sruby, životní prostředí

#### Summary:

Tato bakalářská práce je kompilací dostupných dat z oboru dřevěných staveb. Pojednává o jejich environmentální náročnosti a kvalitě a vlivu výstavby na životní prostředí. První část je zaměřena na charakteristiku dřevostaveb, ovlivnění životního prostředí a přináší výčet metod hodnocení environmentálních činitelů. V druhé části jsou vybrání environmentální činitelé s bližším zaměřením na metodu SBToolCZ popsáni na třech druzích dnes běžně používaných dřevostaveb. Výstupem je jejich porovnání a vyhodnocení.

#### Index terms:

Environmental quality, environmental factor, environment, wooden home, log cabin

## Obsah

1. Úvod.....	7
1.1 Cíl práce.....	8
2. Literární rešerše .....	9
2.1 Druhy dřeva .....	10
2.2 Vlastnosti dřeva .....	10
2.2.1 Vzhled .....	10
2.2.2 Hustota .....	10
2.2.3 Pevnostní vlastnosti.....	10
2.2.4 Vlhkost, bobtnání a sesychání.....	10
2.2.5 Trvanlivost .....	11
2.3 Dřevostavby .....	11
2.3.1 Konstrukční systémy dřevostaveb .....	11
2.3.2 Srubové stavby.....	12
2.3.3 Hrázděné stavby.....	14
2.3.4 Balloon-Frame, Platform-Frame (nosná konstrukce s průběžnými sloupy, plošinová konstrukce) .....	15
2.3.5 Rámové stavby.....	16
2.3.6 Skeletové stavby .....	17
2.3.7 Stavby z masivního dřeva .....	18
2.4 Dřevostavba a životní prostředí .....	20
2.4.1 Těžba surovin.....	20
2.4.2 Výroba materiálu.....	23
2.4.3 Doprava na staveniště a konstrukce budovy .....	26
2.4.4 Provoz budovy .....	26
2.4.5 Demolice a recyklace .....	27
2.5 Metody environmentálního hodnocení staveb .....	28
2.5.1 Legislativní souvislosti pro environmentální hodnocení staveb v České republice .....	29
2.5.2 Energetická náročnost budov (ENB) .....	29
2.5.3 Kritéria environmentálního hodnocení .....	31
2.5.4 Dělení hodnotících metodik .....	32
2.5.5 Hodnotící metodika SBTtoolCZ .....	34
3. Metodika .....	37

3.1 Popis vybraných dřevostaveb.....	37
3.1.1 Srubový dům (Pavel) .....	37
3.1.2 Prefabrikovaný dům (Harmony 4 Garden) .....	38
3.1.3 Dřevostavba z masivního dřeva (Kompakt II).....	40
3.2    Definice environmentálních činitelů.....	42
3.3    Environmentální analýza.....	42
3.3.1 Metoda SBToolCZ.....	42
3.3.2 Množství dřeva potřebného na konstrukci stěny.....	42
3.3.3 Množství vyprodukovaného odpadu.....	43
4.    Environmentální vyhodnocení .....	45
4.1 Metoda SBToolCZ.....	45
4.2 Množství dřeva potřebného na konstrukci stěny.....	46
4.3 Množství vyprodukovaného odpadu.....	47
5. Diskuze .....	48
6. Závěr .....	49
7.    Přehled literatury a použitých zdrojů.....	50



## 1. Úvod

Dřevo je jako stavební materiál používán architekty, řemeslníky a staviteli již celá staletí. Používaná technika stavění je založena na tradici a zkušenostech, které je možno podmiňovat zvyklostmi, klimatem či kulturními zvláštnostmi. Obor dřevostaveb v posledních letech zaznamenal významný rozvoj, na kterém se mimo jiné podílí i skutečnost, že stavební materiály a technika nejsou v dnešní době omezovány místem stavby, ale můžeme je distribuovat téměř z celého světa.

Dřevo nabízí možnosti konstrukce, omezované pouze fantazií. Jeho flexibilita a všestrannost je demonstrována rozmanitými aplikacemi. Dřevo přináší řešení mnohých stavebních a konstrukčních požadavků, aplikovatelných od nápadného dřeva v interiéru až k efektivní a silné vnější konstrukci. Tím doslova vytváří živé prostory plné krásy, tepla a komfortu.

S počátkem 21. století se dřevo stalo materiálem odpovídajícím trendům vhodným pro stavební praxi a začalo docházet ke zjednodušování architektury i konstrukcí a současně výrazně vzrostly technické požadavky. Domy mají být energeticky úsporné, šetrné a příznivě působící na životní prostředí a zároveň by měly splňovat vysoké nároky na komfort. Dnešní dřevostavby se proto výrazně liší od těch historických stavebními systémy, materiály a přestávají být spojovány se stavbami pro slabší sociální vrstvy.

Z environmentálního hlediska je dřevo pokládáno za ekologicky příznivý konstrukční materiál. Strom při fotosyntéze váže oxid uhličitý, který je posléze v pokáceném dřevě uchován a tím je po dobu životnosti výrobku z atmosféry odebrán. Je typickým reprezentantem obnovitelného zdroje s minimálními energetickými nároky na zpracování, přepravu a zapracování do stavby. Příznivou skutečností je i to, že je v rámci dřevostaveb stále častěji doplňováno materiály a prvky na obdobné bázi.

Pokud bychom dřevo posuzovali dle výše uvedených skutečností, pravděpodobně bychom mezi materiály nenašli obdobnou alternativu. Není tedy divu, že se v souvislosti s tím příslušným způsobem upravují a přizpůsobují předpisy a legislativa, do kterých se zapracovávají metody environmentálního hodnocení, na základě kterých byly vyvinuty výpočtové modely a softwarové nástroje, lišící se

rozsahem a mírou hodnocení jednotlivých faktorů. (Kolb, 2011), (Růžička, 2014), (Štefko, 2009), (Tendulkar, 2010), (WoodSolutions, 2013)

## **1.1 Cíl práce**

Bakalářská práce se zabývá environmentální náročností dřevostaveb a vlivem jejich výstavby na životní prostředí. Cílem práce je definovat environmentální faktory mající vliv pro hodnocení environmentální kvality dřevostaveb. Dalším cílem je vzájemné vyhodnocení a porovnání zvolených environmentálních faktorů.

## 2. Literární rešerše

Na výstavbu měla velký vliv industrializace, která vedla k novým metodám zpracovávání. Přeprava nově využívaných materiálů jako železa, oceli, betonu a výrobků z plastu byla i na velké vzdálenosti cenově výhodná, což výrazně potlačilo tradiční stavění ze dřeva. Ve stejném období došlo k zvyšování nároků na hygienu a komfort bydlení, což bylo následkem rychlého přírůstku obyvatel ve městech a s tím související technizací pracovních míst i domácností.

Omezené zdroje v období krize a následně během obou světových válek vedly k používání domácí a dostupné stavební suroviny. Po konzumní vlně padesátých až osmdesátých let vedl zpomalený průběh hospodářského vývoje k zjednodušení architektury i konstrukce. Současně výrazně vzrostly technické požadavky. Dnes je dřevo konstrukčním materiálem odpovídajícím trendům vhodným pro stavební praxi. (Kolb, 2011)

Obor dřevostaveb zaznamenal v České republice za poslední léta velký rozvoj, který je částečně podporován tím, že používání dřeva jako stavebního a konstrukčního materiálu, včetně materiálů a prvků na jeho bázi, se stalo v zahraničí jakýmsi trendem. Počáteční zpoždění, které se zatím nepodařilo dohnat, nedůvěra společnosti, považující stavby ze dřeva za méně hodnotné a pomalý a zdlouhavý vývoj norem a předpisů v této oblasti způsobuje, že je rozvoj dřevostaveb v našich podmínkách stále výrazně skromnější než ve světě. (Růžička, 2014)

Podíl stavebních konstrukcí ze dřeva je v Evropě v současné době 10%. Vládní podpůrné programy, snažící se rozšířit uplatnění dřeva, řeší kromě problémů hořlavosti a požární ochrany i otázky zvukové izolace, stability, ekologických požadavků a konstrukčních systémů. Na základě toho vznikají nové architektonické směry. Například z Maďarska se do povědomí celého světa dostává takzvaná *organická architektura*. Znakem vyspělých ekonomik je důsledné využití a zhodnocení domácích surovin, proto by mělo být zodpovědností státu a státních institucí v oblasti stavebnictví a bytové politiky snižovat energetickou náročnost, zachovat trvale udržitelný rozvoj a snížit dopady na životní prostředí právě podporou trvale udržitelných stavebních konstrukcí. Na druhou stranu je spotřeba energie pro ekonomiku klíčová, proto

snaha o trvale udržitelný rozvoj vnáší do společnosti určité znepokojení. (Pickett, 2003), (Štefko, 2009)

## **2.1 Druhy dřeva**

Největší podíl konstrukčního dřeva představuje smrk a jedle, které se v běžném sortimentu nerozlišují. Dále se používá borovice, modřin a douglaska. Pro vysoce namáhané speciální prvky, jako například polštáře a klíny, se zpravidla používá buk, dub a kaštan. Dubové dřevo je používáno na prvky, které musí být odolnější vůči vlhkosti. (Kolb, 2011)

## **2.2 Vlastnosti dřeva**

Obliba dřeva vyplývá z jeho přírodní podstaty a komplexu vynikajících vlastností. Jedná se o obnovitelnou surovinu s nízkou energetickou náročností při jeho zpracování. Vyznačuje se dobrou pevností, pružností, tvrdostí a nízkou hmotností. Snadno se opracovává a jeho tepelně izolační vlastnosti jsou uspokojivé. (Štefko, 2009)

### **2.2.1 Vzhled**

Vzhled dřeva je určen barevným odstínem a viditelnými znaky struktury. Vyplývá z biologických a fyzikálních procesů, vlivů teploty a růstových forem. (Kolb, 2011)

### **2.2.2 Hustota**

Oproti jiným konstrukčním materiálům má dřevo při poměrně nízké hustotě vysokou pevnost. Předností dřeva je, že mají jednotlivé druhy dřeva různou hustotu. Smrk je například lehký, ale pevný a používá se tedy na nosníky a sloupy, buk je tvrdý a ořezu odolný, vhodný pro schody. (Kolb, 2011)

### **2.2.3 Pevnostní vlastnosti**

V podélném směru je tlaková i tahová pevnost dřeva mnohonásobně vyšší než ve směru příčném. (Kolb, 2011)

### **2.2.4 Vlhkost, bobtnání a sesychání**

Příjemné obytné klima dřevostaveb vytváří vlastnost zvaná *hygroskopie*, což znamená, že dřevo přijímá i odevzdává vlhkost ve formě par. Často se staví již z

vyschlého dřeva, aby se v co největší míře zamezilo bobtnání a sesychání již zkonstruovaného domu. (Kolb, 2011)

### **2.2.5 Trvanlivost**

Každé dřevo má rozdílnou odolnost vůči povětrnosti díky koncentraci rezistenčních látek. K nejtrvanlivějším druhům patří dub. (Kolb, 2011)

## **2.3 Dřevostavby**

Termín *dřevostavba* není v odborné terminologii striktně definován. Ze slovního spojení můžeme nabýt dojmu, že se jedná o stavbu z masivního dřeva. Takové stavby však tvoří pouze mizivý podíl ze všech druhů staveb nazývaných jako *dřevostavba*. (Růžička, 2014) Obecně tedy můžeme za dřevostavbu považovat takovou stavbu, která je vybudována na bázi dřeva.

### **2.3.1 Konstruktivní systémy dřevostaveb**

Dřevostavby se výrazně odlišují konstrukcí i vzhledem, jsou rozdílně pojmenovány a neustále se objevují nová a výhodná řešení. Pokud podíl masivního dřeva překračuje 50% vlastního nosného systému, jsou stavby řazeny mezi masivní dřevostavby. Základními typy dřevěných staveb jsou:

- Srubové stavby
- Hrázděné stavby
- Platform-frame, Baloon-frame
- Skeletové stavby
- Rámové stavby
- Stavby z masivního dřeva

(Kolb, 2011)

### 2.3.2 Srubové stavby

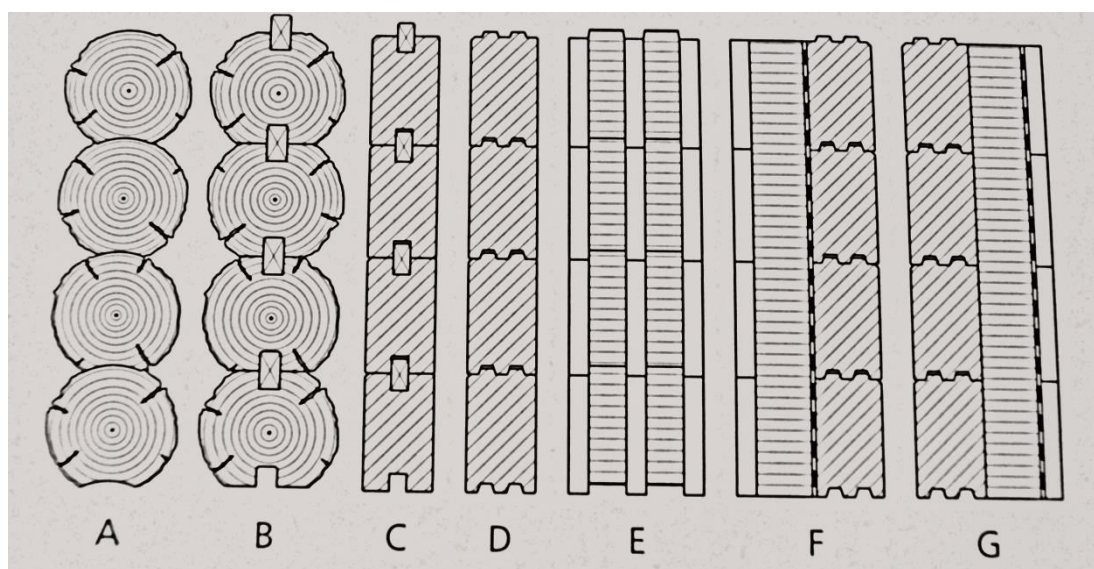
Srubové stavby vychází z tradice, která ovlivnila vývoj dřevěných staveb. V Rusku a Skandinávii nebyly tímto způsobem konstruovány jen obytné domy, ale i paláce, věže a kostely. Sruby našly své uplatnění i v Alpách a středoevropských horách. Vědomosti generací tesařů společně s novými standarty bydlení pomáhají stavět stále široké množství srubů po celé Evropě. Tradiční srubové stavby však patří do horského prostředí a vyžadují spolupráci s odborníky.

