Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta lesnická a dřevařská

Katedra zpracování dřeva a biomateriálů

Ekologické a ekonomické zhodnocení železobetonové stavby a dřevostavby z hlediska produkce uhlíkové stopy

Bakalářská práce

Autor: David Hnik

Vedoucí práce: Ing. Pavla Vrabcová, Ph.D.

2020

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta lesnická a dřevařská

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

David Hnik

Hospodářská a správní služba v lesním hospodářství

Název práce

Ekologické a ekonomické zhodnocení železobetonové stavby a dřevostavby z hlediska produkce uhlíkové stopy

Název anglicky

Ecological and Economical Evaluation of the Reinforced Concrete Structure and Wood-building in Terms of Carbon Footprint Production

---

Cíle práce

Hlavním cílem bakalářské práce bude ekonomické a ekologické zhodnocení železobetonových staveb a dřevostaveb z hlediska produkce uhlíkové stopy, a to na základě materiálového zhodnocení. Práce bude obsahovat komplexní rozbor problematiky globálního oteplování a vliv stavebních materiálů na růst uhlíkové stopy.

Metodika

Teoretická část bude obsahovat kvalitní literární rešerši při použití aktuálních monografií a odborných článků (taktéž cizojazyčných). V praktické části bude aplikováno porovnání z ekologického hlediska, kdy na jedné straně bude dřevostavba, která bude porovnána se stavbou z pórobetonu na straně druhé.

Doporučený rozsah práce

min. 30 normostran textu

Klíčová slova

dřevostavby, klimatické změny, uhlíková stopa, železobetonové stavby

---

Doporučené zdroje informací

BRIBIÁN, Ignacio Zabalza, et al. Life cycle assessment of building materials : Comparative analysis of energy and environmental impacts and evaluation of the eco-efficiency improvement potential. *Building and Environment*, 2011, 46.5: 1133-1140.

CABEZA, Luisa F., et al. Low carbon and low embodied energy materials in buildings : A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2013, 23: 536-542.

GUSTAVSSON, Leif; JOELSSON, Anna; SATHRE, Roger. Life cycle primary energy use and carbon emission of an eight-storey wood-framed apartment building. *Energy and* Buildings, 2010, 42.2: 230-242.

LINDNER, Marcus, et al. Climate change impacts, adaptive capacity, and vulnerability of European forest ecosystems. *Forest ecology and management*, 2010, 259.4: 698-709.

NÄSSÉN, Jonas, et al. Concrete vs. wood in buildings – An energy system approach. *Building and environment*, 2012, 51: 361-369.

Předběžný termín obhajoby

2018/19 LS – FLD

Vedoucí práce

Ing. Pavla Vrabcová, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra lesnické a dřevařské ekonomiky

Elektronicky schváleno dne 9. 8. 2018 **prof. Ing. Luděk Šišák, CSc**. Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 12. 2. 2019 **prof. Ing. Marek Turčáni, PhD**. Děkan

V Praze dne 14. 06. 2020

Prohlašuji, že jsem bakalářskou na téma „Ekologické a ekonomické zhodnocení dřevostavby a železobetonové stavby z hlediska produkce uhlíkové stopy“ vypracoval samostatně pod vedením paní Ing. Pavly Vrabcové, Ph.D. a použil jen prameny, které uvádím v seznamu použitých zdrojů.

Jsem si vědom, že zveřejněním bakalářské práce souhlasím s jejím zveřejněním dle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách v platném znění, a to bez ohledu na výsledek její obhajoby.

Ve Vítkovicích dne: .....

.....
David Hnik

Poděkování

Lidé, kterým bych tímto chtěl mockrát poděkovat, je hned několik. V první řadě chci poděkovat vedoucí práce, paní Ing. Pavle Vrabcové, Ph.D. za velikou vstřícnost, ochotu, čas a v neposlední řadě za souhlas s vedením bakalářské práce, kterou jsem v podstatě sám navrhl a díky její pomoci jsem práci mohl dovést do finální podoby.

Abstrakt:

Předkládaná bakalářská práce se bude zabývat vlivem uhlíkové stopy na životní prostředí. Dále zpracovává výpočet uhlíkové stopy v závislosti na použitém stavebním materiálu. Pro výpočet bude použit přízemní dům ze dřeva s minimálním podílem ostatních materiálů a přízemní dům postavený z železobetonových konstrukcí. Dále bude uveden ekologický rozdíl mezi oběma stavbami a posléze ekonomický rozdíl obou objektů. Vše bude úzce spjato s ekologickou stopou objektu.

Klíčová slova: uhlíková stopa, dřevostavby, železobetonová stavba, globální oteplování, skleníkové plyny.

Abstract:

The presented bachelor thesis will deal with the impact of the carbon footprint on the environment. It also processes the calculation of the carbon footprint depending on the type of building material used. The ground-floor house made of wood with a minimum share of other materials and the ground-floor house built of reinforced concrete structures will be used for the calculation, the ecological difference between the two buildings and then the economic difference between the two buildings will be given. Everything will be closely connected with the ecological footprint of the building.

Key words: carbon footprint, wooden buildings, reinforced concrete construction, global warming, greenhouse gases.

Obsah

Úvod **1**

1 Cíl práce **4**

2 Rozbor problematiky **5**

2.1 Globální oteplování 5

2.1.1 Lesní ekosystém a změna klimatu 7

2.1.2 Abiotické faktory 8

2.1.3 Potenciál globálního oteplování 8

2.1.4 Oceány 9

3 Uhlíková stopa **10**

3.1 Pohlcování uhlíkové stopy dřevinami 13

3.2 Dřevostavby a uhlíková stopa 14

3.3 Železobetonové stavby 16

4 Metodika **18**

4.1 Ekologické zhodnocení na základě GWP 18

4.1.1 Železobetonová stavba 18

4.1.2 Železobetonová stavba 19

4.1.3 Dřevostavba 21

5 Ekonomické zhodnocení na základě ceny jednotlivých typů konstrukcí. **22**

5.1 Železobetonová stavba 22

5.2 Dřevostavba 23

6 Výsledky **24**

7 Ekonomické a ekologické zhodnocení dřevostavby a železobetonové stavby **25**

Závěr **26**

Seznam použitých zdrojů **28**

Seznam obrázků, grafů a tabulek **33**

Úvod

Téměř každá lidská aktivita s sebou nese produkci skleníkových plynů neboli uhlíkovou stopu, která vzniká přirozeně. Bohužel však s postupným antropologickým vývojem a rozvojem průmyslu, dopravy, a dalších odvětví lidské činnosti začala uhlíková stopa nabývat příliš vysokých hodnot.

Uhlíková stopa je nepřímým ukazatelem spotřeby energií, výrobků a služeb neboli množství vypouštěných skleníkových plynů do atmosféry.

Uhlíková stopa je zpětná vazba ohledně lidského bytí na planetě Zemi a zároveň je součástí koloběhu přírody. Uhlíkovou stopu dále rozdělujeme na přímou a nepřímou. Přímá nám znázorňuje množství skleníkových plynů uvolněných přímo během určité aktivity, která zvyšuje podíl skleníkových plynů v atmosféře, např. výroba elektrické energie, spalování fosilních paliv, či pouhé vytápění. Za nepřímý proces vzniku uhlíkové stopy považujeme množství skleníkových plynů uvolněných během celého životního cyklu výrobku, to znamená od zahájení výroby, až po likvidaci vyřazeného výrobku.

Mezi problematické oblasti se řadí zejména všechna doprava na bázi spalování fosilních paliv. Apriorně mezi typy těchto dopravních prostředků patří: osobní automobily, letadla a lodě, které mají negativní vliv na množství uvolněných skleníkových plynů, ale i dalších spodin vznikajících během provozu. I když se jednotlivé správní celky snaží o snížení emisí vzniklých dopravou, tak dopravních prostředků je den od dne více a pouhé snižování emisí nestačí. Tato situace má řešení, které je pro lidstvo nevyhnutelné. Zásoby fosilních paliv budou v blízké budoucnosti kompletně vyčerpány.

V dnešní době neustálého antropogenního vývoje a růstu populace se skrývá velký problém. Tím je, že přelidněná planeta potřebuje stále nová a nová obydlí, na které je potřeba velké množství stavebního materiálu a dalších dílčích procesů. Tento materiál a procesy, vykazují velké množství uhlíkové stopy, která se při těchto procesech vytváří a zásobuje atmosféru na Zemi dalším množstvím vypuštěných skleníkových plynů.

Uhlíková stopa je přirozená součást atmosféry. Stojí za procesem, při kterém sluneční paprsky dopadnou na pevninu a přirozeně se odráží po stejné dráze zpět mimo Zemi. V případě vysoké koncentrace uhlíkové stopy se odražené paprsky nedostanou přirozeně mimo oblast Země, ale odrazí se od pásu skleníkových plynů zpět na Zemi. Při tomto

procesu se teplota na planetě zvyšuje. Tento faktor má vliv, jak na vodní zdroje v různých skupenstvích, tak na celou faunu, flóru, i na spoustu dalších přirozených procesů.

Negativní důsledek růstu uhlíkové stopy je odborně nazýván globálním oteplováním. Z historického hlediska se tento problém dostal do povědomí veřejnosti roku 1850, kdy došlo k větší míře industrializace a k vývoji ve všech průmyslových odvětvích. Od roku 1850 a každých následujících 10 let, došlo k celkovému oteplení klimatu a zvýšila se i teplota povrchových vod. S tím souvisí zvyšování hladin všech oceánů, k čemuž došlo z důvodu postupného tání ledovců. Existují odborné studie o vývoji teploty na planetě Zemi a zvyšujícím se množství skleníkových plynů. Přesto někteří odborníci jsou názoru, že globální oteplování vlivem antropogenní činnosti je mýtus. Tento názor staví na argumentech, že za vším stojí klimatický cyklus planety Země, působení kosmického záření, sluneční vír, nebo například pohyb sluneční soustavy. Dané faktory mají svůj vliv, avšak nelze popřít, že vlivem průmyslu a dopravy se vytváří nadbytečné množství uhlíkové stopy. Mělo by se dbát na udržení přírodních podmínek na Zemi.

