



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV STAVEBNÍ EKONOMIKY A ŘÍZENÍ

INSTITUTE OF STRUCTURAL ECONOMICS AND MANAGEMENT

**STANOVENÍ UHLÍKOVÉ STOPY VE VAZBĚ
NA PRODUKČNÍ JEDNOTKU ROZPOČTOVÉHO
UKAZATELE**

DETERMINATION OF CARBON FOOTPRINT IN RELATION TO THE PRODUCTION UNIT
OF THE BUDGET INDICATOR

DIPLOMOVÁ PRÁCE

DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Michaela Šebestová

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. ZDENĚK KREJZA, Ph.D.

BRNO 2021



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	N3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu	Navazující magisterský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3607T038 Management stavebnictví
Pracoviště	Ústav stavební ekonomiky a řízení

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Student	Bc. Michaela Šebestová
Název	Stanovení uhlíkové stopy ve vazbě na produkční jednotku rozpočtového ukazatele
Vedoucí práce	Ing. Zdeněk Krejza, Ph.D.
Datum zadání	31. 3. 2020
Datum odevzdání	15. 1. 2021

V Brně dne 31. 3. 2020

doc. Ing. Jana Korytářová, Ph.D.
Vedoucí ústavu

prof. Ing. Miroslav Bajer, CSc.
Děkan Fakulty stavební VUT

PODKLADY A LITERATURA

TŘEBICKÝ, V., (2016): Metodika stanovení uhlíkové stopy podniku a postup pro její snížení. CI2, o. p. s., Rudná, 22 s., ISBN: 978-80-906341-3-8

Nenseth, V., Třebický, V. a kol., (2016): Zahraniční inspirace. Adaptace na změnu klimatu. CI2, o. p. s., Rudná, 38 s., ISBN: 978-80-906341-6-9

KHAJLOVÁ, V., PAVELČÍK, P., PETRUCHA, D., (2016): Mezinárodní dobrá praxe jako inspirace: Klimaticky odpovědné podnikání v mezinárodní praxi. CI2, o. p. s., Rudná, 40 s., ISBN: 978-80-906341-2-1

NOVÁK, J., PAVELČÍK, P., TŘEBICKÝ, V. (2016): Využití indikátoru na místní úrovni od A do Z. Rudná: CI2, o. p. s., 52 s.. ISBN: 978-80-906341-1-4

CI2, o. p. s. (2015): Uhlíková stopa českého byznysu. CI2, o.p.s., Rudná.

Zákon č. 151/1997 Sb., o oceňování majetku v aktuálním znění

Vyhláška č. 441/2013 Sb. prováděcí vyhláška k zákonu o oceňování majetku v aktuálním znění

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

Cílem práce je analyzovat možnosti stanovení uhlíkové stopy ve vazbě na produkční jednotku rozpočtového ukazatele.

1. Definice základních pojmů uhlíková stopa, ekologie, stavební objekt, skleníkový plyn, životní cyklus, rozpočet, rozpočtový ukazatel, atd.
2. Analýza proces stavební produkce ve vazbě na výrobní technologie.
3. Analýza tvorby rozpočtového ukazatele.
4. Kvantifikace uhlíkové stopy stavební produkce ve výrobní fázi. (Případová studie)
5. Vyhodnocení uhlíkové stopy v kontextu navržené výrobní technologie.

Výstupem práce bude stanovení uhlíkové stopy stavební produkce přepočtené na produkční jednotku rozpočtového ukazatele v závislosti na zvolené výrobní technologii.

STRUKTURA DIPLOMOVÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část závěrečné práce zpracovaná podle platné Směrnice VUT "Úprava, odevzdávání a zveřejňování závěrečných prací" a platné Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání a zveřejňování závěrečných prací na FAST VUT" (povinná součást závěrečné práce).
2. Přílohy textové části závěrečné práce zpracované podle platné Směrnice VUT "Úprava, odevzdávání, a zveřejňování závěrečných prací" a platné Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání a zveřejňování závěrečných prací na FAST VUT" (nepovinná součást závěrečné práce v případě, že přílohy nejsou součástí textové části závěrečné práce, ale textovou část doplňují).

Ing. Zdeněk Krejza, Ph.D.
Vedoucí diplomové práce

ABSTRAKT

Předkládaná diplomová práce analyzuje možnosti stanovení uhlíkové stopy ve vazbě na produkční jednotku rozpočtového ukazatele. V teoretické části práce jsou popsány základní pojmy spojené s uhlíkovou stopou a z oblasti stavebnictví. Cílem této práce je kvantifikace uhlíkové stopy stavební produkce převážně ve výrobní fázi a porovnání uhlíkové stopy objektů odlišné výrobní technologie. Hlavním výstupem je určení průměrné velikosti uhlíkové stopy, která je přepočítána na jednotku rozpočtového ukazatele.

KLÍČOVÁ SLOVA

Ekologie, uhlíková stopa, životní prostředí, globální oteplování, stavba, životní cyklus objektu, průkaz energetické náročnosti budovy, stavební výroba, položkový rozpočet, LCA, obestavěný prostor

ABSTRACT

The presented diploma thesis analyses the possibilities of determining the carbon footprint in relation to the production unit of the budget indicator. The theoretical part of the thesis describes the basic concepts associated with the carbon footprint and construction industry. The aim of this thesis is to quantify the carbon footprint of construction process, mainly during the production phase, and to compare the carbon footprint of objects of different production technology. The main output is the determination of an average carbon footprint converted to a unit of the budget indicator.

KEYWORDS

Ecology, carbon footprint, environment, global warming, building, life cycle of the building, proof of energy performance of buildings, building production, itemized budget, LCA, enclosed space

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

Bc. Michaela Šebestová *Stanovení uhlíkové stopy ve vazbě na produkční jednotku rozpočtového ukazatele*. Brno, 2021. 76 s., 77 s. příl. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav stavební ekonomiky a řízení. Vedoucí práce Ing. Zdeněk Krejza, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci s názvem *Stanovení uhlíkové stopy ve vazbě na produkční jednotku rozpočtového ukazatele* zpracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 15. 1. 2021

Bc. Michaela Šebestová

autor práce

PODĚKOVÁNÍ

Ráda bych touto cestou poděkovala vedoucímu své diplomové práce, panu Ing. Zdeňkovi Krejzovi, Ph. D., za odbornou i pedagogickou pomoc, za velmi cenné rady při konzultacích, připomínky a veškerý věnovaný čas.

OBSAH

1	ÚVOD	10
2	SHRNUTÍ POZNATKŮ UHLÍKOVÉ STOPY.....	11
2.1	Životní prostředí	11
2.2	Globální oteplování.....	12
2.3	Klimatické cíle a závazky	13
2.4	Situace v České republice a ekologický zájem společnosti.....	13
2.5	Snižování emisí plynů ve stavebnictví.....	16
3	ZÁKLADNÍ POJMY	18
3.1	Budova	18
3.2	Konstrukční systém.....	18
3.3	Rozpočet	18
3.4	Rozpočtový ukazatel.....	19
3.5	Obestavěný prostor	20
3.6	Zastavěná plocha.....	21
3.7	Užitná plocha	22
3.6	Životní cyklus stavebního objektu.....	23
4	METODIKA STANOVENÍ UHLÍKOVÉ STOPY PŘEPOČTENÉ NA PRODUKČNÍ JEDNOTKU ROZPOČTOVÉHO UKAZATELE.....	25
4.1	Zdroj dat.....	25
4.2	Předmět analýzy tvorby rozpočtového ukazatele	27
4.3	Sběr dat	32
4.3.1	Stavební materiál.....	32
4.3.2	Roční spotřeba energie	35
4.3.3	Spotřeba vody, roční	36

4.3.4	Provoz staveniště.....	36
4.3.5	Stavební plocha a výpočtové období.....	36
4.3.6	Shrnutí sběru dat	36
4.4	Analýza tvorby rozpočtového ukazatele.....	38
4.5	Interpretace výsledků	38
4.5.1	Uhlíková stopa jednotlivých objektů	38
4.4	Interpretace výsledků.....	49
5	METODIKA VYHODNOCENÍ UHLÍKOVÉ STOPY ZÁVISLÉ NA VÝROBNÍ TECHNOLOGII.....	53
5.3	Zdroj dat.....	53
5.2	Předmět analýzy a sběr dat	53
5.2.1	Zděný rodinný dům	55
5.2.2	Dřevostavba.....	58
5.3	Předpoklady k analýze zděného domu a dřevostavby	61
5.4	Interpretace výsledků.....	62
6	ZÁVĚR	67
	POUŽITÁ LITERATURA A ZDROJE.....	69
	SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK.....	72
	SEZNAM TABULEK.....	73
	SEZNAM OBRÁZKŮ	75
	SEZNAM GRAFŮ.....	76
	SEZNAM PŘÍLOH.....	76

1 ÚVOD

V posledním období člověk značně začal přetvářet přírodu, dochází k narušování Země, což vede k různým ekologickým problémům na globální úrovni. Příkladem mohou být extrémní sucha v Africe, častější hurikány, záplavy a jiné katastrofické události vyvolané změnami podnebí. A právě za tyto změny, které pocítujeme, může globální oteplování. Samotná stavební výroba má značný podíl na emisích oxidu uhličitého a dalších environmentálních ukazatelů, ale zároveň má velký potenciál na jejich snížení.

Práce poukazuje na zátěž životního prostředí vlivem oboru stavebnictví, respektive se zaměřuje na uhlíkovou stopu stavební výroby. Myšlenkou autora práce je vytvoření ukazatele uhlíkové stopy, díky kterému se může odhadnout velikost uhlíkové stopy stavebních objektů již v předinvestiční fázi. Vytvoření takového ukazatele je hlavní cíl této diplomové práce.

V teoretické části práce jsou vysvětleny základní pojmy spojené s uhlíkovou stopou a jejím vyhodnocením. Praktická část práce je zaměřena na tvorbu rozpočtového ukazatele ve vazbě na uhlíkovou stopu objektu a jeho navržené výrobní technologie.

Praktická část diplomové práce je rozdělena na další dvě části. V první je zpracovávána velikost uhlíkové stopy stavebních objektů a následné možné stanovení uhlíkové stopy stavební produkce přepočtené na produkční jednotku rozpočtového ukazatele. Výsledkem je ukazatel, který udává, kolik oxidu uhličitého vyprodukuje stavební výroba na jeden metr krychlový obestavěného prostoru. V druhé části dochází k porovnání dvou stavebních objektů, které se liší výrobní technologií. Jedná se o zděný dům a dřevostavbu, kdy jsou vybrány totožné rodinné domy, které se materiálově liší pouze ve svislých konstrukcích. U obou objektů je stanoven potenciál globálního oteplování, který je následně porovnán. Výstupem práce je přenos informací do podvědomí společnosti o závažnosti zátěže životního prostředí vlivem stavební výroby a možný způsob stanovení teoretické hodnoty uhlíkové stopy.