Obkladovou, nosnou i prostor vytvářející funkci tvořil jednovrstvý plášť. Ten je však díky nynějším nárokům nahrazován různými druhy prefabrikátů, které se snaží do jednoho



Obrázek 1 – Srubová stavba. Zdroj: Haniš, 2017

elementu sloučit tepelnou izolaci, instalační dutiny, obklady nebo vnitřní konstrukce i nosnou konstrukci. (Kolb, 2011)



Obrázek 2 – Vývoj srubových staveb. Skladba stěny. Vnější strana vlevo, vnitřní vpravo. Zdroj: Kolb, 2011

Vývoj (obrázek 2):

- A...kulatina
- B...kulatina s ložnými plochami a pery v drážkách
- C+D...hranoly spojené drážkou a hřebenem nebo perem
- E...prefabrikované sendvičové prvky
- F...tepelně izolovaná stěna: vrstvy jsou zhotoveny na staveništi v jednotlivých pracovních pochodech. Srubová stěna zůstává uvnitř viditelná. Obklad fasády je z masivního dřeva a musí se podle situace odvětrat.
- G...tepelně izolovaná stěna: vrstvy jsou zhotoveny na staveništi v jednotlivých pracovních pochodech. Srubová stěna zůstává uvnitř viditelná. Vnitřní obklad je z masivního dřeva.

Charakteristické znaky srubových staveb:

- Vysoká řemeslná dovednost
- Speciální výběr dřeva
- Umělecké rohové spoje
- Pevné uspořádání půdorysu
- Velká spotřeba dřeva
- Sednutí

Míra sednutí se u srubových staveb musí počítat na každé podlaží a je určena až na 25 cm. Například u otvorů se proto používají osazovací rámy. (Kolb, 2011)

### 2.3.3 Hrázděné stavby

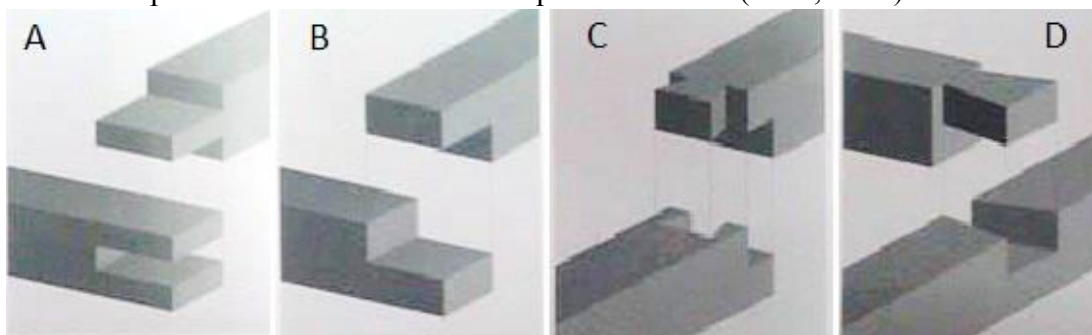
Hrázděné stavby se zpravidla vyznačují viditelnou nosnou kostrou stavby a jsou rozšířené po celé Evropě. I přes to se stavby po regionech liší. Oproti srubovým stavbám byly ty hrázděné budovány v místech, kde se dřevo nenachází v takovém množství. Pro výstavbu je možno používat i listnaté dřeviny. Za účelem napodobování masivních staveb z kamene a zdiva a domnělému



Obrázek 3 – historické hrázděné domy. Zdroj: Houška. 2013

protipožárnímu opatření byly stavby od poloviny 19. století omítány. (Kolb, 2011)

Dnes jsou hrázděné stavby nahrazeny ekonomicky i konstrukčně zajímavějšími alternativami. Své využití nachází pouze v zemědělských nebo účelových stavbách, ovšem nosné konstrukce jsou zpravidla obkládány. Jako spojovací prostředky jsou stále využívány čepy a zapuštění, díky malému zatížení není nutno používat tvarované součásti z plechu či oceli. (Kolb, 2011)



Obrázek 4 – Tesařské spoje hrázděných staveb. Zdroj: Kolb, 2011

Tesařské spoje (obrázek 4):

- A...rohové čepování kolmé
- B...rohové přeplátování obyčejné
- C...přímé plátování se spojením na rybinu
- D...přeplátování dvoustraně rybinovité



Charakteristické znaky hrázděných staveb:

- Nosná kostra může být oboustranně obložena, podle tradičního vzoru však zůstává zvenku viditelná
  - Především čisté spoje dřeva se zapuštěními, čepy a plátováními
  - Patrová výstavba
  - Nosně dřevěné prvky vykazují větší a píše čtvercové průřezy
  - Jednoduchá montáž
- (Kolb, 2011)

### 2.3.4 Balloon-Frame, Platform-Frame (nosná konstrukce s průběžnými sloupy, plošinová konstrukce)

Oproti úpadku výstavby dřevěných staveb v Evropě se v 50. letech 19. století ve Spojených státech amerických začal vyvíjet nový druh architektury, takzvaný Balloon-frame. Tento žebrový dřevěný systém - tvořený sloupky, které jsou vyztuženy prkny nebo deskami na bázi dřeva a přibité hřebíky - plnil požadavky na velmi rychlou výstavbu. Prosadily se zejména dva konstrukční systémy – Balloon-frame a Platform-frame. U prvního z nich prochází sloupky přes dvě nebo více podlaží, které uzavírají vodorovná prkna. Oproti tomu Platform-frame je stavba poschodová, u které se plošina během výstavby používá jako pracovní plocha a výrobní místo. (Kolb, 2011)



Obrázek 5 – Balloon-Frame. Zdroj: Kolb, 2011



Obrázek 6 – Platform-Frame. Zdroj: Kolb, 2011

Charakteristické znaky sloupkových staveb:

- Budova je vyztužená pláští
- Malá možnost předvýroby
- Štíhlé, vysoké průřezy
- Konstrukce je oboustranně obložena
- Těsná vzdálenost sloupků



Obrázek 7 – Baloon-Frame. Zdroj: Benson, 2014

### 2.3.5 Rámové stavby

Rámové stavby tvoří tyčová nosná kostra, řezivo a nosnou kostru stabilizující plášť. Kostra je uvnitř i zvenku zcela obložená. Navrhují se různé skladby stěn, stropů i střech, které jsou jako prefabrikáty vyráběny v závodech. Pro přepravu a montáž se používají výkonné prostředky. Montáž probíhá v jednom až dvou dnech po jeden rodinný dům.

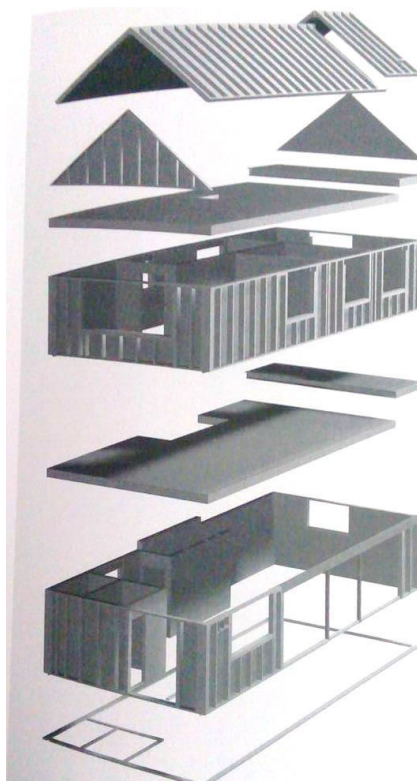
V zámoří se podle odhadů tímto způsobem staví až 90% všech jedno až dvoupodlažních rodinných domů. Tento systém má velkou perspektivu do budoucna, je hospodárný, vyznačuje se jednoduchou konstrukcí a architektonickou volností uvnitř systému. (Kolb, 2011)



Obrázek 8 – Sídliště v Dornanech. Zdroj: Kolb, 2011

Charakteristické znaky rámových staveb:

- Volnost architektonického řešení
- Opakující se detaily
- Jednoduchý konstrukční systém
- Jednoduchá dostupnost materiálu
- Nosná kostra sestává ze štíhlých, standardizovaných průřezů
- Celkové vyztužení opláštěním
- Spoje kontaktními styky a
- Poschodová výstavba
- Rastrový rozměr 400 – 700 mm, přednostně 625 mm
- mechanickými spojovacími prostředky
- Krátká doba výstavby, jsou možné různé stupně předvýroby
- Konstrukce oboustranně obložená



Obrázek 9 – Nosné roviny. Zdroj: Kolb, 2011

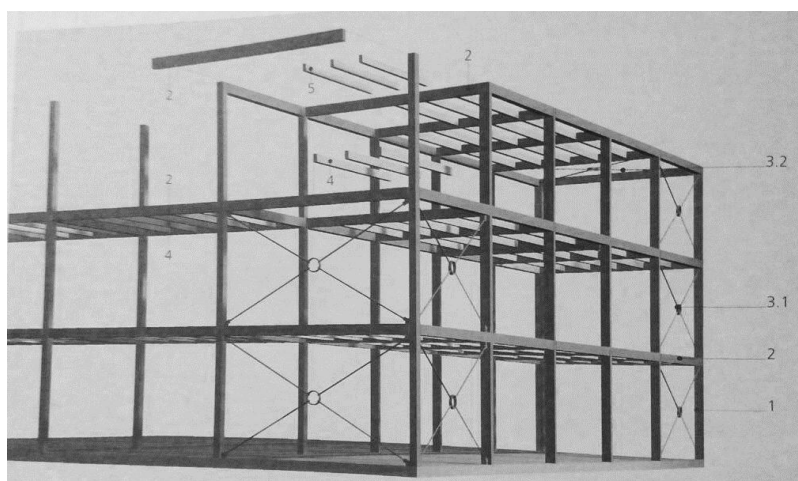
### 2.3.6 Skeletové stavby

Skeletové stavby jsou tvořeny nosným pravidelným rastrem, který se skládá ze sloupů, nosníků a výztužných prvků. Nosná konstrukce se kvůli ochraně proti povětrnosti a neprůvzdušnosti pláště budovy nechává na vnitřní straně vnějších stěn viditelná. Přednostně je u skeletů používáno

lepené lamelové dřevo. Spoje jsou ocelové, ojediněle čistě dřevěné.

Tyto stavby mají využití jako správní, průmyslové i provozní budovy,

stejně tak jako školní a bytové. (Kolb, 2011)



Obrázek 10 – Hlavní nosná konstrukce. Zdroj: Kolb, 2011

Konstrukční části (obrázek 10):

1. Sloup
2. Nosník, průvlak, kleštiny, tlačení prvek.
3. 1) svislé vyztužení  
2) vodorovné vyztužení
4. Trámový strop
5. Krokve

Charakteristické znaky skeletových staveb:

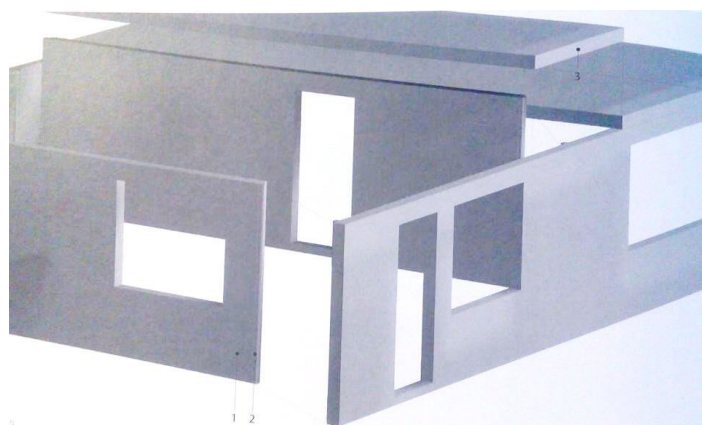
- Velká kompoziční volnost
- Nosný skelet a stěny ohraničující prostor zůstávají vzájemně nezávislé
- Variabilní řešení půdorysu
- Škála rozměrů podle rastru a modulu
- Dřevěný skelet může být uvnitř nebo venku viditelný nebo také oboustranně zakrytý
- Spojování většinou ocelovými prostředky
- U stěnových stropních i střešních prvků je velká možnost předvýroby



Obrázek 11 – Výstavba. Zdroj: Houška, 2013

### 2.3.7 Stavby z masivního dřeva

Plošné, současně nosné a prostor vytvářející dílce z masivního dřeva (lepeného, příčně lepeného, spojovaného hmoždíky nebo hřebíky), méně často z desek na bázi dřeva (třískových,



Obrázek 12 – konstrukční části. Zdroj: Kolb, 2011



OSB) jsou využívány pro stěny, stropy i střechy. Izolace se usazuje na nosnou konstrukci zvenku. Dnešní pojetí masivních dřevěných staveb nemá z konstrukčního, inženýrsko-technického ani architektonického nic společného se stavbami srubovými. Mezi stavby z masivního dřeva řadíme ty, jejichž masivní podíl činí minimálně 50%, staticky působí jako deska nebo výztužná tabule a jsou spojeny hustě uspořádanými stojinami. (Kolb, 2011)