Existují reálné možnosti ke zmírnění daného problému. Tyto možnosti jsou ve formě flóry, a to zejména dřevin, které jsou přirozeně schopny uhlíkovou stopu vstřebávat do svých rostlinných těl. Řešení problému je vysazování lesních porostů, které nám pomohou skleníkové plyny snížit na nezávadnou úroveň. Avšak v dnešní době se nekontrolovatelně snižují zásoby lesů, a to zejména v rozvojových oblastech. Naopak ve vývojově zdatnějších zemích se zásoby lesů zvyšují, ale stále je to mnohem méně, než je skutečně potřeba.

Mezi možnými řešeními se nám nabízí snaha o rovnoměrné zalesnění planety tak, aby uhlíková stopa byla co nejnižší. Dále je zde omezení procesů způsobující vyšší produkci skleníkových plynů, což není úplně splnitelné ve všech odvětvích, a to kvůli financím spojených s omezením výroby. Najdou se zde i procesy, které lze ovlivnit, a pro podnik nebudou ztrátové. Jedná se o oblast stavebnictví. V této oblasti jsou převažující výstavbou železobetonové stavby, které bývají v oblasti staveb cenově přijatelné a vzhledné. Z hlediska ekologie jsou významným producentem uhlíkové stopy. Jak ale v této oblasti, která zaujímá dominantní příčky v oblasti trhu, dokážeme ovlivnit výrobu tak, aby pro Zemi byla co nejšetrnější? Jako řešení se nám nabízí změna stavebních materiálů, a tím i změna dílčích procesů výstavby. Čím ale nahradit již stávající stavební prvky? Jako odpověď se nám nabízí „dřevo.“

Finsko patří v této oblasti mezi jednu z „nejzdravějších“ zemí. Je zde jedno z nejnižších množství skleníkových plynů, a to díky rozsáhlému zalesnění. Vlivem této skutečnosti je tradičním materiál ve stavebnictví dřevo. Dřevostavby jsou budovy, ve kterých se nachází jen menšinové množství materiálů, které při výrobě produkují uhlíkovou stopu. Tyto budovy mají srovnatelnou cenu i kvalitu, a to stejně jako železobetonové stavby. Nachází se však zde navíc i příznivý ekologický vliv, a v neposlední řadě i vliv psychologický. Podle psychologů mají stavby ze dřeva na obyvatele uklidňující vliv, a tím přispívají k jeho duševnímu i souvisejícímu fyzickému zdraví.

1 Cíl práce

Hlavním cílem bakalářské práce bude ekonomické a ekologické zhodnocení železobetonových staveb a dřevostaveb z hlediska produkce uhlíkové stopy, a to na základě materiálového zhodnocení. Práce bude obsahovat komplexní rozbor problematiky globálního oteplování a vliv stavebních materiálů na růst uhlíkové stopy. Výskyt skleníkových plynů je v atmosféře přirozený. Je tomu tak díky přírodním procesům na planetě Zemi, avšak také vlivem neustále se rozpínající lidské populace, která má neustále se zvyšující životní nároky a s tím i spojené procesy pro jejich dosažení, ať už se jedná o dopravu, velkovýrobu, stavebnictví atd.

Existuje velké množství procesů, při kterých se skleníkové plyny hromadí. Je nutné nejen hledět na komfort lidské populace, ale i se o naši planetu starat. Proto bych rád provedl výzkum na vybranou oblast, a tou je stavebnictví. Ve stavebnictví je největším problémem použití a výroba materiálu. Tyto procesy velice silně ovlivňují množství uhlíkové stopy.

Je zapotřebí přinést nový pohled na stavebnictví, ve kterém se již nebudou používat materiály, které jsou možná ekonomicky výhodné, ale po ekologické stránce jsou značně nevýhodné. Jelikož alternativní materiály jsou již dlouhou dobu známé a dostupné, je zapotřebí snížit dopady na naši planetu, a to stavěním dřevostaveb a ekologických objektů namísto železobetonových objektů.

Na tuto tématiku provedu výzkum, a tím bude přímé porovnání identické stavby za použití ekologických materiálů a tradičního železobetonu. Bude provedeno přímé srovnání obou staveb z ekonomického a ekologického hlediska. Tato práce bude mít za cíl dokázat, že daleko výhodnější budou stavby z ekologických materiálů, než z tradičního železobetonu.

2 Rozbor problematiky

Obsahuje literární rešerši na vybraná témata, které se týkají globálního oteplování v závislosti na rostoucí uhlíkové stopě a následný vztah uhlíkové stopy a stavebních materiálů.

2.1 Globální oteplování

Globální oteplování probíhá na planetě Zemi již miliony let. Souvisí zejména s nárůstem populací živočišných druhů, které svým působením uvolňují skleníkové plyny do atmosféry, a také vlivem evoluce i jejich neustálou rozrůzněností, a s tím souvisejícími nároky na životní prostředí. Globální oteplování není prvořadě negativní proces. Vlivem globálního oteplování se podmínky na planetě začaly stávat výhodnějšími a napomohly vývoji rozličných druhů, které pro svoje přežití na planetě potřebují vyšší teploty. Proto bychom neměli hledět na globální oteplování jako na něco nežádoucího. Ovšem ve chvíli, kdy probíhala demografická revoluce a lidé si začali postupně podrobovat celou Zemi, se člověk ve svém způsobu života stával neustále sofistikovanější. Tyto faktory zapříčinily rozvoj průmyslu, a s tím i související vypouštění většího množství uhlíkové stopy do ovzduší. V dnešní době moderní civilizace produkuje až příliš vysoký objem uhlíkové stopy, se kterou si příroda již nedokáže poradit. A tak se teplota na Zemi neustále zvyšuje a nyní již působí problémy (Scoville, 2019).

Vliv lidské populace na globální změny klimatu se stává více než zřejmý. Pozorování změn klimatu ve spojitosti s globálním oteplováním se stává trendem moderní doby. Od roku 1900 se průměrná teplota zvýšila o 0,8 °C (Hansen, 2006). Rok 2003 nám v Evropě přinesl velkou míru oteplení, které nám názorně předvedlo, že v budoucnosti můžeme očekávat stejné stavy častěji než doposud a jejich intenzita se bude zvětšovat (Jeddriteky, 2004). Výzkumné oddělení v záležitostech týkající se problému globální změny klimatu zjistilo, že do roku 2100 se průměrná teplota zvýší o 2 °C v Irsku a ve Spojeném království, o 3 °C v centrální Evropě a o 4–5 °C v severní boreální oblasti, téže v mediterránní oblasti (Christensen, 2007).

Avšak protipólem toho, že nárůst skleníkových plynů odpovídá vzrůstající teplotě, nemusí být úplně pravda. Planetu Zemi ovlivňuje i mezihvězdný prostor, který vlivem pohybů okolních planet i pohybem Země systematicky mění teplotu na Zemi.

Teplota a koncentrace plynů: Pohyby teploty neboli jejich střídání se mění v závislosti na pohybech koncentrace skleníkových plynů. CO_2 osciluje mezi 180 ppm v nejchladnějších obdobích a 280 ppm v nejteplejších. Rozdíl mezi těmito obdobími činí 8 stupňů Celsia. Tento vztah neovlivňuje teplotu, ale teplota ovlivňuje koncentraci skleníkových plynů. Proto by toto mohl být hlavní argument proti globálnímu oteplování vlivem vzrůstajícího objemu uhlíkové stopy neboli skleníkových plynů. Tudíž teoreticky by mohl být na vině i cyklus planety Země, kde se střídá doba ledová a doba meziledová, což způsobuje Milankovičovy cykly, nebo může být na vině vnitřní dynamika Slunce (Svoboda a kol., 2008).

Historie skleníkových plynů: Jako první si skleníkového jevu všiml francouzský vědec Joseph Fourier a to již v roce 1824, kdy množství skleníkových plynů začalo teprve nabírat na objemu. Psal se rok 1896 a známý vědec Svante Arrhenius přidal důležité rovnice, které jsou doposud známé, a představil hlavní zákon ohledně logaritmické závislosti teploty na koncentraci CO_2 (Svoboda a kol., 2008).

Skleníkové plyny: Mezi nejdůležitější skleníkové plyny, tudíž i nejobsáhlejší, se řadí oxid uhličitý neboli CO_2, jehož celkový skleníkový efekt se podílí 3 stupni Celsia. Vodní pára, jež způsobuje nejrozsáhlejší změnu, a to o celých 30 stupňů Celsia, avšak nepatří mezi nijak škodlivé plyny. Naopak nebýt vodní páry, celé planeta by se ochladila o 30 stupňů Celsia, což by mělo na přírodu neblahý následek. Dalším skleníkovým plynem je kyslík O_2, který ovšem má na teplotu zanedbatelný vliv. Větší vliv má ozon, který je ovšem v atmosféře velmi málo zastoupen. Metan a oxid dusný mají taktéž nízký efekt na teplotu, ovšem metan je hlavním plynem, jež produkuje zemědělství. Poslední zastoupení patří Rayleighově rozptylu. Tento rozptyl ovlivňuje krátké vlnové délky a je zodpovědný za to, že obloha má modrou barvu (Svoboda a kol., 2008).

Oxid uhličitý: Patří mezi nejdůležitější ze skleníkových plynů. Je předmětem citlivosti klimatu, kde se uvádí, nakolik je skleníkový jev způsobený CO_2 silný. Koncentrace oxidu uhličitého je v atmosféře znázorněna v jednotkách ppm, anglicky: „part per million." Co se týče doby ledové, byla koncentrace oxidu uhličitého v atmosféře zastoupena velikostí 180 ppm. V době meziledové byla velikost koncentrace 280 ppm. Dnešní koncentrace odpovídá 385 ppm. Koncentrace oxidu uhličitého a její průměrný růst za 1 rok odpovídá 1,8 ppm. V roce 2100 je očekávána koncentrace již 560 ppm, což je již skutečně vysoká hodnota, mluvíme-li o globální koncentraci, a nikoliv pouze lokální. Pro příklad

koncentrace okolo 10000 ppm je již nejhornější hranice pro život všech živočichů. Této koncentrace bychom měli dosáhnout roku 7000 (Svoboda a kol, 2008).

