

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ



**ENVIRONMENTÁLNÍ NÁROČNOST A KVALITA
DŘEVĚNÝCH STAVEBNÍCH KONSTRUKCÍ**

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Vedoucí práce:

Ing. Kamil Trgala, Ph.D.

Vypracovala:

Lucie Příhodová

© 2018 ČZU v Praze

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Lucie Příhodová

Územní technická a správní služba

Název práce

Environmentální náročnost a kvalita dřevěných stavebních konstrukcí

Název anglicky

The Environmental demands and quality of a wooden constructions

Cíle práce

Cílem této práce je stanovit na vybraných dřevostavbách, odlišujících se stavební konstrukcí a postupem výroby, jejich základní environmentální činitele, srovnání těchto činitelů a jejich následné vyhodnocení.

Metodika

1. Rešerš
2. Vlastní výběr dřevěných konstrukcí
3. Stanovení environmentálních činitelů
3. Posouzení environmentální náročnosti vybraných objektů
4. Vyhodnocení zvolených environmentálních činitelů
5. Závěr

Doporučený rozsah práce

40-60 stran

Klíčová slova

environmentální činitel, environmentální náročnost, dřevostavba

Doporučené zdroje informací

BÁLEK, Rudolf. Životní prostředí. Praha: České vysoké učení technické, 2000. ISBN 80-01-02205-6.
COLLING, François. Holzbau. 2., überarb. Aufl. Wiesbaden: Vieweg + Teubner, 2008. ISBN 9783834802590.
HERČÍK, Miloslav. Životní prostředí: úvod do studia. Ostrava: VŠB-Technická univerzita, 1996. ISBN 80-7078-340-0.
KOLB, Josef. Dřevostavby: systémy nosných konstrukcí, obvodové pláště. 2., aktualiz. vyd. v České republice. Přeložil Bohumil KOŽELOUH. Praha: Grada, 2011. ISBN 978-80-247-4071-3.
VAVERKA, Jiří. Dřevostavby pro bydlení. Praha: Grada, 2008. Stavitel. ISBN 978-80-247-2205-4.

Předběžný termín obhajoby

2017/18 LS – FŽP

Vedoucí práce

Ing. Kamil Trgala, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra dřevěných výrobků a konstrukcí

Elektronicky schváleno dne 7. 2. 2017

Ing. Kamil Trgala, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 23. 2. 2017

prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.

Děkan

V Praze dne 03. 04. 2018

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 20. 4. 2018

Podpis:

Poděkování:

Ráda bych poděkovala Ing. Kamilu Trgalovi, Ph. D. za cenné připomínky, rady a vedení této práce. Také bych chtěla poděkovat mé rodině a přátelům za velkou podporu během mého studia.

Obsah

1. Úvod	9
2. Cíl práce	10
3. Životní prostředí	11
3.1 Pojem životní prostředí	11
3.2 Zdroje energie.....	11
3.2.1 Obnovitelné zdroje	12
3.2.2 Neobnovitelné zdroje	12
3.2.3 Dřevo ve vztahu k životnímu prostředí.....	12
4. Dřevostavby	14
4.1 Dřevo jako materiál	14
4.2 Konstrukční systémy dřevostaveb.....	15
4.2.1 Srubové konstrukce.....	15
4.2.2 Roubená konstrukce	17
4.2.3 Sloupkové soustavy.....	18
4.2.4 Skeletové soustavy	19
4.2.5 Panelový konstrukční systém.....	20
4.2.6 Hrázděný konstrukční systém	20
4.2.7 Stěnové soustavy z prefabrikovaných jednotek.....	21
4.3 Dřevo a bioekonomika	22
4.3.1 Průmyslové využití dřeva v rámci spotřeby biomasy	22
4.3.2 Struktura průmyslového využití biomasy	23
4.3.3 Lesnicko - dřevařský sektor v bio ekonomice	24
5. Metodika	27
5.1 Vlastní výběr a popis dřevěných konstrukcí	27
5.1.1 Prefabrikovaný dům DP 75.....	27
5.1.2 Roubený dům Zuzana	29
6. Stanovení environmentálních činitelů	32
6.1 Certifikace budov	32
6.2 Environmentální činitelé	34
6.3 Těžba surovin	35
6.4 Doprava	36
6.5 Konstrukce budovy.....	37

6.6	Provoz budovy.....	37
6.7	Demolice a recyklace	37
7.	Posouzení environmentální náročnosti objektů	39
7.1	Prefabrikovaný dům	39
7.1.1	Vyhodnocení posuzovaných skladeb	43
7.2	Roubený dům	44
7.2.1	Vyhodnocení roubené stavby.....	44
8.	Diskuze	45
9.	Závěr.....	46
	Přehled literatury a použitých zdrojů	47

Abstrakt:

Tato bakalářská práce se zabývá environmentální náročností dřevěných stavebních konstrukcí. V této práci jsou popsáni jednotliví činitelé, kteří mají negativní dopad na životní prostředí. První část se zabývá charakteristikou životního prostředí, popisem dřeva a jednotlivých druhů dřevostaveb. V druhé části jsou uvedeny konkrétní typy dřevostaveb a popis environmentálních činitelů. Podle dostupných dat jsou tyto typy vybraných dřevostaveb posouzeny metodou LCA a následně vyhodnoceny.

Klíčová slova:

environmentální činitel, environmentální náročnost, dřevostavba

Abstract:

This bachelor's thesis is concerned about environmental seriousness of wooden houses constructions. There are described the individual factors that negatively impact an environment. The first part includes a characterization of environment, a description of wood and the types of wooden houses. In the second part there are mentioned certain (specific) types of wooden houses and a description of environmental factors. According to available information these types of wooden houses are judged by a LCA method and evaluated then.

Key words:

environmental factor, environmental seriousness, wooden house

1. Úvod

Stavění domů za použití dřeva je staré jako samo lidstvo. Už v počátcích lidé používali dřevo pro jednoduché přístřešky či chýše, později sloužilo jako konstrukční materiál pro velice důmyslné a propracované konstrukce. Naši předkové se během několika let naučili poznat přednosti dřeva a uměli jich dobře využívat. Dřevo je jedinečný materiál, protože na rozdíl od ostatních materiálů, které se používají ve stavebnictví, patří do tzv. obnovitelných zdrojů a je možné ho recyklovat (Růžička, 2005).

Pokud je dřevo posuzováno z hlediska tepelnotechnických, mechanických, estetických vlastností a především dopadu na životní prostředí, není možné najít mezi ostatními stavebními materiály konkurenci. Mezi další vlastnosti, které jsou pro člověka příjemné, patří nízká tepelná akumulace, schopnost pohlcovat škodlivé látky z interiéru, přijímat nadměrnou vlhkost a naopak ji uvolňovat do suchého prostředí a schopnost udržet příjemné klima i v letním období. Tento fenomén dřevěných staveb neznamena jen návazání na tradici nebo návrat k přírodě a původním hodnotám. V dnešní době záleží především na šetření energie, ale také snahu o snížení dopadů na životní prostředí. Dřevěné konstrukce jsou charakteristické hlavně díky své nízké spotřebě energie. Vynikají svými tepelněizolačními vlastnostmi, nízkou energetickou bilancí, včetně energie, která je spotřebována na výrobu a přepravu stavebních dílců. Dřevo samo o sobě má zápornou bilanci emisí, protože během svého růstu reguluje nebo pohlcuje více škodlivin, než jich po výstavbě vyprodukuje (Štefko a kol. 2004).

Pro porovnání v USA je podíl dřevostaveb více jak 80 %, v Kanadě ještě vyšší než v USA, Velká Británie, která dřevo dováží, zaujímá přes 20 %, v Německu a Rakousku přes 10 % a ve skandinávských zemích je poměr dřevostaveb podobný jako v USA. V České republice tvoří podíl bydlení ze dřeva pouhých 9,5 %, přičemž je na našem území míra zalesnění poměrně velká. Je třeba měnit dosud zažité podvědomí lidí o dřevostavbách, a to zejména v informačních a mediálních kampaních (Růžička, 2005).

2. Cíl práce

Cílem této práce je stanovit na vybraných dřevostavbách, odlišujících se stavební konstrukcí a postupem výroby, jejich základní environmentální činitele, srovnání těchto činitelů podle dostupných výzkumů a jejich následné vyhodnocení.

3. Životní prostředí

3.1 Pojem životní prostředí

Životní prostředí je definováno v § 2 zákona č. 17/1992 Sb., o životním prostředí, v platném znění. Definice zní: „*Životní prostředí 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*“. Činitelé, kteří ovlivňují složky životního prostředí, mohou být buď přírodní, které mají nenarušenou ekologickou rovnováhu a nejsou zasaženy antropogenní činností, nebo umělé, kde zcela převládá antropogenní činnost, např. výstavbou průmyslových oblastí nebo panelákových sídlišť (Herčík, 1996).

Pokud hovoříme o životním prostředí, můžeme rozlišovat dva základní pohledy. Jedním z nich je pohled biocentrický, kdy je člověk jen součástí přírody a pohled antropocentrický, kdy člověk využívá přírodu pro svůj užitek. Za základní formy v oblasti péče o životní prostředí se považuje ochrana a tvorba životního prostředí. Ochranou se rozumí snaha o eliminaci negativních účinků lidské činnosti a také nežádoucího působení přírodních jevů. Tvorba životního prostředí se zabývá zásahy a formováním dle potřeb přírody a člověka. Nepříznivými vlivy, které ovlivňují životní prostředí, mohou být některé sloučeniny či látky, které se dostanou do životního prostředí, buď to lidskou činností, nebo působením přírodních dějů. Látky, které se chovají k prostředí nepříznivě, se označují jako znečišťující látky. Jedná se o kapalné, plynné a tuhé látky, které samy o sobě, po chemické či fyzikální změně nebo spolupůsobením jiné látky, mají negativní dopad na životní prostředí. Tyto látky tak ohrožují jak zdraví člověka, tak i ostatní organismy (Herčík a kol. 2015).

3.2 Zdroje energie

Již od počátků veškeré civilizace lidé využívali pro svou potřebu přírodní zdroje. Nezabývali se však otázkou, že přírodní bohatství není neomezené. Proto lidé např. káceli stromy, aniž by zasadili nové. Pozdější těžba uhlí, zemního plynu, ropy a uranu zanechala na mnoha místech pouhou spoušť a nevhlednou krajinu. Ke změně došlo až v průběhu posledních desítek let, kdy se tato situace stala již neúnosnou. V důsledku nárůstu průmyslové výroby a spotřeby energie se znečištění

životního prostředí dostalo až do takového stádia, kdy lidé museli zakročit. Uvědomili si, že přírodní zdroje nejsou neomezené, proto je třeba se o ně starat a nakládat s nimi co nejefektivněji (Cenia, 2013).

3.2.1 Obnovitelné zdroje

Z hlediska dopadů na životní prostředí dělíme zdroje na obnovitelné a neobnovitelné, kterým bude věnována další podkapitola. Obnovitelné zdroje se vyznačují tím, že jsou schopny se z části nebo úplně obnovit. Jedná se o přirozený proces za pomoci geofyzikální a kosmické energie. Tyto procesy nezávisí na člověku, nýbrž souvisejí s již zmiňovanými geofyzikálními procesy na Zemi, či v jádru Slunce. Součástí obnovitelných zdrojů je energie větru, vody, slunečního záření, biomasy a geotermální energie. Mezi další obnovitelné zdroje patří i půda, ze které rostliny berou hlavní část živin. Přeměna obnovitelných zdrojů na jejich použitelnou formu minimálně zatěžuje životní prostředí (Cenia, 2013).

3.2.2 Neobnovitelné zdroje

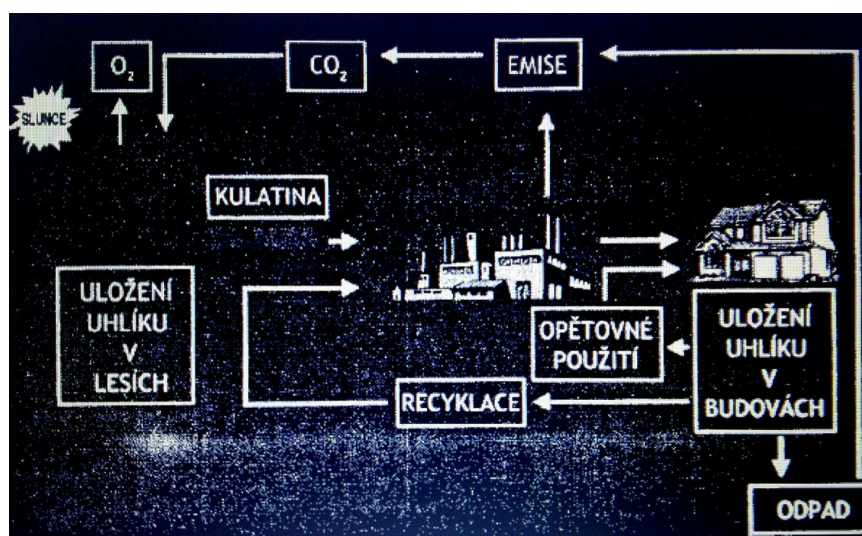
Neobnovitelnými zdroji se rozumí takové zdroje, kterých je na Zemi omezené množství a nejsou schopny se obnovovat. Jejich vyčerpání je možné do několika desítek let. Pokud je lidstvo bude čerpat takovým způsobem jako doposud, bude muset najít jiné řešení k získání energie. Tyto zdroje znečišťují životní prostředí, a to především ovzduší a vodstvo, a podílejí se na skleníkovém efektu. Za neobnovitelné zdroje považujeme tzv. fosilní paliva. Obsahují značné množství uhlíku, přičemž se jeho sloučeniny bez možnosti přístupu kyslíku nemohou zcela rozložit. Mezi tato paliva řadíme ropu, zemní plyn a uhlí. Především vyspělé západní státy nejvíce využívají neobnovitelné zdroje, zejména pak ropu. Nastává tedy otázka, jak do budoucna nahradit fosilní paliva, aby zabezpečila pokrytí energetické potřeby do dalších let. Fosilní paliva, především ropa a uhlí, mají negativní dopad na čistotu ovzduší, způsobují globální klimatické změny, které vznikají v důsledku jejich spalování (Cenia, 2013).