Konstrukční části stavby z masivního dřeva, plné průřezy (velkorozměrové nosné konstrukce. (Obrázek 12) 1. stěnová deska nebo stěnový dílec

2. sloupek okenního rámu, spojovací díl

3. Stropní deska, stropní dílec



Obrázek 13 – výstavba. Zdroj: Envic, 2011

Charakteristické znaky masivních dřevěných staveb:

- Masivní podíl je nejméně 50% uzavřené nosné vrstvy
- Nosná vrstva z masivní, plošně působící desky
- Plošně působící nosný systém je tvořen velkorozměrovými plošinovými dílci nebo konstrukčními prvky malého formátu
- Masivní dřevěné prvky odebírají vlhkost ze vzduchu místnosti
- Vyztužení budovy se provádí plošnou nosnou konstrukcí
- Jednovrstvé systémy spojované hřebíky nebo hmoždíky i vícevrstvé systémy slepené příčně nebo křížově

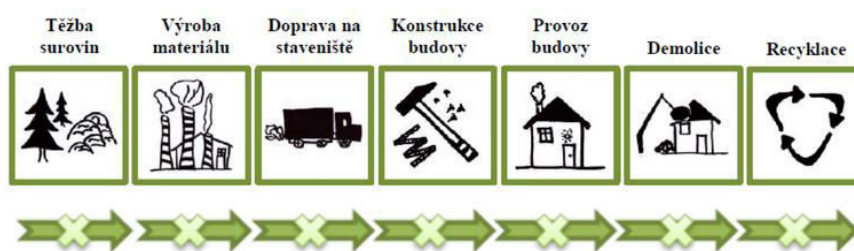
- Většinou poschodová výstavba, avšak jsou možné také průběžné stěny a zavěšené stropy
- Účinný přenos vysokých zatížení
- Příčně nebo křížově spleené systémy jsou vysoce rozměrově stabilní

## 2.4 Dřevostavba a životní prostředí

Pojem životní prostředí je vymezen dle ustanovení § 2 zákona č.17/1992 Sb., o životním prostředí, v platném znění. Je definován 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.*“

Aby bylo možné souhrnně určit ovlivnění životního prostředí budovami, nelze se soustředit pouze na výstavbu a provoz budovy, nýbrž je nutné vzít v úvahu i životní cyklus využitých materiálů počínaje těžbou surovin a konče případnou recyklací.

Jak vyplývá z obrázku 14 k tomuto účelu je využívána metodika hodnocení životního cyklu – LCA (Life Cycle Assessment), použitelná na jakýkoliv produkt lidské činnosti, tedy i na stavební materiály nebo budovu. (Vochoc a spol., 2012)



Obrázek 14: Životní cyklus budovy - vliv stavebních konstrukcí a materiálů na životní prostředí

Zdroj: Vochoc a spol., 2012

### 2.4.1 Těžba surovin

Vzhledem k tomu, že je tato práce zaměřena na dřevostavby, jsou zde rozvinuty pouze těžební metody dřeva. Ty lze rozdělit na čtyři základní typy: *Metoda sortimentní – Metoda kmenová – Metoda stromová – Metoda štěpkování*

- **Metoda sortimentní** – při této metodě je výrazně sníženo riziko poškození stávajícího porostu a půdního povrchu. Pokácené a odvětvené kmeny se přímo na místě zkracují na výřezy standardních délek, což usnadňuje manipulaci (lze využít lehčí stroje, koně i lidskou sílu), a společně s faktem, že na lokalitě „P“ (pařez) zůstává klest a těžební zbytky, přispívá k udržení místního ekosystému.

Metodu lze rozdělit na tři podskupiny, a to:

- *s úplným druhováním* – těžba jen jednoho druhu dřeva, výsledkem je krátké i dlouhé dříví
- *výřezy standardních délek* – předem dohodnuté délky, více druhová těžba
- *plně mechanizovaná (harvestorová)* – vysoká produktivita, vhodná těžba většího rozsahu, ale pozor na nekontrolovanou těžbu holosečí, při níž hrozí poškození lesního systému, poškozuje půdu, zvyšuje riziko eroze, snižuje retenci vody a mění tak odtokové poměry v povodí – mohlo by dojít k poškození biotopu řady rostlinných i živočišných druhů, až omezení biodiverzity. Oslabený lesní porost je náchylný na napadení lesními škůdci.

• **Metoda kmenová** – metoda je velmi nešetrná, jsou při ní poškozeny porosty i celý ekosystém. Jedná se o metodu, při které se kmen opracovaný kmen nekrátí a proto je manipulace s ním velmi složitá. Metoda se hojně využívala při celostátním vlastnictví lesů, se změnou společenského zřízení se od ní upouští.

Metodu lze rozdělit na tři podskupiny, a to:

- *bez manipulace* – kmeny ponechány na lokalitě „P“ a manipulace s nimi přechází plně do kompetence odběratele
- *s částečnou manipulací* – kmeny soustředěny na odvozním místě, kde odběratel vybírá
- *s úplnou manipulací* – kmeny manipulovány na odvozním místě nebo na manipulačně - expedičních skladech v naší režii

• **Metoda stromová** – metoda založená na maximálním využití dendromasy. Kmeny nejsou odvětvené, manipulace s nimi je složitější, ale v určitém směru (koruna tlumí nárazy a rozprostře váhu kmene) je šetrnější než kmenová. Stále probíhají diskuze a výzkumy ohledně problematiky s odebíráním biomasy z podrostu a degradace půdy.

Metodu lze rozdělit na tři podskupiny, a to vzhledem k místu odvětvení:

- *v porostu* – odvětvení prováděno nejčastěji na pasece blízko kácení, nastává problém s likvidací koncentrovaného klestu
- *na odvozním místě* – větší manipulační prostor pro odvětvení, možnost pálení klestu
- *na manipulačních skladech* – problém s přepravní délkou, momentálně praktikováno jen v zahraničí

• **Metoda štěpkování (drcení)** – nejmladší metoda, u nás až na přelomu tisíciletí. Brzy doznala rozmachu vzhledem k potřebě likvidace křovin, prořezávek, zbytků po kalamitách atd.

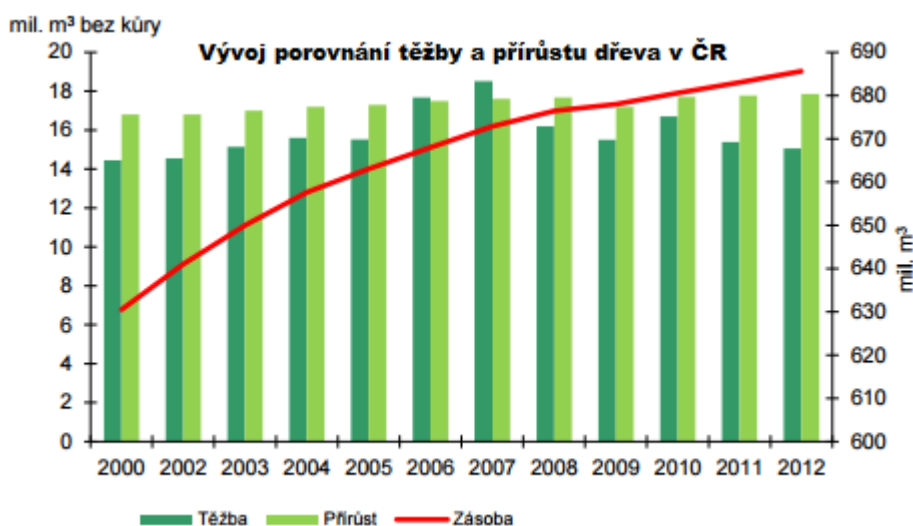
Metodu lze rozdělit na tři podskupiny, a to podle druhu materiálu:

- *celé stromy* – stromy nízké technologické kvality, prořezávky, energetické využití
- *stromové sekce* – vrcholky stromů, velmi slabé dříví
- *těžební zbytky* – vysoká koncentrace a následně brzké opotřebení

(Bílek a kol., 2013)

Těžba dříví v lesích se řídí zákonem č. 289/1995 Sb - Zákon o lesích. Pozitivní je, že se roční těžba dřeva v České republice pohybuje v posledním desetiletí mezi 15-17 mil m<sup>3</sup> a s výjimkou velkých kalamit (např. orkán Kyrill v roce 2007 či zvýšeným výskytem kůrovce v roce 2015) trvale nedosahuje hodnoty přírůstu. Z toho vyplývá, že jak celkové, tak průměrné zásoby dříví na hektar trvale rostou (ÚHÚL, 2016), což potvrzuje obrázek 15.





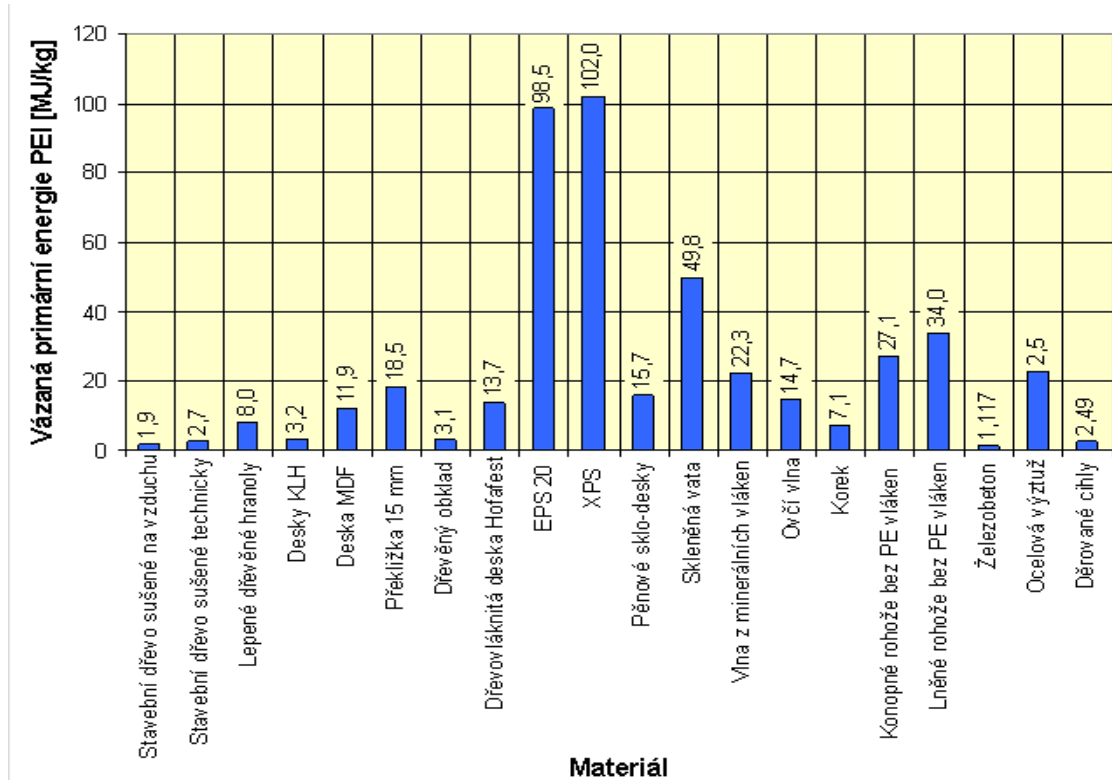
Obrázek 15 - Porovnání realizovaných těžeb dřeva s celkovým průměrným přírůstem [mil. m<sup>3</sup> bez kůry] a celkovými porostními zásobami v ČR [mil. m<sup>3</sup>], 2000–2012, Zdroj: ÚHÚL, ČSÚ, str. 78

## 2.4.2 Výroba materiálu

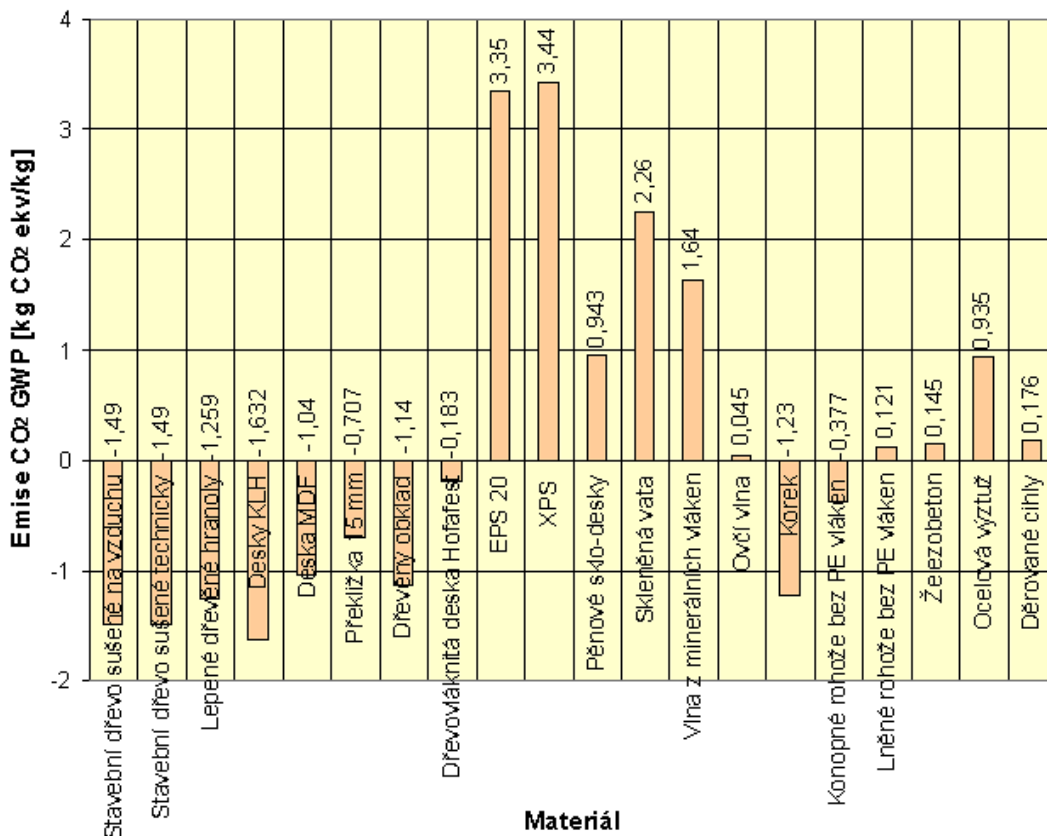
Je všeobecně známo, že produkty stavební výroby velmi významně souvisí se znečišťováním životního prostředí, proto se v posledních letech dostává do popředí zájmu vývoj nových řešení konstrukcí a materiálů z přírodních surovin, především dřeva, které díky svému původu a vlastnostem splňuje požadavky udržitelného rozvoje. Pokud je kladen důraz na šetrné zacházení s životním prostředím, je nutné přihlížet také k ekologickým činitelům, z nichž jsou nejvýznamnější následující (Chybík, 2010) :