2.1.1 Lesní ekosystém a změna klimatu

Lesy jsou velmi citlivé vůči změnám klimatu, jelikož tyto dlouhověké organizmy nejsou uzpůsobeny k efektivní adaptaci na změny životního prostředí. Ve spojení se změnou klimatu existuje několik faktorů, které přímo ovlivňují lesní ekosystém, a to buď nezávisle na sobě, nebo přímou kombinací. Tuto problematiku nám výrazně pomohl pochopit dvě dekády probíhající výzkum, který přinesl zásadní informace ohledně faktorů ovlivňujících lesní ekosystém. Rostoucí koncentrace skleníkových plynů v atmosféře trvale zvyšuje hodnotu fotosyntézy rostlin, avšak u rostlin se liší v závislosti na stavu dusíku a druhu rostlin (Saxe a kol., 1998). Například zralý Fagus sylvatica a Quercus petrae reagovaly více než Carpinus betulus, Prunus avium a Tilia platyphyllos na experiment, který probíhal bez obohacení vzduchu vyšší mírou skleníkových plynů (Asshoff, 2006). Růst stromů se možná nezvýší proporčně se zvýšením míry fotosyntézy, protože existují další limitující faktory, jako například živný uhlík, pohyb rostlin, avšak tyto faktory jsou pouze zanedbatelné ve srovnání s faktory, které vznikají kvůli změnám klimatu, jakým je například sucho (Matyssek, 2006). Vyšší koncentrace uhlíkových plynů v atmosféře je nepříznivá pro zdraví flóry, pouze některé druhy jsou odolné.

Efekt zvyšování teploty se bude lišit v lokacích, protože bioklimatické zóny v Evropě se liší v limitech lesní produkce. Toto zvýšení teploty bude pro některé oblasti výhodné. Výhodné bude především pro boreální a mírné klimatické oblasti (Saxe, 2001). Ovšem tyto oblasti jsou v porovnání se zbytkem všech oblastí pouze zanedbatelné. Pro zbytek oblastí bude převážně limitujícím faktorem, jakým je sucho, trvale odlesňovat polohou znevýhodněné oblasti. Sucho má velký vliv na životnost a růst dřevin, výjimku tvoří dřeviny snášející extrémní stanoviště, kde panují extrémní podmínky, např. Quercus robur, Robinia pseudoacacia, Sorbus torminalis (Loustau, 2005). Ačkoliv zvyšující teplota uděluje benefity některým lesním oblastem v rámci všech lesních ekosystémů, má mnohem více negativní charakter. Tudíž je daný problém pro vývoj klimatu nežádoucí, už jen z důvodu poklesu zalesnění oblastí, které by znamenalo další dluh v podobě uhlíkové stopy, kterou by za normálních podmínek pojmuly dřeviny.

Pokud jde o využití lesnické půdy, předpokládáme, že se na vytěžené lesní půdě vysadí nové lesní porosty. Zpočátku obnovování lesní plochy roste les rychlostí 1,7 tun C / ha /

rok, ale tempo růstu se časem snižuje. Proto nesmíme zapomínat na poměrnou dlouhou obnovní dobu lesního porostu, abychom mohli účinně vysazovat nové lesní porosty, které nám napomůžou při redukci uhlíkové stopy v atmosféře (Nässén a kol., 2012).

2.1.2 Abiotické faktory

Abiotické faktory jsou přirozenou součástí naší Země, ovšem přihlédneme-li k aktuálnímu problému měnícího se klimatu a zvyšující se teploty ovzduší vlivem hromadění skleníkových plynů, tak abiotické faktory již nebudou tak úplně přirozeným procesem. Mezi abiotické faktory řadíme oheň, vítr, záplavy, laviny, zemětřesení, sesuvy půdy a sucho. Všechny tyto faktory jsou přírodního původu, ale mohou být zesíleny lidskou činností. Zejména lidskou činností, která provází klimatické změny (Flanningan, 2000). Mezi lety 1950 až 2000 bylo průměrně poškozeno abiotickými faktory na 35 miliónů metrů krychlových dřeva. Za zhruba 53 % všeho poškození stál abiotický faktor vítr. Oheň v pořadí jako druhý faktor, který napáchal nejvíc škod, stál za 16 % všeho poškození. Od roku 2000 se do popředí abiotických faktorů, které nejvíce poškozují lesní ekosystém, dostalo sucho, které působí na všech dřevinách velké škody. Dřeviny pro svůj růst potřebují dostatek vláhy, díky čemuž vlivem klimatických změn bude mít tento faktor vzrůstající tendenci, a proto se stává problémem číslo jedna v oblasti globálního oteplování.

2.1.3 Potenciál globálního oteplování

Jedná se o měrnou jednotku pro vážení klimatických dopadů emisí různých skleníkových plynů. Anglicky se nazývá Global warming potential, ve zkratce GWP. Používá se v rámci Kjótského protokolu k rámcové úmluvě OSN. Tato hodnota je počítána pro širokou škálu materiálů, které vykazují uhlíkovou stopu. Tato měrná jednotka se vyznačuje svojí jednoduchostí a transparentností. V praxi to funguje tak, že pro výpočet uhlíkové stopy určitého materiálu je nutné znát hmotnost daného materiálu, poté je nutné dohledat hodnotu GWP zadaného materiálu a následně vynásobit celkovou hmotností (Shine a kol., 2005). Potenciál globálního oteplování je alternativou pro metodu LCA (Life Cycle Assessment). LCA metoda se dá označit jako přesnější pro výpočet uhlíkové stopy, avšak výpočet je oproti GWP mnohem náročnější. LCA se zabývá všemi oblastmi, které mají vliv na výslednou hodnotu uhlíkové stopy produktu, kdežto GWP hodnotí pouze výrobu materiálu. Co se týče procentuálního hodnocení uhlíkové stopy produktu, výroba zastupuje 90 % celé uhlíkové stopy výrobku. Doprava a konstrukce zastupuje

zbylých 10 % procent, což je odchylka, která do výpočtu GWP nezasahuje (Jia Wen a kol., 2015).

2.1.4 Oceány

Vlivem zvyšujících se teplot na planetě Zemi dochází k postupnému tání ledovců. To způsobí, že se oceány budou neustále rozšiřovat vlivem zvýšení vodní hladiny, a to přináší rozsáhlý problém pro přímořské oblasti, které se budou postupně stávat součástí oceánu a lidé budou nuceni se stěhovat ze svých domovů.

Také ostatní živočichové budou přicházet o svá útočiště, a tím budou vystaveni ještě většímu vlivu lidské populace, která má destruktivní vliv pro spoustu zástupců, jak flóry, tak fauny. Proto je nezbytné se začít více zajímat o planetu Zemi, která pomalu, ale jistě spěje k destrukci.

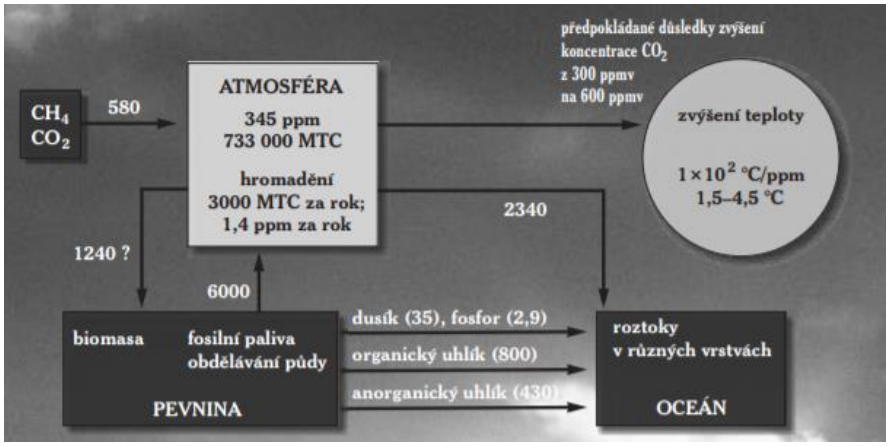
Vodní hladina se má během tohoto století zvýšit až o celý metr, což povede v oblastech, které se nacházejí téměř na úrovni oceánu, k velkému problému v podobě zvyšující se hustoty zalidnění. Tento problém je aktuální pro spoustu dominantních států, jakými jsou Spojené království, Nizozemí, částečně Německo a další ekonomicky zdatné státy. V těchto oblastech je díky financím tento problém vyřešitelný, avšak protipólem je chudý stát Bangladéš, kde je jedna z největších hustot zalidnění, které odpovídá 1095 obyvatel na metr čtvereční. V této oblasti vlivem zmenšování rozlohy pevniny, související s rostoucí hladinou oceánů, působí hromadné přemisťování obyvatel tohoto státu do dalších již přelidněných států. Mezi další oblasti tohoto typu patří jižní část Číny a spousta ostrovů v Indickém a Atlantském oceánu. Tyto oblasti nelze ochránit, a tak bude nutné spoustu miliónů obyvatel těchto zemí evakuovat do bezpečných oblastí.

3 Uhlíková stopa

Uhlíková stopa neboli ekologická stopa je přímý ukazatel lidské činnosti na životní prostředí. Jde o množství vyprodukovaných emisí, které mají vliv na atmosféru na Zemi. Mezi tyto plyny se řadí: oxid uhličitý, vodní pára, methan, ozon, oxid dusný, fluorid sírový, tvrdé a měkké freony, halony a řada dalších plynů již pouze ve stopovém množství. Tyto emise jsou v rámci udržitelnosti kontrolovány Kjótským protokolem a Rámcovou úmluvou. Použití freonů je kontrolováno Montreálským protokolem (Wiedman, 2007).

Objektem zájmu je zejména oxid uhličitý (CO_2), který tvoří největší procento zastoupení ze všech skleníkových plynů. Koloběh tohoto plynu má dvě fáze, které rozlišujeme, a to biologickou a biochemickou. Základem biologického cyklu je fotosyntéza rostlin a dýchání živočichů. Geochemický cyklus je pomalejší, a to v závislosti na druhu biologického cyklu. Platí, že polovina člověkem vyprodukovaného oxidu uhličitého je uvolněna do atmosféry a druhá polovina všech vyprodukovaných plynů skončí v oceánech nebo na pevnině. V dnešní technicky pokročilé době je možné zjistit, kolik plynu se dostane do atmosféry, ovšem kolik plynů se nám dostává do půdy a oceánů, na to dnešní technologie nestačí (Boháček, 2020).

Tento obrázek nám popisuje globální cyklus uhlíku s ohledeme na zvýšení uhlíkové stopy.