3.2.3 Dřevo ve vztahu k životnímu prostředí

Evropská společnost se snaží prosadit problém životního prostředí, a to zejména vyčerpání zdrojů surovin. Tento problém navazuje také na snížení oxidu uhličitého, který uniká do ovzduší. Jedním z řešení je využívat možnost lesa,

respektive dřeva, a to jak v roli likvidátora oxidu uhličitého, tak jako obnovitelný ekologický materiál (Kuklík, 2005).

Dřevo ukládá uhlík až z 50% své hmotnosti v suchém stavu. Uhlík je ve dřevě vázán i dlouhou dobu po konci jeho života. Dosloužením dřevěného produktu se CO_2 vrací zpět do ovzduší. Uhlíková stopa dřevěných výrobků v ČR je velmi nízká, a to díky krátkým vzdálenostem při dopravě. Využíváním dřeva se významně snižuje množství skleníkových plynů. Na zpracování dřeva se nemusí vynaložit tolik energie jako na jiné materiály. Například oproti hliníku vyžaduje dřevo až 70krát méně technologické energie, 3krát méně než pálená cihla a beton a 17krát méně než ocel. Mírné zvýšení environmentálního dopadu u dřeva je přidávání lepidel, sušení, lisování a mnoho dalších technologií. Dřevo se dá buď částečně, nebo úplně recyklovat, výhodou je tedy to, že po skončení doby životnosti není problém s následnou likvidací. Jednou z možností jak využít dřevěný odpad je výroba dalších produktů ze dřeva, nebo výroba tepelné energie. Tím je uzavřen životní cyklus, který nezhoršuje kvalitu životního prostředí nepřírodním či umělým odpadem (Mezi stromy, 2018).



Obr. 1: Životní cyklus dřeva (Kuklík, 2005)

Proces využití dřevěných konstrukcí ve světě byl započat na přelomu 70. a 80. let 20. století, především díky dřevařským firmám, které zahájily spolupráci s chemickým, strojním a elektrotechnickým průmyslem. Pro návrh konstrukcí ze dřeva byly vytvořeny návrhové postupy, zahrnující i postupy pro návrh konstrukcí na účinky požáru (Kuklík, 2005).

Využití dřeva pro stavbu obydlí napomáhá zachovat pro budoucí generace další zdroje surovin, které jsou vyčerpatelné. Další výhodou je, že dřevařský průmysl potlačuje znečištění životního prostředí a je postupně modernizován ve výrobních procesech. Na výrobu materiálů ze dřeva je všeobecně spotřebováno málo energie a je recyklovatelné, tudíž nevzniká vysoké znečištění ovzduší. Ačkoliv je dřevo hořlavé a zápalné, dá se při požáru předvídat jeho chování a díky jeho velkým dřevěným průřezům je vysoce odolné proti požáru (Kuklík, 2005).

4. Dřevostavby

4.1 Dřevo jako materiál

Dřevo je považováno za jedno z nejstarších přírodních materiálů, které člověk od úplných počátků využíval ke stavbě obydlí, a to až do konce 18. století. Dřevo se vyznačuje především svojí snadnou opracovatelností, vysokou pevností a dobrými izolačními schopnostmi. Jedná se o přírodní materiál rostlinného původu, který je obnovitelným zdrojem a odlišuje se od umělých konstrukčních materiálů svými příznivými dopady na životní prostředí (Vaverka a kol. 2008).

Dřevo, které je využíváno na výstavbu konstrukcí musí splnit požadavky, které jsou předepsané normami. Do těchto požadavků patří pevnost, tuhost atd. Splnění těchto norem je doloženo v dokumentaci od dodavatele. Dřevo dělíme podle jeho tvaru příčného průřezu na hraněné řezivo (latě a hranoly), deskové řezivo (fošny a prkna), polohraněné řezivo a výřezy pro další stavební účely (piloty, sloupy atd.) (Kuklík, 2005).

Zbytky dřeva a odpad z pil se dají za pomoci recyklace dále použít. Rozmělněním a spojením hmoty pojídlem tak vzniká materiál, který má podobné vlastnosti jako dřevo (Bauer-Böckler, 2000).

Z chemického hlediska váže rostoucí dřevo fotosyntézou oxid uhličitý a pokácené dřevo ho uchovává. Tento prvek má největší podíl na vzniku skleníkového efektu. Použitím dřevěných výrobků se po dobu jejich životnosti sníží množství CO₂ v atmosféře (Kolb, 2011). Kromě chemického hlediska dřevo disponuje také svými fyzikálními vlastnostmi, mezi které patří hustota, vlhkost, akustické, tepelné a elektrické vlastnosti. Z uvedených vlastností je nejdůležitější

vlhkost dřeva, protože ovlivňuje hustotu, rozměry a odolnost proti plísním a hmyzu (Vaverka a kol. 2008).

Vlhkost je dána poměrem vody, které dřevo obsahuje. Voda, která je obsažena ve dřevě se dělí na vodu hydroskopicky vázanou a vodu volnou. Suché dřevo slouží také jako dobrý izolant. Díky jeho elektrickým vlastnostem je měrný odpor nejmenší, když je směr vláken podélný. Napříč vlákny je skoro dvakrát větší. Elektrický odpor se snižuje v důsledku rostoucí vlhkosti a teploty (Kuklík, 2005).

Ke zvýšení využití dřeva jako stavebního materiálu bude nutné překonat zkreslené dojmy obyvatel. Bytová výstavba v ČR je od roku 1991 v poklesu, přičemž by výstavba dřevostaveb mohla této situaci pomoci. U nás představuje bytová výstavba dřevostaveb 9,5 % a mezi státy Evropy ČR zaujímá 12. místo v lesnatosti. Co se týče zásob dřeva na 1 hektar jsme na 4. místě. Ohledně ročního přírůstu na 1 hektar zaujímáme 6. místo. Standartní přírůstky dřeva jsou 18 mil. m³ a těžba se pohybuje v rozmezí od 13 do 14 mil. m³. Porovnáním přírůstů a těžby je zřejmé, že možnosti přírůstu byly v předchozích letech využity cca ze 75%. Je tedy možné zvýšit těžbu, aniž by byl ohrožen zájem společnosti (Kuklík, 2005).

4.2 Konstrukční systémy dřevostaveb

U dřevostaveb rozlišujeme dle konstrukcí stěny:

- systém srubové stěnové konstrukce,
- roubené konstrukce,
- sloupkovou soustavu,
- skeletovou soustavu,
- panelovou konstrukci,
- hrázděnou konstrukci,
- stěnovou soustavu z prefabrikovaných tvarovek (Štefko a kol. 2004).

4.2.1 Srubové konstrukce

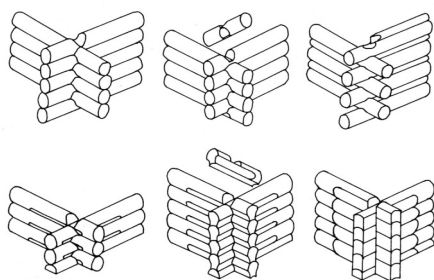
Stěna srubové konstrukce se skládá z horizontálně pokládaných trámů, neboli srubů z hraněného, nehraněného nebo polohraněného řeziva (hranoly, kuláče a polokuláče). Sruby lze navzájem spojovat pomocí spojů v ložní spáře, a to buď

natupo s výřezem do tvaru V, spojením na pero a drážku, dále vloženým nebo ozubeným spojem, nebo spojovacím prostředkem. Další možností je spojování rohovým spojem, který je řešen přeplátováním srubu se zhlavím, které přesahuje 100 až 200 mm. Dále také pomocí rovného plátu s kolíkem, zámkovým spojem a prostorovým rybinovým spojem. U tohoto systému na sebe sruby doléhají po celé své délce nebo se mezi sruby nechají mezery (Štefko a kol. 2004).

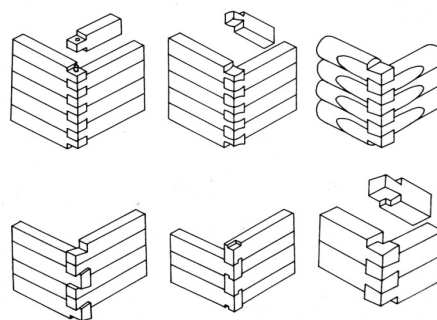
U nehraněných a polohraněných srubů se využívají jak rohové spoje, tak i spoje, které mají vnější stěnu s příčkou řešenou s přesahem a přeplátováním. Tloušťka srubu by měla být v rozmezí od 150 až do 300 mm. Vzniklé netěsnosti objektu se dříve těsnily mechem nebo dřevní vlnou, která se vymazávala mastnou hlinou. Kvůli špatné účinnosti tohoto těsnění se stěny dále pokrývaly hliněnou mazaninou nebo vápenno-cementovými omítkami. Dnešní nehraněné sruby se v oblasti spáry vyplňují tepelnou izolací (Štefko a kol. 2004).

Hraněné sruby se zpravidla staví z čerstvě těžného dřeva obsahující vysokou vlhkost, dále také z předsušeného dřeva a vysušeného dřeva. Výhodou je opatření spojů těsnějším a únosnějším typem, a to např. vloženým perem, ozubem nebo perem a drážkou (Štefko a kol. 2004).

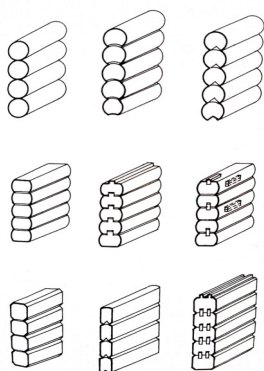
Z hlediska dnešních požadavků na tepelnou ochranu obydlí nedokáže srubová stěna plnit funkci přijatelné ochrany pro trvale vytápěné budovy. U nehraněných srubů pro reálnou konstrukci se při výpočtu součinitele tepla U nedosáhne ani 70 % stanovené hodnoty. Důsledkem jsou velké tepelné ztráty a vyšší náklady na vytápění. U dnešní moderní konstrukce se počítá s výstavbou vrstvy účinné tepelné izolace. (Štefko a kol. 2004)



Obr. 2: Spoj s přeplátováním při přesahujícím zhlaví srubu (Štefko a kol. 2004)



Obr. 3: Rohový spoj srubu (Štefko a kol. 2004)



Obr. 4: Systémy spojů srubů v ložní spáře (Štefko a kol. 2004)

4.2.2 Roubená konstrukce

Roubená konstrukce je definována jako stěna, která je postavena z vodorovně umístěných masivních prvků dřeva opracované v různém stupni. Jsou opracovány buď od nahrubo oloupaných kmenů, kuláču, až po oboustranně opracované trámcce, nebo fošny. Jsou buď ze všech čtyř stran opracované a mají ponechané přirozené oblé tvary, nebo plně hraněné trámy. Existuje několik roubených konstrukcí, které se navzájem liší v charakteru rohových spojů. Využívají se rybinové spoje, zámkové spoje i princip zapažení stěnových trámců pomocí seříznutí pera do rohového sloupku. Systém pero-drážka se vyznačuje jednotlivým opracováním trámů, které přesně dosedají, popřípadě vloženými pery. U nás se nejčastěji využívá tzv. rybinový spoj, který svůj název dostal podle tvaru rybího ocasu. Je opracován v různých poměrech, zpravidla se využívá šablona. Seříznutý tvar tak zabrání rozestupování stavby. Jednotlivé trámy se vzájemně dotýkají jen v šikmo seříznuté ploše rybiny (Pešta, 2013)

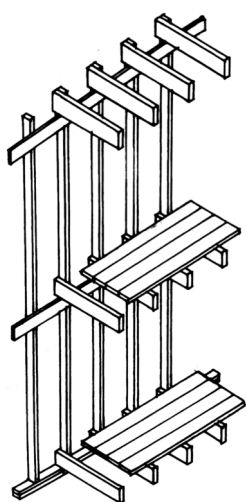


Obr. 5: Roubená konstrukce (Pešta, 2013)

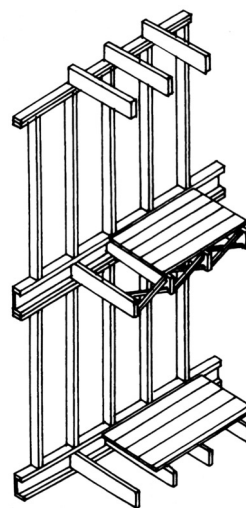
4.2.3 Sloupkové soustavy

Tato konstrukce vzniká přímo na staveništi, kde jsou využívány čtyřhranné ohoblované fošny, díky kterým je montáž rychlejší a efektivnější. Vzdálenost a šířka fošen závisí na typu dané konstrukce, nejčastěji je však průřez 50 x 100 mm a vzdálenost 400 až 600 mm. Rám z fošen je pobitý nebo přilepený deskovými materiály, tyto desky plní zejména funkci ztužující a statickou (Růžička, 2006).