- *Množství vázané primární energie (PEI - primary energy input)* – (šedá energie) je udáváno v MJ/kg a vypovídá o spotřebované energii v daném materiálu. Jde o energii vynaloženou na výrobu a dopravu materiálu a těžbu surovin. (Chybík, 2010)
- *emise CO<sub>2</sub> ekv (GWP - Global Warming Potential - potenciál globálního oteplování)* - emise přispívající ke vzniku skleníkovému efektu. CO<sub>2</sub> se vzhledem k jeho množství, které se v atmosféře vyskytuje, používá jako srovnávací ekvivalent. Společně s oxidem dusným a metanem jde o jeden z hlavních skleníkových plynů. Tento komponent se významnou měrou produkuje i při výrobě stavebních materiálů, u kterých se uvádí, kolik

kilogramů CO<sub>2</sub> je uvolněno ve všech složkách výrobních procesů. Jak lze vyčíst z obrázku 16 má však dřevo a některé další suroviny zápornou bilanci uvolněného CO<sub>2</sub>. Tyto suroviny během růstu spotřebují z přírodního prostředí více CO<sub>2</sub>, než se uvolní při přípravě a zpracování pro zabudování ve stavbě. (Chybík, 2010), (UNEP, 2007)



Obrázek 15 - Množství vázané primární energie ve vybraných stavebních materiálech Zdroj : ( Chybík, 2010)



Obrázek 16 - Emise CO<sub>2</sub> uvolněné při výrobě materiálu. Zdroj : ( Chybík, 2010)

- *emise SO<sub>2</sub> ekv (AP - Acidification potential - potenciál zakyselení životního prostředí)* - SO<sub>2</sub> je udáván jako hlavní zástupce, nicméně hodnota zahrnuje i jiné plyny podporující acidifikaci, jako např. oxid dusíku a amoniak. Tyto plyny vznikají produkcí průmyslové výroby a spoluvytvářejí kyselé deště, které způsobují nezvratný proces zasiření přírody a poškozují vodní, lesní a půdní ekosystémy. (Chybík, 2010)

### 2.4.3 Doprava na staveniště a konstrukce budovy

Vzhledem k nízké hmotnosti dřeva a k faktu, že ve většině případů se celá konstrukce dřevostavby připraví před samotnou realizací ve výrobním závodě a na místo určení se dopraví jednorázově, nevzniká žádné výrazné riziko poškození životního prostředí nadměrným hlukem, produkcí výfukových plynů či prachem během dopravy na staveniště.

Nespornou výhodou je přípravná fáze mimo staveniště i v případě samotné konstrukce budovy. Realizace hrubé stavby včetně instalace střechy bývá poté záležitostí pouhých dnů. Kompletní dokončení celé dřevostavby závisí na jejím přesném typu, ale obecně lze říci, že se jedná o období řádově jednotek měsíců, nejčastěji v rozmezí 3 – 6 měsíců.

### 2.4.4 Provoz budovy

Největším přínosem kvalitně zpracovaných dřevostaveb je bezesporu možnost zařazení většiny z nich minimálně mezi nízkoenergetické stavby, to znamená, že **měrná potřeba energie na vytápění je v rozmezí 15 – 50 kWh/m<sup>2</sup> za rok.**

Díky fyzikálním vlastnostem dřeva mají dřevostavby vyšší povrchovou teplotu obvodových stěn, proto je zde kratší topná sezóna. Díky nižší tepelné vodivosti stěny nepohlcují teplo z místností a v dřevostavbě se dosáhne podstatně rychleji „tepelné pohody“ než ve stavbě zděné, což přináší i nemalé energetické úspory.

Kvalitní konstrukce dřevostavby využívá přírodních termoregulačních schopností, dokáže stabilizovat klima, přirozeně vyrovnávat vlhkost interiérů a zároveň maximálně dokonale izolovat. Vnitřní zdravé klima dřevostaveb je velmi vhodné zejména pro alergiky a astmatiky kvůli vyrovnané vlhkosti vzduchu dřevostavby. Na rozdíl od panelových domů, ve kterých relativní vlhkost vzduchu mnohdy klesá až k 30%, uvnitř dřevostavby je vlhkost dlouhodobě udržována na úrovni optimálních 50%. Difúzně otevřené hydroizolační vrstvy dřevostavby totiž umožňují průchod přebytečných par ven z místnosti a v případě nízké vlhkosti v interiéru ji přirozeně zvyšují. (SimplyInvest, 2017)

## 2.4.5 Demolice a recyklace

Dřevostavbu lze celkem jednoduše a efektivně rozebrat a některé materiály dále využít. Zatím se to ovšem neděje v takové míře, jak by se dalo předpokládat. Důvodem tohoto stavu ovšem není charakter vlastní stavby, nýbrž současná ekonomická neefektivita tohoto procesu, nedostatek postupů a technologií, které by uměly dřevostavby výhodně recyklovat. Dá se předpokládat, že je to však jen otázkou času, neboť dřevo je skoro jediný materiál, který dokáže v rámci své likvidace energii poskytnout a ne spotřebovávat. (Růžička, 2014)

U průmyslově vyráběných materiálů je zaznamenána nepříznivá - plusová bilance. Existuje však celá řada hmot s bilancí zápornou. Dřevo patří mezi suroviny se zápornou bilancí uvolněného CO<sub>2</sub>, což znamená, že během růstu spotřebuje z přírodního prostředí více CO<sub>2</sub>, než se uvolní při zpracování a přípravě pro zabudování ve stavbě. CO<sub>2</sub> je ve dřevě uloženo po dobu, než dojde k jeho spálení nebo rozkladu. Jedná se o odloženou zátěž pro životní prostředí, ale k její produkci může dojít, až budoucí technologie umožní zpracování této hmoty šetrnějším způsobem nežli je tomu dosud. (Chybík, 2010)

Energetické náklady spojené se získáváním, zpracováním a využitím dřeva při stavbě a dokonce i s jeho následnou likvidací jsou nesrovnatelně nižší ve srovnání s ostatními materiály. Důležitou vlastností dřeva je jeho snadná a zároveň opakovatelná recyklovatelnost. Sice s každou další recyklací ztrácí na počáteční kvalitě, nicméně původní masiv může být postupně aglomerován a v konečné fázi může být odpadní dřevo využito pro vytápění. Při poslední fázi je sice uvolňován CO<sub>2</sub>, ovšem jen v takové výši, kterou do sebe původní strom naakumuloval. (Pavlas, 2016)

Je nutno podotknout, že jsou podnikány snahy o vypracování jednotné metodiky hodnocení dopadu stavebních materiálů na životní prostředí. Vždy ale nutně obsahovaly řadu neurčitých veličin, jako je např. dopravní náročnost (při transportu stejného materiálu na různá místa zpracování) nebo různá cena energií a jejich ekologický dopad (teplo získané pálením fosilních zdrojů nebo biomasy, elektřina z tepelných, jaderných nebo vodních elektráren). Další neurčitost do posuzování vnesly různé stupně opracování stejného materiálu (např. surové dřevo pro srubovou stavbu má jiný vliv na ekologii než překližka nebo dřevotříska, kdy jsou dřevěné štěpky nebo dýhy za horka a při vysokých tlacích lepeny lepidly, jejichž

dopad je nutno také započítat). Také se těžko hledá jednotný názor na to, je-li srubová stavba, která skončí po dožití na hranici, kde shoří na oxid uhličitý, nebo která přirozenými pochody shnije za uvolnění metanu (postrach všech ekologů), horší či lepší, než je stavba na bázi vápenných staviv, která pro své vytvrzení oxid uhličitý z atmosféry odnímá. O exaktním vyčíslení dopadu ani nemluvě. Neurčitostí se při hlubším ponoření do problematiky najde tolik, že nutně vzniká zásadní otázka objektivit takových úvah a výpočtů. K tomu se navíc přidává nejistota, nakolik nebo jestli vůbec tzv. skleníkové plyny a hlavně oxid uhličitý způsobují pozorované globální oteplování.

Dřevo ale pravděpodobně při jakkoliv zvolené metodě hodnocení vyjde velmi dobře, neboť jde o plně obnovitelný zdroj, který pro růst čerpá energii ze slunce. (Bacula, Hejhálek, 2004)

### ***2.5 Metody environmentálního hodnocení staveb***

Na vývoji metod se podílí mnohé univerzity, výzkumné ústavy i neziskové organizace po celém světě. Následkem toho je v některých státech používáno několik metod zároveň. Tyto hodnotící nástroje byly původně určeny pro architekty a projekční týmy jako pomůcka pro srovnávání různých variant návrhu a jako podpora pro rozhodovací proces. Dnes se některé hodnotící metody využívají i pro komerční certifikaci budov, kde je příslušným orgánem udělována certifikace, která vyjadřuje míru dosažené kvality budovy. Dnešní poptávka po těchto hodnoceních vede k rychlému rozvoji metodik. Kupující dnes zajímá postoj firem k životnímu prostředí. Proto motivací korporátních uživatelů vždy nemusí být primárně snižování energetické náročnosti budovy, ale záměr může být i čistě marketingový. (Lupíšek, undated)

### **2.5.1 Legislativní souvislosti pro environmentální hodnocení staveb v České republice**

Základní právní předpis stanovující vybrané vlastnosti konstrukce a budov je *zákon č. 406/2000 Sb., o hospodaření energií*, ve znění pozdějších předpisů, kde odstavec 4 § 6 vyjmenovává, které vlastnosti budov a jejich částí musí prokazovat hodnoty zabezpečující hospodárnou spotřebu energie, konkrétní hodnoty jsou stanoveny vyhláškou *291/2001 Sb., o měrné potřebě tepla na vytápění* a vyhláškou *213/2001 Sb., o podrobnostech o auditu*, ve znění pozdějších předpisů. Z hlediska technických předpisů je to zejména ČSN 73 0540 Tepelná ochrana budov. Od 1. 7. 2006 platí změna *zákona č. 406/2000 Sb.*, ve znění *zákona č. 177/2006 Sb.*, a *406/2006 Sb.* Ten vnáší do českých právních předpisů směrnici *91/2002/ES* o energetické náročnosti budov (ENB), která jednotně upravuje způsob hodnocení účinnosti užití energie v budovách pro bydlení a veřejný sektor. Tato směrnice byla implementována vyhláškou *č. 148/2007 Sb., o energetické náročnosti budov*. Ta stanovuje porovnávací ukazatele, požadavky a výpočtovou metodu energetické náročnosti budov, obsah průkazu energetické náročnosti budov a způsob jeho zpracování. V České republice byla v souladu s ENB předepsána certifikace budov metodou hodnocení energetické náročnosti budov. V roce 2010 byla směrnice v plném rozsahu nahrazena směrnicí *31/2010/EU*. Ta vytyčuje cíle Evropského společenství v oblasti energetiky do roku 2020. Tato revidovaná směrnice má moto 20-20-20, které vyjadřuje záměr v roce 2020 dosáhnout snížení spotřeby energie o 20%, snížení emisí skleníkových plynů o 20% a zvýšení podílu obnovitelných zdrojů na 20% celkové výroby energie v Evropě v porovnání s rokem 1990. Toho se snaží docílit upravením kroků vedoucím ke snížení energetické spotřeby energie v Evropě. (Kabele, 2011)

### **2.5.2 Energetická náročnost budov (ENB)**

Od roku 2009 v České republice zákon nařizuje způsob hodnocení energetické náročnosti staveb. (viz kapitola 2.5.1) Tomuto nařízení podléhají všechny nové budovy nebo rekonstruované stavby s plochou nad 1000 m<sup>2</sup>. Takzvaný *Průkaz energetické náročnosti budov* podává informace o tom, jak jsou jednotlivé stavby energeticky náročné. Směrnice *91/2002/EC celková roční dodaná energie* je základním ukazatelem hodnocení ENB. Udává množství energie dodané do budovy,

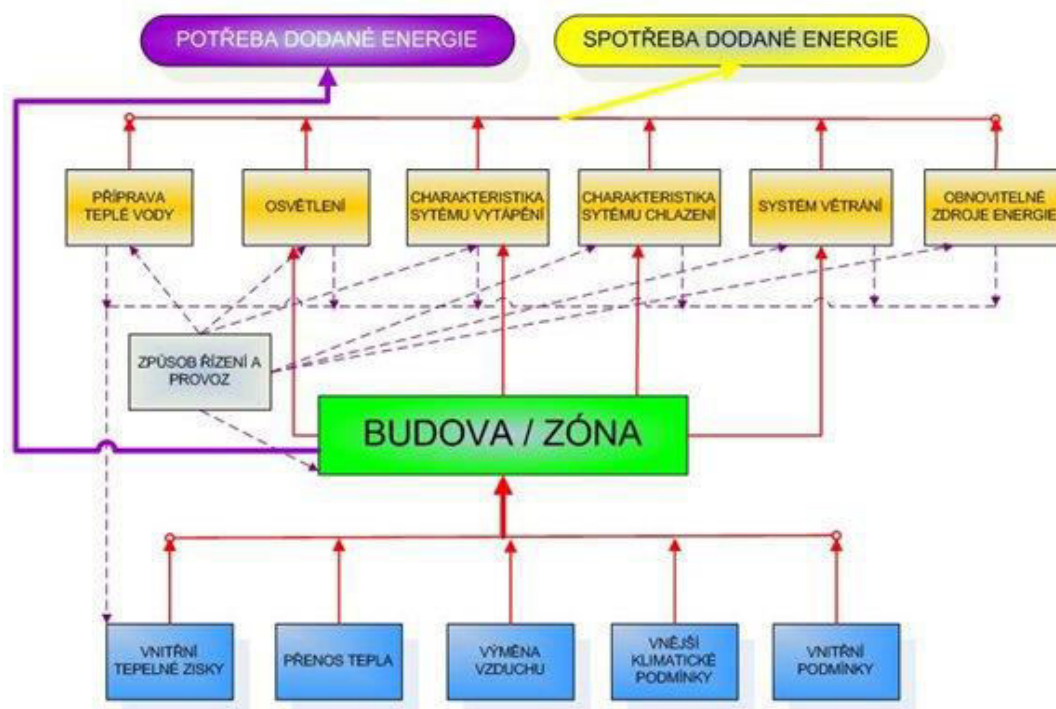
včetně energie vyrobené v budově obnovitelnými zdroji energie a spotřebované v budově.