Obrázek 1: Globální cyklus uhlíku

Zdroj: (Boháček, 2020)

Uhlíková stopa vytváří emise, které se měří pomocí metody posuzování životního cyklu, neboli LCA metody (anglicky: Life Cycle Assessment). Tato metoda posuzuje, kolik

lidská činnost vytváří gramů oxidu uhličitého na kilo watt hodin energie (gCO_2/kWh). Obrázek nám zobrazuje energetické zdroje a jejich emise.

Produkce látek znečišťující životní prostředí nazýváme emise. Tento termín používáme pouze v případě, že množství vypouštěných plynů přesahuje minimum, které již ovlivňuje složení atmosféry a ovlivňuje přírodu. Největší koncentrace emisí bývá přímo u zdroje. Zdrojem se rozumí přístroj, zařízení, či proces, kde se emise objevují ve své prvotní formě. To znamená, že se ještě nepromíchaly s ovzduším. Pro příklad se dá uvést, že zdroj emisí je technická část spalovacích motorů, kde ústí spálené a již zužitkované palivo, které se z motorových zařízení vyvádí výfukem. Vzhledem k vyspělým technologiím se emise v dnešní době měří a zavádí se opatření, aby emise nepřesahovaly únosnou míru. Jedna z nejdůležitějších oblastí, kde se oblasti kontrolují a snaží se účelově snižovat, je doprava. Proto i vláda zavedla již platná opatření, která již nadále neumožňují provoz zastaralých zařízení, v dopravě myšleno automobilů, které svým provozem vypouští do svého ovzduší nadměrné množství emisí (Mikulčić a kol., 2016).

I v dalších oblastech se zavádí opatření pro lepší kontrolu a množství vypouštěných emisí. Ve stavebnictví, které se zabývá výrobou stavebních materiálů a následnou výstavbou objektů, se zavedl velmi sofistikovaný protokol, který se snaží o větší kontrolu nad emisemi v této oblasti. Tento protokol se nazývá GHG protokol neboli GreenHouseGas protocol. Tento protokol zavedl rozdělení emisí do tří funkčních tříd. Vzhledem k velmi dobře provedené práci tkvící v rozdělení do těchto tříd se tento protokol stal mezinárodně uznávaným modelem pro kontrolu emisí ve stavebnictví (Mikulčić a kol., 2016).

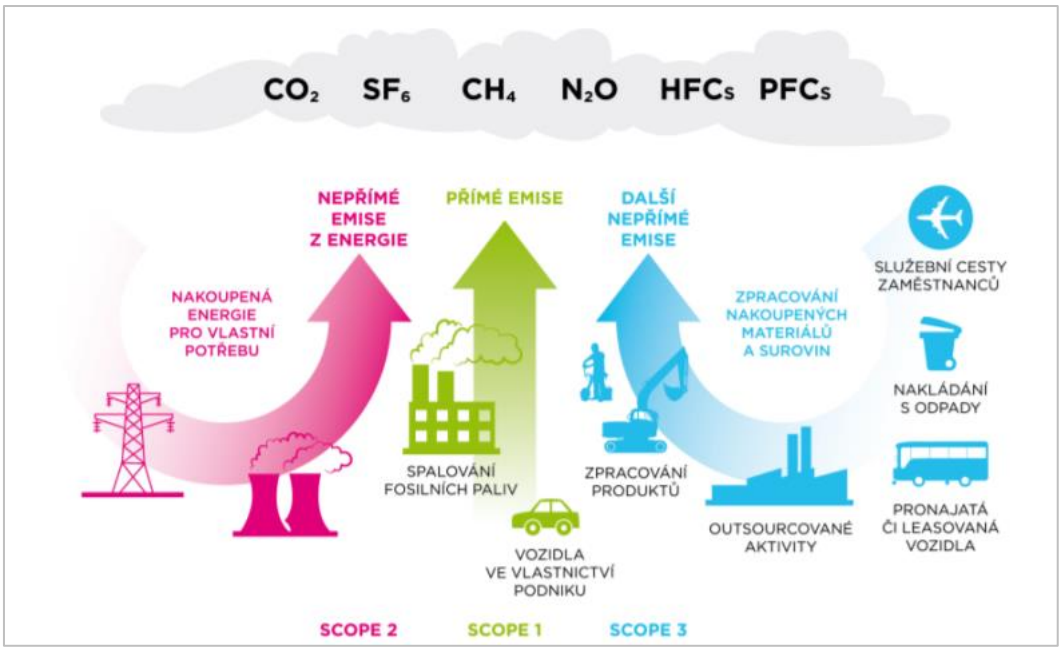
Zavedla se povinnost podnikům stanovovat velikost Scope 1 a Scope 2. Scope 3 se stal nepovinným nástrojem, který je pouze doporučený, avšak podniky v posledních letech plní některé nejdůležitější položky ve Scope 3 (Co je uhlíková stopa, ©2013).

Scope 1 (přímé emise) – Jsou to aktivity podniku, které přímo spadají pod daný subjekt, které jsou kontrolovatelné a dají se do určité míry nebo zcela ovlivnit činností podniku. Zde jsou zahrnuty emise z kotlů, generátorů spalující fosilní paliva, dále emise dopravních prostředků, odpadů a nakládání s odpady, a v poslední řadě všechny průmyslové procesy, které firma provádí (Co je uhlíková stopa, ©2013).

Scope 2 (nepřímé emise z energie) – To jsou emise, které charakterizují všechny podnikem nakupované energie. Jedná se o elektřinu, teplo, páry a chlazení. Tyto emise podnik přímo nekontroluje (Co je uhlíková stopa, ©2013).

Scope 3 (další nepřímé emise) – Tyto další nepřímé emise podniku jsou spjaty se všemi aktivitami, které podnik vykonává, vznikající ze zdrojů mimo kontrolu podniku. Jsou to všechny ostatní aktivity, které nespadají pod Scope 2. Patří mezi ně služební cesty, ukládání odpadů na skládky, nebo doprava materiálů subdodavatelem (Co je uhlíková stopa, ©2013).

Obrázek nám znázorňuje produkci emisí a jejich největší producenty.



Obrázek 2: Produkce skleníkových plynů

Zdroj: (VYBRANÉ POJMY V OBLASTI UHLÍKOVÉ STOPY, ©2013)

Mezi největší zdroje emisí patří globální spalování fosilních paliv, které se neustále zvyšuje. Roku 2001 hodnota emisí činila 6,8 PgC. V roce 2015 se hodnota vyšplahala až na 9,8 PgC. (National Oceanic and Atmospheric Administration, 2017) Dalším hlavním producentem uhlíkové stopy je odlesňování a přírodní požáry. (Smith et. al., 1993) Další emise se dostávají do oceánu, a to v rozmezí 1,8 až 2,9 PgC za jeden kalendářní rok. Suchozemská vegetace ročně absorbuje 2,8 až 5 PgC za rok. V atmosféře se za jeden rok nahromadí 4 až 6 PgC.

Emise CO_2 z jakéhokoli výrobního procesu musí být rozděleny do dvou kategorií: emise které se přeměňují na CO_2 v průběhu výrobního procesu a emise vyrobené spalováním fosilních paliv, které jsou nezbytné pro pohon výrobních procesů (Cabeza, 2013).

3.1 Pohlcování uhlíkové stopy dřevinami

Lesní ekosystém poskytuje zázemí pro mnoho živých organizmů. Má velký vliv na okolní ekosystémy. Lesy jsou různého složení dřevin a každá dřevina má rozdílné vlastnosti a rozdílný vliv na faunu a flóru. Dřeviny ovšem potřebují též příznivé podmínky pro svůj růst, jako je dostatek světla, tepla, vláhy, sucha, prostoru, nadmořské výšky, typů půdy a dalších faktorů ovlivňující podmínky pro různorodé dřeviny. Pro člověka mají lesy mnoho přínosných funkcí, ať už je řeč o rekreaci, sběru lesních plodin, produkci kyslíku, těžbě dřeva, ale zejména pohlcování uhlíkové stopy dřevinami (Nowak a kol., 2008).

V dnešní době je pohlcování uhlíkové stopy dřevinami majoritní funkcí, jelikož uhlíková stopa dosahuje vysokých hodnot a ovlivňuje životní prostředí. Industrializace a demografická revoluce ovšem stála za tím, že lesů neustále ubývá, a tak pohlcování uhlíkové stopy je v čím dál menším rozsahu, což je pro budoucnost Země velice nevýhodné. Tento problém se snaží ekonomicky vyspělé země řešit tím, že se snaží znovu zalesňovat svá území, což je pro životní podmínky velice přínosné, avšak zdá se kontraproduktivní v globálním měřítku, jelikož rozvojové země k lesům přistupují pouze jako ke statku a neustále mizí velké zalesněné plochy, což má neblahý následek pro faunu a flóru, pro které je les jejich domovem. Dále degradují lesní půdu, a znovuzalesnění je již velmi obtížný úkol. Pro udržení slabé ekonomiky rozvojových států je to však nutnost, kterou musí vykonat, i když nenávratně poškodí půdu a přímo zhorší životní prostředí. Řešení by se našlo, ovšem muselo by se uvolnit velké množství finančních prostředků na zlepšení hospodaření v rozvojových zemích (Nowak a kol., 2013).

Od roku 2000 se problematikou úbytku lesa zabývá organizace Global Forest Watch, která globálně sleduje úbytek lesů. Pro příklad v roce 2017 byl naměřen úbytek lesů ve výši 300 000 km², což je pro představu obdobné, jako rozloha celé Itálie (Deforestation Is Accelerating…, 2018).

Dřevo je ekologický materiál, který vykazuje nízké emise uhlíkové stopy do atmosféry. Tím se stává výhodným materiálem a skvělou alternativou pro spousty výrobků, které by se daly zhotovit ze dřeva. Vše začíná v lese, kde se dřeviny podílejí na chemické reakci

a to tak, že pohltí CO_2 a štěpí ho na C – uhlík a O_2 – vzdušný kyslík. Uhlík si ponechává dřevina jako stavební látku a vzdušný kyslík je navrácen zpět do ovzduší. Tento proces nazýváme fotosyntézou. Jde o jeden z nejdůležitějších procesů pro život na Zemi. Stromy se z tohoto pohledu stávají přírodními čističkami vzduchu.

Pro představu, kolik je schopna dřevina na sebe navázat CO_2: jeden metr krychlový dřeva na sebe naváže až 1 tunu CO_2 (Jaká je dřevo jakomateriál? Geniální!, 2018).