U těchto konstrukcí rozeznáváme dva typy. Průchozí systém, tzv. „*Ballon frame*“, který spočívá v tom, že jednotlivé sloupky probíhají skrz podlaží budovy od základu až k okapu. Tyto dřevěné sloupky jsou zasekány ve vertikální poloze, tak aby se mohly co nejjednodušeji opláštit. Dalším typem je tzv. „*Platform frame*“. Zde se ke ztužení používají deskové materiály. Tyto desky napomáhají k tomu, aby nedocházelo k posuvu v důsledku působení sil větru. Výhodou této konstrukce je možnost stavby po jednotlivých podlažích, a to výstavbou stěny od nižšího podlaží. Tato varianta je mnohem bezpečnější a také rychlejší. Ze strany interiéru se pro lepší odolnost proti požáru obkládají stěny deskami ze sádkokartonu. Dále se také vnější stěna obkládá zateplovacím systémem, obkladem s odvětranou mezerou, nebo tepelnou izolací, a to z důvodu zvýšené teploty uvnitř nad danou hodnotu rosného bodu (Heřmánek, 2017).



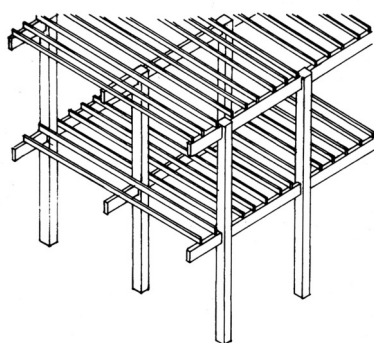
Obr. 6: Systém Balloon frame (Štefko a kol. 2004)



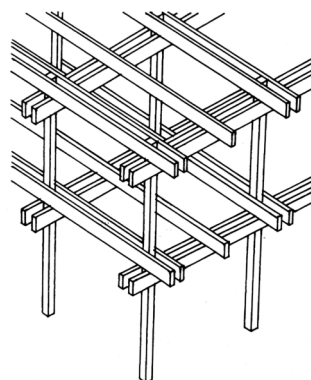
Obr. 7: Systém Platform frame (Štefko a kol. 2004)

4.2.4 Skeletové soustavy

Tento systém je založen na vybudování podpěr, které jsou od sebe vzdáleny v pravidelnosti 3-6 metrů a jsou vystavěny do celé výšky budovy. Mezi těmito podpěrami jsou zpevněny nosníky (Kottjé, 2007). Podpěry přenášejí na rozdíl od staveb z masivního dřeva nebo rámových staveb zatížení, které je bodově rozmístěno na nosné konstrukci. K výrobě těchto podpěr se používají průřezy z lepeného lamelového dřeva, průřezy, které jsou složeny do tvaru I, nebo nosníky - buď kombinované, nebo lepené z profilovaných plechů (Štefko a kol. 2004).



Obr. 8: Skelet s jednoduchými průvlaky a sloupy (Štefko a kol. 2004)



Obr. 9: Skelet s dvoudílnými průvlaky a jednoduchými sloupy (Štefko a kol. 2004)

Skeletové soustavy lze rozlišit na dvě skupiny, a to lehké a těžké dřevěné skelety. Lehké dřevěné skelety jsou tvořeny z jednoho fošnového profilu, ze kterého se poté vytvoří kostra budovy. Pro ztužení domu se používají deskové prvky (dřevoštěpové nebo cementovláknité desky), které se podílejí na celkové statice domu. Tyto desky se spojují hřebíky nebo sponkami. Lehký skelet se používá především při výstavbě rodinných domů. Výhody lehkého skeletu jsou flexibilita a jednoduchost, přímá montáž na staveništi, kombinace s různými technologiemi a možné úpravy dispozic (Kaštanová, 2014).

Těžký dřevěný skelet dominuje při výstavbě větších staveb (administrativní budovy, průmyslové budovy). Oproti lehkému skeletu jsou tyto prvky až tři a půl krát těžší. Těžký dřevěný skelet dominuje variabilitou vnějšího pláště, který díky své nenosné funkci umožňuje, že mohou být velké plochy zaskleny. Hlavní výhodou je nosná a estetická kostra domu, variabilita, stabilita bez využití betonu a kompoziční volnost (Kaštanová, 2014).

4.2.5 Panelový konstrukční systém

Panelový systém je jeden z nejrozšířenějších způsobů výstavby dřevěných konstrukcí. Základem je dřevěný rám, který je postaven tak, aby plnil určité funkce stavebních konstrukcí. K opláštění budovy se volí vhodný velkoplošný materiál. Využívá se zejména dřevotřísková deska, sádrovláknitá deska nebo deska OSB (Oriented Strat Board). K výplni prostoru mezi žebry se využívá tepelná a zvuková izolace. Už ve výrobě se můžeme setkat s panely, které jsou dokončené buď na hrubo, nebo s finálním opláštěním, popřípadě se zabudovanými dveřmi a okny. Panely se rozlišují s ohledem na funkci konstrukce, konkrétně na panelové, stropní, střešní, příčkové, obvodové a štítové. Rozměr panelů se mění v závislosti na způsobu výstavby, ale i na dopravě a montáži. Šířka se pohybuje od modulu mezi 1,2 metru až po 12 metrů, kde jsou vyráběny celostěnové panely. Na rozdíl od sloupkové konstrukce, kde jsou stejné zásady tepelné ochrany a vzduchotěsnosti, se zde musí navíc počítat se zatížením dopravním a montážním (Štefko a kol. 2004).



Obr. 10: Dřevěný rám panelu (Structural Timber, 2014) Obr. 11: Opláštění (Structural Timber, 2014)

4.2.6 Hrázděný konstrukční systém

Jedná se o dřevěnou kostru, kdy se za pomoci cihlového zdiva vyplňují jednotlivá pole konstrukce. Horizontální zatížení je přenášeno na sloupky. Spolupůsobením kostry konstrukce (ta je složena z vaznic, prahů, překladů, vzpěr a sloupů) a zdiva se zajišťuje celková smyková tuhost budovy. Kostra je významným architektonickým prvkem, což klade důraz na její povrchovou úpravu. V dnešní době se z ekologického hlediska využívají pro výstavbu kombinace nepálené hlíny a dřeva. Pro tepelnou ochranu se obkládá vnitřní strana stěny tepelnou izolací (Štefko a kol. 2004).

Ztužení rámu, které tvoří výši patra, zabezpečuje vnější obkládání dřevovláknitých desek. Vnitřní prostor mezi sloupky je vyplněn tepelným a akustickým materiálem. Vnitřní strana je ošetřena parotěsnou izolací a vnější je opatřena obložením. Dále je provedena povrchová úprava - vnější strana je omítnuta a vnitřní strana je upravena pomocí tapet. Dá se říci, že tato konstrukce je z hlediska tepelně izolačních vlastností lepší než cihlová stěna o stejné tloušťce (Kottjé, 2007).



Obr. 12: Hrázděný konstrukční systém (Kottjé, 2007)

4.2.7 Stěnové soustavy z prefabrikovaných jednotek

Růžička v knize *Stavíme dům ze dřeva* uvádí, že „V případě prefabrikovaných systémů se výsledný objekt nebo stavba sestává z předem vyrobených dílců různé velikosti, připravených většinou v továrních podmínkách a následně přivezených na místo stavby, kde se smontují a kompletují.“ (Růžička, 2006).

Tyto dílce jsou vytvořeny z dutého a lehkého modulu, vážícího od 5 až do 10 kg o délce 600 mm a výšce 300 mm. Na stavbě můžeme vidět i poloviční a čtvrtinové moduly (Štefko a kol. 2004).

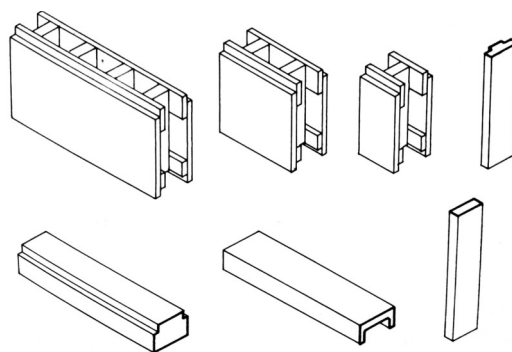
Tvarovky, které jsou přivezeny na stavbu, se spojují buď kolíkovými spoji, anebo pomocí systému pero-drážka. Jako materiál se využívají vysušené desky a ekologické lepidlo. Pro výztuž se u prefabrikovaných jednotek volí vložené hranoly, nebo z vnější strany nabíjené latě. Spáry jsou poté vyplněny tepelnou izolací, která se vyrábí z perlitu, korku nebo z recyklovaného papíru. Pro splnění

ekologických kritérií z hlediska tepelné a zvukové izolace se používá kontaktní fasáda a přírodní tepelná izolace s odvětranou mezerou (Štefko a kol. 2004).

Výhodou je rychlá a efektivní montáž přímo na stavbě v krátkém časovém intervalu a značná část výrobního procesu ve výrobních halách. Dále může být také výhodou, že neustále se opakující prvky vedou k dosažení velmi dobré míry efektivity v technologii (Růžička, 2006).



Obr. 13: Výstavba rodinného domu z prefabrikovaných panelů (Hájek a kol. 2014)



Obr. 14: Prefabrikované tvarovky (Štefko a kol. 2004)

4.3 Dřevo a bioekonomika

Dřevo je od roku 1750 využíváno jako prostředek pro materiálové potřeby. Jeho původní osud byl určen k zajištění tepla, ale růstem populace se změnil na produkci pro materiálové využití. Potřeby na výrobu a pokrytí energetických potřeb byly nahrazeny fosilními palivy. V současné době se dřevo stává prvkem z hlediska náhrady fosilních paliv, které působí na změnu klimatu. Dřevo je možné tedy využít jako materiál i jako důležitou část v přechodu na bio-ekonomiku a využití těchto surovin pro další rozvoj populace lidstva a v neposlední řadě i pro zmírnění klimatických změn. Všechna průmyslová odvětví musí tedy vyhovět tvrdým požadavkům na certifikaci, nicméně mají produkty připravené tak, aby byly prosazeny jako nejvhodnější pro udržitelný rozvoj minimalizace emisí. V této oblasti se významně prosazují bioplasty a dřevo-plast, které mají svými vlastnostmi zajistit ekologickou nezávadnost (Výzkumný a vývojový ústav dřevařský, 2016).

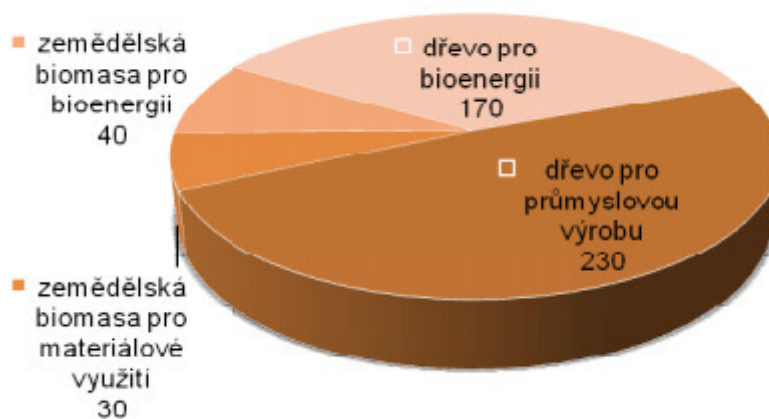
4.3.1 Průmyslové využití dřeva v rámci spotřeby biomasy

Využití dřeva je součástí velkého celku materiálů, které se vzájemně doplňují a tvoří prostor nazývaný jako obnovitelné suroviny nebo biomasa. Materiálové

použití biomasy je chápáno jako surovina pro průmyslovou výrobu zboží a spotřebu v produktech. Odděluje se tím energetická spotřeba, ve které se vyskytuje biomasa pouze jako surovina. Jedním z hlavních prvků z hlediska sledování využití biomasy je tzv. „kaskádové využití“, představující sekvenční využití biogenických surovin na výrobu energie a materiálů. Využití dříví je základním příkladem kaskádového využití biomasy. Dříví vstupuje jako surovina do materiálů na bázi dřeva, poté do energetického využití. Příkladem může být dřevěný nábytek – dřevotříska – recyklovaná dřevotříska – spalování. Tento potenciál produkce biomasy je hlavní charakteristikou bioekonomiky, která hledá nejefektivnější postupy a technologie transformace obnovitelných surovin na náhradu za fosilní a neobnovitelné suroviny (Výzkumný a vývojový ústav dřevařský, 2016).