Celková dodaná energie představuje spotřebu energie pro:

- vytápění,
- vzduchotechniku,
- chlazení,
- osvětlení,
- přípravu teplé vody,
- provoz zařízení zajišťující provoz jednotlivých systémů.

„Výpočet je založen na základním schématu toku energie, kdy je dodaná energie transformována ve zdroji energetického systému, výstup energie ze zdroje je dodáván do distribučního systému budovy a distribuční systém předává energii do jednotlivých systémů sdílení energie v různých zónách budovy. Hodnocení budov v ČR je prováděno pomocí takzvaného bilančního hodnocení, což je výpočet energií po jednotlivých časových úsecích ročního provozu (den, měsíc, hodina).“

Výpočtovou metodou z návrhových veličin se stanoví energetická náročnost budovy. (Enviros, 2011)



Obrázek 17 - Postup výpočtu energetické náročnosti budov

Zdroj: <http://tzb.fsv.cvut.cz/projects/nkn/?page=hodnoceni-enb>



Třída energetické náročnosti hodnocené budovy se stanoví dle následující tabulky podle vypočtené měrné spotřeby energie v kWh/(m<sup>2</sup>·rok).

Druh budovy			Třída energetické náročnosti budovy				
	A	B	C	D	E	F	G
	Mimořádně úsporná	Úsporná	Vyhovující	Nevyhovující	Nehospodárná	Velmi nehospodárná	Mimořádně nehospodárná
Rodinný dům	< 51	51 - 97	98 - 142	143 – 191	192 - 240	241 - 286	> 286
Bytový dům	< 43	43 - 82	83 -120	121 – 162	163 - 205	206 - 245	> 245
Hotel a restaurace	< 102	102 - 200	201 - 294	295 – 389	390 - 488	489 - 590	> 590
Administrativní	< 62	62 - 123	124 - 179	180 - 236	237 - 293	294 - 345	> 345
Nemocnice	< 109	109 - 210	211 - 310	311 - 415	416 - 520	521 - 625	> 625
Vzděláv. zařízení	< 47	47 - 89	90 - 130	131 - 174	175 - 220	221 - 265	> 265
Sport. zařízení	< 53	53 - 102	103 - 145	146 - 194	195 - 245	246 - 297	> 297
Obchodní	< 67	67 - 121	122 - 183	184 - 241	242 - 300	301 - 362	> 362

Obrázek 18 - Třídy energetické náročnosti budovy

Zdroj: <http://tzb.fsv.cvut.cz/projects/nkn/?page=hodnoceni-enb>

Průkaz energetické náročnosti se skládá z protokolu, ve kterém jsou uvedeny informace o objektu, dílčí vyhodnocení energetické náročnosti jednotlivých energetických procesů a vyhodnocení celkové energetické náročnosti budovy. U nových budov nad 1000 m<sup>2</sup> se také uvádí ekologická a ekonomická proveditelnost alternativních systémů a případně se doporučí technicky a ekonomicky vhodná opatření pro snížení energetické náročnosti budovy. (Hudcová, 2009)

### 2.5.3 Kritéria environmentálního hodnocení

Kritéria stanovující dopad spotřeby energií z neobnovitelných zdrojů a atmosférických emisí na životní prostředí. (Hodková, 2011):

- **Svázané emise CO<sub>2</sub>** [kg CO<sub>2</sub>, ekv.] = Potenciál globálního oteplování - GWP (Global Warming Potential) – tj. emise vyprodukované v průběhu celého života daného výrobku nebo jeho části. CO<sub>2</sub>, ekvivalentní znamená, že se nejedná jen o emise CO<sub>2</sub>, ale též o emise dalších skleníkových plynů (např. methan), jejichž efekt je přepočítán na úroveň efektu CO<sub>2</sub>.

- **Svázané emise SO<sub>2</sub>** [kgSO<sub>2</sub>, ekv.] = Potenciál okyselování prostředí – AP (Acidification Potential) – tj. emise vyprodukované v průběhu celého života daného výrobku nebo jeho části. SO<sub>2</sub>, ekvivalentní znamená, že se nejedná jen o emise SO<sub>2</sub>, ale též o emise dalších plynů způsobujících okyselování, jejichž efekt je přepočítán na úroveň efektu SO<sub>2</sub>.
- **Svázaná energie** [MJ] = Spotřeba primární energie – PEI (Primary Energy Input)- tj. celková spotřeba přírodních zdrojů energie v průběhu životního cyklu výrobku. Emise CO<sub>2</sub> velmi budou záviset na zvoleném způsobu vytápění objektu.

Nejčastěji řešené kategorií environmentálních dopadů při hodnocení chování konstrukcí (Hájek, 2002):

- potenciál globálního oteplení – GWP (z globálního pohledu)
- okyselování prostředí – AP (z regionálního pohledu)
- potenciál poškození ozónové vrstvy – ODP (z globálního pohledu)
- ukládání odpadů (z regionálního a lokálního pohledu)
- znečištění ovzduší
- eutrofizace vod – EP (z regionálního pohledu)
- vyčerpávání přírodních zdrojů (z regionálního i globálního pohledu)
- zdravotní závadnost prostředí

#### **2.5.4 Dělení hodnotících metodik**

Pro hodnocení staveb bylo vyvinuto již několik nástrojů. Doc. Kuda z VBŠ Ostrava metody rozděluje do tří skupin (Kuda, 2010):

**A. Metody hodnotící dílčí materiály**

**B. Metody hodnotící celou budovu**

**C. Metody hodnotící nejen budovu, ale i okolí budovy**

## **A. Metody hodnotící dílčí materiály**

Tyto metody jsou zaměřené na omezené množství kritérií s orientací na hodnocení dílčích konstrukcí a materiálů. Nejčastěji využívané metody tohoto druhu jsou – SimaPro, metody BEES a GEMIS.

Metoda BEES (Building for Environmental and Economic Sustainability) je software hodnotící dílčí konstrukce a materiály zabudované ve stavbě. Program hodnotí ekonomické a environmentální dopady celého životního cyklu – dle standardů ISO 14 000 (fáze získávání surovin, výroba/výstavba, doprava, užívání, konec životního cyklu – demolice/ recyklace).

Metoda BEES zahrnuje i environmentální kritéria, jako potenciál globálního oteplení, eutrofizace prostředí, potenciál okyselování prostředí, čerpání fosilních paliv, využití půdy, potenciál poškozování ozónové vrstvy, kvalitu vnitřního prostředí, spotřebu vody, znečištění vzduchu, potenciál tvorby smogu. (Fiala, undated: 30-31)

## **B. Metody hodnotící celou budovu**

Tyto metody jsou zaměřeny na detailnější kritéria dané oblasti. Jedná se např. o metodu LCCA (z anglického Life Cycle Cost Analysis), Athena, Energy 10, Energy Plus a Radiance.

Nejvýznamnější metoda je LCA (angl. Life Cycle Assessment). Má využití v různých oborech pro hodnocení environmentálních dopadů výrobků, služeb a technologií. V České republice je užívána v návaznosti na vydání pěti norem ČSN – EN ISO.

*„Metoda LCA přistupuje k hodnocení dopadů produktů na životní prostředí s ohledem na jejich celý životní cyklus. Zahrnuje stádia získávání a výroby výchozích materiálů, přes stádium výroby samotného produktu, stádium jeho užívání až po stádium jeho odstranění, opětovného užití či recyklaci v něm použitých materiálů. Environmentální dopady produktů jsou hodnoceny na základě posouzení vlivu materiálových a energetických toků, jež sledovaný systém vyměňuje se svým okolím, tedy s životním prostředím.“ (Kočí, 2010).*

Tato metoda je poměrně pracná a složitá pro její sběr dat, výpočty a interpretaci výsledků. Metoda LCA dává dobrý obraz o stavu zatížení životního

prostředí, ale nezahrnuje ekonomické kategorie. Dosud neexistuje jednotný postup pro její zpracování. (Baumann, Tillman, 2004), (Reisner, 2005).

### **C. Metody hodnotící nejen budovy, ale i okolí budov**

Jedná se o nejkompexnější metody. Ve svých výpočtech zahrnují více úrovní zároveň. Řeší aspekty environmentální, ekonomické, sociální, ale i kulturní.

Převážně ve Spojených státech amerických je v této souvislosti využíváno zejména metody LEED = „Leadership in Energy and Environmental Design“.

V Austrálii je tato metoda známá pod pojmem GREEN STAR, ve Francii jako HQE, ve Velké Británii jako BREEAM.

Metoda BREEAM hodnotí vliv budovy podle souboru definovaných ekologických kritérií. Hodnotí globální problémy a zdroje, kam spadá CO<sub>2</sub>, emise, místní záležitosti jako je ochrana vod a podpora bezautomobilové přepravy a vnitřní záležitosti jako je denní světlo a kvalita vzduchu. Celkové hodnocení chování a vlivu budovy má stupnici dostačující, dobré, velmi dobré nebo vynikající. (Yoveva, 1999)

Metoda BEPAC je všeobecná metoda ekologického hodnocení. Hodnotí stavby podle kritérií zahrnujících globální, lokální a vnitřní životní prostředí. Hodnocení zahrnuje ochranu ozónové vrstvy, dopad využití energie na životní prostředí, kvalitu vnitřního prostředí, ochranu přírodních zdrojů, staveniště a dopravu. (BREEAM, 2017), (Yoveva, 1999)

Mezi další metody patří: EPIQR, E-Audyt, PromisE, DGNB, NABERS, EcoProfile, ESCALE

#### **2.5.5 Hodnotící metodika SBToolCZ**

Systém pro certifikaci budov připraven výzkumným centrem CIDEAS a organizace CSBS. Metodika **SBToolCZ** patří pod systém metodik SBTool, který vyvíjí mezinárodní neziskové organizace International Initiative for Sustainable Built Environment. Metodika SBTool je používána ve Španělsku, Itálii a Portugalsku. SBToolCZ u nás představuje plně lokalizovaný systém pro české podmínky. Vlastní certifikaci v České republice provádí Technický a zkušební ústav stavební Praha., s.p. (iiSBE, 2009), (SBToolCZ, 2011).

Kritéria posuzují stavby ze všech úhlů pohledu. Hodnotí ekologická, energetická a ekonomická hlediska a současně zohledňuje bezpečnost v okolí budovy nebo možnost obyvatel z okolní zástavby najít dostatek míst pro relaxaci.

Nástroj SBToolCZ je určen pro různé druhy zájemců a inspiruje k inovacím řešení, minimalizujícím dopad na životní prostředí. Je přínosným už ve fázi samotného plánování stavby. Metoda vyhodnocuje budovu po stránce technického provedení a zaměřuje se i na možné očekávané dopady stavby na životní prostředí, včetně možné optimalizace tohoto dopadu. (Tzb info, 2010).

Struktura hodnotících kritérií **SBToolCZ** zahrnuje (Tzb info, 2010):

1) environmentální aspekty Potenciál ničení ozonu (ODP), Potenciál globálního oteplování (GWP), Potenciál okyselování prostředí (AP), Potenciál tvorby ozonu (POCP), Potenciál eutrofizace prostředí (EP), Využití zeleně na pozemku, Spotřeba primární energie z neobnovitelných zdrojů Využití zeleně na střeších a fasádách, Spotřeba pitné vody, Použití konstrukčních materiálů při výstavbě, Využití půdy, Podíl dešťové vody zachycené na pozemku.