2 SHRNUÍ POZNATKŮ UHLÍKOVÉ STOPY

Poškozování a znehodnocování životního prostředí nezná hranic, a proto vznikla mezinárodní spolupráce, kdy její počátky můžeme sledovat už od roku 1895. Poté následoval vznik dalších mezinárodních organizací a programů na podporu životního prostředí, například Mezinárodní unie pro ochranu přírody, Člověk a biosféra, Mezinárodní úřad pro ochranu přírody a jiné. Existuje celá řada organizací, jako například SCOPE (Scientific Committee for Problems of Environment), která hodnotí poznatky vzájemných vztahů člověka a biosféry. SCOPE se orientuje k projektům, které jsou zaměřeny na otázky udržitelného rozvoje a spolupracuje také s dalšími organizacemi v rámci OSN (např. UNEP, UNESCO). Další známý program je UNEP (United Nations Environment Programme), Program OSN pro životní prostředí, který funguje už od roku 1972. Cíl Programu OSN pro životní prostředí je řídit a koordinovat akce na ochranu životního prostředí na globální a regionální úrovni a poskytovat podklady pro rozhodování příznivé životnímu prostředí. [1] [2]

2.1 Životní prostředí

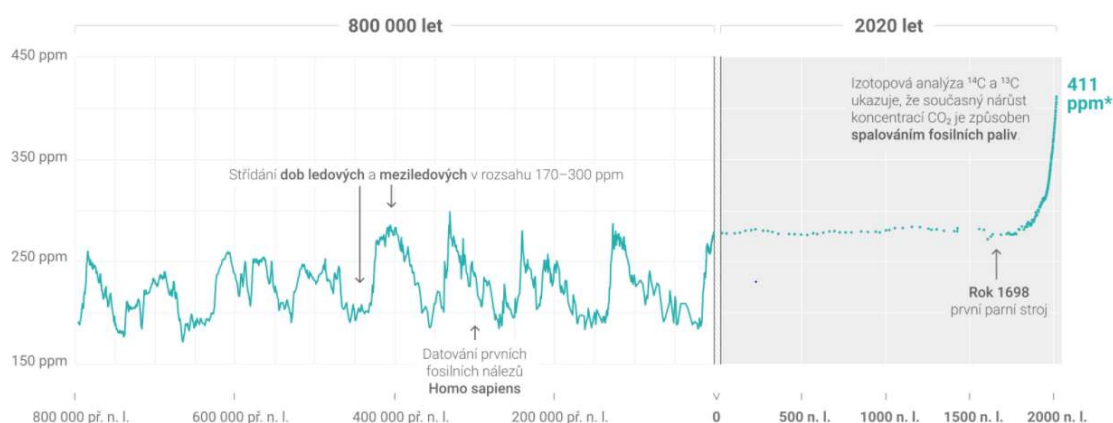
Definice životního prostředí uvedená v našem zákoně č. 17/1992 Sb., o životním prostředí říká: „*Vše, co vytváří přirozené podmínky existence organismů včetně člověka a je předpokladem jejich dalšího vývoje. Jeho složkami jsou zejména: ovzduší, voda, horniny, půda, organismy, ekosystémy a energie.*“ Kvalita životního prostředí významně ovlivňuje zdraví člověka a celé populace. Znečištění životního prostředí způsobuje až 19 % onemocnění, podle odhadu Světové zdravotnické organizace. Nejvýznamnějšími důsledky jsou respirační, kardiovaskulární a nádorová onemocnění. [3][4]

Ekologie a ohled na životní prostředí je v dnešní době nezbytnou součástí filosofie společnosti. Není přece dobré ničit a poškozovat životní prostředí, ve kterém žijeme. V poslední době se tzv. „zelená filosofie“ dostává do popředí v různých odvětvích včetně stavebnictví. Různé regulace a normy zavádějí pravidla, která učí firmy jak nakládat se zdroji, odpady a činnostmi, které vykonávají. Mimo normy v dnešní době dostává slovo zákazník. Osoba, která sleduje současné trendy a zajímá se více o produkty, které nemají negativní vliv na zdraví a životní prostředí.

Stavební firmy díky tomuto trendu zavádějí tzv. ekologické stavební materiály, které mají tyto hlavní zásady: nízké výrobní náklady, recyklovatelnost a původ ve snadno obnovitelných zdrojích. Je podstatné myslet na životní prostředí nejen při výstavbě rozsáhlých budov, ale také při výstavbě rodinných domů.[5]

2.2 Globální oteplování

Globální oteplování označuje jev, kdy dochází k dlouhodobému zvýšení průměrné povrchové teploty na Zemi, a to vede k dalším klimatickým změnám. Dochází k tání ledu, zvyšování hladiny moří, změny srážek, častější extrémní projevy počasí jako sucha, povodně a další. Globální oteplování je způsobené rostoucí koncentrací skleníkových plynů v atmosféře, které zesilují skleníkový efekt. [6]



Obrázek 1 - Vývoj koncentrace CO₂ v atmosféře

(Zdroj: [7])

Potenciál globálního oteplování udává, kolik tepla zachycuje skleníkový plyn v atmosféře. Počítá se v ekvivalentech oxidu uhličitého a stanovuje se v měrných jednotkách kg CO₂ ekv. Emise CO₂e (GWP – Global Warming Potential) zahrnuje emise látek. Ekvivalent znamená, že se nejedná pouze o emise oxidu uhličitého, ale také o další emise skleníkových plynů (metan, oxid dusný, hexafluorid sírový, freony a halony). Jeho produkci také vnímáme jako pojem uhlíková stopa. Uhlíková stopa je tak měřítkem dopadu lidské činnosti na životní prostředí a je nepřímým ukazatelem spotřeby energií, výrobků a služeb. [8] [9]

Eutrofizace EP neboli úživnost je proces obohacování prostředí živinami. Jedná se o problém povrchových vod, půd a moří. Viditelným důsledkem eutrofizace je zarůstání povrchových vod vodním květem sinic a řas. Dále dochází ke zhoršování zdrojů pitné vody. Měrnou jednotkou eutrofizace je kg PO₄ ekv.

Acidifikace AP je proces okyselování půdního nebo vodního prostředí. To je způsobeno nárůstem koncentrace vodíkových kationtů a protonů. Acidifikace

je způsobena vypouštěním kyselinotvorných látek do vody, atmosféry a půdy. Takovéto látky také působí nepříznivě na biologické tkáně rostlin, živočichů a rovněž narušují i stavební materiály. Měrná jednotka eutrofizace je kg SO₂ ekv. [10]

2.3 Klimatické cíle a závazky

Změna klimatu je nejdůležitější ekologickou a také i politickou a ekonomickou otázkou 21. století. Na jednání států OSN v roce 2015 byla přijata Pařížská dohoda, která si klade za cíl snížení produkce emisí skleníkových plynů a tím udržet globální oteplování na přijatelné úrovni, usiluje tak o to, aby nárůst teploty nepřekročil 1,5 °C. Dohodu podepsaly všechny státy s výjimkou Ruské federace. Dohoda obsahuje všechny významné producenty emisí skleníkových plynů a v roce 2016 nahradila Kjótský protokol.

Program OSN pro životní prostředí (UNEP) připravuje každoročně Emissions Gap Report, který si klade za cíl dosáhnout dohodnutých cílů při nejnižších možných nákladech. Předpokládá se snížení emisí všech skleníkových plynů a v roce 2030 by nemělo být překročeno 42 GtCO_{2e}. Z posledního posouzení vyplývá, že EU je na dobré cestě k překročení stávajícího cíle, a to zejména díky pokroku při využívání energie z obnovitelných zdrojů v celé Evropě. Přejít na klimaticky neutrální ekonomiku se podaří pouze tehdy, přispějí-li všichni. Klíčem k dosažení klimatické neutrality je omezení dodávek energie. [11]

2.4 Situace v České republice a ekologický zájem společnosti

Ve stavebním průmyslu se spotřebuje přibližně 40 % energie ročně z celkové spotřeby energie ve světě. A právě spotřeba energie se značně podílí na globálním oteplování země. Pro snížení této spotřeby se v 90. letech minulého století začaly v Německu stavět první pasivní domy, u kterých architekti dokázali snížit provozní spotřebu energie desetinásobně oproti nízkoenergetickým domům.

V současnosti je nutné podpořit architekturu, která kromě plnění potřeb řeší problém ochrany a zamezení negativních dopadů na přírodu. A to v celém procesu od výstavby, užívání až po demolici objektu a následné recyklace. Pojem udržitelná architektura znamená zachování životního prostředí pro další generace. Netýká se pouze šetření energie, zdravých materiálů z obnovitelných zdrojů, ale všech souvislostí např. ochrany kulturních hodnot, řízení vývoje velkých sídel, aby fungovala dobře a efektivně a nezanechávala velkou ekologickou stopu.

Níže na obrázku je stavba, provedená z přírodních obnovitelných materiálů (sláma, dřevo, hlína, dřevovláknité desky), recyklovaných materiálů jako například pěnové sklo nebo foukaná celulóza. A také je tato stavba v pasivním standartu, s kořenovou bezodtokovou čističkou a s podporou růstu vegetace v okolí. Můžeme tedy říci, že se jedná ekologickou stavbu. [12]



Obrázek 2 – Ekodům
(Zdroj: [12])

Ekologická architektura, také nazývána zelená architektura, je architektura šetrná vůči životnímu prostředí. Vzniká za účelem minimalizace zatěžování životního prostředí. Nízkoenergetická, pasivní, aktivní, nulová a plusová architektura, to vše architektura zaměřena na spotřebu energie a každý z těchto výrazů je definován přesnými čísly vyjadřující potřebu tepla na vytápění.

Nízkoenergetické domy se vyznačují kompaktním tvarem a celá stavby by měla být bez zbytečných výčnělků, měla by mít prosklené plochy orientované převážně na jižní stranu. Stavba spotřebuje na vytápění ročně 15 až 50 kWh/m².

Pasivní domy jsou velmi dobře tepelně izolovány a využívají pasivní zisky. Zisky mohou být např. externí ze slunečního záření nebo interní, které jsou představovány spotřebiči. Potřeba tepla na vytápění musí být do 15 kWh/m² za rok. V kritériích pasivního domu je také jeho neprůvzdušnost, respektive neprůvzdušnost jeho obálky. Tato neprůvzdušnost je zajišťována tzv. *blow-door* testem. Další podmínkou pasivního domu je celková potřeba primární energie, spojená s provozem budovy.

Aktivní domy jsou nízkoenergetické domy s elektronikou zajišťující automatické řízení větrání, vytápění a stínění oken. Snížení potřeby tepla na vytápění se v nich dosahuje inteligentním elektronickým zařízením.