4.3.2 Struktura průmyslového využití biomasy

Podstatná část dostupné biomasy je tvořena dřívím, tudíž se nabízí jeho značný přínos pro bioekonomiku. V rámci využití biomasy je však součástí širšího proudu. V EU je dřevo hlavní zdroj materiálového i energetického využití biomasy. Podrobnější využití biomasy v EU je zobrazeno na obr. 15. Čísla uvedená na grafu jsou jen velmi hrubý odhad, oficiální data za EU neexistují (Výzkumný a vývojový ústav dřevařský, 2016).



Obr. 15: Struktura využití biomasy v EU v mil. tun (Výzkumný a vývojový ústav dřevařský, 2016)

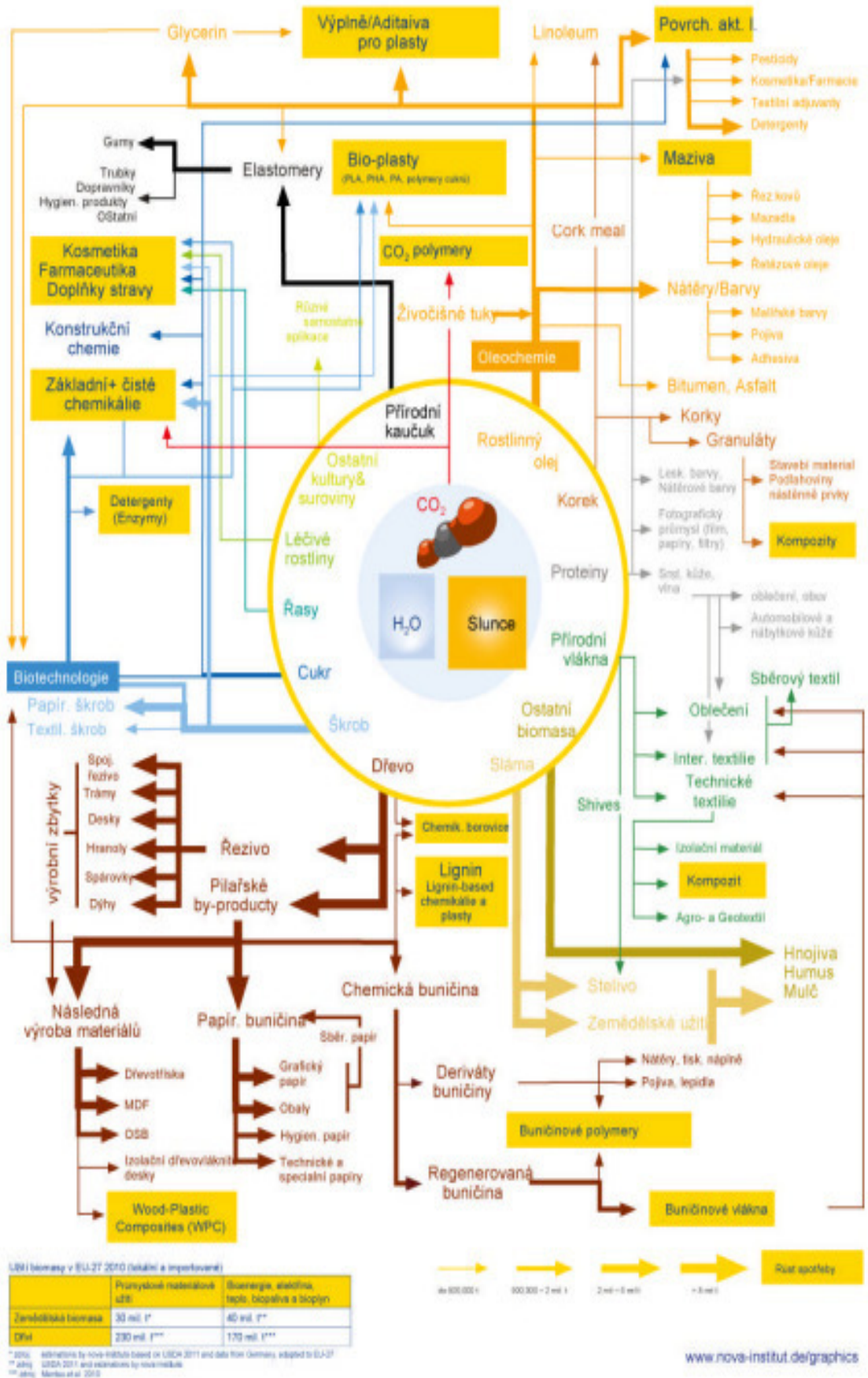
Hodnoty, které jsou uvedeny v grafu, jsou jen hrubým odhadem. Na základě detailnějších dat v Německu se celkové množství, které činilo 89,3 mil. tun obnovitelných surovin, 36 % použilo v energetickém využití a 48 % v materiálovém.

Zbylá část je rozdělena mezi spotřebu materiálů a energie a na zemědělskou produkci (Výzkumný a vývojový ústav dřevařský, 2016).

Dřevo v energetickém využití tvoří hlavní složku, co se týče náhrady fosilních paliv. Nezakládá však potenciál využití v aplikacích, které jsou nutné pro plnohodnotné zapojení do bioekonomiky. Dalším významným odvětvím je využití buničiny pro výrobu textilu, kde se uplatňuje především rozvoj technologie výroby hotových produktů, která se dotýká oblasti oblečení i hygienických účelů. Ve vazbě na bioekonomiku je tento směr velkým příslibem pro uplatnění dřeva v materiálovém využití (Výzkumný a vývojový ústav dřevařský, 2016).

4.3.3 Lesnicko - dřevařský sektor v bio ekonomice

Lesnictví a zpracování dřeva z materiálového hlediska představuje především změnu chápání a získání základních představ o celém rozsahu využití obnovitelných surovin ve výrobě materiálů. Chápání dřeva jakožto materiálu, který je vhodný pro výrobu řeziva, papíru a plošných materiálů, se mění s rostoucím tempem technologií a postupů, které umožňují získat menší struktury a následné využití od makrostruktur rozmělněného dříví na výrobu buničiny až po nanostrukturu části buněčných stěn, které jsou tvořeny cukry. Následující schéma zobrazuje současnou škálu využití biomasy v EU (Výzkumný a vývojový ústav dřevařský, 2016).



Obr. 16: Materiálové využití biomasy v EU (Výzkumný a vývojový ústav dřevařský, 2016)

Schéma vyjadřuje základní rozdělení užívání obnovitelných surovin, které zahrnuje i dříví, a současně tak vymezuje i postavení a produkci dřeva v rámci bioekonomiky. Kromě materiálového využití poskytuje lesnicko dřevařský sektor i další významné prvky, které spadají do služeb bioekonomiky a v širším pojetí souhrnně popisované jako služby ekosystému. Dřevo je tedy jedním z hlavních materiálů z hlediska uspokojení materiálových potřeb populace, a jeho význam roste ve snižování zásob fosilních paliv (Výzkumný a vývojový ústav dřevařský, 2016).

Pozice dřeva v rámci biomasy tedy přináší významný přínos jak v užití materiálovém, tak energetickém. Vývoj dřeva tedy začíná pronikat i do dalších průmyslových odvětvím, a to v podobě suroviny či polotovaru (Výzkumný a vývojový ústav dřevařský, 2016).

5. Metodika

5.1 Vlastní výběr a popis dřevěných konstrukcí

5.1.1 Prefabrikovaný dům DP 75



Obr.17: Typový dům DP 75 (PALIS Plzeň, s.r.o., 2018)

Jedná se o typový dům od firmy PALIS Plzeň, s.r.o.. Dům je založen na prefabrikovaném konstrukčním systému. Je realizován jako rodinný dům s garáží. Zastavěná plocha domu činí 188,75 m² a dispozičně je tento dům řešen jako 3+kk. Prefabrikované dílce jsou vyráběny v dílnách v sídle firmy v Kokořově za pomoci vysušeného hoblovaného dřeva. V hale jsou pak všechny výrobní procesy pod trvalou kontrolou, díky tomu se doba expozice prvků na povětrnosti výrazně zkracuje. Tyto dílce jsou pak jeřábem naloženy v přesně daném pořadí na nákladní automobil a bez meziskladu transportovány na stavbu (PALIS Plzeň, 2018).

Konstrukční řešení

Tato stavba je založena na základové železobetonové desce. Jednotlivé dílce jsou stavěny na předem připravené základové prahy z tlakově impregnovaného dřeva. Tyto dílce jsou pak spojovány speciálními pevnostními vruty. Tímto způsobem jsou stavěny dílce obvodového pláště, ale také dílce příček. Skladba obvodové stěny je znázorněna v příloze číslo 1.

Pro skladby vnější stěny využívá firma nosnou konstrukci PASIV, která má oproti standardní konstrukci lepší fyzikální parametry. Stěnový dílec se skládá z nosné konstrukce z lepených profilů o rozměrech 50x45x220 mm, foukané tepelné izolace CELULÓZA ISOCELL do dutiny 220 mm, ze záklopových desek OSB EGGER 15 mm a vzduchotěsného prolepení. Pro vnitřní stěnu se používá sloupková konstrukce 50x100 mm, která je vyplněna minerální izolací. Zaklopení stěny je provedeno konstrukční deskou ze sádkartonu RIGISTABIL tloušťky 12,5 mm.

Konstrukce stropu se provádí osazením stropnic 60x220 mm a provedením roštu sádkartonové konstrukce s minerální izolací tloušťky 100 mm. Vlastní záklop stropu je proveden z OSB desek tloušťky 22 mm, na který je položena kročejová izolace tloušťky 50 mm a cementový potěr tloušťky 60 mm. Pro osazení střešní konstrukce se používají krokve s podbitím OSB desek tloušťky 15 mm a foukanou tepelnou izolací CELULÓZA ISOCELL tloušťky 300 mm. Dále se skládá z difuzní fólie, kontralatí, latí a střešní krytiny. V základním provedení se již montují okna s izolačním trojsklem. Teplota vnitřního skla je u trojskla podstatně vyšší a v zimním období tak nedochází k rosení oken.

Jako tepelnou izolaci domu používá firma foukanou celulózu, která má v kombinaci s dřevovláknitou deskou dostatečný tepelný odpor a akumulaci. Použitím dřevovláknité desky z vnější strany konstrukce je dosaženo akumulačních vlastností srovnatelných se zděnou stavbou. Kromě tepelných vlastností izolací je velmi důležitá schopnost stěny propouštět bez možných kondenzací vodní páry, které vznikají při provozu domu. Tato izolace splňuje také funkci z hlediska akustických požadavků. Používané izolace jsou na přírodní bázi, což je z hlediska zdraví velmi důležité. Tento objekt je vytápěn pomocí elektrických přímotopných panelů, které jsou osázeny v každé místnosti, dále také krbovými kamny, od kterých vede rozvod teplého vzduchu do ostatních pokojů. Tepelné ztráty domu se pohybují okolo 7 m²K/W. Co se týče energetické náročnosti, spadá dům do kategorie B. Hodnota prostupu tepla je 15,8 hod (PALIS Plzeň, 2018).

Výstavba

Postup stavby je volen tak, aby jednotlivé příčky plnily funkci prostorového ztužení stavby a nemusely být použity žádné fixační prostředky. Po postavení konstrukce je celý objekt vyrovnán do přesného geometrického tvaru, přičemž se

provede definitivní ukotvení stavby k základové desce pomocí pevnostních ocelových úhelníků. Obdobným způsobem je stavěna z vyrobených střešních dílců i střešní konstrukce. Konstrukční příprava stavby a výroba přesných dílců ve výrobní hale umožňuje velmi rychlý postup výstavby. Celá tato výstavba trvá přibližně jeden až dva dny.

Dřevní odpad, který vzniká při výrobě, je použit k temperování sušáren a administrativních a provozních objektů v areálu. Přebytky se poté štěpkují a odvázejí se do Plzeňské teplárenské, kde jsou zužitkovány pro vytápění. Odpad ze sádkartonových desek je řádně uložen na řízené skládce. Stejně tak je to i s odpadem izolačních hmot (PALIS Plzeň, 2018).