2) sociálně-kulturní aspekty - Vizuální komfort, Tepelné pohoda v zimním období, Akustický komfort, Tepelné pohoda v letním období, Zdravotní nezávadnost materiálů, Flexibilita využití budovy, Využití exteriéru budovy pro pobyt obyvatel Uživatelský komfort, Prostorová efektivita, Bezbariérový přístup, Zajištění zabezpečení budovy

3) ekonomiku a management - Analýza provozních nákladů, Autonomie provozu, Management tříděného odpadu, Zajištění prováděcí a provozní dokumentace

4) kvalitu lokality Biodiverzita, Živelná rizika, Dostupnost veřejných míst pro relaxaci, Dostupnost veřejné dopravy, Dostupnost služeb, Bezpečnost budovy a okolí

**Environmentální kritéria** hodnotící spotřebu energie a emise, jsou hodnocena metodou LCA (Life Cycle Assessment, tedy hodnocení životního cyklu). To znamená, že je hodnocen nejen provozní dopad stavby, ale i spotřeba energie při výrobě použitých materiálů a konstrukcí, ze kterých byla budova postavena. Pro výpočty emisí jsou použity emisní faktory, které jsou v souladu se *Směrnici Rady 96/61/EC o integrované prevenci a omezování znečištění*. (SBToolCZ, undated)

Na základě dosažených bodů jsou udělovány příslušné certifikáty:

- budova certifikována (při obdržení 0 až 40% bodů ze všech možných),
- bronzový certifikát kvality (40-60%),
- stříbrný certifikát kvality (60-80%),
- zlatý certifikát kvality (nad 80%).



Obrázek 19 - Certifikáty kvality podle metodiky SBToolCZ

Zdroj: <http://www.sbtool.cz/about>

Metodika rozeznává díky možné řadě změn v projektu dvě samostatné hodnotící etapy:

1. Hodnocení projektu budovy ve fázi návrhu,
2. Hodnocení budovy po kolaudaci (dle skutečného provedení).

(SbToolCZ, undated).



Obrázek 20 - Pozitivní dopad použití certifikační metody SBToolCZ na návrh budov

Zdroj: <http://www.sbtool.cz/about>

### 3. Metodika

V metodice jsou na třech vybraných dřevostavbách definováni environmentální činitelé, kteří jsou dále analyzováni a hodnoceni.

#### 3.1 Popis vybraných dřevostaveb

##### 3.1.1 Srubový dům (Pavel)

Srubový dům Pavel je typovým domem od společnosti Haniš srubové domy s.r.o.. Má zastavěnou plochu 46m<sup>2</sup> a je dispozičně řešen jako 3+kk. Stavba je rozdělena na výrobní fázi v hale a následující fázi výstavby na pozemku.

Firmou Haniš srubové domy s.r.o. jsou do dřevostaveb vyráběny a dodávány krby či kachlová kamna, tudíž se na vytápění používá dřevo. Konstrukce obvodových stěn má součinitel propustnosti tepla  $U = 0,30 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Tento součinitel udává množství tepelné energie propuštěné z konstrukce neboli tepelné ztráty.



Obrázek 21 – Srubový dům Pavel. Zdroj: Haniš, 2017

Energetická náročnost budovy spadá do kategorie C. (Haniš, 2017)

##### Konstrukční řešení

Stejně jako pro zděné domy jsou i pro ty srubové připravovány základové desky. Za vhodné se považuje vyzdění nadzemních částí z kamene, ze štípaných okrasných tvárnic či ze ztraceného bednění. Základovou desku lze také omítnout a natřít. Výstavba hrubé stavby je v závislosti na velikosti a složitosti projektu zhruba 2-4 měsíce. Pro stavbu je využívána kulatina o průměru 32-42 cm. Spoje jsou oboustranně zaizolovány paměťovými páskami z PVC a uprostřed pásy nejčastěji z ovčí vlny. Konstrukce krovu je tvořena standartně hraněnými profily, na přání i kulatinou. Příčky jsou tvořeny z lehkých zdicích prvků, případně z dřevovláknitých desek či sádkkartonu. Nejpreferovanějším druhem krytiny

jsou pálené a betonové tašky, dále pak asfaltový nebo dřevěný štípaný šindel či zelené živičné střechy. (Urban, 2011)

### Fáze stavby

Dřevo pro firmu Haniš srubové domy s.r.o. se těží v Krkonoších a Orlických horách, odkud je následně odvezeno do nedalekého výrobního areálu. Tam je kulatina ručně odkorňována a opracovávána. Jsou zde vyrobeny spoje a otvory. Pro vyznačení míst, kudy povede elektroinstalace je konstrukce sestavena již v hale, její prvky číselně označeny a srub znovu rozebrán. Následuje vyřezání prostupů pro elektroinstalaci. Pro manipulaci se dřevem je použit mostový jeřáb. Tyto procesy trvají přibližně 3 měsíce a dřevo je před odvozem na stavbu naimpregnováno. V této fázi vzniká největší podíl odpadu a to převážně při odkorňování a opracování kulatiny, vyřezávání konstrukčních rohových a podélných spojů, otvorů pro okna, dveře a vedení instalací. Menší podíl má i směsný komunální odpad, který nelze dále zužítkovat. Dřevní odpad je dále používán jako topivo v nedaleké elektrárně, odřezky z masivu jsou prodávány jako palivové dříví. (Haniš, 2016)

Před dovezením předem připravených částí na stavbu je třeba zhotovit betonové základy. Na nichž se později pomocí autojeřábu dovezený materiál smontuje. Poté se ložné spáry vyplní tepelnou izolací a pomocí husích krků se rozvedou veškeré elektroinstalace. Jsou vyříznuty drážky pro napojení příček a otvory seříznuty na požadovaný rozměr. Tato fáze trvá přibližně 6-8 týdnů a po jejím dokončení je kulatina vybroušena do hladka a znovu naimpregnována.

V této fázi vzniká další odpad, tvořený jednotlivými odřezky dřeva nebo pilinami. Výfukovými plyny z autojeřábu je při této fázi zatěžováno životní prostředí a zhutňována půda. (Haniš, 2017), (Houdek, Koudelka, 2009)

### **3.1.2 Prefabrikovaný dům (Harmony 4 Garden)**

Dům Harmony 4 Garden je typovým domem od firmy Haas Fertigbau s.r.o.. Je postaven ve sloupkovém prefabrikovaném systému. Zastavěná plocha je 82,35 m<sup>2</sup> a jeho dispoziční řešení je 5+1. Stavba je opět rozdělena na výrobní fázi v hale a následnou fázi výstavby přímo na pozemku.



Domy od společnosti Haas Fertigbau s.r.o. k vytápění používají ústřední systém s otopnými tělesy. Součinitel propustnosti tepla je  $U = 0,14 \text{ W/m}^2\text{K}$  a svou energetickou náročností spadá do kategorie B. (Haas Fertigbau Chanovice s.r.o., 2017)



Obrázek 22 – Prefabrikovaný dům Harmony 4 Garden. Zdroj: Haas Fertigbau s.r.o., 2017

### Konstrukční řešení

Základy jsou tvořeny železobetonovou deskou, na kterou jsou ukotveny stěny Thermo protect premium. Ty se skládají z 200 mm tlustého dřevěného rámu vyplněného deskami z minerální vlny. Celý rám je opláštěný OSB deskami. Vnější strana je zakryta deskou z pěnové hmoty a omítnuta. Vnitřní strana je opatřena parozábranou a sádrokartonovou deskou. Dřevěná konstrukce stropu je vyplněna minerální vlnou, svrchu tvořena OSB deskami, deskami podlahového polystyrénu, polyethylenové folie, sloužící jako dilatační vrstva a monolitickou betonovou mazaninou. Spodní část tvoří latě se sádrokartonovou deskou. (Haas Fertigbau Chanovice s.r.o., 2016)

### Fáze stavby

Výrobní fáze se začíná ve výrobní hale, kde jsou pomocí příslušných strojů nařezány hranoly v požadovaných rozměrech. Z těch je na překlápěcích montážích sestaven rám, opláštěný deskovým materiálem a opatřen parozábranou a sádrokartonovou deskou. Do takto zhotovených konstrukcí se vkládají elektroinstalační komponenty. Za pomoci mechanizovaného stolu jsou panely překlápány a z druhé strany jsou upevněny instalace a vložena minerální izolace. Poté se na dřevěný rám upevňují další vnější vrstvy. Následně je panel postaven na výšku a jsou osazena okna, dveře a panel je omítnut. Obdobně se postupuje i stropních konstrukcí a příček. Montážní práce jsou provedeny ručně a manipulaci s již sestavenými panely zajišťuje vestavěný mostový jeřáb. Pro zajištění ochrany

při převozu proti klimatickým vlivům jsou panely zabaleny do fólií. Distribuce probíhá nákladními automobily a na staveništi je konstrukce sestavena pomocí autojeřábu. (Jiříček, 2012)

V tomto stádiu vzniká odpad tvořený odřezky a pilinami, úlomky hliníkových lišt, odřezky z minerální izolace a parozábrany. Dále pak různými obaly, jako například fóliemi, papírovými rolemi či plastovými nádobami. Odpad je vytříděn a jen minimální část tvoří směsný komunální odpad, který dál nelze třídít. Dřevěný odpad je likvidován ve výrobně vytvářením pelet. Větší kusy dřeva jsou následně spalovány.

Na staveništi jsou díly pomocí autojeřábu smontovány běžně během jednoho dne. Montáž začíná svislými konstrukcemi prvního podlaží, pokračuje stropní konstrukcí a stěnami dalšího podlaží. Poté je provedena montáž střešní konstrukce. Následně je objekt napojen na inženýrské sítě. Při dokončovacích pracích je provedena konečná povrchová úprava. (Jiříček, 2012)

Přípravou dílců již ve výrobní hale je odpad na staveništi minimalizován a je tvořen pouze dřevním odpadem, vyprodukovaným při realizaci střešní konstrukce a obalovým materiálem ze stavebních hmot. Tento odpad je opět vytříděn a jen mizivé množství tvoří směsný komunální odpad.

### 3.1.3 Dřevostavba z masivního dřeva (Kompakt II)

Tato rámová dřevostavba je tvořena vrstveným dřevem systému NOVATOP a je typovým domem společnosti Novahome s.r.o.. Zastavěná plocha tvoří 149 m<sup>2</sup> a je dispozičně řešen jako 4+kk, případně 4+1. Stejně jako u předchozích typů dřevostaveb je i stavba tohoto domu rozdělena do dvou výrobních fází. První je výroba komponentů firmou NOVATOP a následné smontování přímo na stavbě. K vytápění tohoto domu slouží tepelné čerpadlo a vzduchotechnická jednotka.



Obrázek 23 – masivní dřevostavba Kompakt II. Zdroj: Dřevo a stavby, 2017

Tepelné ztráty mají hodnotu  $U = 0,12 \text{ W/m}^2\text{K}$  a jako energeticky pasivní dům spadá do kategorie A+. (PRO VOBIS, 2017)

### Konstrukční řešení

Základ dřevostavby je tvořen základovou deskou, na níž jsou osazeny masivní celodřevěné panely z českého smrku vyráběné na CNC strojích. Konstrukční systém NOVATOP zajišťuje stavbám dokonalou přesnost požadovanou pasivními stavbami a umožňuje maximální využití dřeva na stěnách i stropěch interiéru. Obvodové stěny jsou tvořeny třemi vrstvami, které se z exteriéru skládají z 5mm tlusté fasádní omítky, 180 mm tlusté minerální tepelné izolace a 84 mm tlustého stěnového panelu. Tím se snižují nároky nejen na čas výstavby, ale i na logistiku a v souvislosti s tím i na celkovou spotřebu energie při výstavbě. Montáž přímo na staveništi je pak záležitostí doslova několika minut. (Domesi, 2017)

### Fáze stavby

Výroba dřevěných panelů NOVATOP vyžaduje důkladné předběžné plánování. Díky unikátnosti každého projektu nelze po odsouhlasení projektovou dokumentaci měnit. Výrobní proces může být spuštěn až ve chvíli, kdy jsou vyjasněny a do prováděcích výkresů zaneseny veškeré specifikace. Cílem výrobce je dodat hotové a plně opracované komponenty přímo na místo montáže.

Ve výrobě jsou vyráběny na míru s vybraným opracováním spojů, s otvory pro okna a dveře a s dalšími individuálními úpravami jako příprava tras pro rozvody či doplnění tepelné a zvukové izolace. Poté jsou takto připravené panely expedovány na staveniště, kde jsou pomocí jeřábů sestaveny. Stavět lze přímo z kamionu bez další meziskládkové manipulace. (AGROP NOVA, 2015)

Produkce odpadu na staveništi je opět minimalizována předvýrobou ve výrobní hale. Při výrobě panelů je produkován dřevní odpad, odřezky z izolací a obalový materiál. Jen minimální část ze vzniklého odpadu nelze znovu využít.

## 3.2 Definice environmentálních činitelů

Pro výše uvedené dřevostavby byli jako stěžejní vybráni tři činitelé:

1. metoda SBToolCZ, definována v kapitole 2.5.5
2. množství dřeva potřebného na konstrukci stěny
3. množství vyprodukovaného odpadu a jeho využití

## 3.3 Environmentální analýza

### 3.3.1 Metoda SBToolCZ

Při analýze dle této metody byla použita kritéria pro obytné budovy ve fázi návrhu. Vzhledem k zaměření prováděné analýzy byla hodnocena pouze kritéria týkající se rozdílných vlastností jejich konstrukcí. Parametry byly zadány do hodnotících tabulek „Kalkulačního programu pro předběžné hodnocení komplexní kvality budov metodikou SBToolCZ“. Tento program však vyhodnocuje budovu pouze předběžně a pomocí mnohdy neúplných informací.

### 3.3.2 Množství dřeva potřebného na konstrukci stěny

Srubová stavba je tvořena kulatinou o průměru 32 – 42 cm. Další materiály, jako například ovčí vlna či PVC pásy jsou použity jen do spojů a jejich množství je zanedbatelné. Dá se tedy předpokládat, že je konstrukce téměř ze sta procent tvořena dřevem.