Nulové a plusové domy jsou pasivní domy, které mají zabudovanou malou elektrárnu pro pokrytí potřebné spotřeby. [13] [12]

Stejně tak jako ostatní země Evropské unie se i Česká republika zavázala k dodržování Pařížské dohody a tím přijala dlouhodobou strategii nízkoemisního rozvoje. Podle poslední inventarizace skleníkových plynů vyprodukovala Česká republika 123 650 kt CO₂e, z toho právě CO₂ měl největší podíl a to 81,8 %, poté následoval CH₄ s 10 % a N₂O s přibližně 5 %. Od roku 1990 se emise CO₂ snížily o 37 %, a to díky snižování emisí v oblasti energetiky, odpadu a zemědělství. Pro snižování produkce skleníkových plynů jsou přijata různá opatření a nástroje, které se týkají zejména spotřeby energie, nakládání s odpady nebo průmyslu. Tato opatření by měla vést k poslednímu přijatému cíli Evropské unie, a to dosažení komplexní uhlíkové neutrality do roku 2050. [14]

Ministerstvo životního prostředí průběžně aktualizuje Národní program snižování emisí ČR (NPSE), který stanovuje postup státu ke zlepšení kvality ovzduší a naplnění evropských emisních limitů. Opatření se zaměřují na sektor veřejné energetiky a výroby tepla prostřednictvím podpory nespalovacích obnovitelných zdrojů energie. Česká republika si na základě evropského rámce na podporu energetické účinnosti stanovila cíl snížení spotřeby energie o 20 % do roku 2020. Aby se tohoto cíle dosáhlo, přistupuje se ke snižování energetické náročnosti budov (program Nová zelená úsporám), rozšiřuje se systém energetického štítkování a jiné. [15]

V České republice existuje organizace CENIA, která si klade za cíl předávat laické i odborné veřejnosti informace o životním prostředí. CENIA, česká informační agentura životního prostředí je příspěvkovou organizací Ministerstva životního prostředí a je zapojena do Evropské informační a pozorovací sítě pro životní prostředí (Eionet). Spolupracuje se všemi poskytovateli datových zdrojů a podílí se na vývoji a poskytování systému. Mezi hlavní publikační výstupy organizace patří např. Zpráva o životním prostředí České republiky nebo Statistická ročenka životního prostředí České republiky. [16]

2.5 Snižování emisí plynů ve stavebnictví

V současné době je trendem ve stavebnictví snaha o zmírnění jeho dopadů. Stavebnictví patří k největším globálním spotřebitelům přírodních zdrojů. Významně se podílí na produkci skleníkových plynů jak z výstavby, tak z následného provozu a likvidací budov. Proto se přistupuje k hodnocení budov a jejich environmentální certifikaci. Hodnocení budovy se obvykle provádí pomocí externích databází. Nejrozsaáhlejší z nich jsou uvedeny v následující tabulce.

Název databáze	Správce databáze
One Click LCA	Bionova
Cenia	Czech Environmental Information Agency
INIES	Centre Scientifique et Technique du Batiment
IBO Baustoffdatenbank	Österreichisches Institut für Baubiologie und Bauökologie
Environdec	Environdec
Ökobaudat	Ökobaudat
ICE databáze	University of Bath
Ecoinvent	Swiss Centre for Life Cycle Inventories

Tabulka 1 - Zahraniční databáze
(Zdroj: [17])

Existuje mnoho možností a způsobů, jak redukovat emise CO₂ během životního cyklu projektu. Už samotným návrhem se můžou zohledňovat svázané emise materiálů a jejich životnost. Mnoho stavebních firem posuzuje uhlíkovou stopu projektů, nicméně této oblasti stále dominují především mezinárodní firmy, které disponují odbornými znalostmi této problematiky.

Praktickým příkladem je stavební firma Skanska, která používá pro prezentaci environmentálních výsledků Color PaletteTM, zobrazená na obrázku č.3 Jedná se o nástroj společnosti k definování „zeleného stavění“, pomáhá třídit zakázky a lépe tak pochopit význam zeleného stavění.



Obrázek 3 - Skanska Color Palette™

(Zdroj: [18])

Jednotlivé oblasti zohledňované v Color Palette™ jsou energie, uhlík, materiály a voda. Každý projekt a výroba produktů musí být minimálně v souladu s místními zákony, regulacemi, normami a standart. Takový výsledek je následně zobrazen v barvě Vanilla. Aby mohl být projekt klasifikovaný jako Green, je potřebné, aby se ve dvou kategoriích dosáhlo lepšího výsledku než Vanilla. Tyto zelené projekty jsou nad rámec legislativy a norem. Projekty a výroba produktů, které nemají téměř žádný vliv na životní prostředí se řadí do oblasti Deep Green. [18]

3 ZÁKLADNÍ POJMY

V této kapitole jsou uvedeny základní pojmy, se kterými se v diplomové práci pracuje.

3.1 Budova

Dle zákona č. 151/1997 Sb., o oceňování majetku, se budovami rozumí stavby prostorově soustředěné a navenek převážně uzavřené obvodovými stěnami a střešními konstrukcemi, s jedním nebo více ohraničenými užitkovými prostory. [19]

Dle vyhlášky č. 441/2013 Sb. Je budova popsána jako objekt, který nemůže být zařazen podle svého účelu využití mezi stavby oceňované, jež jsou popsány v § 13-22. Do § 13-22 spadají rodinné domy, rekreační chalupy, rekreační domky, rekreační a zahrádkářské chaty, garáže, vedlejší stavby, inženýrské a speciální pozemní stavby, hřbitovní stavby a zázemí, rybníky, malé vodní nádrže a ostatní vodní díla. [20]

Pod pojmem budova si tedy můžeme představit objekt, který je prostorově soustředěn do jednoho celistvého celku, který je převážně uzavřený střešní a obvodovou konstrukcí.

3.2 Konstrukční systém

Pro správné zatřídění stavebních objektů je potřebné znát konstrukční a materiálové řešení. Určujícími prvky konstrukčního systému jsou svislé nosné konstrukce, podle toho se tyto systémy dělí na stěnové, skeletové nebo kombinované.

Za účelem této práce je potřebné znát pouze systémy stěnové, které jsou podle materiálu děleny na:

- zděné,
- betonové,
- železobetonové,
- monolitické,
- železobetonové montované. [21]

3.3 Rozpočet

Ve stavebnictví se na cenu stanovenou rozpočtem díváme ze dvou pohledů, a to z pohledu toho, kdo si stavbu objednal a toho, kdo ji bude platit. Stavební rozpočty neslouží jen ke stanovení celkové ceny stavby, jsou důležité pro plánování realizace

stavební výstavby, slouží k řízení subdodávek, pomáhají plánovat sled technologických prací anebo můžou sloužit v případě této práce, ke stanovení uhlíkové stopy objektu.

Rozpočtem stavby se rozumí soupis prací, dodávek materiálu a technologického zařízení nutných k provedení stavby. Smyslem vytvoření rozpočtu je odhadnutí ceny stavebního díla. Výsledná celková cena rozpočtu stavebního objektu vznikne součtem základních rozpočtových nákladů a vedlejších rozpočtových nákladů. Můžeme říct, že rozpočet je oceněný výkaz výměr, který vzniká na základě technické dokumentace objektu.

Výkaz by měl obsahovat práce a činnosti v průběhu celé výstavby objektu. Na základě správného stanovení výkazu výměr je sestaven rozpočet, díky kterému jsme schopni určit předpokládanou cenu stavebního díla. Výměry by měly být vyjadřovány v měrných jednotkách, někdy ovšem můžou být použity hodnoty např. soubor, komplet. [22]

Pro určení ceny stavebního objektu se většinou užívá položkového rozpočtu. Položkový rozpočet je strukturován do stavebních dílu, které jsou určeny třídíkem stavebních konstrukcí a prací TSKP. Pro usnadnění tvorby položkových rozpočtů jsou využívány softwarové nástroje, které obsahují databáze prací a materiálů.

3.4 Rozpočtový ukazatel

Rozpočtové ukazatele slouží investorům, projektantům i dodavatelům. Tyto ukazatele jsou pro ně zdrojem informací o cenách materiálů a výrobků již v předinvestiční fázi projektu. Rozpočtové ukazatele se dělí na dvě skupiny, a to dle účelových jednotek a dle technicky měrných jednotek. Stanovení ceny objektu je tak rychlé a snadné, ovšem nepříliš přesné.

Ocenění stavebního objektu pomocí ukazatelů se volí tehdy, pokud víme měrné nebo účelové jednotky objektu a jejich velikost.

- účelové jednotky – pro druhy nevýrobních investic (např. 1 žák, 1 lůžko apod.)
- měrné jednotky – m^3 obestavěného prostoru, m^2 zastavěné plochy

Rozpočtový ukazatel se vypočte jako podíl základních rozpočtových nákladů a velikosti stavebního objektu dle vzorce:

$$RU = \frac{ZRN}{SO}$$

Kde:

RU	rozpočtový ukazatel	
ZRN	základní rozpočtové náklady	
SO	stavební objekt a jeho velikost	[23]

JKSO neboli jednotná klasifikace stavebních objektů patří mezi nejvyužívanější pomůcky ve stavebnictví, i když se už stal oficiálně neplatným. Ve stavebnictví ho nahradily klasifikace CZ-CC a SKP. Struktura číselného kódu je pětistupňová, celkově tato klasifikace tvoří sedmimístný kód. [24]

Struktura číselného kódu JKSO:

1. až 3. místo	Obor
4. místo	Skupina
5. místo	Podskupina
6. místo	Konstrukčně materiálová charakteristika
7. místo	Druh stavení akce

Struktura číselného kódu JKSO – příklad:

803	Budovy pro bydlení
803 6	Domky rodinné jednobytové
803 61	Domky izolované
803 618	Svislá nosná konstrukce zděná z cihel, tvárnic, bloků
803 618 1	Novostavba objektu

3.5 Obestavěný prostor

Výpočet obestavěného prostoru je jedním ze základních kroků, aby se stanovila výchozí cena objektu. Obestavěný prostor dle ČSN 73 4055 stanovuje, že do obestavěného prostoru je nutné započítat obestavěný prostor základů stavby, tím se liší od výpočtu podle vyhlášky č. 441/2013 Sb. [25]

Výpočet obestavěného prostoru dle ČSN 73 4055:

$$OP_{celkem} = OP_z + OP_s + OP_v + OP_t$$

Kde:

OP_z	Obestavěný prostor základů
OP_s	Obestavěný prostor spodní stavby
OP_v	Obestavěný prostor vrchní stavby
OP_t	Obestavěný prostor zastřešení

Při výpočtu obestavěného prostoru se nesmí zapomenou na přípočet obestavěného prostoru účelově odlišných částí, jako jsou např.: lodžie, otvory a výklenky v obvodových zdech, průduchy a světlíky a jiné.

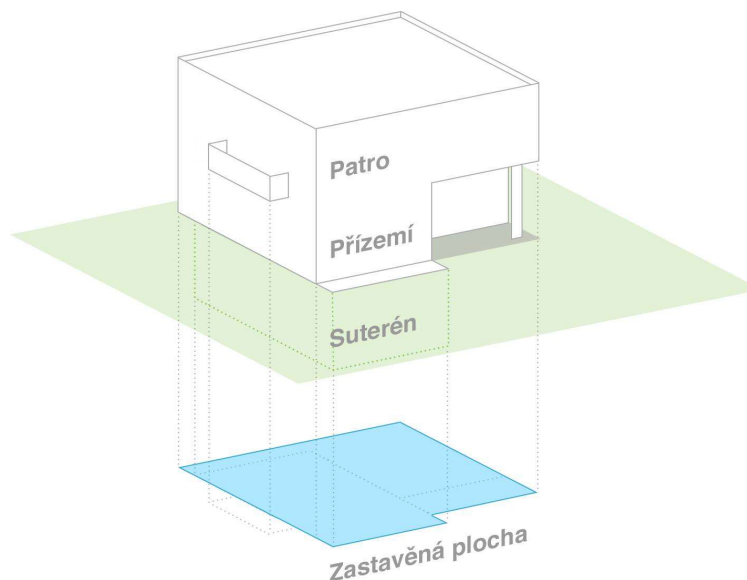
- Obestavěný prostor základových konstrukcí je vymezen horní rovinou izolace, nebo při její nepřítomnosti spodní úrovní podlahové konstrukce a je dán kubaturou základových konstrukcí.
- Obestavěný prostor spodní stavby je vymezen po stranách vnějšími plochami obvodových konstrukcí bez izolační přízdívky, dole spodní úrovní podlahy a nahoře horním povrchem stropní konstrukce.
- Obestavěný prostor vrchní části objektu je ohraničen vnější plochou obvodových konstrukcí. Dolní část je ohraničena horním povrchem stropní konstrukce a vrchní část je ohraničena stropní konstrukcí nacházející se v posledním podlaží. Pokud objekt nemá spodní část objektu, spodní hranici obestavěného prostoru tvoří horní rovina základových konstrukcí.
- Obestavěný prostor střechy je shora ohraničen vnějšími plochami střech a zdola je ohraničen úrovní horního povrchu stropní konstrukce posledního podlaží, případně pokud je součástí objektu i podkroví, je vymezen horním povrchem stropní konstrukce nad podkrovím. [26]