5.1.2 Roubený dům Zuzana



Obr. 18: Roubený dům Zuzana (Haniš, 2018)

Roubený dům Zuzana je typový dům od firmy Haniš srubové domy s.r.o.. Jeho zastavěná plocha činí 66, 0 m². Dispozičně je tato roubenka řešena jako bydlení pro 4-6 člennou rodinu. Tento dům je svým tradičním vzhledem vhodný do horské i podhorské krajiny. Stavba domu se dělí na dvě fáze. První fáze se uskutečňuje ve výrobní hale, další fáze je samotná výstavba na určitém pozemku. Tato firma vyrábí

také do všech svých domů krby nebo kachlová kamna. Jako topivo je tedy využíváno dřevo, což je vhodné řešení z hlediska obnovitelných zdrojů. Energetická náročnost této budovy spadá do kategorie C (Haniš, 2018).

Konstrukční řešení

Dřevo, které firma využívá je vytěženo v oblasti Orlických hor a Krkonoš. Dřevostavby jsou stavěny ve výrobní hale v Černilově u Hradce Králové. Výroba vzniká v kryté hale, tudíž dřevo nepodléhá zbytečnému UV záření. Dovezený materiál se roztrídí podle velikosti a dále se na pásové pile a katru řeže množství trámů o průřezech, které jsou požadovány. Základem je dřevěná konstrukce stěn, ve kterých jsou hranoly vrstveny vodorovně. Roubená stavba je stavěna klasickou metodou, kdy se vychází z profilu oboustranně opracovaných hraněných trámů, které jsou v rozích spojeny na „rybinu“, do kterých je posléze vložena dvouřadá paměťová páska. Díky tomuto spoji je možné do rohu vložit větší množství izolační hmoty, která zabraňuje vzniku tepelných mostů. Tento systém zvaný jako pero-drážka zamezuje úniku tepla. Je výhodou, že tento proces lze realizovat bez technologické přestávky. Díky tomu způsob umožní postupné stavební sesychání, které je zapotřebí při vyloučení vázané vody, a poté k lehké deformaci kulatin. V této fázi jsou také vyříznuty veškeré dveřní i okenní otvory. Pro provedení elektroinstalace jsou vyznačená místa, dále jsou vyříznuty prostupy, kterými povede instalace. Fáze výroby roubenky trvá přibližně 1 měsíc oproti výrobě srubu, který zabere 3 měsíce. Před odvozem na stavbu je dřevo impregnováno (Haniš, 2018).



Obr. 20: Výroba roubenky v hale (Haniš, 2018)

Výstavba

Připravený materiál je dovezen na stavební parcelu. Před montáží roubené stavby je nutné připravit betonové základy. Roubenka je montována pomocí autojeřábu. Jednotlivé trámy jsou na místě hoblovány, následně se frézují drážky podélných spojů a pera. Vytvářejí se rybinové rohové zámky, do kterých se vkládá paměťová páska. Mezi pery jsou podélné spoje tepelně izolovány, do instalačních výřezů je vložen husí krk. Dalším krokem je výroba osázení stropních trámů. Po výstavbě roubené konstrukce následuje dovezení střešní vazby. Krov je osazen speciálně na konstrukci roubenky, poté je zakončen kontralatěmi a difuzní fólií. Následuje montáž konstrukce štítů, která zahrnuje pobití sámovými a zdobnými překládanými prkny a vložení minerální izolace. Díky zaříznutí otvorů na míru, je osazen kluzný dilatační systém na montáž oken a dveří. Jsou vyřezány drážky pro kluzné napojení zděných příček. Na konec jsou stěny, stropní rámy, průvlaky a sloupy kompletně přebroušeny a opět impregnovány (Haniš, 2018).



Obr. 21: Výstavba roubenky na stavebním pozemku (Haniš, 2018)

Odpad ze staveniště je tvořen odřezky nebo pilinami. Odřezky jsou ponechány pro majitele a slouží jako topivo do krbu či kamen. Piliny mohou sloužit jako část zeminy. Z celkového odpadu ze dřeva je cca 50 % prodáno jako topivo a 30 % se odváží do spalovny v Opatovicích (Haniš, 2018).

6. Stanovení environmentálních činitelů

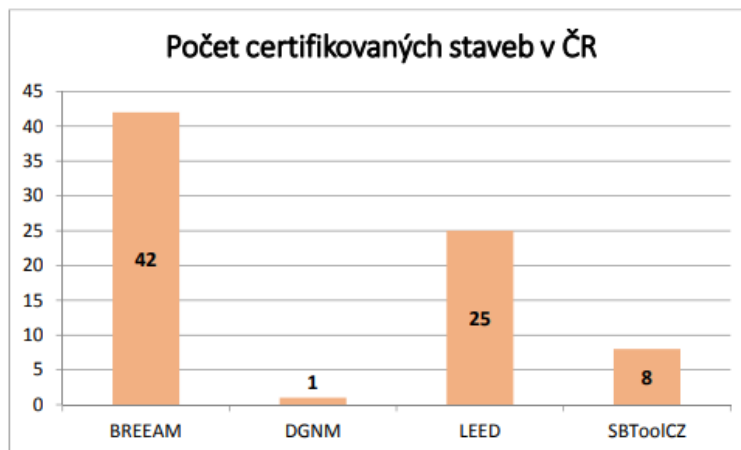
6.1 Certifikace budov

Kompletní hodnocení kvality budov se v mnoha zemích stává součástí procesu jak realizačního, tak projektového. Schémata, která jsou hodnocena, jsou převážně založena na multikriteriální analýze. Kritéria lze rozlišit podle typu budov, typu hodnotících nástrojů a fáze životního cyklu, který je dále pozuzován z hlediska návrhu, výstavby a provozu budovy. Analýzy hodnotí kritéria přes váhový vektor, který vygeneruje výslednou hodnotu. Nejčastější kritéria jsou například globální oteplování, akustický a tepelný komfort, kvalita vnitřního prostředí (Výzkumný a vývojový ústav dřevařský, 2016).

Přehled certifikačních systémů a metody hodnocení kvality staveb:

- **BREEAM** – (Building Research Establishment Environmental Assessment Method) - britský nástroj hodnotící devět kategorií podle vlivu na životní prostředí. Zahrnuje energii, materiály, zdraví a pohodu prostředí, management, využití půdy a ekologie, znečišťující látky, dopravu, odpad, vodu a inovace. Při vyhodnocení jsou zjištěny hodnoty, které jsou vyjádřeny v procentech.
- **LEED** – (Leadership in Energy and Environmental Design) - tuto certifikaci uděluje americký orgán Green Building Certification Institut. Hodnocení je aplikováno v nelokalizované podobě, tudíž probíhá podle amerických norem.
- **DGNB** – (Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen) - jedná se o původní německý certifikační systém. Obsahuje 49 kritérií, tudíž by měl být nejpreciznější a nejpřísnější.
- **SBToolCZ** – jedná se o český certifikační nástroj, který hodnotí úroveň kvality budov z hlediska udržitelné výstavby. Jeho princip je založen na multikriteriálním hodnocení (oblast sociální a environmentální, management a ekonomika, lokalita).
- **CESBA tool** – (Common European Sustainable Building Assessment) - cílem tohoto evropského projektu je podpořit energetickou účinnost, využívání obnovitelných zdrojů a soběstačnost.

- **Analýza životního cyklu (LCA)** – (Life cycle assessment) - jde o moderní metodu hodnocení budov. Zahrnuje komplexní posouzení dopadů lidské činnosti na životní prostředí a to v celém životním cyklu budovy. Je hodnocen od návrhu až po likvidaci, a to z hlediska materiálu, emisí a odpadu a energie.
- **Metodika LCIA** – tato metodika je součástí LCA softwaru. Metodiky jsou buď midpointové, které jsou založeny na měřitelných vlastnostech elementárních toků, nebo endpointové, které popisují konkrétní poškozené prostředí. Novým přístupem LCA je snaha o sloučení midpointové a endpointové metodiky. Své uplatnění lze nalézt v metodice IMPACT 2002+.
- **Environmentální prohlášení o produktu (EPD)** - EPD je nejrozšířenější forma využití LCA v praxi, jde o soubor měřitelných informací a vlivu produktu na životní prostředí.
- **Průkaz energetické náročnosti budov (PENB)** – ze zákona ČR je tento nástroj povinný a slouží k hodnocení energetické náročnosti budovy. Jde o spotřebu energie při celkovém provozu budovy. Následně se budova řadí do energetických tříd od A – G.
- **Osvědčeno pro stavbu** – tento systém je dobrovolný, v jeho rámci se posuzují vhodné stavební výrobky ve smyslu zákona č. 183/2006 Sb., o územním plánování a stavebním řádu a dalších technických předpisů ČR.
- **Certifikát pasivního domu** – poskytuje kontrolu dle definice Passivhaus Institutu. Hodnotí energetické úspory provozu budovy, ale nehodnotí celkovou kvalitu stavby v jejím životním cyklu.
- **Certifikát kvalitní stavby** – tento certifikát vydává Dřevařský ústav, který dohlíží na kvalitu dřevostaveb a má snahu zvyšovat jejich stavební úroveň. Soubor, který byl vyvinut, přináší rozsah nezávislé, profesionální a odborné kontroly od návrhu až po realizaci.
- **Dokument národní kvality** – dokument uděluje Asociace dodavatelů montovaných dřevostaveb ve spolupráci s VVÚD. Jde o metodiku kontroly a hodnocení výstavby s hlavním zaměřením na dřevostavby (Výzkumný a vývojový ústav dřevařský, 2016).



Obr. 22: Počet certifikovaných staveb v ČR (Výzkumný a vývojový ústav dřevařský, 2016)

6.2 Environmentální činitele

Stavebnictví zahrnuje mnoho negativních dopadů, do kterých lze zahrnout všechny postupy stavební výroby, a to od těžby surovin, výrobu stavebních materiálů, výstavbu a také nelze opomenout vzniklý stavební odpad a následný provoz budovy.



Obr. 23: Životní cyklus budovy (Vochoc a spol. 2012)

Stavebnictví působí na životní prostředí i tím, kolik celkové plochy zabírá. Při výstavbě budov a jejich následných opravách se bere také v potaz hluk, odpad z použitých materiálů a prašnost. Při samotném užívání se spotřebovává elektrická energie, teplo, voda a samozřejmě se do ovzduší uvolňují látky z použitého materiálu. Dalším dopadem je demolice, kdy se stavby přeměňují na odpad. Snaha zmírnění těchto dopadů může být různá. Například by mohlo napomoci využití obnovitelných a recyklovaných materiálů, snížení spotřeby energie na vytápění staveb nebo jejich kvalitnějším zateplováním (Cenia, 2013).

Z hlediska environmentální náročnosti výstavby je nezbytně nutné přihlížet k ekologické stopě vybraných stavebních materiálů. Každý stavební materiál má své

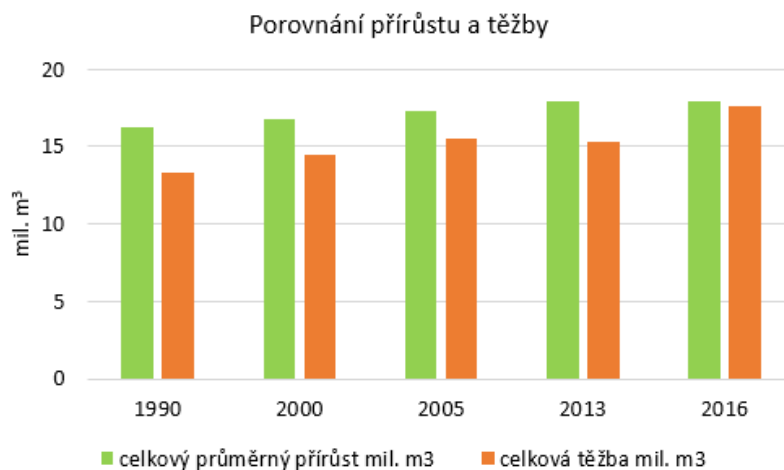
environmentální důsledky. Rozlišují se na množství vázané primární energie (PE), která je označována jako šedá energie, jejíž veličinou je MJ/kg. Jedná se o energii, která je vynaložena na získání surovin, výrobu a dále o dopravu vyrobeného materiálu. Další hodnotou je emise CO₂, která vyplývá z výroby materiálu. Je označována jako index globálního oteplování (GWP). CO₂ se podílí na skleníkovém efektu v takovém množství, že je stanoven jako srovnávací ekvivalent. Je uveden v kilogramech. Dřevo pohltí více CO₂ při svém růstu, než se uvolní při samotné výrobě a výstavbě, dosahuje tak záporných hodnot. Posledním z hledisek jsou emise SO₂ (AP) neboli potenciál zakyselení životního prostředí. Tento ekvivalent se týká i dalších plynů, které přispívají k acidifikaci. Jedná se o proces, kdy dochází k okyselení půdy a vody. Plyny v atmosféře reagují s vodou a na Zemi se vyskytují v podobě kyselých dešťů, které poškozují vody, lesy, půdní ekosystémy a budovy (Chybík, 2009).