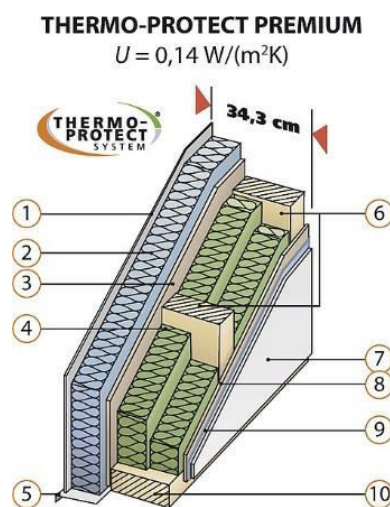


Obrázek 24 – Detail W výřezu. Zdroj: Haniš, 2016

Prefabrikovaná stavba je tvořena deskami *Thermo protect premium*, které se mimo 200 mm silného dřevěného rámu skládají také z desek z minerální vlny, pěnové hmoty a z desek OSB. V tomto konstrukčním systému je podíl dřeva přibližně jen čtvrtinový.

Skladba stěny:

1. Organická omítka vyztužená
2. 100 mm deska stabilizované pěnové hmoty
3. 13 mm OSB deska
4. 2 x 100 mm izolační deska z minerální vlny
5. Ukončovací aluprofil
6. 200 mm nosná dřevěná konstrukce
7. 12,5 mm sádkartonová deska
8. 13 mm OSB deska
9. Parozábrana
10. Dřevěný práh s ukotvením



Obr. 25 – Skladba stěny Zdroj: HaasFertigbau, 2017

Stavba z masivního dřeva je tvořena systémem NOVATOP. Obvodové stěny jsou tvořeny z 84 mm tlustého dřevěného panelu a 180 mm tepelné izolace. Podíl dřeva tvoří zhruba 30% konstrukce.

#### SKLADBA STĚNY

5mm	fasádní omítka
180mm	minerální tepelná izolace
84mm	stěnový panel
269mm	CELKEM



Obrázek 26 – Skladba stěny, Zdroj: Domesi s.r.o., 2017

### 3.3.3 Množství vyprodukovaného odpadu

U srubového domu vzniká největší podíl odpadu ve výrobní hale při odkorňování a opracování kulatiny, vyřezávání konstrukčních rohových a podélných spojů, otvorů

pro okna, dveře a vedení instalací. Stejně tak vzniká i komunální odpad, kterého je však menšina. Přímo na staveništi vzniká odpad tvořený odřezky dřeva a pilinami. Životní prostředí je také zatěžováno výfukovými plyny z autojeřábů, které mají vliv i na zhutňování půdy.

U prefabrikovaného domu je největší podíl odpadu produkován ještě ve výrobní hale. Je tvořen pilinami, odřezky, úlomky hliníkových lišt a odřezky z minerální vlny a parozábrany. Navíc pak různými obaly, fóliemi, papírovými rolemi či plastovými nádobami. Předpřípravou ve výrobní hale je odpad na staveništi minimalizován a je tvořen převážně dřevním odpadem produkováným při realizaci střešní konstrukce a obalovým materiálem ze stavebních hmot.

Obdobně je tomu i u domu z masivního dřeva. Ve výrobě je produkována převážná část odpadu, tvořená dřevním odpadem, odřezky z izolací a obalovým materiálem.

Obecně lze o odpadech při výstavbě říci, že vzniká jen minimální množství směsného komunálního odpadu, který nelze znovu využít.

## 4. Environmentální vyhodnocení

### 4.1 Metoda SBToolCZ

Vzhledem k faktu, že program SBToolCZ není primárně zaměřen pouze na dřevostavby, nelze v něm přesně charakterizovat jejich konstrukční provedení a zároveň se dřevostavby obecně řadí do staveb s dobrou environmentální kvalitou, nejsou výsledky analýzy provedené touto metodou výrazně rozdílné, jak můžeme vidět v následujících předběžných vyhodnoceních vygenerovaných programem.

#### Předběžné výsledky ze zjednodušeného hodnocení budovy metodikou SBToolCZ

skupina kritérií	norm. body	váha	celkové skóre
E. Životní prostředí	7,2	50%	3,6
S. Sociálně-kulturní oblast	3,1	35%	1,1
C. Ekonomika a management	5,9	15%	0,9

0 = min., 10 = max.

**Budova na základě předběžného hodnocení obdržela celkem 5,6 bodů.  
To odpovídá bronzovému certifikátu kvality.**

Pro vysvětlení pojmů a bližší popis metodiky lze nalézt na webu [www.sbtool.cz](http://www.sbtool.cz).  
V předběžném hodnocení nejsou zahrnuta všechna kritéria.

© CIDEAS, Fakulta stavební - ČVUT v Praze | e-mail: [martin.vonka@fsv.cvut.cz](mailto:martin.vonka@fsv.cvut.cz) | telefon: +420 224 355 450 | nástroj je založen na verzi SBToolCZ 2010 (12/2010)



Obrázek 27 – Předběžné výsledky ze zjednodušeného hodnocení budovy metodikou SBToolCZ pro Srubový dům

#### Předběžné výsledky ze zjednodušeného hodnocení budovy metodikou SBToolCZ

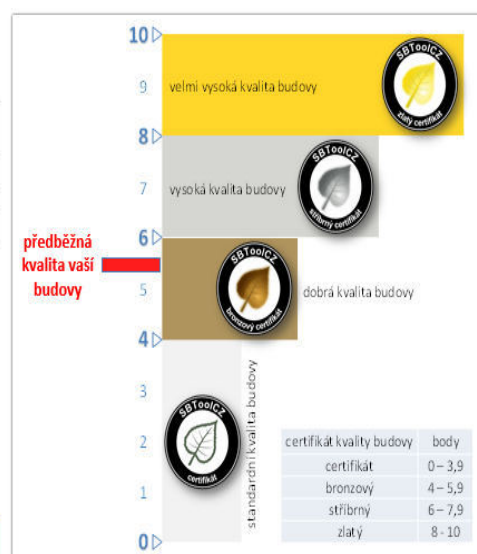
skupina kritérií	norm. body	váha	celkové skóre
E. Životní prostředí	6,7	50%	3,4
S. Sociálně-kulturní oblast	3,5	35%	1,2
C. Ekonomika a management	5,9	15%	0,9

0 = min., 10 = max.

**Budova na základě předběžného hodnocení obdržela celkem 5,5 bodů.  
To odpovídá bronzovému certifikátu kvality.**

Pro vysvětlení pojmů a bližší popis metodiky lze nalézt na webu [www.sbtool.cz](http://www.sbtool.cz).  
V předběžném hodnocení nejsou zahrnuta všechna kritéria.

© CIDEAS, Fakulta stavební - ČVUT v Praze | e-mail: [martin.vonka@fsv.cvut.cz](mailto:martin.vonka@fsv.cvut.cz) | telefon: +420 224 355 450 | nástroj je založen na verzi SBToolCZ 2010 (12/2010)



Obrázek 28 – Předběžné výsledky ze zjednodušeného hodnocení budovy metodikou SBToolCZ pro prefabrikovaný dům



### Předběžné výsledky ze zjednodušeného hodnocení budovy metodikou SBToolCZ

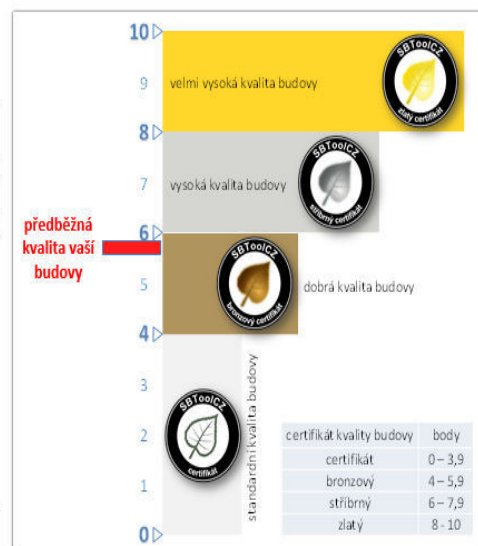
skupina kritérií	norm. body	váha	celkové skóre
E. Životní prostředí	6,8	50%	3,4
S. Sociálně-kulturní oblast	3,3	35%	1,2
C. Ekonomika a management	7,4	15%	1,1

0 = min., 10 = max.

**Budova na základě předběžného hodnocení obdržela celkem 5,7 bodů.  
To odpovídá bronzovému certifikátu kvality.**

Pro vysvětlení pojmů a bližší popis metodiky lze nalézt na webu [www.sbtool.cz](http://www.sbtool.cz).  
V předběžném hodnocení nejsou zahrnuta všechna kritéria.

© CIDEAS, Fakulta stavební - ČVUT v Praze | e-mail: [martin.vonka@fsv.cvut.cz](mailto:martin.vonka@fsv.cvut.cz) | telefon: +420 224 355 450 |  
nástroj je založen na verzi SBToolCZ 2010 (12/2010)

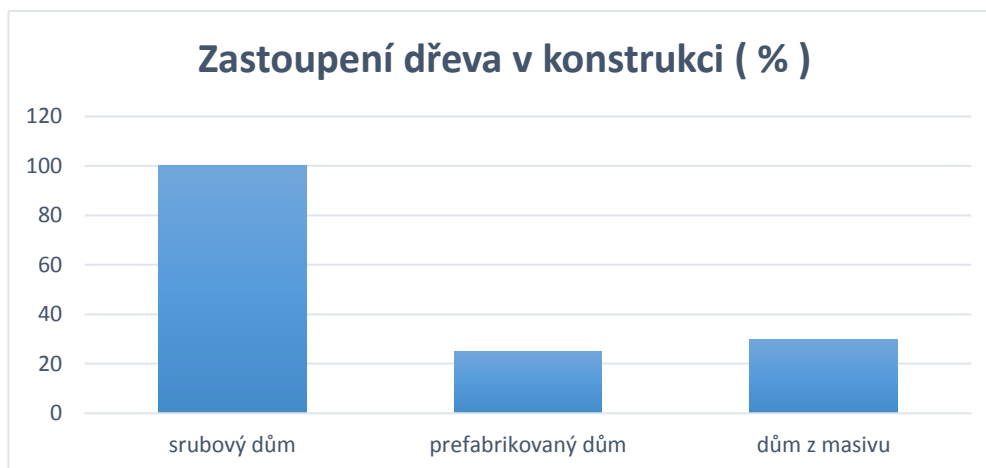


Obrázek 29 – Předběžné výsledky ze zjednodušeného hodnocení budovy metodikou SBToolCZ pro dům z masivního dřeva

Pomocí této metody byla vyhodnocena, byť se zanedbatelným rozdílem, jako nejkvalitnější masivní dřevostavba. Všechny tři získali bronzový certifikát.

## 4.2 Množství dřeva potřebného na konstrukci stěny

Pojem dřevostavba v lidech evokuje pocit, že se jedná o stavbu z masivní dřevěné konstrukce, případně z masivní dřevěné konstrukce s dalšími prvky na bázi dřeva. Díky progresivnímu vývoji a flexibilitě prvků z jiných, jako například kovových, plastových či zděných, materiálů je dřevo těmito, stejně tak jako jinými pocitově izolačně výhodnějšími materiály, nahrazováno. Obvodové stěny dřevostaveb tedy nejsou tvořeny čistě dřevem, které může být naopak jen minoritní složkou, a přesto je dům považován za dřevostavbu. Procentuální zastoupení dřeva řešených budov je znázorněno v následujícím grafickém srovnání.



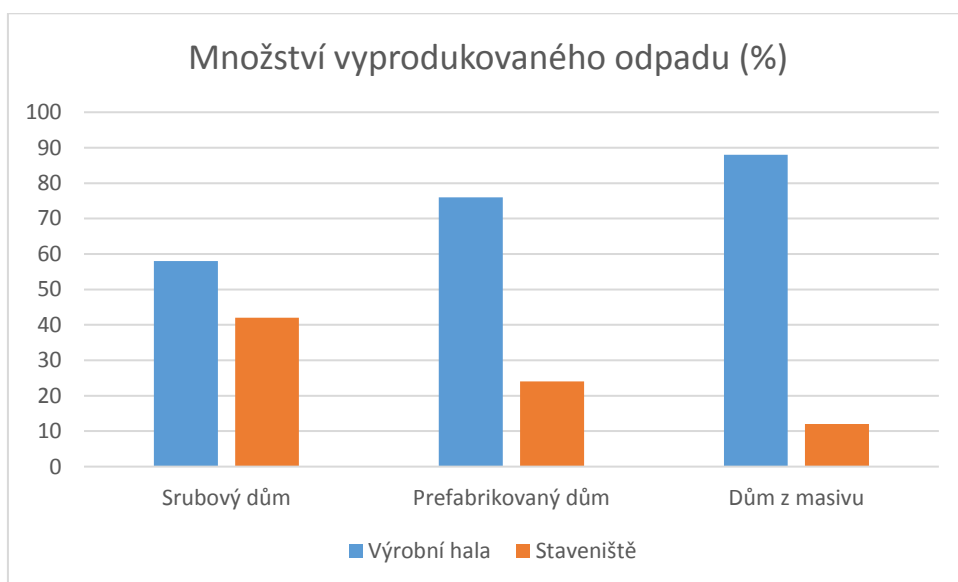
Obrázek 30 – Zastoupení dřeva v konstrukci, empirický odhad



Z obrázku č. 30 je zřejmé, že největší podíl dřeva je využit na výstavbu srubového domu, nejméně pak na prefabrikovanou konstrukci.

### 4.3 Množství vyprodukovaného odpadu

Nespornou výhodou dřevostaveb je, že převážná většina vyprodukovaného odpadu je dále využitelná jak pro energetické účely, tak pro další zpracování. Oproti výstavbě zděných domů vzniká jen mizivá část směsného komunálního odpadu, který by musel být posléze skládkován nebo spalován. Za další výhodu lze uvést skutečnost, že konstrukční prvky projdou nejrozsáhlejší fází přípravy již ve výrobní hale, čímž je doba výstavby přímo na staveništi zkrácena na minimum a její dopad na životní prostředí spojený s produkcí odpadů a emisí ze stavebních strojů téměř eliminován. Rozdíly v množství vyprodukovaného odpadu jsou graficky znázorněny níže.