3.6 Zastavěná plocha

„Zastavěnou plochou stavby se rozumí plocha ohraničená pravoúhlými průměty vnějšího líce obvodových konstrukcí všech nadzemních i podzemních podlaží do vodorovné roviny. Plochy lodžií a arkýřů se započítávají. U objektů poloodkrytých (bez některých obvodových stěn) je zastavěná plocha vymezena obalovými čarami vedenými vnějšími líci

svislých konstrukcí do vodorovné roviny. U zastřešených staveb nebo jejich částí bez obvodových svislých konstrukcí je zastavěná plocha vymezena pravoúhlým průmětem střešní konstrukce do vodorovné roviny.“ [27]

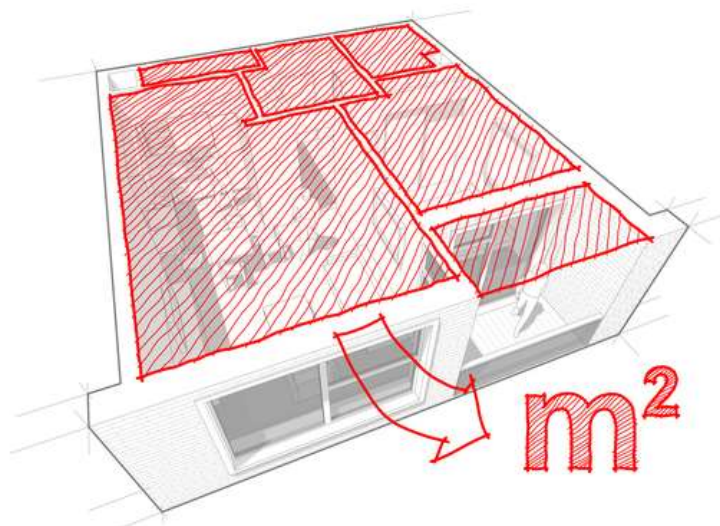
Zastavěnou plochu vypočítáme tedy tak, že promítneme vnější líc obvodových konstrukcí do vodorovné roviny, viz obrázek č. 4.



Obrázek 4 - Zastavěná plocha
(Zdroj: [27])

3.7 Užitná plocha

Užitná plocha objektu je určena obvodovými a dělicími konstrukcemi jednotlivých místností, do které se nezapočítávají konstrukční plochy jako sloupy, komíny, šachty apod. Součástí celkové užitné plochy obytné budovy jsou plochy používané jako obývací pokoje, kuchyně, ložnice, sklepy a místnosti s příslušenstvím.



Obrázek 5 - Užitná plocha

(Zdroj: [28])

3.6 Životní cyklus stavebního objektu

Každé stavební objekt, nehladaně na jeho účel, prochází vlastním životním cyklem. Životnost stavebního objektu je časové období, po který je daný stavební objekt schopen plnit svoji funkci. Pro určení celkového vlivu budovy na životní prostředí je využívána metodika hodnocení životního cyklu – LCA. Tato metodika je použitelná na jakýkoliv produkt lidské činnosti.

Hodnocení životního cyklu (LCA, Life Cycle Assessment) je vědecky podložený nástroj pro kvantifikaci dopadu výrobku na životní prostředí. Umožňuje vyhodnotit vliv produktu na životní prostředí v průběhu celého jeho životního cyklu. To znamená, od těžby materiálů, přes spotřebu energie, výroby, přepravy materiálu, použití a konečné likvidaci. LCA se ve stavebnictví používá z mnoha důvodů, např. v rané fázi návrhu budovy může být použit k identifikaci environmentálních dopadů budovy, hlavně stanovení potenciálu globálního oteplování. [29]

LCA se využívá dále pro výpočty LCC. LCC neboli analýza nákladů životního cyklu posuzuje všechny náklady, se vyskytnou po celou dobu životnosti stavby, včetně

nákladů na výstavbu, údržbu, provoz a demolici. LCC je nejpřesnější způsob, jak zvýšit úspory projektu budovy porovnáním různých alternativ návrhu.[29]

Do hodnocení dopadů na životní prostředí by měly vstupovat údaje z celého životního cyklu výrobku. Takový přístup bývá označován „Cradle to Grave“, od kolébky do hrobu. Zahrnuje tak všechny fáze životního cyklu od těžby surovin, přes výrobu, dopravu, výstavbu, užívání až po samotnou likvidaci. Pokud bude do fází zahrnuta i následná recyklace materiálů, hovoří se o přístupu „Cradle to Cradle“, můžeme tak říct, že celý životní cyklus uzavře. [9]

Jednotlivé fáze životního cyklu „Cradle to Cradle“:

- těžba surovin (včetně dopravy)
- výroba materiálu,
- doprava,
- zabudování materiálu do stavby,
- údržba materiálu,
- provoz budovy,
- demolice,
- recyklace materiálu.



Obrázek 6 - Životní cyklus
(Zdroj: [9])

4 METODIKA STANOVENÍ UHLÍKOVÉ STOPY PŘEPOČTENÉ NA PRODUKČNÍ JEDNOTKU ROZPOČTOVÉHO UKAZATELE

Cílem první části této práce je určení uhlíkové stopy na produkční jednotku rozpočtového ukazatel, a to převážně ve výrobní a realizační fázi budovy. Výpočet uhlíkové stopy zohledňuje především vliv životního cyklu používaných materiálů k výstavbě. Postup při stanovení uhlíkové stopy na produkční jednotku rozpočtového ukazatele je rozdělen do následujících bodů:

- Zdroj dat
- Předmět analýzy tvorby rozpočtového ukazatele
- Sběr dat
- Analýza tvorby rozpočtového ukazatele
- Interpretace výsledků

4.1 Zdroj dat

Pro výpočty a modelování životních cyklů produktů se používají různé specializované softwary a databáze inventarizačních dat. V této práci je použit profesionální LCA software One Click LCA, vytvořený firmou Bionova.

Software One Click LCA nabízí různé zdroje dat z celého světa. Pro účely výpočtů byla převážná většina dat převzata z databáze Cenia a Ökobaudat, a to díky největšímu pokrytí materiálů běžně používaných ve střední Evropě. Tento software LCA pokrývá fáze životního cyklu od kolébky po hrob. Rozlišuje fáze produktu, procesu výstavby, fázi užívání, provozní energie a konec životnosti. K výpočtu uhlíkové stopy byl zvolen systém LCA, samotný software poskytuje i jiné hodnocení, např. BREAMM Mat nebo Náklady životního cyklu CML.

Použitý software One Click LCA umožňuje zobrazení dat podle prvků, skupin a podskupin materiálů, které nejvíce přispívají určité kategorii dopadu. Díky tomu je možné posoudit i samotný podíl jednotlivých materiálů nebo konstrukčních prvků, tak i celkový environmentální dopad projektu.

Software poskytuje různé ukazatele dopadnu na životní prostředí: potenciál globálního oteplování (kg CO₂ e), potenciál okyselení (kg SO₂ e), potenciál eutrofizace (kg PO₄ e), potenciál poškozování ozónové vrstvy (kg CFC-11e), tvorbu ozonu nižší

atmosféry (kg Ethenee), celkové využití primární energie (MJ), potenciál abiotického vyčerpání (kg Sb e), a jiné. I když pro hodnocení životního cyklu jsou podstatné veškeré vyjmenované indikátory dopadu, pro účel této práce je zohledňována právě uhlíková stopa objektů, tedy potenciál globálního oteplování, který je udáván v měrných jednotkách kg CO₂ nebo t CO₂. [8]

One Click LCA rozděluje cyklus do několika fází viz tabulka č. 2 dle metodiky LEED, která definuje etapy životního cyklu (A1-A3, A4, B1-B5 a C1-C4), tedy „Cradle to Grave“. Model „Cradle to Grave“ zahrnuje tedy procesy od těžby surovin přes výrobu materiálu, dopravu, zabudování, údržbu během jeho životnosti až po likvidaci. Software udává potenciační zátěže i za hranici systému, nicméně tyto benefity a zátěže nezahrnuje do výsledků výpočtů.

A1-A3	A4-A5	B1-B7	C1-C4	D
Fáze produktu	Fáze výstavby	Fáze užívání	Fáze konce životnosti	Benefity a zátěže mimo hranici systému
A1 - Těžba surovin A2 - Doprava A3 - Výroba	A4 - Doprava na stavbu A5 - Zabudování	B1 - Užívání B2 - Údržba B3 - Oprava B4 - Výměna B5 - Renovace B6 - Spotřeba energie (provoz) B7 - Spotřeba vody (provoz)	C1 - Demolice C2 - Doprava C3 - Zpracování odpadu C4 - Nakládání s odpadem	Opětovné použití/obnova/recyklace

Tabulka 2 - Fáze životního cyklu
(Zdroj: [9])

Nástroj pro posuzování životního cyklu budovy One Click LCA ve výpočtech zahrnuje všechny zmíněné procesy a dopady. K určení uhlíkové stopy na produkční jednotku rozpočtového ukazatele je zapotřebí určit první dvě fáze, tedy fázi produktu (A1-A3) a fázi výstavby (A4-A5), jelikož jsou tyto dvě fáze pro účel této práce nej přesnější. Spotřeba energie a vody, která vykazuje největší dopad na globální oteplování, záleží například na druhu vytápění budovy, proto nejsou tyto fáze pro vyhodnocení celkové uhlíkové stopy přesné.

4.2 Předmět analýzy tvorby rozpočtového ukazatele

Ke stanovení množství materiálu k určení uhlíkové stopy objektu, je zapotřebí položkový rozpočet, technická zpráva a stavebně-konstrukční řešení stavby. K určení uhlíkové stopy a dopadu stavební výroby na životní prostředí bylo vybráno pět typových rodinných domů. Jedná se o jednopodlažní domy Talon, Roma, Rio, Fasthome a o patrový dům Domino. Konzultace a projektová dokumentace byla zajištěna firmou ÚRS CZ a.s. Charakteristika jednotlivých objektů se nachází níže.

Název objektu	TALON		
Popis objektu	rodinný dům je typový, samostatně stojící, jednopodlažní, nepodsklepený, půdorysný tvar domu obdélníkový, se sedlovou střechou s pultovým vikýřem		
Popis konstrukcí, technologií	Základy	základové pásy šířky 600 mm z prostého betonu C12/15 a z betonových tvárnic ztraceného bednění, základová deska tl. 150 mm z litého betonu vyztužena kari sítí	
	Obvodové zdivo, příčky	obvodové zdivo i vnitřní zdivo z pórobetonových tvárnic Ytong	
	Stropní konstrukce	zavěšený sádkartonový podhled	
	Krov	vaznicová soustava s vaznicemi a krokviemi	
	Střecha	dřevěný krov, pálená střešní tašková krytina, nad vikýři plechová krytina	
	Vytápění	nizkotepelným teplovodním systémem s nuceným oběhem vody	

Tabulka 3 - Charakteristika objektu Talon

(Zdroj: ÚRS CZ a.s.)