Materiál	PEI [MJ/kg]	GWP [kg CO ₂ ekv/kg]	AP [kg SO ₂ ekv/ kg]
Dřevo technicky sušené	1,890	-1,409	0,00124
Lepené dřevěné hranoly	8,040	-1,259	0,00341
Deska OSB	9,320	-1,168	0,00603
Beton	0,689	0,103	0,00024
Železobeton	1,117	0,145	0,00037
Ocel na vyztužení	22,700	0,935	0,00567

Tab. 1: Hodnoty podílu PEI, GWP a AP. Zdroj: Chybík, 2009

6.3 Těžba surovin

Les poskytuje dřevo jako ekologickou surovinu, ale také plní funkci pro životní prostředí regulací ekosystému. V dnešní době, kdy populace roste, roste také poptávka po těchto zdrojích surovin. Je tedy důležité lesu věnovat pozornost a péči pro jeho další zachování. Díky tomu, že roční těžba odpovídá cca polovině přírůstu, je možné bez obav těžbu dřeva navýšit (Josten a kol. 2010).



Obr. 24: Porovnání přírůstu a těžby. (ÚHÚL, 2018)

Největším problémem těžby dřeva je využívání těžké techniky, která poškozují lesní ekosystém, navyšuje riziko vzniku eroze a ničí půdu. Nejhorším způsobem je kácení v podobě holosečí. Velké plochy, které po kácení vzniknou, jsou vystaveny přímému slunečnímu záření, což má za důsledek rychlé rozkládání organické hmoty v zemi. Vzniká zde extrémnější mikroklima, kdy je v létě působí větší teplo a v zimě větší mráz (Bláha a kol., 2005).

Trvalost a vyrovnanost v lesích se zaměřuje na produkci lesů, ekologické, sociální a ekonomické funkce. Stát i vlastníci by měli mít zájem na tomto principu využití lesů pro jeho obnovitelné přírodní zdroje. Trvalostí se chápe schopnost přinášet stálou a optimální těžbu dřeva, která bude sloužit jak nám, tak i budoucím generacím. Princip vyrovnanosti se zaměřuje především na vyrovnanou produkci a těžbu dříví. Splnění těchto principů nám zajišťuje lesní hospodářský plán a jeho nástroje (ÚHÚL, 2018).

6.4 Doprava

Doprava je jedním z činitelů, který má negativní dopad na životní prostředí. Mezi hlavní dopady patří znečištění ovzduší vypouštěním škodlivých látek, hluk, znečištění půdy a vody, automobilové nehody, ale také zabírání ploch. Zároveň je velmi náročná, co se týče spotřeby energie, která je získávána spalováním fosilních paliv. Až 80 % emisí představuje CO₂, které mají za důsledek skleníkový efekt. Tyto emise způsobují až z 50 % oteplování atmosféry. Doprava přispívá také ke znečišťování vody a půdy. Nepřímo je tak znečišťuje svými emisemi a přímo v důsledku dopravních nehod, kdy automobil převáží nebezpečný náklad. Dalším

problémem je hluk a vibrace. Nejvíce tento jev ovlivňuje psychiku člověka, kdy dochází ke snížení koncentrace a pozornosti, nebo až k neurotizaci organismu (Švandová, 2010).

6.5 Konstrukce budovy

Výstavba dřevostavby zasahuje okolí staveniště v minimálním rozsahu. Jelikož velká část procesu probíhá ve výrobních halách, hrubá stavba je dokončená v řádech několika dnů a je prostorem k uskladnění materiálu pro další výstavbu. Energie, která je potřebná k pořízení, zabudování materiálu a přepravu je mnohem nižší než u zděných domů. Také je u výstavby dřevostaveb 10 krát méně spotřeby vody než u zděné stavby. Její lehká konstrukce představuje nižší náklady na základovou desku. Co se týče dopravy materiálu, je ekologické zatížení menší než u zděných domů (ATREA s. r. o., 2018).

6.6 Provoz budovy

Stavba představuje mechanismus, který je považován za nákladnou investici v životě člověka. Mělo by s ní být nakládáno tak, aby byla schopna plnit svou funkci po mnoho let. Z tohoto hlediska je důležité stavbu správně udržovat a provozovat. Bohužel nelze postavit dům, který by se obešel bez potřebných oprav, tedy dům, kterému bychom se z tohoto hlediska nemuseli věnovat. Na základě různorodosti i náročnosti staveb je nutné být do podrobnosti seznámen s principy, konstrukcí a technologiemi staveb. Vzhledem k této skutečnosti se tento úkol jeví jako nelehký. Lze tedy očekávat, že v budoucnu bude možné stavby udržovat a hledat příčiny závad pomocí napojení na příslušnou diagnostiku. Díky této technologii by bylo možné rychle zjistit potřebné informace a následně efektivně provést opravu případných závad a problémů dřevostavby, aniž by došlo k poškození jiných částí stavby (Růžička, 2014).

6.7 Demolice a recyklace

Růžička ve své knize uvádí, že *„Ani stavba není nesmrtelná a už při jejím návrhu je vhodné počítat s nutností ji jednou odstranit. S likvidací a odstraněním stavby jsou totiž spojeny jednak náklady finanční, jednak další související aspekty a skutečnosti, které musíme brát v úvahu.“* (Růžička, 2014).

Na rozdíl od zděných nebo betonových konstrukcí můžeme dřevostavbu rozebrat mnohem efektivněji, nebo případně dále využívat její materiály. Je pravdou, že využití materiálu po likvidaci staveb neprobíhá v takové míře, která by byla považována za optimální. Jedním z důvodů této problematiky je neefektivita procesu z hlediska současné ekonomiky. Dalším důvodem jsou chybějící postupy a technologie, díky kterým by bylo možné stavby vhodně a výhodně recyklovat. Výhodou likvidovaného dřeva je, že jako jediný stavební materiál poskytuje další energii na rozdíl od ostatních materiálů určených k jejich likvidaci a následné recyklaci. V souvislosti s likvidací je nutno brát v potaz, že většina starších dřevostaveb je obložena deskovým materiálem, který obsahuje azbest. Tato složka má nepříznivý dopad na zdraví člověka, a proto je jeho využití v současné době zakázáno. Pokud chceme likvidovat takovou stavbu, je nutné přenechat tyto práce odborné firmě, která má na tuto likvidaci příslušné oprávnění. (Růžička, 2014).

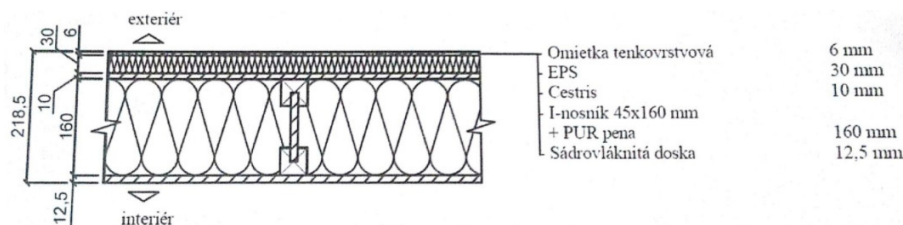
Dřevo je možné dokonce několikrát recyklovat. Při každé její recyklační fázi dochází k postupnému snížení prvotní kvality. Dřevěný odpad, pro který nelze najít žádné jiné využití, lze vhodně použít pro vytápění. V této finální fázi se uvolňuje CO₂, ale pouze v takové míře, kterou strom naakumuloval během jeho života (Pavlas, 2016).

7. Posouzení environmentální náročnosti objektů

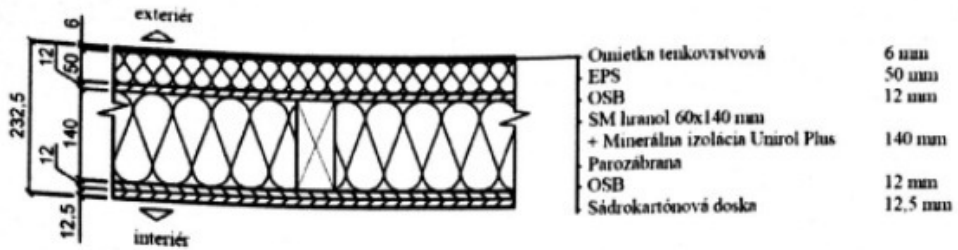
7.1 Prefabrikovaný dům

Studie byla provedena za účelem hodnocení dřevostaveb s alternativními skladbami pláště. Výzkum se zabývá hodnocením dopadů na životní prostředí v oblasti obvodových stěn na bázi dřeva. K analýze bylo vybráno 8 skladeb, které jsou vytvořeny z různého materiálu a s využitím různých konstrukčních systémů dřevostaveb. Na základě této analýzy byly hodnoceny použité materiály a skladby jako celky. Hraniční hodnoty jsou zvoleny od přípravné fáze po realizační práce. Všechny dopady na životní prostředí jsou přepočteny na 1 m² navržených konstrukcí. LCA analýza byla provedena z hlediska dopadů na lidské zdraví, kvalitu ekosystému, spotřebu zdrojů a klimatické změny (Mitterpach a kol, 2018).

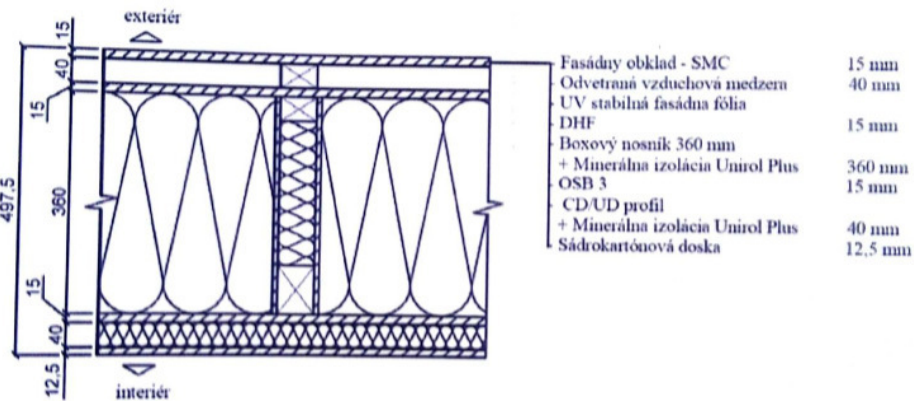
Na zpracování výsledků byl použit program SimaPro 8.4 a metoda environmentálního hodnocení IMPACT 2002+. Tato metoda posuzuje vliv chemických a toxických látek. Nejnovější verze IMPACT 2002+ dokáže vyhodnotit 15 středových bodů, které jsou poté transformovány do 4 koncových bodů. Výstupem je hodnocení škod v procentuálním podílu jednotlivých materiálů v skladbách na dopad životního prostředí. Na následujících obrázcích 25 – 32 jsou zobrazeny vybrané skladby k posuzování. Vzhledem ke konstrukci a použití materiálu stěny domu DP 75 je vybrána skladba S3 vyobrazená na obr. 27 (Mitterpach a kol, 2018).



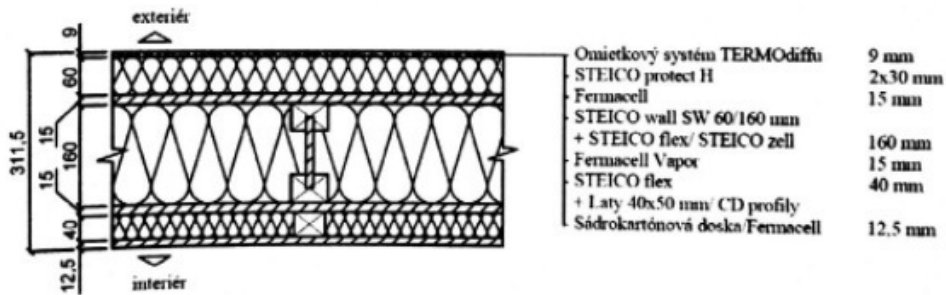
Obr. 25: Řez konstrukcí a materiálové složení skladby S1 (Mitterpach a kol, 2018)



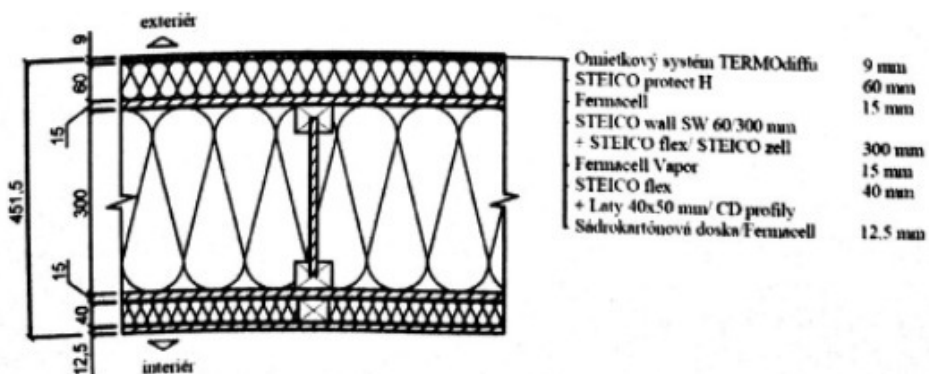
Obr. 26: Řez konstrukcí a materiálové skladby S2 (Mitterpach a kol, 2018)