Zejména v severní a západní Evropě bude mít za následek zvyšující se obsah CO_2 atmosféře pozitivní dopad. Protože vyšší průměrné teploty ovlivní pozitivně růst stromů (Lindner a kol., 2010).

3.2 Dřevostavby a uhlíková stopa

V dnešní době se stále zvyšují náklady spojené s energiemi. Abychom v této době udrželi krok a dosáhli nejnižších nákladů na energie, je zapotřebí pohlédnout se po ekologičtějších materiálech, které nám poskytnou mimo nižších nákladů i další výhody, které u klasických stavebních materiálů nejsou přítomny. Mezi energeticky úspornější materiály se řadí zejména stavební objekty na bázi dřeva, které nazýváme dřevostavby. Dřevo jakožto přírodní produkt je velice výhodné pro výstavbu obytných objektů. Dřevo má velice dobrou termoizolační schopnost a zároveň malou akumulační schopnost. Díky těmto vlastnostem klesá nárok na energii a při vytopení objektu se teplo ztrácí jen v malé míře. Díky tomu prodlužuje dobu, kdy teplota padne pod příjemnou pokojovou teplotu a je nutné znovu zatopit. Náklady na energie se tudíž snižují více než například u železobetonových objektů s klasickým zděným systémem, kde se teplo rychleji ztrácí, a tudíž jsou náklady na energii vyšší. Co se týče nákladů, je možné ušetřit 30–40 % nákladů na vytápění, pokud naše obydlí bude dřevostavbou (Vrábík, 2012).

Z ekologického hlediska je i výstavba dřevostaveb z různých hledisek daleko více šetrná k životnímu prostředí. Ať už jde o dílčí procesy pro výrobu stavebních prvků ze dřeva, tak z hlediska odpadů. Dřevo je jednoznačně velice výhodný materiál, který má spoustu výhod a dokáže ve velké míře ovlivnit environmentální dopad lidské činnosti na životní prostředí. Jednoznačný argument je v této situaci ten, že dřevo ke svému růstu potřebuje oxid uhličitý zakomponovávat do svého rostlinného těla, a navíc poskytuje další kyslík pro všechno živé na zemi (Vrábík, 2012).

Co se týče výstavby takové dřevostavby, je zapotřebí mnohem kratší čas od počátku stavby k užívání dřevostavby jako živobytí. I v oblasti vysychání je dřevostavba po výstavbě ihned po skončení prací vhodná k obývání, aniž by jakkoliv poškozovala lidské zdraví (Vrábík, 2012).

Mnoho lidí si myslí, že dřevostavba je ve srovnání s železobetonovými objekty velice náchylná k požárům. Tento mýtus je již dávno vyvrácen s tím, že dřevostavba je z hlediska bezpečnostně-požárních opatření schopna sekundovat, či dokonce železobetonové objekty převyšuje. Je to dáno opláštěním nehořlavými materiály, které jsou již v moderních dřevostavbách samozřejmostí. Ovšem při rozsáhlém požáru se stírají rozdíly mezi oběma typy již zmíněných stavebních objektů. Pro požár v domácnosti je tudíž nejdůležitější prevence, aby se žádný požár nevytvořil vůbec. Zamezí se tím primárně kontrolou elektronických spotřebičů a kontrolou dalších faktorů, které by požár mohly zapříčinit. Bohužel se však takové situace stávají, a ne vždy se jim dá předejít. Ve chvíli, kdy požár zcela zničí stavební objekt, má dřevostavba další výhodu, protože následná likvidace je z ekologického i ekonomického hlediska šetrnější (Vrábík, 2012).

Mezi další výhody dřevostaveb bych zařadil hygroskopicitu dřeva. To znamená schopnost dřeva na sebe vázat vzdušnou vlhkost. Díky této skvělé vlastnosti dřeva je možné předcházet vzniku plísní v obydlí. Vyšší vzdušná vlhkost má vliv i na lidské zdraví, a proto dřevostavbu ocení všichni lidé, kteří mají zdravotní problémy typu astma nebo různé druhy alergií (Vrábík, 2012).

Co se týče České republiky, jejich obliba rok od roku stoupá, a staví se budovy po vzoru skandinávských národů, jenž zaujímá přední příčky v kvalitě životního prostředí na stát. Tyto skandinávské země jsou typické ekologické země. Velice silně přispívají k udržitelnosti přírodních podmínek na Zemi. Jejich přístup je přímo vzorový, ekologie je u správních celků na prvním místě, a s tím i souvisí rozsáhlé budování dřevostaveb a dalších ekologicky šetrných obytných objektů. Mezi tyto státy se zejména řadí Finsko a Norsko (Gustavsson, Pingoud a Sathre, 2006).

Dřevo ovšem neskýtá pouze výhody. Dřevo je materiál, který neustále pracuje. To znamená, že v mnohých případech se objevují praskliny ve zdech (spoje), a to dokonce ihned při dokončení stavby. Mezi další nevýhodu, která se ještě stupňuje víc z hlediska lokality, kde je stavba umístěna, a tou je nedostatečná akustická izolace. V případě, že stavba stojí na osamoceném místě, tato nevýhoda mizí. V opačném případě je to však

velice znatelná nevýhoda. Co se týče životnosti stavby, dřevostavba zaostává daleko za zděnými či betonovými domy (Gustavsson, Pingoud a Sathre, 2006).

3.3 Železobetonové stavby

Železobetonové stavby jsou stále v popředí zájmu všech subjektů, pokud se jedná o stavební objekty. Železobetonové stavby působí esteticky a jejich výstavba je ekonomicky přijatelná. Životnost těchto staveb je také oproti ostatním typům staveb nadprůměrná. Složitost výstavby je závislá na konkrétním typu stavby, jelikož železobetonové stavby jsou z hlediska výstavby velice variabilní. Z hlediska materiálu je přímo příhodné stavět železobetonové stavby, jelikož dílčí materiály na výrobu betonu jsou nám již dlouhou dobu dostupné. Beton je kompozitní stavební materiál, což znamená, že je vyroben z 2 a více substancí, které se liší svými vlastnostmi. Beton se skládá z vody, pojiva, plniva a dalších příměsí. Co se týče železobetonu, ten se skládá zejména z betonu a dále z ocelových nebo železných výztuží, které zajistí vysokou pevnost materiálu. Častěji se železobeton vytváří z železných výztuží, protože ocelové výztuže jsou poněkud dražší záležitost. Co se týče historie, beton byl používán pro stavbu již v antickém Římě. Beton nikdy nebyl sám o sobě materiál, který by měl takový vliv na životní prostředí, ale s demografickou revolucí a exponenciálním růstem počtu obyvatel se stává beton objektem zájmů mnoha institutů, které řeší otázky udržitelnosti přírodních podmínek na Zemi (Moore, 2015).

Názvosloví: Beton rozdělujeme podle 4 kritérií. Za prvé rozdělujeme beton podle hmotnosti na obyčejný, lehký a těžký beton. Za druhé jej podle hutnosti betonu na hutný, mezerovitý a pórovitý beton. Za třetí ho dělíme podle vyztužení betonu na prostý, vyztužený (železový) beton a předpjatý beton. A posledním kritériem je podle typu provedení na monolitické a montované konstrukce.

Výhody a nevýhody betonu: Mezi hlavní výhody betonu patří pevnost v tlaku, a to 20 až 200 MPa. Dalšími výhodami jsou trvanlivost, vodotěsnost, mrazuvzdornost, plynotěsnost a tvarová rozmanitost. Mezi nevýhody se řadí malá pevnost v tahu, doprava, pracnost, velké hmotnost, barva a zásadně ekologické faktory (Procházka, 2006).

V případě porovnání dřeva a železobetonu. Každý m^3 laminovaného dřeva (nespálené na konci své životnosti) absorbuje 582 kg CO^2, zatímco železobeton emituje 458 kg CO_2 / m^3 a ocel 12,087 kg CO_2 / m^3 (Bribián, 2011).

Výběr materiálu na stavbu objektu je velice důležitý, protože budovy se stávají energeticky účinnější díky použití technologií pasivní budovy a používání účinnějších systémů tepelné regulace objektu (Gustavsson a kol., 2010).

4 Metodika

Vytvořil jsem jednoduchý návrh jednopatrového domu, který bude mít dvě verze. První verze bude dřevostavba, a druhá verze bude naopak železobetonová stavba. Obě stavby porovnám z hlediska objemu jednotlivých stavebních materiálů, a následný objem jednotlivých typů materiálu převedu na měřítko GWP. GWP neboli global warming potential nám znázorňuje, kolik tepla v atmosféře zachytí skleníkový plyn v určitém časovém horizontu. Srovnání bude pouze na základě hotové stavby. Do výpočtu nebudou zaznamenány další aspekty, která zvyšují uhlíkovou stopu, a to z důvodu, že při výstavbě domů a následné likvidaci jsou procesy variabilní na základě polohy, užití pracovních postupů, dopravy materiálu a dalších dílčích procesů, které ovlivňují výši vyprodukované uhlíkové stopy. Tím by se mělo zjistit, kolik emisí ušetřím, když zvolím ekologicky šetrnější dřevostavbu.

Pro jednoznačnější výsledek budou mít oba typy budov stejné konstrukční řešení a jediný aspekt výstavby, při kterém se budou lišit, budou obvodová zdiva. Ta u železobetonové stavby budou tvořit betonové tvarovky s železnou výztuží, a u dřevostavby budou obvodová zdiva tvořit OSB desky. Dále jsem použil pro dané objekty jedno okno a jedny venkovní dveře.

4.1 Ekologické zhodnocení na základě GWP

4.1.1 Železobetonová stavba

Soupis dílčích konstrukcí, materiál konstrukcí a jejich konkrétní rozměry.

1. Základová deska, materiál železobeton s rozměry 6*6*0,8 (měrnou jednotkou jsou metry).
2. Hydroizolace, materiál Polyetylen LDPE s rozměry 6*6*0,02(m).
3. Anhydritová stěrka, materiál síran vápenatý a písek s rozměry 6*6*0,04(m).
4. Obvodová stěna *4, materiál betonové tvarovky s výztuží s rozměry obvodové stěny 6*2,6*0,4(m).
5. Dřevěná pozednice 2*, materiál smrkové dřevo s rozměry 6*0,1*0,2(m).
6. Trámy na překrytí čítající 6 prken s rozměry 6*0,1*0,2(m).
7. Izolace, materiál skelná vata s rozměry 5*(6*1*0,2) (m).