Název objektu	ROMA		
Popis objektu	rodinný dům je typový, samostatně stojící, jednopodlažní, nepodsklepený, půdorysný tvar domu L, s valbovou střechou		
Popis konstrukcí, technologií	Základy	základové pásy šířky 600 mm z prostého betonu C12/15 a z betonových tvárnic ztraceného bednění, základová deska tl. 150 mm z litého betonu vyztužena kari sítí	
	Obvodové zdivo, příčky	obvodové zdivo i vnitřní zdivo z cihelných bloků POROTHERM	
	Stropní konstrukce	stropní systém Porotherm	
	Krov	vaznicová soustava z příhradových vazníků	
	Střecha	dřevěný krov, pálená střešní tašková krytina	
	Vytápění	nizkoteplotním teplovodním systémem s nuceným oběhem vody	


Tabulka 4 - Charakteristika objektu Roma
(Zdroj: ÚRS CZ a.s.)

Název objektu	RIO 	
Popis objektu	rodinný dům je typový, samostatně stojící, jednopodlažní, nepodsklepený, půdorysný tvar domu obdélníkový, se sedlovou střechou	
Popis konstrukcí, technologií	Základy	základové pásy šířky 500 a 700 mm z prostého betonu C12/15 a z betonových tvárnic ztraceného bednění, základová deska tl. 150 mm z litého betonu vyztužena kari sítí
	Obvodové zdivo, příčky	obvodové zdivo i vnitřní zdivo z cihelných bloků POROTHERM
	Stropní konstrukce	stropní systém Porotherm
	Krov	vaznicová soustava s vaznicemi a krokve
	Střecha	dřevěný krov, pálená střešní tašková krytina
	Vytápění	nizkotepelným teplovodním systémem s nuceným oběhem vody

Tabulka 5 - Charakteristika objektu RIO
(Zdroj: ÚRS CZ a.s.)

Název objektu	DOMINO 	
Popis objektu	rodinný dům je typový, samostatně stojící, dvoupodlažní, nepodsklepený, půdorysný tvar domu obdélníkový, se sedlovou střechou	
Popis konstrukcí, technologií	Základy	základové pásy šířky 590 a 740 mm z prostého betonu C16/20 a z betonových tvárnic ztraceného bednění, základová deska tl. 150 mm z litého betonu vyztužena kari sítí
	Obvodové zdivo, příčky	obvodové zdivo i vnitřní zdivo z cihelných bloků POROTHERM
	Stropní konstrukce	stropní systém Porotherm
	Krov	dřevěná hambálková soustava
	Střecha	dřevěný krov, pálená střešní tašková krytina
	Vytápění	nizkoteplotním teplovodním systémem s nuceným oběhem vody

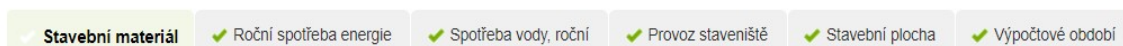
Tabulka 6 - Charakteristika objektu Domino
(Zdroj: ÚRS CZ a.s.)

Název objektu	FASTHOME 	
Popis objektu	rodinný dům je typový, samostatně stojící, jednopodlažní, nepodsklepený, půdorysný tvar domu obdélníkový, se sedlovou střechou	
Popis konstrukcí, technologií	Základy	základové pásy šířky 600 a 740 mm z prostého betonu C12/15 a z betonových tvárnic ztraceného bednění, základová deska tl. 150 mm z litého betonu vyztužena kari sítí
	Obvodové zdivo, příčky	obvodové zdivo i vnitřní zdivo z pórobetonových tvárnic YTONG
	Stropní konstrukce	stropní systém Ytong Klasik
	Krov	vaznicová soustava s vaznicemi a krokve
	Střecha	dřevěný krov, pálená střešní tašková krytina
	Vytápění	nizkoteplotním teplovodním systémem s nuceným oběhem vody

Tabulka 7 - Charakteristika objektu Fasthome
(Zdroj: ÚRS CZ a.s.)

4.3 Sběr dat

K celkovému hodnocení životního cyklu je zapotřebí znát tyto vstupní údaje: stavební materiál, roční spotřebu energie, roční spotřebu vody, provoz staveniště, stavební plochu či objem a výpočtové období.



Obrázek 7 - Vstupní údaje One Click LCA
(Zdroj: [29])

4.3.1 Stavební materiál

Software OneClick LCA umožňuje nahrávat data několika možnými způsoby. Stavební materiály se můžou zadávat ručně anebo se datové soubory mohou nahrávat z aplikací Excel, Revit, IFC, IESVE, energetických modelů a dalších nástrojů. Za účelem nahrávání dat byly vytvořeny excelové soubory s výkazem materiálů a výměr pro jednotlivé části domů. Tyto importované excelové soubory byly vytvořeny na základě položkových rozpočtů jednotlivých objektů a jejich projektové dokumentace. Aby bylo možné tyto soubory importovat, bylo nutné rozdělit materiály do tříd, viz tabulka č. 8. Jednotlivé importované soubory pro každý hodnocený objekt jsou uvedeny v přílohách této práce.

1. ZÁKLADY A SPODNÍ KONSTRUKCE	
	Základové, podpovrchové, suterénní a opěrné zdi
2. VERTIKÁLNÍ KONSTRUKCE A FASÁDA	
	Vnější stěny a fasáda Sloupy a nosné vertikální struktury Vnitřní stěny a nenosné konstrukce
3. VODOROVNÉ KONSTRUKCE: TRÁMY, PODLAHY, STŘECHY	
	Podlahové desky, stropy, střešní palubky, trámy a střechy
4. OSTATNÍ STRUKTURY A MATERIÁLY	
	Ostatní struktury a materiály (schody, balkony, výtahové šachty) Okna a dveře Povrchové úpravy a krytiny

Tabulka 8 - Rozdělení materiálu do tříd
(Zdroj: vlastní)

Pro stanovení uhlíkové stopy bylo nutné jednotlivé materiály začlenit. Buď je vyhledán přesný produkt od výrobce nebo se najde nejbližší shoda. V případě nutnosti je možné využít obecná data, toho se využije v případě, kdy se nemůže najít vhodný produkt, proto se využije produkt s podobnou kvalitou. Tyto obecné materiály se nachází převážně v německé databázi oekobau.dat. Každý materiál má ovšem svoji určitou životnost, která je potřebná k výpočtu dopadů na výměnu a likvidaci v kategorii B4-B5. V programu One Click LCA lze definovat výchozí životnost, která je automaticky použita na každý materiál. Pokud by bylo zapotřebí, lze tuto hodnotu v nastavení provést ručně, této možnosti v práci nebylo potřeba využít.

Obdobně je tomu i u přepravní vzdálenosti materiálu. Pro každý materiál v posuzované budově je použitý dopravní režim a vzdálenost od výrobce stavebního materiálu k staveništi. Vzdálenosti jsou automaticky definovány pomocí kompenzačního faktoru. Jelikož hodnocené budovy se nachází v ČR byl vybrán místní kompenzační faktor, který upravuje dopady výroby materiálu v jiné zemi tak, aby představoval výrobu ve zvolené zemi. Proto se ve výchozím nastavení softwaru určí lokalizace materiálu, která pro všechny další objekty zůstává stejná, aby nedocházelo k nejasnostem.

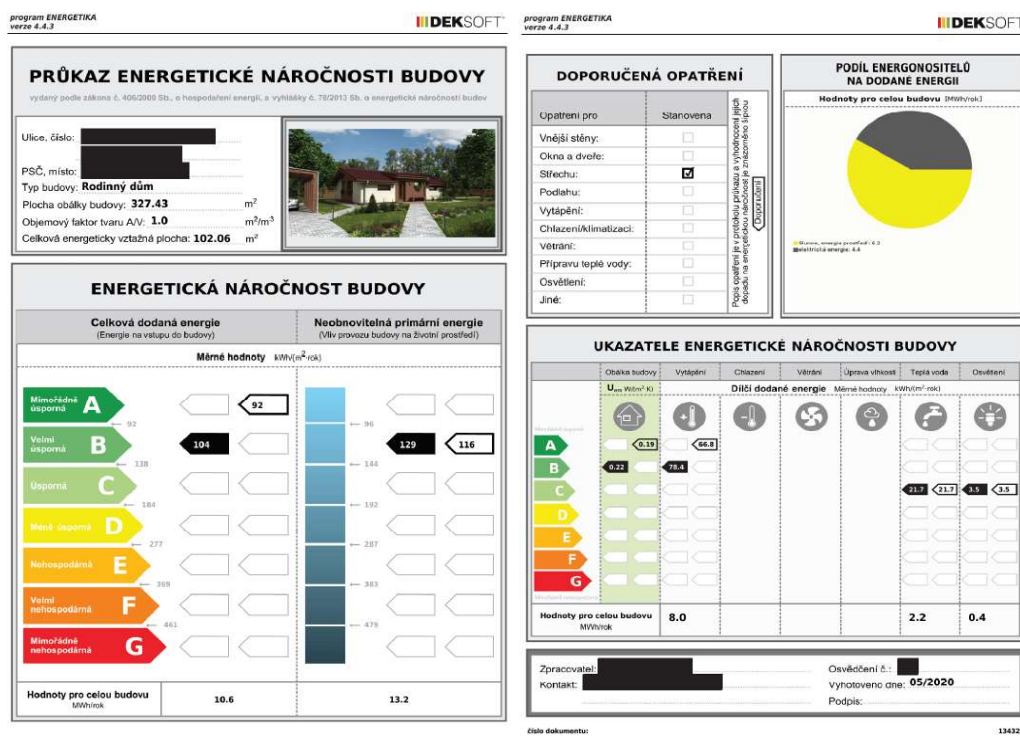
Rozsah materiálů zahrnutých do výpočtu je uveden v následující tabulce č. 9. V hodnocení nebyly uvažovány tyto položky: zařizovací předměty, oddíly inženýrských sítí ani vedlejší rozpočtové náklady.

Stavební díl	Zahrnuto	Poznámka
Zemní práce	ne	
Zakládání	ano	včetně bednění
Svislé konstrukce	ano	zdivo, zděné příčky, překlady, přizdívky
Vodorovné konstrukce	ano	ztužující pásy, věnce
Komunikace	ne	
Úpravy povrchů, podlah	ano	
Úpravy povrchů vnitřní	ano	
Úpravy povrchů vnější	ano	
Izolace proti vodě	ano	
Izolace tepelné	ano	
Konstrukce tesařské	ano	
Konstrukce suché výstavby	ano	SDK příčky, podhledy
Konstrukce klempířské	ano	krytiny, oplechování, svody
Krytina střech	ano	
Konstrukce truhlářské	ne	
Výplně otvorů	ne	dveře, okna
Zámečnické konstrukce	ne	
Povrchy podlah	ano	
Obklady	ano	
Malby, nátěry	ano	
Kanalizace, vodovod	ne	
Elektroinstalace	ne	
Vytápění	ne	
Vedlejší rozpočtové náklady	ne	

Tabulka 9 – Rozsah konstrukčních dílů zahrnutých v metodice LCA
(Zdroj: vlastní)

4.3.2 Roční spotřeba energie

Roční spotřeba energie každého rodinného domu je stanovena na základě průkazu energetické náročnosti budovy. Zdrojem elektrické energie je určena Elektricity, Czech Republic dle programu Bionova standardu EN15804. Potenciál globálního oteplení je 0,59 kg CO₂ e/kWh.