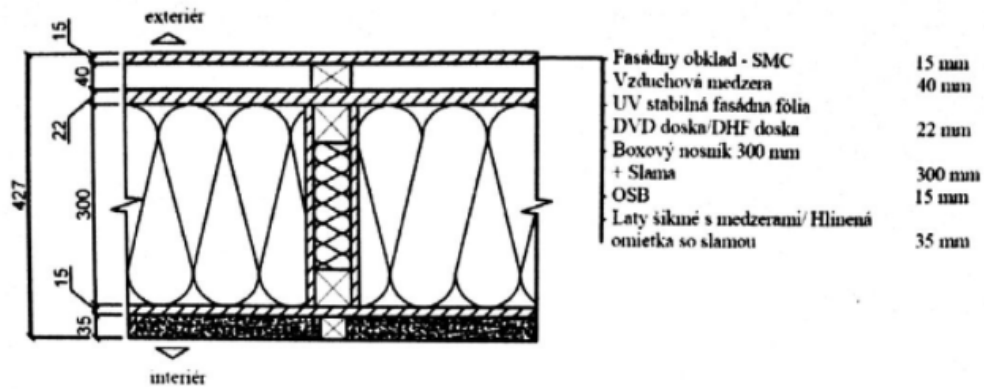
Obr. 27: Řez konstrukcí a materiálové složení skladby S3(Mitterpach a kol, 2018)



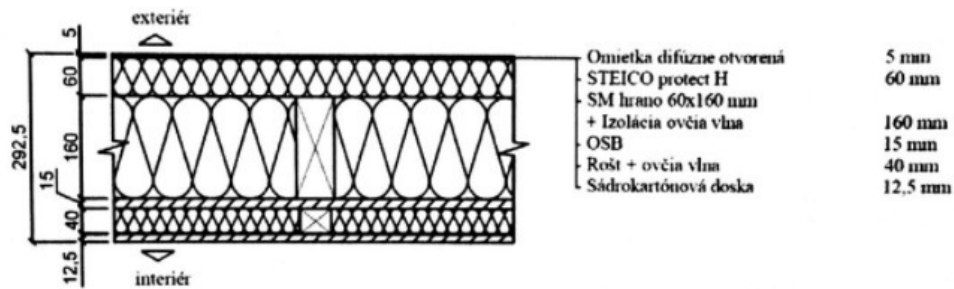
Obr. 28: Řez konstrukcí a materiálové skladby S4 (Mitterpach a kol, 2018)



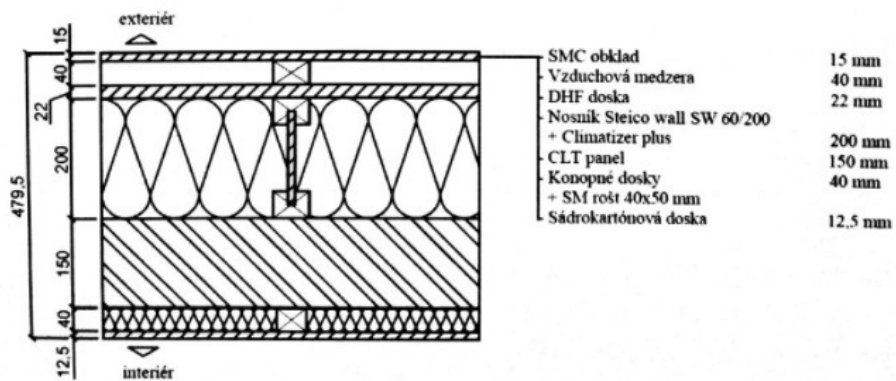
Obr. 29: Řez konstrukcí a materiálové skladby S5 (Mitterpach a kol, 2018)



Obr. 30: Řez konstrukcí a materiálové skladby S6 (Mitterpach a kol, 2018)

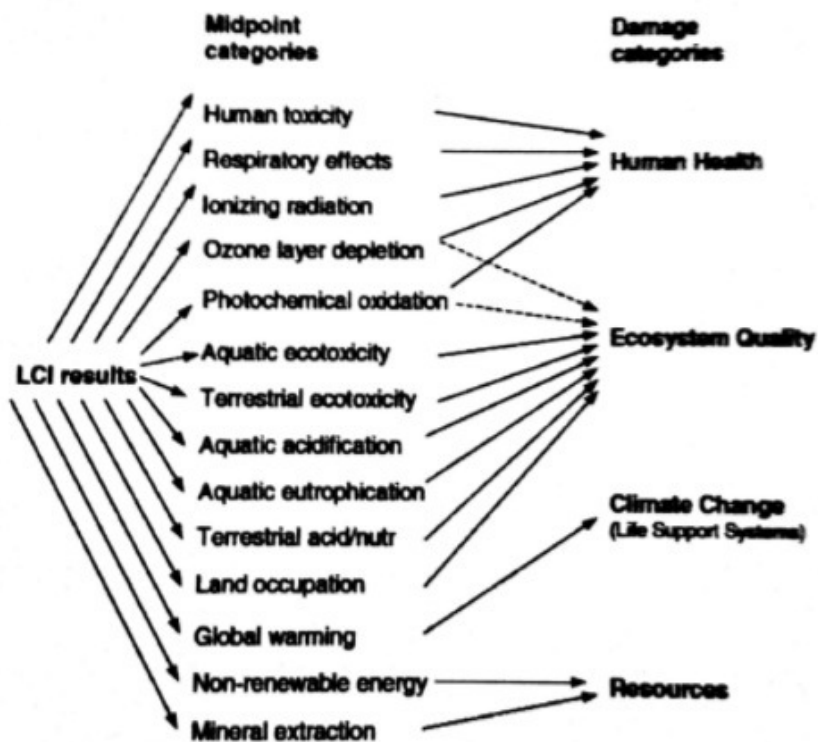


Obr. 31: Řez konstrukcí a materiálové skladby S7 (Mitterpach a kol, 2018)



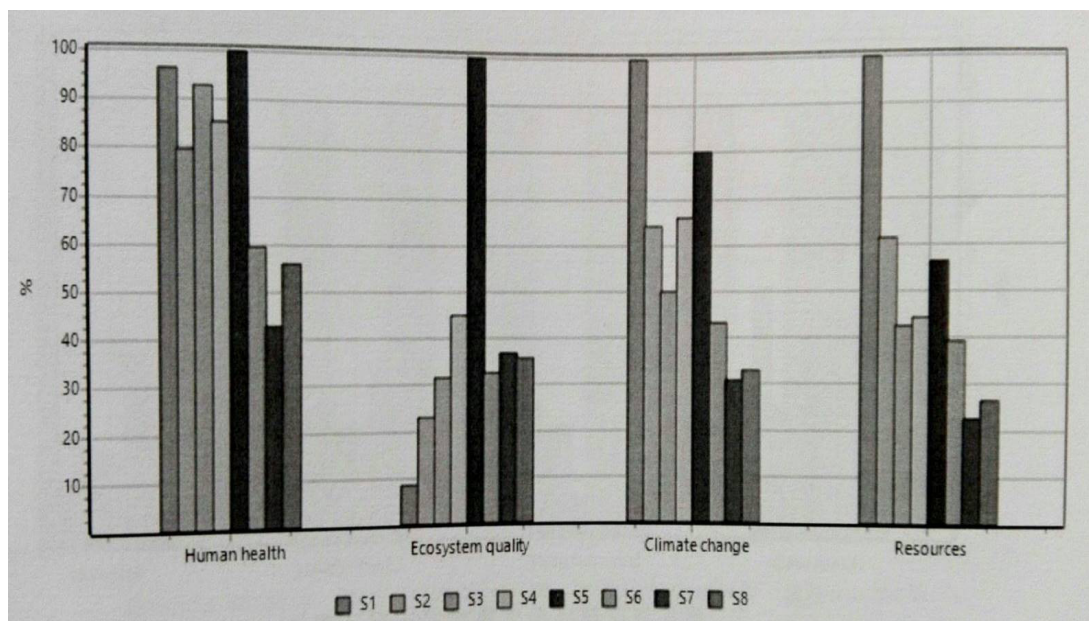
Obr. 32: Řez konstrukcí a materiálové skladby S8 (Mitterpach a kol, 2018)

Použitá metodika převádí 14 středových bodů do koncových 4 bodů. Základní jednotkou celkového vlivu na životní prostředí je Pt (normalizovaná jednotka ekologických ukazatelů), což zobrazuje obrázek 33. (Mitterpach a kol, 2018).



Obr. 33: Středové a koncové kategorie indikátorů dopadů (Mitterpach a kol, 2018)

7.1.1 Vyhodnocení posuzovaných skladeb



Obr. 34: Hodnocení škod posuzovaných skladeb S1 – S8 (Mitterpach a kol, 2018)

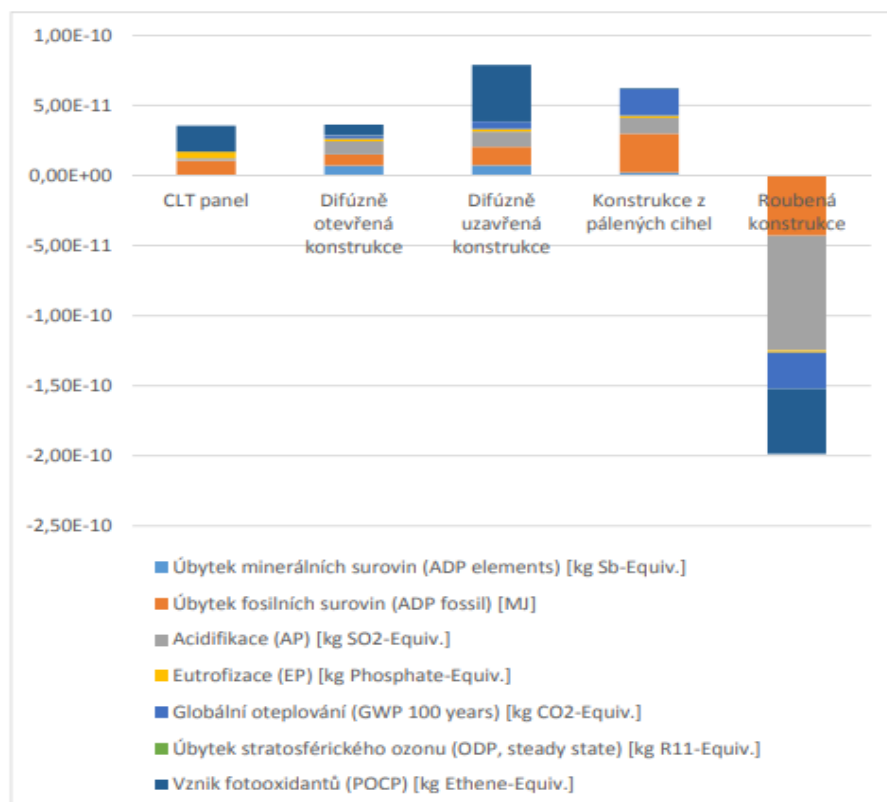
Z obr. 34 vyplývá, že skladba S3 má největší negativní dopad na lidské zdraví ze všech posuzovaných skladeb. Je to především kvůli použití velkého objemu izolace na bázi skelného vlákna, ale významně přispívá i použití sádkartonových konstrukčních profilů a OSB desek. V kategorii kvalita ekosystému zaujímá skladba 30 % podíl, a je tak třetí nejlépe hodnocená. U kategorie klimatické změny má skladba 50 % podíl. U spotřeby zdrojů skladba dosahuje méně jak polovičního podílu, a to zejména kvůli využití minerální izolace (Mitterpach a kol, 2018).

Na základě hodnocení všech posuzovaných skladeb lze konstatovat, že největší negativní dopad mají skladby, které jsou tvořeny z materiálů jako je PU pěna, skelné vlákno, ale také izolace na bázi celulózy. Co se týče skupiny velkoplošných materiálů, má největší negativní dopad deska OSB a desky na bázi sádry. Jako nejvíce výhodně se jeví využití materiálů na bázi dřevného vlákna, slámy a ovčí vlny (Mitterpach a kol, 2018).

7.2 Roubený dům

Výzkum byl proveden pomocí posouzení životního cyklu (LCA). Dopady na životní prostředí jsou přepočteny na 1 m² konstrukcí obvodových stěn. Jedná se o hodnocení vlastní konstrukce doc. Kočího (Výzkumný a vývojový ústav dřevařský, 2016).