8. Dřevěná deska, materiál smrkové dřevo s rozměry 6*6*0,03(m).
9. Hliníkový plech s rozměry 6*6*0,002(m).

4.1.2 Železobetonová stavba

Prvním krokem výpočtu bylo zjištění hmotnosti jednotlivých typů konstrukcí. Jako první jsem spočítal objem zadaných stavebních dílců. Dále jsem zjistil hustotu daných stavebních materiálů, a pak už jsem jednoduše vynásobil objem s hustotou a dostal hmotnost konstrukce, která je potřeba pro výpočet GWP.

Tabulka 1: Železobetonová stavba

Materiál	**Typ konstrukce**	**Objem materiálu (m^3)**	**Hustota materiálu ($kg*m^{-3}$)**	**Hmotnost Konstrukce (kg)**
Železobeton	Základová deska	28,80	2300	**66240,0**
Polyetylen LDPE	Hydroizolace	0,72	1470	**1058,4**
Síran vápenatý a písek	Anhydritová stěrka	1,44	2200	**3168,0**
Železobeton	Stěny 2x stejné	12,48	2380	**29702,4**
Železobeton	Stěna s oknem	5,74	2380	**13651,7**
Železobeton	Stěna se dveřmi	5,52	2380	**13137,6**
Smrkové dřevo	2x dřevěná pozednice	0,24	455	**109,2**
Smrkové dřevo	Trámy na překrytí (6 prken)	0,72	455	**327,6**
Skelná vata	Izolace	6,00	80	**480,0**
Smrkové dřevo	Dřevěná deska	1,08	455	**491,4**
Hliníkový	Plech	0,07	2700	**194,4**

Zdroj: Vlastní zpracování

V následující tabulce je znázorněno GWP/kg, které je získáno z tabulek stavebních materiálů a posledním krokem výpočtu bylo vynásobení GWP/kg celkovou hmotností jednotlivých typů konstrukcí. Následně byly všechny hodnoty GWP/kg jednotlivých typů stavebních konstrukcí sečteny, a díky tomu jsem zjistil výslednou hodnotu GWP na celý stavební objekt.

Tabulka 2: Železobetonová stavba II

Materiál	**Typ konstrukce**	**Hmotnost konstrukce (kg)**	**GWP/kg**	**GWP celkem**
Železobeton	Základová deska	66240,0	0,0670	4436,00
Polyetylen LDPE	Hydroizolace	1058,4	2,1026	2225,39
Síran vápenatý a písek	Anhydritová stěrka	3168,0	0,0426	134,93
Železobeton	Stěny 2x stejné	29702,4	0,1213	3602,01
Železobeton	Stěna s oknem	13651,7	0,1213	1655,54
Železobeton	Stěna se dveřmi	13137,6	0,1213	1593,20
Střecha společné	2x dřevěná pozednice	109,2	-1,4900	-162,71
Smrkové dřevo	Trámy na překrytí (6 prken)	327,6	-1,4900	-488,12
Skelná vata	Izolace	480,0	2,2600	1084,80
Smrkové dřevo	Dřevěná deska	491,4	-0,8040	-395,09
Hliníkový	Plech	194,4	8,9000	1730,16

Hliníkový okenní rám	9,50
Dvojsklo	1,55
Venkovní dveře (dřevo-skleněné)	2,46

SUMA GWP	15443,14

Zdroj: Vlastní zpracování

4.1.3 Dřevostavba

U dřevostavby se liší pouze obvodová zdiva. Další výpočet lze tedy omezit pouze na výpočet obvodového zdiva, které nám tvoří OSB desky. Užil jsem tedy stejný postup výpočtu, jako u železobetonového objektu a zjistil jsem výslednou hodnotu GWP pro dřevostavbu.

Tabulka 3: Dřevostavba

Materiál	Typ konstrukce	Hmotnost konstrukce (kg)	GWP/kg	GWP celkem
Železobeton	Základová deska	66240,0	0,0670	4436,00
Polyetylen LDPE	Hydroizolace	1058,4	2,1026	2225,39
Síran vápenatý a písek	Anhydritová stěrka	3168,0	0,0426	134,93
OSB desky	Stěny 2x stejné	6864,0	-1,1680	-8017,15
OSB desky	Stěna s oknem	3154,8	-1,1680	-3684,81
OSB desky	Stěna se dveřmi	3036,0	-1,1680	-3546,05
Střecha společné	2x dřevěná pozednice	109,2	-1,4900	-162,71
Smrkové dřevo	Trámy na překrytí (6 prken)	327,6	-1,4900	-488,12
Skelná vata	Izolace	480,0	2,2600	1084,80
Smrkové dřevo	Dřevěná deska	491,4	-0,8040	-395,09
Hliníkový	Plech	194,4	8,9000	1730,16
			Hliníkový okenní rám	9,50
			Dvojsklo	1,55
			Venkovní dveře (dřevo-skleněné)	2,46
			SUMA GWP	-6655,62

Zdroj: Vlastní zpracování

5 Ekonomické zhodnocení na základě ceny jednotlivých typů konstrukcí.

Druhý výzkum, který provedu, bude ekonomické zhodnocení, a to na základě ceny jednotlivých typů konstrukcí. Stejně jako v ekologickém zhodnocení nebudu brát v potaz postup výstavby, ale pouze cenu za jednotlivé materiály v již spočítaném objemovém množství, tudíž mi zmizí odchylky z hlediska dopravy a variability pracovního postupu.

5.1 Železobetonová stavba

Pro každý typ stavební konstrukce byla dohledána jednotková cena za m^3 stavebního materiálu, následně byla cena za jednotku vynásobena celkovým objemem jednotlivých stavebních materiálu. Posledním krokem výpočtu byla suma všech celkových cen za jednotlivé typy konstrukcí.

Tabulka 4: Železobetonová stavba III

Materiál	Typ konstrukce	Objem materiálů (m^3)	Cena za m^3 (včetně DPH) Kč	Cena celkem Kč
Železobeton	Základová deska	28,80	2000	57600
Polyetylen LDPE	Hydroizolace	0,72	40000	28800
Síran vápenatý a písek	Anhydritová stěrka	1,44	11638	16759
Železobeton	Stěny 2x stejné	12,48	2346	29278
Železobeton	Stěna s oknem	5,74	2346	13457
Železobeton	Stěna se dveřmi	5,52	2346	12950
Střecha společné	2x dřevěná pozednice	0,24	9771	2345
Smrkové dřevo	Trámy na překrytí (6 prken)	0,72	2083	1500
Skelná vata	Izolace	6,00	1100	6600
Smrkové dřevo	Dřevěná deska	1,08	1500	1620
Hliníkový	Plech	0,07	399600	27972
			Venkovní dveře (dřevo-skleněné)	15000
			Hliníkové okno s dvojsklem	7000
			Celková cena	242880

Zdroj: Vlastní zpracování

5.2 Dřevostavba

Pro dřevostavbu byla dohledána jednotková cena za m^3 stavebního materiálu, následně byla jednotková cena vynásobena celkovým objemem stavebního materiálu. Posledním krokem výpočtu byl výpočet sumy všech stavebních materiálů.

Tabulka 5: Dřevostavba

Materiál	**Typ konstrukce**	**Objem materiálů (m^3)**	**Cena za m^3 (včetně DPH) Kč**	**Cena celkem Kč**
Železobeton	Základová deska	28,80	2000	57600
Polyetylen LDPE	Hydroizolace	0,72	40000	28800
Síran vápenatý a písek	Anhydritová stěrka	1,44	11638	16759
OSB desky	Stěny 2x stejné	12,48	500	6240
OSB desky	Stěna s oknem	5,74	500	2868
OSB desky	Stěna se dveřmi	5,52	500	2760
Střecha společné	2x dřevěná pozednice	0,24	9771	2345
Smrkové dřevo	Trámy na překrytí (6 prken)	0,72	2083	1500
Skelná vata	Izolace	6,00	1100	6600
Smrkové dřevo	Dřevěná deska	1,08	1500	1620
Hliníkový	Plech	0,07	399600	27972
			Venkovní dveře (dřevo-skleněné)	15000
			Hliníkové okno s dvojsklem	7000
			Celková cena	199064

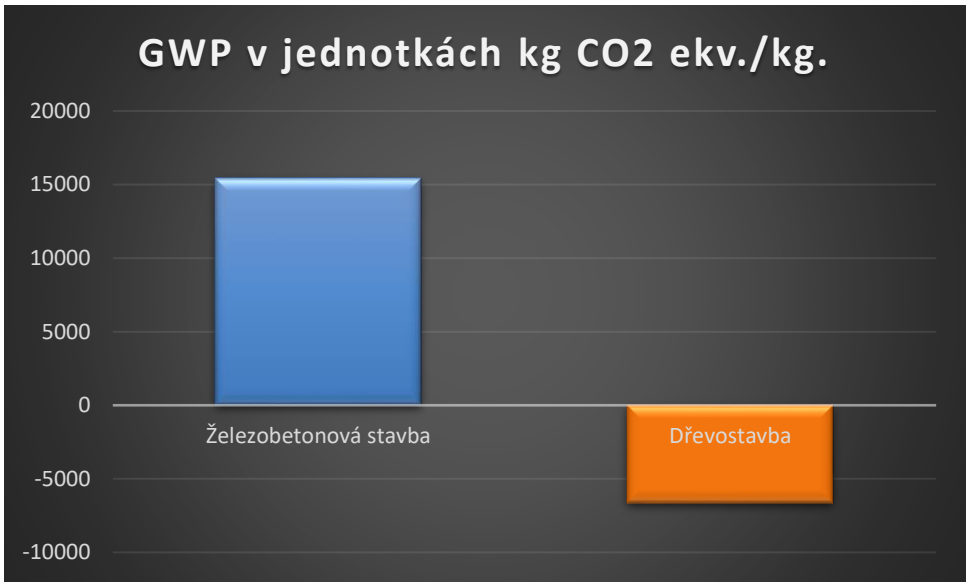
Zdroj: Vlastní zpracování

6 Výsledky

Výsledek 1. výzkumu.