Obrázek 8 - Průkaz energetické náročnosti budovy

(Zdroj: ÚRS CZ a.s.)

Níže v tabulce č. 10 jsou uvedené hodnoty roční spotřeby energie v MWh/rok pro jednotlivé posuzované rodinné domy. Tyto data byly vyčteny z energetických průkazů, které byly poskytnuty společně s projektovou dokumentací objektů.

Název rodinného domu	Roční spotřeba energie [MWh/rok]
Talon	12,4
Roma	17,8
Rio	13,3
Domino	11,8
Fasthome	13,7

Tabulka 10 - Spotřeba energie hodnocených objektů (Zdroj: ÚRS CZ a.s.)

4.3.3 Spotřeba vody, roční

Roční spotřeba vody je uvažována pro všechny typy domů stejná. Je uvažován model, kdy v domě žije čtyřčlenná rodina. Průměrná spotřeba vody za rok dle vyhlášky č. 120/2011 Sb. je 35 m³ na jednoho obyvatele domu, dále se ke spotřebě připočítává 1 m³ na spotřebu spojenou s očištěním okolí rodinného domu. Roční spotřeba vody na jednoho obyvatele dělá tedy 36 m³, pro čtyřčlennou rodinu 144 m³ za rok.

4.3.4 Provoz staveniště

One Click LCA umožňuje přidat dopady související s provozem staveniště pomocí dat specifických pro projekt nebo použít průměrné dopady podle klimatického pásma. Pro účel této práce je využit scénář staveniště dle průměrů našeho klimatického pásma, mírné podnebí. Vybírá se vhodná klimatická oblast a zastavěná plocha budovy v m². Průměry zahrnují průměrné dopady elektřiny, spotřeby paliva a produkce odpadu na jednotlivé klimatické oblasti. Předpokládaná průměrná produkce stavebního odpadu pro mírný podnebný pás je 5 kg/m², předpokládaná spotřeba elektřiny 37 kWh/m² a předpokládané celkové využití nafty 4,5 l/m². Potenciál globálního oteplování (A1-A3) je 30,34 kg CO₂ e/m². [29]

4.3.5 Stavební plocha a výpočtové období

Program umožňuje srovnání více variant možných řešení budov a výpočet dopadů LCA na podlahovou plochu, pro tyto účely potřebuje znát stavební plochu. Uvádí se vždy hrubá vnitřní podlahová plocha (GIFA) v m². Hrubá vnitřní podlahová plocha je plocha budovy měřená k vnitřnímu povrchu obvodových stěn každé úrovni patra. Dále se mohou uvést další podrobnosti, např. počet uživatelů.

Výpočtové období definuje životnost budovy, všechny dopady se počítají za toto období. Program povoluje hodnoty mezi 0 a 80 lety. A i když je životnost zděného domu přibližně 100 let, pro potřeby práce byla stanovena životnost 50 let. Spadá tak pod povolené hodnoty programu, a pro účely první části práce je potřebná fáze produktu a výstavby, na kterou životnost celé budovy nemá vliv.

4.3.6 Shrnutí sběru dat

Potřebná data k výpočtu celkové uhlíkové stopy jednotlivých hodnocených objektů jsou uvedeny v tabulce č. 11. Tyto údaje jsou potřebné pro správné vyhodnocení environmentálních dopadů objektů.

	Talon	Roma	Rio	Domino	Fasthome
OP celkem [m ³]	457,60	899,82	591,53	523,19	604,77
Zastavěná plocha [m ²]	102,06	196,78	121,37	81,88	129,36
Užitná plocha [m ²]	78,66	147,94	95,54	120,85	101,41
Spotřeba energie [MWh/rok]	12,4	17,80	13,30	11,80	13,7
Spotřeba vody [m ³ /rok]	144	144	144	144	144

Tabulka 11 - Souhrnná tabulka potřebná k výpočtu uhlíkové stopy
(Zdroj: vlastní)

Obestavěný prostor je objem stavby vyjádřený v m³. Pro účel této práce byl zvolen výpočet dle ČSN 73 4055. Výpočet obestavěného prostoru OP:

$$\text{OP celkem} = \text{OP základů} + \text{OP spodní stavby} + \text{OP vrchní stavby} + \text{OP střechy}$$

Popis	Podlažnost	OP základů [m³]	OP spodní a vrchní stavby [m³]	OP střechy [m³]	OP celkem [m³]
Talon	bungalov	53,61	284,08	119,91	457,60
Roma	bungalov	76,89	589,88	233,05	899,82
Rio	bungalov	71,46	364,11	155,96	591,53
Domino	patrový	46,81	431,17	45,21	523,19
Fasthome	bungalov	52,01	388,08	164,68	604,77

Tabulka 12 - Obestavěný prostor
(Zdroj: vlastní)

4.4 Analýza tvorby rozpočtového ukazatele

Tento ukazatel, stanovený na produkční jednotku, může sloužit pro potřeby rychlého a snadného stanovení orientační velikosti uhlíkové stopy. Základním principem je obdobně jako u ocenění objektů, zařazení objektů dle JKSO a určení množství technických jednotek, např. m³ obestavěného prostoru nebo m² zastavěné plochy.

U jednotlivých objektů je nutné stanovení jejich uhlíkové stopy v kg CO₂ a jejich obestavěný prostor, případně zastavěnou plochu objektů. Podílem uhlíkové stopy a obestavěného prostoru, nebo ZP, se dostane nový ukazatel, v měrných jednotkách kg CO₂/m³, případně CO₂/m². Tento ukazatel by mohl pomoci k předběžnému určení uhlíkové stopy budovy, tedy jak stavební výroba ovlivní životní prostředí.

Za účelem stanovení uhlíkové stopy na měrnou jednotku byly vybrány typové samostatně stojící rodinné domy, začleněny dle JKSO: 803 618 1. Jednotlivé objekty se liší ve velikostech obestavěného prostoru, tedy i v zastavěné ploše. Nenacházejí se zde ale žádné extrémní hodnoty, které by bylo nutné vyloučit z důvodu zkreslování výsledků.

4.5 Interpretace výsledků

V následujících tabulkách a obrázcích jsou vyčísleny dopady na životní prostředí v průběhu celého životního cyklu každého hodnoceného rodinného domu. Největší podíl uhlíkové stopy nese spotřeba energie a za ní následují právě konstrukční materiály. K výpočtu uhlíkové stopy na produkční jednotku rozpočtového ukazatele ovšem slouží první dvě fáze. Fáze produktu, která zahrnuje těžbu surovin, dopravu a samotnou výrobu materiálů a fázi výstavby zahrnující dopravu na stavbu a zabudování.

4.5.1 Uhlíková stopa jednotlivých objektů

4.5.1.1 Vyčíslení uhlíkové stopy objektu Talon

Celková stanovená uhlíková stopa za celý hodnocený životní cyklus budovy činí **439,42 t CO₂ e**. Z toho přibližně 370 t CO₂ e dělá spotřeba energie, a to za dobu 50 let užívání stavby. Pro stanovení uhlíkové stopy na produkční jednotku jsou zapotřebí první fáze (A1-A5), viz tabulky níže.

Kategorie výsledků	Globální oteplování kg CO ₂ e	Okyselení kg SO ₂ e	Eutrofizace kg PO ₄ e
A1-A3	47 372,74	1 594,47	27,88
A4	1 510,52	3,92	0,83
A5	3096,85	11,2	6,79
B1-B5	12 377,99	5 884,32	18,68
B6	368 010,78	2 422,18	331,36
B7	4 985,14	34,88	99,88
C1-C4	2 061,72	7,01	1,41
D	-9 759,3	-21,51	-5,08
Celkový	439 415,74	9 957,98	486,83

Obrázek 9 - Výsledky hodnocení životního cyklu Talon
(Zdroj: výstup One Click LCA)

Konstrukční materiály se jako druhé podílejí nejvíce na tvorbě uhlíkové stopy. U tohoto objektu je uhlíková stopa konstrukčních materiálů 47 372,73 kg CO₂ e, z toho největší zastoupení mají základy a spodní konstrukce. Uhlíková stopa dopravy je rozdělena dle konstrukcí, kde největší podíl 75,35 % činí také základy a spodní konstrukce.

Rodinný dům TALON		
Konstrukční materiály	Globální oteplování	Podíl
(fáze A1 – A3)	[kg CO ₂ e]	[%]
Základy a spodní konstrukce	15 799,08	33,35
Vnější stěny a fasáda	8 029,64	16,95
Vnitřní stěny a nenosné konstrukce	5 221,00	11,02
Vodorovné konstrukce	13 545,18	28,59
Ostatní konstrukce	2 075,98	4,38
Povrchové úpravy	2 701,85	5,70
Celkem	47 372,73 kg CO₂ e	100 %

Tabulka 13 – Uhlíková stopa konstrukčních materiálů Talon
(Zdroj: vlastní)

Rodinný dům TALON		
Doprava	Globální oteplování	Podíl
(fáze A4)	[kg CO ₂ e]	[%]
Základy a spodní konstrukce	1 138,22	75,35
Vnější stěny a fasáda	71,34	4,72
Vnitřní stěny a nenosné konstrukce	44,56	2,95
Vodorovné konstrukce	132,04	8,74
Ostatní konstrukce	96,79	6,41
Povrchové úpravy	27,57	1,83
Celkem	1 510,52 kg CO₂ e	100 %

Tabulka 14 – Uhlíková stopa dopravy Talon
(Zdroj: vlastní)

Rodinný dům TALON		
Proces výstavby	Globální oteplování	Podíl
(fáze A5)	[kg CO ₂ e]	[%]
Provoz staveniště (Celkem)	3 096,85 kg CO₂ e	100 %

Tabulka 15 – Uhlíková stopa výstavby Talon
(Zdroj: vlastní)

Pro potřeby stanovení uhlíkové stopy na produkční jednotku rozpočtového ukazatele je nutné vyčíslení uhlíkové stopy konstrukčních materiálů (47 372,73 kg CO₂ e), dopravy (1 510,52 kg CO₂ e) a výstavby (3 096,85 kg CO₂ e). Celkem uhlíková stopa fáze A1-A5 je 51 980,10 kg CO₂ e.

4.5.1.2 Vyčíslení uhlíkové stopy objektu Roma

Celková stanovená uhlíková stopa za celý hodnocený životní cyklus budovy Roma činí 665,30 t CO₂ e. Uhlíková stopa konstrukčních materiálů objektu Roma je vyčíslena na 110 868,99 kg CO₂ e. Oproti rodinného domu Talon je značně vyšší, neboť objekt Roma je přibližně o 400 m³ obestavěného prostoru větší, tím pádem je zde spotřebováno i více materiálu. Uhlíková stopa objektu Roma pro fáze A1-A5 po součtu dělá 120 267,20 kg CO₂ e.