Obrázek 31 – Množství vyprodukovaného odpadu, empirický odhad

Z analýzy hodnot získaných empirickým odhadem bylo zjištěno, že největší procento odpadu vyprodukovaného na staveništi vzniká při stavbě domu srubového, nejméně pak při stavbě masivní dřevostavby.

## 5. Diskuze

Pro snížení environmentální náročnosti výstavby je konstruování budov ze dřeva nesporně výhodným řešením. Ačkoliv se podíl dřevostaveb neustále zvyšuje, je jejich množství zastoupení oproti okolním státům stále nízké. To je následkem nejen skeptického pohledu obyvatel České republiky na výstavbu dřevostaveb, ale i zdoluhavými legislativními procesy, které do oboru dřevostaveb vnáší stále nové požadavky a s nimi spojené hodnotící metodiky. Jedním z nich je také certifikační nástroj SBToolCZ, vycházející z mezinárodně uznávané metody. Ten vyjadřuje úroveň kvality budov v souladu s principy udržitelné výstavby. Jeho aplikace na dřevěné stavby je však nedostačující a nezohledňuje široké spektrum konstrukčních možností pro jejich výstavbu.

Zneklidňujícím zjištěním pro mě byl fakt, že je neustálým vývojem v oboru dřevostaveb snižován podíl dřeva v konstrukcích. Například u systému Thermo protect premium je dřevo zastoupeno pouze z jedné čtvrtiny. Nejen z pohledu trvale udržitelného rozvoje by bylo výhodnější, kdyby se pro výstavbu využívaly takové konstrukce, které jsou celodřevěné a splňují technické požadavky. Takovým materiálem jsou například CLT panely, které mají vysokou požární odolnost a velmi dobré tepelně izolační vlastnosti. (Stora Enso, 2013)

Díky těmto vlastnostem by mohly nahradit často využívané izolační materiály jako extrudovaný a expandovaný polystyrén (dále jen XPS a EPS). Ty obsahují zpomalovač hoření hexabromcyklododekan (dále jen HBCDD), který má nejen při jeho likvidaci negativní vliv na životní prostředí. Uvádění výrobků z XPS na trh je od 22. června 2016 zakázáno a předpokládá se, že od roku 2018 nebude běžně prodejný ani EPS s obsahem HBCDD. Nařízením Evropské komise č. 2016/460 jsou nově dána od 30. září 2016 pravidla pro původce odpadů o nakládání s odpadním stavebním polystyrenem v budovách a při jejich výrobě. V případě, že bude obsah HBCDD v odpadním polystyrenu v koncentracích vyšších než 1000 mg/kg smí být pouze energeticky využit, spálen nebo snížena jeho koncentrace. Proto jsou jeho skládkování a likvidace zpoplatněny. (MŽP, 2011)

## 6. Závěr

Snaha vyhovět všem dnešním požadavkům na komfort bydlení může vést k negativním vlivům výstavby na životní prostředí. Jejich hodnocení lze posuzovat na několika úrovních a pomocí nejrůznějších metod. Cesta k udržitelnému rozvoji je závislá na hledání nových principů návrhů, nových technologií a materiálů, nových posuzování a hodnocení staveb a přitom na zachování konstrukční i architektonické variability při navrhování budov. Je nutno akceptovat nová konstrukční řešení, jako například demontovatelné konstrukce, které mohou být znovu využity a nezatěžují životní prostředí odpady z recyklace, likvidace případně nezabírají pozemky pro výstavbu nových budov. Stavebnictví by mělo změnit přístup k čerpání zdrojů a k regulaci škodlivých emisí a odpadů. Ukázka pasivního rodinného domu z masivní dřevěné konstrukce je příkladem toho, kudy by se měl trend dřevostaveb a výstavby obecně posouvat. Jako pokrok lze vnímat i fakt, že si čeští stavitelé oblíbili hodnotící metodiku SBToolCZ i přes to, že ve srovnání s evropskými i světovými nástroji tvoří environmentální položky této metody pouze 50%, výsledek hodnocení je silně závislý na váhovém nastavení kritérií a pro dřevostavby není zcela relevantní.

## 7. Přehled literatury a použitých zdrojů

### **Knižní zdroje:**

BAUMANN H., TILLMAN A., 2004: The Hitch Hiker's Guide to LCA: An Orientation in Life Cycle Assessment Methodology and Application, Gazelle Book Services, 543 s.

BÍLEK K., ČAPEK F., KOHOUT V., STEJSKAL H., 2013: Vyšší odborná škola lesnická a Střední lesnická škola Bedřicha Schwarzenberga, Učební texty z předmětu Těžba a doprava dříví, Písek, 202 s.

CENIA, 2012: Zpráva o životním prostředí České republiky, Praha, 189 s.

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

KOLB J., 2011: Dřevostavby. Systémy nosných konstrukcí, obvodové pláště, Grada Publishing,a.s., Praha, 320 s.

PAVLAS M., 2016: Dřevostavby z vrstvených masivních panelů: technologie CLT, Grada Publishing a.s., Praha, 96 s.

PICKETT R., 2003: The energy performance of log house, Document Energy-efficiency and Thermal Mass Benefits, Hartland, 29 s.

RŮŽIČKA M., 2014: Moderní dřevostavba, Grada Publishing a.s., Praha, 156 s.

UNEP, 2007: Building and climate change: Status, challenges and opportunities, Paříž, 87 s.

YOVEVA A., 1999: Příručka ICLEI pro řízení ýležitostí životního prostředí. Centrum environmentálních analýz, Děčín, 43 s.

### **Internetové zdroje:**

AGROP NOVA a.s., 2015: O systému NOVATOP, Ptení, Online:

<http://www.novatop-system.cz/system-novatop/co-je-novatop/>.

BACULA R., HEJHÁLEK J., HOUDEK D., 2004: Dřevostavby – volba jednadvacátého století, přednáška a text ve Sborníku přednášek na odborném semináři Dřevostavby, Volyně, Online:

<http://www.stavebnictvi3000.cz/clanky/drevostavby-uziti-dreva-ve-stavebnictvi>.

BENSON, T., 2014: The new houses rules, online: <http://teddbenson.com>.

BREEAM, 2017: Bulinding Research Establishment, Online:

<http://www.breeam.com/>.

DOMESI s.r.o., 2017: Futura Freestyle, Praha, Online: <http://www.domesi.cz/futura-freestyle/technologie>.

ENVIC, 2011: Dřevostavby a cenové ukazatele nosných obvodových zdí, Plzeň,

Online: <http://www.envic.cz>.

ENVIROS, undated: Energetická náročnost budov (ENB), Online:

<http://www.enviros.cz/projects/iee/implement/enb.html>.

FIALA C., undated: Hodnocení a optimalizace vlivu stavebních konstrukcí na životní prostředí, Optimalizace a multikriteriální hodnocení funkční způsobilosti pozemních staveb, ČVUT, Praha, Online:

[http://www.ctislav.wz.cz/publ/CF\\_opti\\_3\\_www.pdf](http://www.ctislav.wz.cz/publ/CF_opti_3_www.pdf).

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., 2002: Udržitelná výstavba v podmínkách České republiky. Konference Dřevo – materiál po 3 tisíciletí, Brno, Online:

[http://www.substance.cz/soubory/uv\\_drevo.pdf](http://www.substance.cz/soubory/uv_drevo.pdf).

- HÁJEK P., 2007: Udržitelná výstavba budov a její uplatňování ve střední Evropě. Brno, Online: [http://www.casopisstavebnictvi.cz/udrzitelna-vystavba-budov-a-jeji-uplatnovani-ve-stredni-evrope\\_A465\\_I11-12\\_07](http://www.casopisstavebnictvi.cz/udrzitelna-vystavba-budov-a-jeji-uplatnovani-ve-stredni-evrope_A465_I11-12_07).
- HANIŠ P., 2017: Srubové domy a roubenky Haniš. Srubové domy, Hradec Králové, Online: <http://srubovedomy.cz>.
- HODKOVÁ J., LUPÍŠEK A., MANČÍK Š., VOCHOC L.: 2012, Katedra konstrukcí pozemních staveb, Fakulta stavební ČVUT, Praha, Online: <http://stavba.tzb-info.cz/hruba-stavba/8519-envimat-vliv-stavebnich-konstrukci-a-materialu-na-zivotni-prostredi>.
- HUDCOVÁ L., KAŠPAROVÁ M., KRAJCAROVÁ G., LUKAVEC D., MACHOLDA F., SRDEČNÝ K., 2009: Energetická náročnost budov, Praha, Online: [http://ekowatt.cz/library/dokumenty/Energeticka\\_narocnost\\_budov.pdf](http://ekowatt.cz/library/dokumenty/Energeticka_narocnost_budov.pdf).
- CHYBÍK J., URBÁŠKOVÁ H., 2010: Dřevěné konstrukce a přírodní izolační materiály, Praha, Online: <http://stavba.tzb-info.cz/drevostavby/6791-drevene-konstrukce-a-prirodni-izolacni-materialy>.
- HOUŠKA P., 2013: Dřevo a stavby, Praha, Online: <http://www.drevoastavby.cz>.
- iiSBE, 2009: International Initiative for a Sustainable Built Environment, Online: <http://www.iisbe.org/sbmethod>.
- JIRÍČEK P., 2012: Montovaná dřevostavba za 3 týdny. Netion s.r.o., Brno, Online: <http://www.drevostavitel.cz/clanek/drevostavba-za-3-tydny>.
- KABELE K., 2011: Nová Evropská směrnice o energetické náročnosti budov, Brno, Online: [http://www.casopisstavebnictvi.cz/nova-evropska-smernice-o-energeticke-narocnosti-budov\\_N4235](http://www.casopisstavebnictvi.cz/nova-evropska-smernice-o-energeticke-narocnosti-budov_N4235).

KOČÍ V., 2010: Příručka základních informací o posuzování životního cyklu. VŠCHT, Praha, Online: [www.lca.cz/download/13.pdf](http://www.lca.cz/download/13.pdf).

KUDA F., 2010: Životní cyklus stavby, VŠB Technická univerzita Ostrava, Ostrava, Online: [http://fast10.vsb.cz/kuda/Ekonomika/P%20f8edn%20e1%209aky%202010/01\\_%20%8eivotn%20e%20d%20cyklus%20stavby.pdf](http://fast10.vsb.cz/kuda/Ekonomika/P%20f8edn%20e1%209aky%202010/01_%20%8eivotn%20e%20d%20cyklus%20stavby.pdf).

LUPÍŠEK A., undated: Hodnocení a certifikace budov. Česká rada pro šetrné budovy, Praha, Online: <http://www.czgbc.org>.

MŽP, 2011: Report of the Persistent Organic Pollutants Review Committee on the work of its seventh meeting: Risk management evaluation on hexabromocyclododecane, Geneva, Online: [http://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/info\\_odp\\_1016/\\$FILE/OO-Nakladani\\_se\\_stavebnim\\_polystrenem-20170403.pdf](http://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/info_odp_1016/$FILE/OO-Nakladani_se_stavebnim_polystrenem-20170403.pdf).

PRO VOBIS s.r.o., 2017: Projekty dřevostaveb, Praha, Online: <http://www.drevoastavby.cz/katalog/domy/typovy-dum-kompakt-ii-od-lukase-pejsara>.

REISNER J., 2005: Možnosti použití metody LCA (hodnocení životního cyklu) při hodnocení recyklace stavebních materiálů, VUT Brno, Brno, Online: [http://www.arasm.cz/dok/sbor\\_rec\\_2005/050\\_Reisner.pdf](http://www.arasm.cz/dok/sbor_rec_2005/050_Reisner.pdf).

SBTOOLCZ, undated: Stručně o metodice SBToolCZ, ČVUT – CIDEAS, Praha, Online: <http://www.sbtool.cz/about>.

SIMPLY INVEST, 2017: Rodinné domy, Karlovy Vary, Online: <http://www.simplyinvest.cz/drevostavby>.

STORA ENZO WOOD PRODUCT, 2013: Stavby z masivního dřeva CLT, Leonhard, Online: <http://www.clt.info/cz/produkty/clt-system-z-masivniho-dreva/>.

ŠTEFKO J., 2009: Environmentálne vlastnosti drevených stavebných konštrukcií, online: [http://www.casopisstavebnictvi.cz/environmentalne-vlastnosti-drevenych-stavebnych-konstrukcii\\_N2206](http://www.casopisstavebnictvi.cz/environmentalne-vlastnosti-drevenych-stavebnych-konstrukcii_N2206).

TENDULKAR S., 2010: 3 Resources, Paříž, Online: [http://hqweb.unep.org/forests/Portals/142/docs/forest\\_people/FORESTS%20&%20PEOPLE%20\[Chap.3\].pdf](http://hqweb.unep.org/forests/Portals/142/docs/forest_people/FORESTS%20&%20PEOPLE%20[Chap.3].pdf).

TZB INFO, 2010: Český nástroj pro certifikaci budov SBToolCZ, Online: <http://www.tzb-info.cz/106338-cesky-nastroj-pro-certifikaci-budov-sbtoolcz>.

URBAN J., 2011: Konstrukce staveb srubů, Hrotovice, Online: <http://www.ju-sruby.cz>.

ÚHÚL, 2016: Ústav pro hospodářskou úpravu lesů, Brandýs nad Labem, Online: <http://www.uhul.cz/rychle-informace>.

WOOD SOLUTION, 2013: Design and build, Online: <https://www.woodsolutions.com.au/Why-Wood/>.