Železobetonová stavba nám vyprodukovala 15 443,14 tun oxidu uhličitého, a to pouze na základě materiálového zhodnocení. Kdyby se do zhodnocení započítaly i další aspekty typu doprava materiálu, výroba, odpad a další procesy, které se uplatňují v LCA metodě, byl by výsledek ještě daleko rozsáhlejší. Oproti tomu dřevostavba, která má téměř totožnou konstrukci, lišící se pouze v obvodovém zdivu, nám naopak ušetřila 6 655,62 tun oxidu uhličitého, který se stal součástí dřeva ve stavebních konstrukcích. Ovšem ve chvíli, kdybychom připočítali další aspekty, které jsou nutné k výstavbě tohoto objektu, uhlíková stopa by již nabírala kladných hodnot, ale co se týče čistě srovnání materiálů, nabírá dřevostavba hodnot záporných. Tudíž je zřetelné, že použití dřeva jakožto stavebního materiálu se dá označit za ekologický přístup.

Graf 1: Produkce uhlíkové stopy



Zdroj: Vlastní zpracování

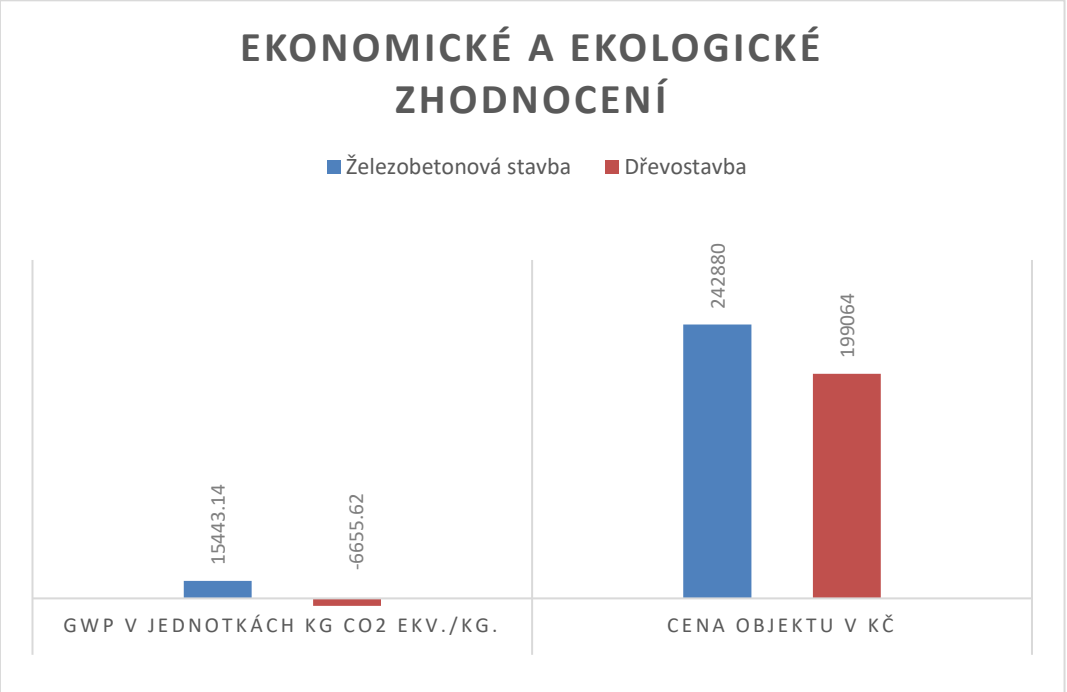
Výsledek 2. výzkumu

Dřevostavba z hlediska ceny jednotlivých typů konstrukcí stojí 199 064 kč. Železobetonová stavba z hlediska ceny jednotlivých konstrukcí stojí 242 880 kč. Dřevostavba lišící se pouze v obvodovém zdivu je levnější o 43 816 kč.

7 Ekonomické a ekologické zhodnocení dřevostavby a železobetonové stavby

Výsledkem obou výzkumů se nám zařadila dřevostavba na 1. místo, a to jak z hlediska produkce uhlíkové stopy, kde nám vykazovala záporné hodnoty, tak i z hlediska ekonomické náročnosti, kde nám materiály na bázi dřeva ušetřily 43 816 Kč.

Graf 2: Ekonomické a ekologické zhodnocení obou typů stavebních objektů



Zdroj: Vlastní zpracování

Z obou provedených výzkumů je zřejmé, že objekt postavený typologicky jako dřevostavba je výhodnější, a to jak z ekonomického, tak z ekologického hlediska. I když by se mohlo zdát samozřejmé, že pro dobro vlastní i dobro planety Země bychom měli stavit pouze stavby na bázi dřeva, není to rozhodně ta správná cesta. Důvodem je především to, že zásoby lesů by se velice rychle zmenšovaly, což by mělo opačný důsledek, a to další růst uhlíkové stopy v atmosféře.

Proto bychom měli hledět na dřevostavby jako na doplňující prostředek, který může být hlavním objektem pouze v případě, že je dostatek, či přebytek lesních ploch, v tu chvíli jsou dřevostavby ekologicky a ekonomicky výhodným objektem.

Závěr

Předkládaná bakalářská práce je věnována tématu, které je v dnešní době aktuální. Jedná se o uhlíkovou stopu stavebních materiálů a jejich ekonomické a ekologické zhodnocení. Díky ucelenému souboru informací o globálním oteplování a jejich souvislosti s uhlíkovou stopou je možné zlepšit aktuální situaci, která se týká exponenciálního růstu objemu emisí, které se nám dostávají do atmosféry. Jsme již v pokrokové době a máme rozvinuté technologie a vědomosti, které nám dokážou pomoci s tím, abychom si naši planetu Zemi a s ní související faunu a flóru udrželi. Je přímo nutné hledět do budoucna a dopřát nastávajícím generacím stejně kvalitní přírodní podmínky, kterých se dostává nám. A i když se může zdát, že oblast stavebnictví je pouze okrajová záležitost, tak je to pouze špička ledovce. Pokud bychom chtěli zlepšit celkovou prognózu do budoucnosti, bude zapotřebí se soustředit na všechny oblasti, které mají na udržitelnost planety Země vliv. Hlavní směrem, kterým bychom se měli vydat, je změna paliva pro průmysl, dopravu a další dílčí aspekty. Tímto palivem jsou myšlena všechna fosilní paliva, kterých bychom se měli vyvarovat. Je to z toho důvodu, že mají na naši atmosféru největší vliv.

První část bakalářské práce byla určena k vytvoření nutného teoretického základu, který nám představil vliv zvyšování objemu uhlíkové stopy na dílčí sféry. Dále nám přiblížila scénáře spojené s následkem zvyšování objemu skleníkových plynů.

V praktické části jsou vypracovány dva obytné objekty se stejným konstrukčním řešením. Jednotlivé objekty se však lišily obvodovými stěnami, které u 1. objektu tvořily OSB desky neboli lisované dřevěné desky. Dřevo použité na konkrétní desky bylo smrkové. Jelikož bylo posléze v celém objektu zastoupeno z největší části dřevo, nazval jsem tento objekt dřevostavbou. Druhý objekt měl obvodové stěny tvořené betonovými tvarovkami s železnou výztuží, tudíž největší objem materiálu použitých na výstavbu tohoto objektu byl železobeton. Tato stavba byla nazvána železobetonovou stavbou.

Obě stavby jsem porovnal z hlediska jednotlivé hmotnosti stavebních materiálů. Následnou hmotnost všech materiálů jsem převedl na koeficient GWP, který nám znázorňuje, kolik kilogramů jednotlivých materiálů nám vytvoří uhlíkové stopy v atmosféře. Výsledkem bylo, že dřevostavba z hlediska použitých materiálů nám uhlíkovou stopu sníží, kdežto železobetonová stavba uhlíkovou stopu zvýší, a to oproti dřevostavbě skoro čtyřnásobně.

Ve druhém výzkumu, který přímo navazoval na ekologické zhodnocení, jsem všechny materiály na základě objemu ocenil. Výsledkem bylo, že nám dřevostavba na základě materiálů bez započítané práce, dopravy, a dalších dílčích procesů nutných pro výstavbu domu ušetřila 43 816 Kč.

Výzkum nám dokázal, že dřevo jako stavební materiál je ekonomicky a ekologicky výhodný.

Avšak z hlediska změny konceptu výstavby a přeorientace pouze na dřevostavby by to nebylo výhodné. Je dobré stavět obytné objekty na bázi dřeva, a to v určitém zastoupení. Může tomu tak být však pouze za předpokladu, že by stavba ze dřeva neměla vliv na množství lesních ploch v určitém správním objektu. Lesy jsou velice důležité, protože díky nim naše vyprodukovaná uhlíková stopa nedosahuje zdaleka takových hodnot. Stromy totiž redukují oxid uhličitý v atmosféře tím, že ho navazují do svých rostlinných těl. Závěr výzkumu je takový, že určitě bude přínosné zařazovat dřevostavby mezi globální stavby různých typů, protože mají příznivý ekologický a ekonomický vliv, ovšem pouze v určitém množství.

Celý koncept změny stavebních materiálů je tedy druhotný v porovnání s ubývající zásobou lesních porostů, které jsou hlavní komoditou pro boj proti globálnímu oteplování a dalším klimatickým změnám. Proto bychom se měli hlavně soustředit na to, aby zásoba lesních porostů byla celosvětově stabilní.

Seznam použitých zdrojů

GUSTAVSSON, Leif, Kim PINGOUD a Roger SATHRE, 2006. Carbon Dioxide Balance of Wood Substitution: Comparing Concrete- and Wood-Framed Buildings. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change* [online]. **11**(3), 667-691 [cit. 2020-06-11]. DOI: 10.1007/s11027-006-7207-1. ISSN 1381-2386. Dostupné z: http://link.springer.com/10.1007/s11027-006-7207-1

ASSHOFF, Roman, Zotz GERHARD a Christian KORNER, 2006. Growth and phenology of mature temperate forest trees in elevated CO2. *Global Change Biology* [online]. **12**(5), 848-861 [cit. 2020-06-11]. DOI: 10.1111/j.1365-2486.2006.01133.x. ISSN 1354-1013. Dostupné z: http://doi.wiley.com/10.1111/j.1365-2486.2006.01133.x

BRIBIÁN, Ignacio Zabalza, et al., 2011. Life cycle assessment of building materials: Comparative analysis of energy and environmental impacts and evaluation of the eco-efficiency improvement potential. Building and Environment, 46.5: 1133-1140.