Kategorie výsledků	Globální oteplování kg CO ₂ e ?	Okyselení kg SO ₂ e ?	Eutrofizace kg PO ₄ e ?
A1-A3 ? Konstrukční materiály	110 868,99	1309,97	56,42
A4 ? Doprava na místo	3 427,22	9,85	2,11
A5 ? Proces výstavby / instalace	5 970,99	21,6	13,09
B1-B5 ? Údržba a výměna materiálu	8 732,7	4 358,59	12,97
B6 ? Spotřeba energie	528 273,54	3 476,99	475,66
B7 ? Použití vody	4 985,14	34,88	99,88
C1-C4 ? Dekonstrukce	3 038,28	12,15	2,48
D ? Vnější dopady (nejsou zahrnuty v součtech)	-11 198,31	-34,57	-8,73
Celkový	665 296,85	9 224,04	662,61

Obrázek 10 - Výsledky hodnocení životního cyklu Roma
(Zdroj: výstup One Click LCA)

Rodinný dům ROMA		
Konstrukční materiály	Globální oteplování	Podíl
(fáze A1 – A3)	[kg CO ₂ e]	[%]
Základy a spodní konstrukce	48 524,47	43,77
Vnější stěny a fasáda	14 917,80	13,46
Vnitřní stěny a nenosné konstrukce	7 867,14	7,1
Vodorovné konstrukce	29 203,71	26,34
Ostatní konstrukce	2 752,93	2,48
Povrchové úpravy	7 602,94	6,86
Celkem	110 868,99 kg CO₂ e	100 %

Tabulka 16 - Uhlíková stopa konstrukčních materiálů Roma
(Zdroj: vlastní)

Rodinný dům ROMA		
Doprava	Globální oteplování	Podíl
(fáze A4)	[kg CO ₂ e]	[%]
Základy a spodní konstrukce	2 462,75	71,86
Vnější stěny a fasáda	121,72	3,55
Vnitřní stěny a nenosné konstrukce	50,41	1,47
Vodorovné konstrukce	570,32	16,64
Ostatní konstrukce	132,94	3,88
Povrchové úpravy	89,07	2,6
Celkem	3 427,22 kg CO₂ e	100 %

Tabulka 17 – Uhlíková stopa dopravy Roma
(Zdroj: vlastní)

Rodinný dům ROMA		
Proces výstavby	Globální oteplování	Podíl
(fáze A5)	[kg CO ₂ e]	[%]
Provoz staveniště (Celkem)	5 970,99 kg CO₂ e	100 %

Tabulka 18 - Uhlíková stopa výstavby Roma
(Zdroj: vlastní)

4.5.1.3 Vyčíslení uhlíkové stopy objektu Rio

Uhlíková stopa stavebního objektu Rio za celý hodnocený životní cyklus budovy, tedy dobu 50 let, byla stanovena na **482,74 t CO₂ e**. Jako u všech objektů, největší podíl na uhlíkové stopě nese fáze užívání stavby, respektive spotřeba energie. Celkové vyčíslení CO₂ pro fáze potřebné k výpočtu je **68 502,2 kg CO₂ e**. Z toho samotné materiály nesou s sebou největší zátěž na životní prostředí, přibližně **62,66 t CO₂ e**.

Kategorie výsledků	Globální oteplování kg CO ₂ e ?	Okyselení kg SO ₂ e ?	Eutrofizace kg PO ₄ e ?
A1-A3 ? Konstrukční materiály	62 664,58	772,45	37,12
A4 ? Doprava na místo	2 154,83	5,99	1,28
A5 ? Proces výstavby / instalace	3 682,79	13,32	8,07
B1-B5 ? Údržba a výměna materiálů	12 435,51	2 534,6	12,94
B6 ? Spotřeba energie	394 721,24	2 597,98	355,41
B7 ? Použití vody	4 985,14	34,88	99,88
C1-C4 ? Dekonstrukce	2 092,37	8,3	1,71
D ? Vnější dopady (nejsou zahrnuty v součtech)	-10 760,34	-21,38	-5,48
Celkový	482 736,45	5 967,52	516,41

Obrázek 11 - Výsledky hodnocení životního cyklu Rio
(Zdroj: výstup One Click LCA)

Rodinný dům RIO		
Konstrukční materiály	Globální oteplování	Podíl
(fáze A1 – A3)	[kg CO ₂ e]	[%]
Základy a spodní konstrukce	18 404,27	29,37
Vnější stěny a fasáda	10 611,61	16,93
Vnitřní stěny a nenosné konstrukce	6 602,86	10,54
Vodorovné konstrukce	21 507,5	34,32
Ostatní konstrukce	1 679,38	2,68
Povrchové úpravy	3 858,96	6,16
Celkem	62 664,58 kg CO₂ e	100 %

Tabulka 19 - Uhlíková stopa konstrukčních materiálů Rio
(Zdroj: vlastní)

Rodinný dům RIO		
Doprava	Globální oteplování	Podíl
(fáze A4)	[kg CO ₂ e]	[%]
Základy a spodní konstrukce	1 336,73	62,03
Vnější stěny a fasáda	86,82	4,03
Vnitřní stěny a nenosné konstrukce	50,40	2,34
Vodorovné konstrukce	564,78	26,21
Ostatní konstrukce	69,81	3,24
Povrchové úpravy	46,30	2,15
Celkem	2 154,83 kg CO₂ e	100 %

Tabulka 20 - Uhlíková stopa dopravy Rio
(Zdroj: vlastní)

Rodinný dům RIO		
Proces výstavby	Globální oteplování	Podíl
(fáze A5)	[kg CO ₂ e]	[%]
Provoz staveniště (Celkem)	3 682,79 kg CO₂ e	100 %

Tabulka 21 - Uhlíková stopa výstavby Rio
(Zdroj: vlastní)

4.5.1.4 Vyčíslení uhlíkové stopy objektu Domino

Celková stanovená uhlíková stopa rodinného domu Domino je dle obrázku č. 12 **426,603 t CO₂ e**. Pro potřeby stanovení uhlíkové stopy je nutné vyčíslení uhlíkové stopy fáze konstrukčních materiálů (**56,3 t CO₂ e**), fáze dopravy (**1,6 t CO₂ e**) a výstavby (**2,5 kg CO₂ e**). Celkem uhlíková stopa fází A1-A5 je **60 361,23 kg CO₂ e**.

Kategorie výsledků	Globální oteplování kg CO ₂ e ?	Okyselení kg SO ₂ e ?	Eutrofizace kg PO ₄ e ?
A1-A3 ? Konstrukční materiály	56 279,63	860,03	29,21
A4 ? Doprava na místo	1597,08	4,25	0,91
A5 ? Proces výstavby / instalace	2 484,52	8,99	5,45
B1-B5 ? Údržba a výměna materiálu	9 228,92	2 961,41	13,04
B6 ? Spotřeba energie	350 203,81	2 304,97	315,33
B7 ? Použití vody	4 985,74	34,88	99,88
C1-C4 ? Dekonstrukce	1 824,32	6,85	1,45
D ? Vnější dopady (nejsou zahrnuty v součtech)	-9 757,01	-20,18	-4,92
Celkový	426 603,42	6 181,39	465,25

Obrázek 12 -Výsledky hodnocení životního cyklu Domino
(Zdroj: výstup One Click LCA)

Rodinný dům DOMINO		
Konstrukční materiály	Globální oteplování	Podíl
(fáze A1 – A3)	[kg CO ₂ e]	[%]
Základy a spodní konstrukce	13 934,23	24,76
Vnější stěny a fasáda	13 672,90	24,29
Vnitřní stěny a nenosné konstrukce	4 125,31	7,33
Vodorovné konstrukce	16 732,43	29,73
Ostatní konstrukce	2 786,87	4,95
Povrchové úpravy	5 027,88	8,93
Celkem	56 279,63 kg CO₂ e	100 %

Tabulka 22 - Uhlíková stopa konstrukčních materiálů Domino
(Zdroj: vlastní)

Rodinný dům DOMINO		
Doprava	Globální oteplování	Podíl
(fáze A4)	[kg CO ₂ e]	[%]
Základy a spodní konstrukce	969,18	60,68
Vnější stěny a fasáda	118,19	7,4
Vnitřní stěny a nenosné konstrukce	31,01	1,94
Vodorovné konstrukce	276,45	17,31
Ostatní konstrukce	148,86	9,32
Povrchové úpravy	53,39	3,34
Celkem	1 597,08 kg CO₂ e	100 %

Tabulka 23 - Uhlíková stopa dopravy Domino
(Zdroj: vlastní)

Rodinný dům DOMINO		
Proces výstavby	Globální oteplování	Podíl
(fáze A5)	[kg CO ₂ e]	[%]
Provoz staveniště (Celkem)	2 484,52 kg CO₂ e	100 %

Tabulka 24 - Uhlíková stopa výstavby Domino
(Zdroj: vlastní)

4.5.1.1 Vyčíslení uhlíkové stopy objektu Fasthome

Posledním pátým objektem, který je zahrnutý do výpočtu stanovení uhlíkové stopy na produkční jednotku, je rodinný dům Fasthome. Celková uhlíková stopa za celý hodnocený cyklus budovy dělá **503,31 t CO₂ e**. Jako u všech objektů, největší podíl na uhlíkové stopě nese fáze užívání stavby, respektive spotřeba energie. Na druhém místě materiály s uhlíkovou stopou **74 433,87 kg CO₂ e**. Celkové vyčíslení CO₂ pro fáze potřebné k výpočtu (A1-A5) je **80 322,23 kg CO₂ e**.

Kategorie výsledků	Globální oteplování kg CO ₂ e	Okyselení kg SO ₂ e	Eutrofizace kg PO ₄ e
A1-A3 ? Konstrukční materiály	74 433,87	2 055,43	36,51
A4 ? Doprava na místo	1 963,13	5,15	1,1
A5 ? Proces výstavby / instalace	3 925,23	14,2	8,61
B1-B5 ? Údržba a výměna materiálu	8 785,97	7 562,23	23,48
B6 ? Spotřeba energie	406 592,55	2 676,11	366,1
B7 ? Použití vody	4 985,14	34,88	99,88
C1-C4 ? Dekonstrukce	2 629,89	9,48	1,94
D ? Vnější dopady (nejsou zahrnuty v součtech)	-10 562,06	-22,33	-5,75
Celkový	503 315,79	12 357,48	537,6

Obrázek 13 - Výsledky hodnocení životního cyklu Fasthome
(Zdroj: výstup One Click LCA)

Rodinný dům FASTHOME		
Konstrukční materiály	Globální oteplování	Podíl
(fáze A1 – A3)	[kg CO ₂ e]	[%]
Základy a spodní konstrukce	19 110,50	25,67
Vnější stěny a fasáda	10 501,03	14,11
Vnitřní stěny a nenosné konstrukce	5 921,56	7,96
Vodorovné konstrukce	31 202,92	41,92
Ostatní konstrukce	2 265,45	3,04
Povrchové úpravy	5 432,40	7,30
Celkem	74 433,87 kg CO₂ e	100 %

Tabulka 25 - Uhlíková stopa konstrukčních materiálů Fasthome
(Zdroj: vlastní)

Rodinný dům FASTHOME		
Doprava	Globální oteplování	Podíl
(fáze A4)	[kg CO ₂ e]	[%]
Základy a spodní konstrukce	1 364,82	69,52
Vnější stěny a fasáda	65,54	3,29
Vnitřní stěny a nenosné konstrukce	34,75	1,87
Vodorovné konstrukce	374,24	19,06
Ostatní konstrukce	76,13	3,88
Povrchové úpravy	46,65	2,38
Celkem	1 963,13 kg CO₂ e	100 %

Tabulka 26 - Uhlíková stopa dopravy Fasthome
(Zdroj: vlastní)