7.2.1 Vyhodnocení roubené stavby



Obr. 35: Normalizované výsledky indikátorů kategorií dopadu na 1 m² konstrukce obvodových stěn (Výzkumný a vývojový ústav dřevařský, 2016)

Z obr. 35 je zřejmé, že roubená stavba má jasnou převahu nad ostatními porovnanými konstrukcemi. Je to především využitím dřeva, které v sobě váže minimální množství emisí a při výrobě je spotřebované menší množství energie (Výzkumný a vývojový ústav dřevařský, 2016).

8. Diskuze

Pro docílení snížení environmentálních dopadů na životní prostředí v oblasti stavebnictví je dřevo jako konstrukční materiál vhodným řešením. Podíl dřevostaveb je v České republice stále nízký v porovnání s ostatními státy. Těžba dřeva pro stavební účely není neekologická. Stromy jsou obnovitelná surovina, které při správném hospodaření lesů znovu dorostou. Dalším faktem je také malá informovanost lidí, proto by bylo dobré dostat dřevo na místo konstrukčního materiálu zpět do podvědomí lidí a překonat tak nepravdivé obavy okolo dřevostaveb.

Překvapilo mě, že využití metody LCA pro posouzení budov představuje jak velkou náročnost na náklady, ale také na čas. Možné problémy u této metody se mohou týkat především stanovení hranic systému a také výběru zdrojů údajů. Velmi často tak bývají tyto údaje založeny na hrubých odhadech a nejsou tak shodné s reálným světem.

Metoda LCA nepřináší vždy jen výhody, ale také určitou těžkopádnost. Snaha o přizpůsobení podmínkám a požadavkům pokračuje tvorbou databází a rozvoje aplikačních softwarů (Vlček a kol. 2013).

V případě prefabrikované stavby dopadla posuzovaná skladba metodou LCA nejhůře ze všech osmi skladeb z hlediska dopadu na lidské zdraví. Tuto oblast zatěžuje nejvíce použití vysokého objemu izolace, v tomto případě skelného vlákna. Dalším významným prvkem, který přispívá k tomuto dopadu, jsou sádrokartonové konstrukční profily a OSB desky. Roubená stavba dopadla ze všech posuzovaných konstrukcí nejlépe.

Myslím si, že v případě recyklace dřeva u oslovených firem by bylo vhodnější využít dřevní odpad (kůra z loupání kulatiny) pro další využití - např. mulčování nebo v případě odřezků pro výrobu dalších deskových materiálů.

9. Závěr

Existuje mnoho environmentálních faktorů, které ovlivňují náročnost dřevostaveb. Hodnocení těchto faktorů lze posoudit několika metodami. Podle dostupných studií, které byly provedeny metodou LCA, nelze zcela jasně stanovit, která dřevostavba působí na životní prostředí nejpříznivěji. Zlepšení této metody, např. zadáním přesných údajů o stavbě co se týče použitých materiálů a celkových rozměrů dřevostavby, by umožnilo interpretovat přesnější výsledky.

V rámci udržitelného rozvoje by se dřevo jako stavební materiál mělo dostat do popředí, protože se jedná o obnovitelnou surovinu a její použití významně snižuje i spotřebu energie. Efektivita výstavby přispívá k úspoře energií jak při užívání stavby, tak i při samotné výstavbě. Výstavbou dřevostaveb se významně snižuje podíl vzniklého stavebního odpadu, který je možné využít pro další účely. Je také výhodou, že stromy během svého růstu odejímají velké množství skleníkového plynu CO₂, proto je využívání dřeva pro stavební účely vhodné pro ekologickou rovnováhu. V našich poměrech je přírůstek dřevní hmoty větší než celková těžba, tudíž je využití lesů pro stavební účely vhodnou volbou. Do budoucna by bylo vhodné zlepšit způsob těžby dřeva, aby nedocházelo k holosečné těžbě, a místo toho byla nahrazena takovým způsobem, který by byl šetrnější.

Přehled literatury a použitých zdrojů

Literární zdroje:

BAUER-BÖCKLER, Hans-Peter., 2000, Ekologická výstavba domů: nápady a příklady, materiály a provedení., Praha: Euromedia Group - Ikar a Knižní klub, 126 s.

HÁJEK P., 2014, Pozemní stavitelství: Základní požadavky a konstrukční systémy budov. Praha: Grada, Praha, 144 s.

HERČÍK, M., 1996: Životní prostředí: úvod do studia. VŠB-Technická univerzita, Ostrava, 134 s.

CHYBÍK, J., 2009, Přírodní stavební materiály. Praha: Grada, Praha, 263 s.

JOSTEN E., REICHE T., WITTCHEN B. 2010, Dřevo a jeho obrábění. Praha: Grada, 164 s.

KOLB J., 2008, Dřevostavby: systémy nosných konstrukcí, obvodové pláště. Praha: Grada, Praha, 315 s.

KOTTJÉ, J., 2008, Jak se staví dřevěný dům: od projektu k nastěhování. Praha: Grada, Praha, 128 s.

KUKLÍK P., 2005, Dřevěné konstrukce, ČVUT v Praze Fakulta stavební, Praha, 187 s.

MITTERPACH J., ŠTEFKO J., IGAZ R., 2018, Dřevostavby 2018 - Hodnotenie dřevostavby s alternativními skladbami pláště, Sborník přednášek z odborného semináře se zahraniční účastí, Volyně, S. 185-195

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

PEŠTA, J., 2013, Rekonstrukce roubených staveb. Praha: Grada, 304 s.

RŮŽIČKA M., 2014, Moderní dřevostavba. Praha: Grada, Praha, 160 s.

RŮŽIČKA M., 2006, Stavíme dům ze dřeva. Praha: Grada, Praha, 116 s.

ŠTEFKO J., REINPRECHT L., 2004, Dřevěné stavby: konstrukce, ochrana a údržba. Bratislava: Jaga, Bratislava, 207 s.

VAVERKA J., 2008, Dřevostavby pro bydlení. Praha: Grada, 373 s.

Internetové zdroje:

ATREA s. r. o., ©2018: Nízkoenergetické, pasivní a nulové domy (online) [cit. 2018.03.08], dostupné z <<http://www.domyatrea.cz/cz/vyhody-drevostaveb>>

BLÁHA J. a spol., 2005: Holosečné kácení (online) [cit. 2018.03.25], dostupné z <http://www.hnutiduha.cz/sites/default/files/publikace/typo3/Holosecne_kaceni.pdf>

CENIA, ©2013: Vítejte na Zemi: Zdroje energie a životního prostředí (online) [cit. 2018.02.13], dostupné z <http://www.vitejtenazemi.cz/cenia/index.php?p=zdroje_energie_a_zivotni_prostredi&site=energie>

CENIA, ©2013: Vítejte na Zemi: Obnovitelné zdroje energie (online) [cit. 2018.02.13], dostupné z <http://www.vitejtenazemi.cz/cenia/index.php?p=obnovitelne_zdroje_energie&site=energie>

CENIA, ©2013: Vítejte na Zemi: Fosilní paliva – neobnovitelné zdroje energie (online) [cit. 2018.02.15], dostupné z <http://www.vitejtenazemi.cz/cenia/index.php?p=fosilni_paliva&site=energie>

HANIŠ SRUBOVÉ DOMY s.r.o., ©2018: Srubové domy a roubenky (online) [cit. 2018.03.26], dostupné z <<http://srubovedomy.cz/roubenky>>

HERČÍK M., DIRNER V., Výukový program: Environmentální vzdělávání (online) [cit. 2018.02.13], dostupné z <<https://www.hgf.vsb.cz/export/sites/hgf/instituty-a-pracoviste/cs/546/studijni-materialy/EV-modul1.pdf>>

HEŘMÁNEK S., 2017: Venkovský dům: Lehké dřevostavby (online) [cit. 2018.03.02], dostupné z <<http://www.venkovskydum.cz/ramova-konstrukce-drevostavby>>

KAŠTANOVÁ, A., 2014: Skeletové dřevostavby: Lehký dřevěný skelet (online) [cit. 2018.02.17], dostupné z <<http://www.drevoastavby.cz/vse-o-drevostavbach/jak-na-drevostavbu/co-je-drevostavba-a-jake-jsou-jeji-druhy/2986-skeletove-drevostavby-lehky-a-tezky-dreveny-skelet>>

KAŠTANOVÁ, A., 2014: Skeletové dřevostavby: Těžký dřevěný skelet (online) [cit. 2018.02.18], dostupné z <<http://www.drevoastavby.cz/vse-o-drevostavbach/jak-na-drevostavbu/co-je-drevostavba-a-jake-jsou-jeji-druhy/3007-skeletove-drevostavby-lehky-a-tezky-dreveny-skelet>>

LESY ČESKÉ REPUBLIKY, ©2016, Zvýšení spotřeby dříví (online) [cit. 2018.03.20], dostupné z <<https://lesy.cz/wp-content/uploads/2016/12/zvyseni-spotreby-drivi-web.pdf>>

MEZI STROMY, ©2018: Výhody dřeva z hlediska životního prostředí (online) [cit. 2018.02.20], dostupné z <<https://www.mezistromy.cz/drevarstvi/vyhody-dreva-z-hlediska-zivotniho-prostredi/odborny>>

PALIS PLZEŇ s.r.o., ©2018: Dřevostavby (online) [cit. 2018.03.20], dostupné z <<https://www.palis.cz/drevostavby/>>

SMOLA M. a spol., 2012: Pracovní metodika pro privátní poradce v lesnictví. Hospodaření v lesích na principech trvalosti a vyrovnanosti (online) [cit. 2018.04.01], dostupné z <<http://www.uhul.cz/images/poradenstvi/metodiky/HVLNPTAV.pdf>>

STRUCTURAL TIMBER, ©2014: Timber frame structures – platform frame construction (part 1) (online) [cit. 2018.02.20], dostupné z <<http://www.structuraltimber.co.uk/>>

ŠVANDOVÁ K., 2010: Doprava a životní prostředí (online) [cit. 2018.03.20], dostupné z <http://autaveskole.jaknahmyz.cz/doprava_a_prostredi>

ÚSTAV PRO HODPODÁŘSKOU ÚPRAVU LESŮ, ©2018: Zásoby dřeva stále stoupají (online) [cit. 2018.03.25], dostupné z <<http://www.uhul.cz/rychle-informace/444-rocne-se-v-cr-tezi-cca-16-mil-m3-dreva>>

VOCHOC L. a spol., 2012: Envimat – vliv stavebních konstrukcí a materiálů na životní prostředí (online) [cit. 2018.02.10], dostupné z <<https://stavba.tzb-info.cz/hruba-stavba/8519-envimat-vliv-stavebnich-konstrukci-a-materialu-na-zivotni-prostredi>>

Legislativa:

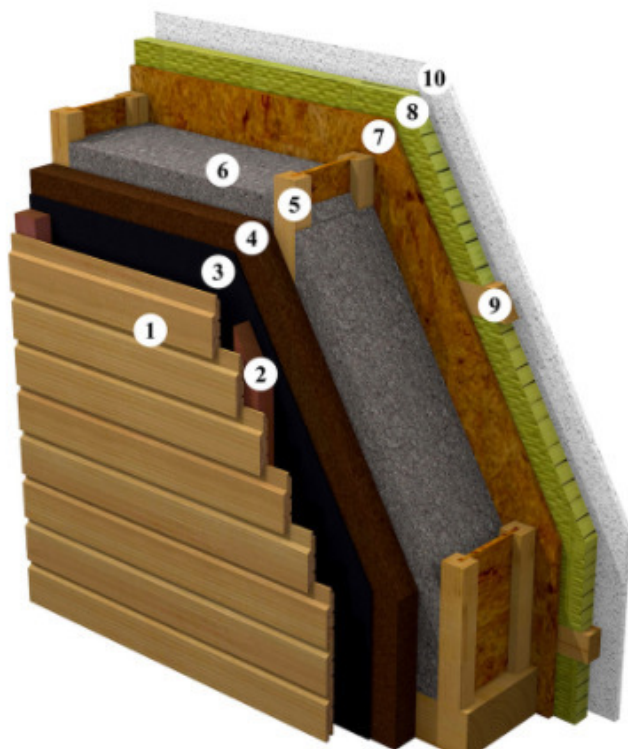
Zákon č. 17/1992 Sb., o životním prostředí, v platném znění.

Příloha

PASIV s dřevěnou fasádou

R: 8,49 m²K/W

Psi: 15,8 hod



1. Fasádní modřínová palubka tl. 24 mm
2. Provětrávaná mezera tl. 40mm
3. Difúzní folie OMEGA 100g/m ²
4. Dřevovláknitá deska PAVATEX 60 mm
5. Nosná konstrukce z lepených I-profilů 50.45.220 mm
6. Tepelná izolace fiukaná celulóza ISOCELL 220 mm
7. OSB deska EGGER 15 mm 4PD
8. Instalační mezera doplněná min.vlnou 60 mm
9. Hoblovaná lať 60x40 mm
10. Sádrokartonová (sádrovláknitá) deska 12,5 mm

TLOUŠŤKA SKLADBY: 432 mm

Příloha 1: Skladba obvodové stěny s dřevěnou fasádou typového domu DP 75 (PALIS Plzeň, s. r. o.)