BŘEZOVSKÁ, Romana a Josef NOVÁK, 2018. *KOMPENZACE UHLÍKOVÉ STOPY CHYTŘE: Offsetování emisí skleníkových plynů v České republice* [online]. Rudná: CI2, 57 s. [cit. 2020-06-11]. ISBN 978-80-907362-0-7. Dostupné z: https://ci2.co.cz/sites/default/files/souboryredakce/ci2_kompenzace_uhlikove_stopy_preview_0.pdf

CABEZA, Luisa F., et al., 2013. Low carbon and low embodied energy materials in buildings: A review. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2013, 23: 536-542.

CarbonTracker CT2016, 2017. Global Monitoring Laboratory: Earth System Research Laboratories [online]. National Oceanic and Atmospheric Administration [cit. 2020-06-11]. Dostupné z: https://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/carbontracker/

Co je uhlíková stopa, ©2013. *CI2* [online]. [cit. 2020-06-11]. Dostupné z: https://ci2.co.cz/cs/co-je-uhlikova-stopa

Deforestation Is Accelerating, Despite Mounting Efforts to Protect Tropical Forests. What Are We Doing Wrong?, 2018. *Global Forest Watch* [online]. [cit. 2020-06-11]. Dostupné z: https://blog.globalforestwatch.org/data-and-research/deforestation-is-

accelerating-despite-mounting-efforts-to-protect-tropical-forests-what-are-we-doing-wrong

Dřevo je cesta [Nedat.]. [online]. [cit. 2020-06-11]. Dostupné z: https://www.drevojecesta.cz/

FLANNIGAN, M. D, B. J STOCKS a B. M WOTTON, 2000. Climate change and forest fires. *Science of The Total Environment* [online]. **262**(3), 221-229 [cit. 2020-06-11]. DOI: 10.1016/S0048-9697(00)00524-6. ISSN 00489697. Dostupné z: https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0048969700005246

GOATER, Aaron a James SQUIRES, 2016. Carbon Footprint of Heat Generation. *UK Parliament POST* [online]. UK: The Parliamentary Office of Science and Technology, [cit. 2020-06-11]. Dostupné z: https://post.parliament.uk/research-briefings/post-pn-0523/

GUSTAVSSON, Leif; JOELSSON, Anna a SATHRE, Roger, 2010. Life cycle primary energy use and carbon emission of an eight-storey wood-framed apartment building. Energy and Buildings, 2010, 42.2: 230-242.

HANSEN, James., Makiko SATO, Reto RUEDY, Key LO, David W. LEA a Martin MEDINA-ELIZADE, 2006. Global temperature change. *Proceedings of the National Academy of Sciences* [online]. **103**(39), 14288-14293 [cit. 2020-06-11]. DOI: 10.1073/pnas.0606291103. ISSN 0027-8424. Dostupné z: http://www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.0606291103

CHRISTENSEN, Jens H., Timothy R. CARTER, Markku RUMMUKAINEN a Georgios AMANATIDIS, 2007. Evaluating the performance and utility of regional climate models: the PRUDENCE project. *Climatic Change* [online] **81**(S1), 1-6 [cit. 2020-06-11]. DOI: 10.1007/s10584-006-9211-6. ISSN 0165-0009. Dostupné z: http://link.springer.com/10.1007/s10584-006-9211-6

Ivan Boháček, [2020]. *Vesmír - věda, příroda, člověk, společnost – časopis s tradicí od roku 1871* [online]. Praha 1: VESMÍR, [cit. 2020-06-11]. Dostupné z: https://vesmir.cz/cz/o-nas/autori/b/bohacek-ivan.html

Jaká je dřevo jako materiál? Geniální!, 2018. *Dřevo je cesta* [online]. [cit. 2020-06-11]. Dostupné z: https://www.drevojecesta.cz/aktuality/jake-je-drevo-jako-material-genialni

JIA WEN, Thong, Ho CHIN SIONG a Z. Z. NOOR, 2015. Assessment of embodied energy and global warming potential of building construction using life cycle analysis approach: Case studies of residential buildings in Iskandar Malaysia. *Energy and Buildings* [online]. **93**, 295-302 [cit. 2020-06-11]. DOI: 10.1016/j.enbuild.2014.12.002. ISSN 03787788. Dostupné z: https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0378778814010512

LINDNER, Marcus, et al., 2010. Climate change impacts, adaptive capacity, and vulnerability of European forest ecosystems. Forest ecology and management, 259.4: 698-709.

LOUSTAU, Denis, Alexandre BOSC, Antoine COLIN, et al., 2005. Modeling climate change effects on the potential production of French plains forests at the sub-regional level. *Tree Physiology* [online]. **25**(7), 813-823 [cit. 2020-06-11]. DOI: 10.1093/treephys/25.7.813. ISSN 0829-318X. Dostupné z: https://academic.oup.com/treephys/article-lookup/doi/10.1093/treephys/25.7.813

MATYSSEK, R., D. LE THIEC, M. LÖW, P. DIZENGREMEL, A. J. NUNN a K.-H. HÄBERLE, 2006. Interactions between Drought and O 3 Stress in Forest Trees. *Plant Biology* [online]. **8**(1), 11-17 [cit. 2020-06-11]. DOI: 10.1055/s-2005-873025. ISSN 1435-8603. Dostupné z: http://doi.wiley.com/10.1055/s-2005-873025

MOORE, David, [2015]. *ROMANCONCRETE·COM* [online]. [cit. 2020-06-11]. Dostupné z: http://www.romanconcrete.com/

MOTL, Luboš a Marek LOUŽEK, ed., 2008. *Globální oteplování: realita nebo bublina? : sborník textů*. Praha: CEP - Centrum pro ekonomiku a politiku. Ekonomika, právo, politika. ISBN 978-80-865-4799-2.

NÄSSÉN, Jonas, et al. Concrete vs. wood in buildings – An energy system approach. Building and environment, 2012, 51: 361-369.

PROČ ZVOLIT DŘEVOSTAVBU, [Nedat.]. *Jv dřevostavby s.r.o.* [online]. Praha 2: JV DŘEVOSTAVBY [cit. 2020-06-11]. Dostupné z: http://www.jv-drevostavby.cz/proc-zvolit-drevostavbu

PROCHÁZKA, Jaroslav, 2007. *Navrhování betonových konstrukcí 1*. 3. vyd. Praha: ČBS Servis, ISBN 978-80-903807-5-2.

SAXE, Henrik, David S. ELLSWORTH a James HEATH, 1998. Tree and forest functioning in an enriched CO2 atmosphere. *New Phytologist* [online]. **139**(3), 395-436 [cit. 2020-06-11]. DOI: 10.1046/j.1469-8137.1998.00221.x. ISSN 0028-646X. Dostupné z: http://doi.wiley.com/10.1046/j.1469-8137.1998.00221.x

SAXE, Henrik, Melvin G. R. CANNELL, Øystein JOHNSEN, Michael G. RYAN a George VOURLITIS, 2001. Tree and forest functioning in response to global warming. *New Phytologist* [online]. **149**(3), 369-399 [cit. 2020-06-11]. DOI: 10.1046/j.1469-8137.2001.00057.x. ISSN 0028646X. Dostupné z: http://doi.wiley.com/10.1046/j.1469-8137.2001.00057.x

SCOVILLE, Heather, 2019. Global Climate Change and Evolution. *ThoughtCo.* [online]. New York, NY 10036: ThoughtCo [cit. 2020-06-11]. Dostupné z: https://www.thoughtco.com/global-climate-change-and-evolution-1224733

SHINE, Keith P., Jan S. FUGLESTVEDT, Kinfe HAILEMARIAM a Nicola STUBER, 2005. Alternatives to the Global Warming Potential for Comparing Climate Impacts of Emissions of Greenhouse Gases. *Climatic Change* [online]. **68**(3), 281-302 [cit. 2020-06-11]. DOI: 10.1007/s10584-005-1146-9. ISSN 0165-0009. Dostupné z: http://link.springer.com/10.1007/s10584-005-1146-9

SCHÄR, Christoph, Pier Luigi VIDALE, Daniel LÜTHI, Christoph FREI, Christian HÄBERLI, Mark A. LINIGER a Christof APPENZELLER, 2004. The role of increasing temperature variability in European summer heatwaves. *Nature* [online]. **427**(6972), 332-336 [cit. 2020-06-11]. DOI: 10.1038/nature02300. ISSN 0028-0836. Dostupné z: http://www.nature.com/articles/nature02300

SMITH, T. M., CRAMER, W. P., DIXON, R. K., LEEMANS, R., NEILSON, R. P., AND SOLOMON, A. M., 1993. "The global terrestrial carbon cycle," Water Air Soil Poll. 70(1-4), 19-37. DOI: 10.1007/BF01104986.

STEER, Andrew, [Nedat.]. Global Forest Watch. *WORLD RESOURCES INSTITUTE* [online]. Washington, DC 20002, USA: World Resources Institute [cit. 2020-06-11]. Dostupné z: https://www.wri.org/our-work/project/global-forest-watch

VYBRANÉ POJMY V OBLASTI UHLÍKOVÉ STOPY, ©2013. *Ci2* [online]. Rudná: CI2 [cit. 2020-06-11]. Dostupné z: https://ci2.co.cz/cs/vybrane-pojmy-v-oblasti-uhlikove-stopy

WIEDMANN, Thomas, Manfred LENZEN, Karen TURNER a John BARRETT, 2007. Examining the global environmental impact of regional consumption activities — Part 2: Review of input–output models for the assessment of environmental impacts embodied in trade. *Ecological Economics* [online]. **61**(1), 15-26 [cit. 2020-06-11]. DOI: 10.1016/j.ecolecon.2006.12.003. ISSN 09218009. Dostupné z: https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0921800906005945

Seznam obrázků, grafů a tabulek

Seznam obrázků

Obrázek 1: Globální cyklus uhlíku 10
Obrázek 2: Produkce skleníkových plynů 12

Seznam grafů

Graf 1: Produkce uhlíkové stopy 24
Graf 2: Ekonomické a ekologické zhodnocení obou typů stavebních objektů 25

Seznam tabulek

Tabulka 1: Železobetonová stavba 19
Tabulka 2: Železobetonová stavba II 20
Tabulka 3: Dřevostavba 21
Tabulka 4: Železobetonová stavba III 22
Tabulka 5: Dřevostavba 23