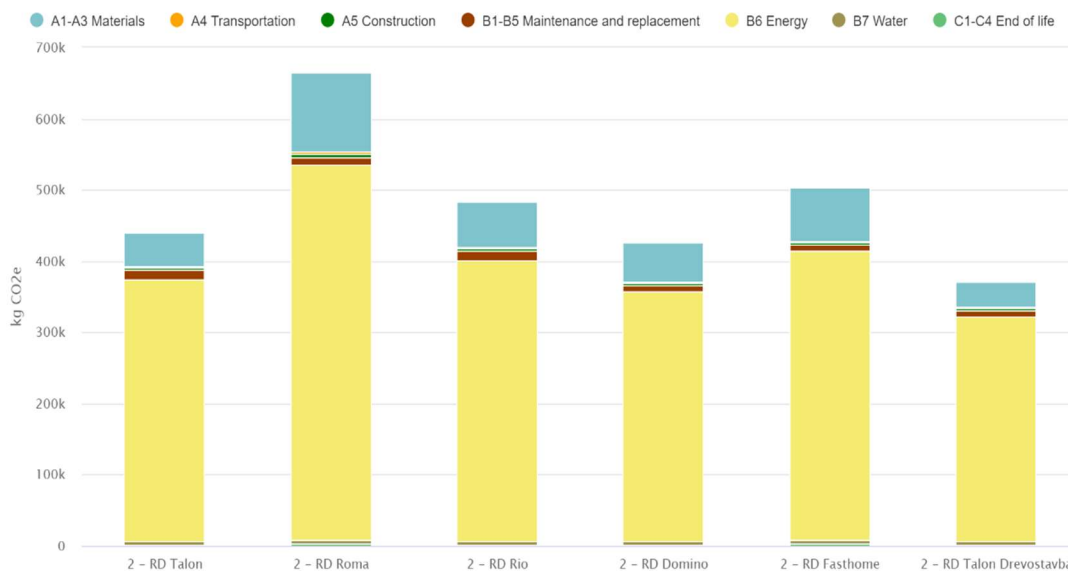
Rodinný dům FASTHOME		
Proces výstavby	Globální oteplování	Podíl
(fáze A5)	[kg CO ₂ e]	[%]
Provoz staveniště (Celkem)	3 925,23 kg CO₂ e	100 %

Tabulka 27 - Uhlíková stopa výstavby Fasthome
(Zdroj: vlastní)

U všech pěti hodnocených objektů je to právě fáze produktu, která se významně podílí na globálním oteplování. Nejvíce přispívající konstrukční materiály, které ovlivňují životní prostředí svojí těžbou, dopravou, výrobou i následným zabudováním se nacházejí v základových konstrukcích. Jedná se převážně o beton základových pasů a základových desek který sebou nese vysokou uhlíkovou stopu, právě proto, že je objemově nejvíce zastoupen. Hned za betonem je největší producent uhlíkové stopy zdivo, také z důvodu objemové významnosti a konstrukční ocel.

4.4 Interpretace výsledků

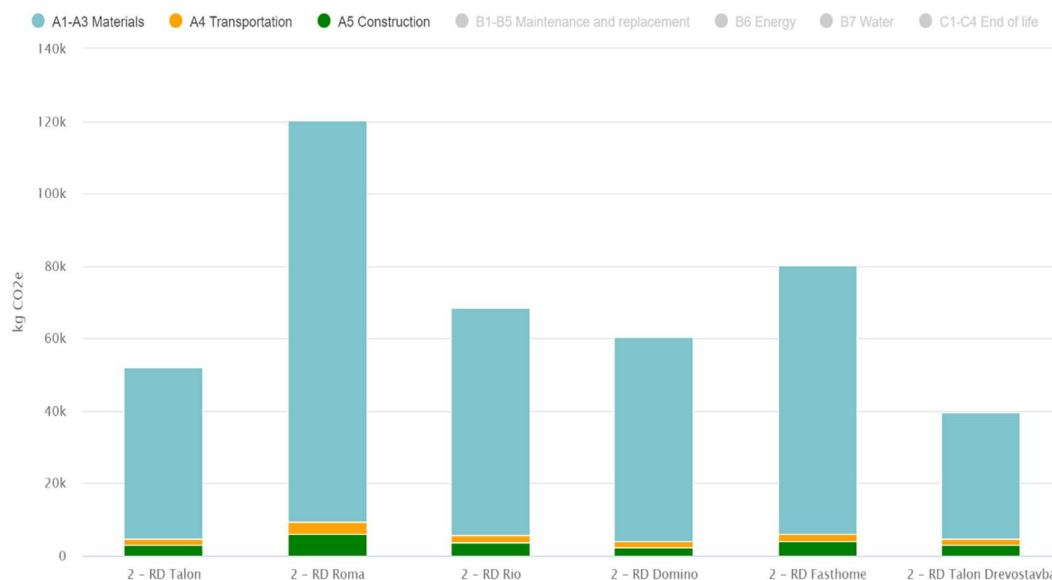
Cílem této části práce bylo stanovení uhlíkové stopy přepočtené na produkční jednotku rozpočtového ukazatele.



Obrázek 14 - Hodnocení životního cyklu

(Zdroj: výstup One Click LCA)

Obrázek č. 14 graficky znázorňuje uhlíkovou stopu jednotlivých objektů, potřebných k analýze tvorby rozpočtového ukazatele. Je zde dále možné vidět, že právě energie u všech objektů a její původ má největší vliv na utváření uhlíkové stopy. A proto k tvorbě rozpočtového ukazatele jsou brány v úvahu pouze první fáze (A1-A5) z celého životního cyklu budovy, viz obrázek č. 15. Zde jsou graficky zobrazeny právě fáze, které byly vybrány ke stanovení uhlíkové stopy na produkční jednotku (konstrukční materiály, doprava, a jejich zabudování).



Obrázek 15 - Hodnocení životního cyklu fází A1-A3
(Zdroj: výstup One Click LCA)

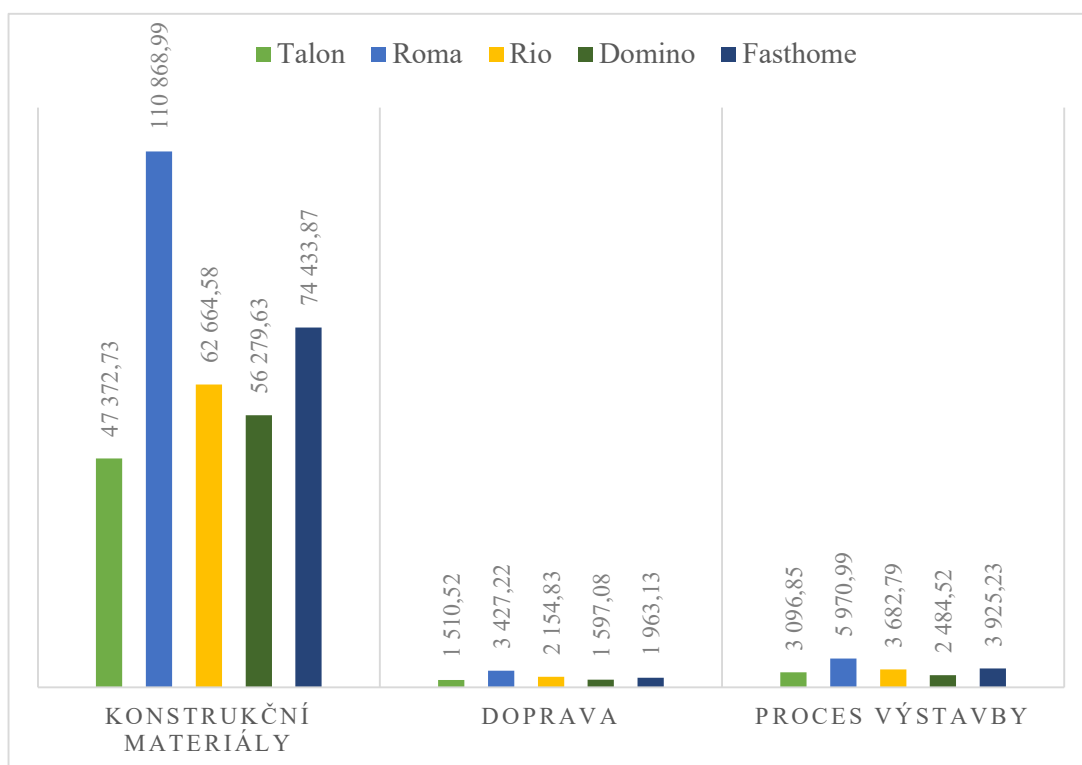
Z obrázku č. 15 výše i z následné tabulky č. 28 je možné vidět, že právě rodinný dům Roma dosahuje největší uhlíkové stopy, 120,3 tun CO₂. Jedná se o největší objekt, co se obestavěného prostoru či zastavěné plochy týče. Z toho vyplývá i největší množství zabudovaných materiálů. Pokud se zaměříme na výslednou tabulku XX, nemá tato velikost objektu na stanovení výsledku podstatný vliv, proto i tento objekt může být zahrnutý do výpočtu.

Název objektu	Konstrukční materiály	Doprava	Proces výstavby	Celkem	Jednotka
Talon	47 372,73	1 510,52	3 096,85	51 980,10	kg CO ₂
Roma	110 868,99	3 427,22	5 970,99	120 267,20	kg CO ₂
Rio	62 664,58	2 154,83	3 682,79	68 502,20	kg CO ₂
Domino	56 279,63	1 597,08	2 484,52	60 361,23	kg CO ₂
Fasthome	74 433,87	1 963,13	3 925,23	80 322,23	kg CO ₂

Tabulka 28 – Shrnutí uhlíkové stopy objektů
(Zdroj: vlastní)

Konstrukční materiály nesou nejpodstatnější vliv na tvorbu uhlíkové stopy, to lze vidět v tabulce výše č. 28 a grafu č. 1. Následuje jejich zabudování, a nejnižší tvorbu uhlíku má jejich samotná doprava. Jak už bylo zmíněno výše, největší producent uhlíkové

stopy je právě objekt Roma s 120,27 t CO₂. Oproti tomu nejnižší producent je objekt Talon, 51,98 t CO₂.



Graf 1 – Uhlíková stopa jednotlivých objektů
(Zdroj: výstup One Click LCA)

Následující tabulka č. 29 znázorňuje výsledek jedné části této diplomové práce, stanovení uhlíkové stopy na produkční jednotku rozpočtového ukazatele. Je zde vypočítány obestavěný prostor a zastavěná plocha jednotlivých objektů, dále jejich uhlíková stopa fází A1 – A5 životních cyklů objektů a stanovené produkční ukazatele.

	Jednotka	Talon	Roma	Rio	Domino	Fasthome
Uhlíková stopa	kg CO₂	51 980,10	120 267,20	68 502,20	60 361,23	80 322,23
Obestavěný prostor	m ³	457,61	899,83	591,52	523,2	604,77
Uhlíková stopa/obestavěný prostor	kg CO ₂ /m ³	113,590	133,655	115,807	115,369	132,815
<i>Vážený aritmetický průměr</i>		<i>122,247 kg CO₂/m³</i>				
Rozdíl od průměru	kg CO ₂ /m ³	8,657	-11,408	6,440	6,878	-10,567
Zastavěná plocha	m ²	102,06	196,78	121,37	81,88	129,36
Uhlíková stopa/zastavěná plocha	kg CO ₂ /m ²	509,309	611,176	564,408	737,191	620,920
<i>Vážený aritmetický průměr</i>		<i>608,601 kg CO₂/m²</i>				
Rozdíl od průměru	kg CO ₂ /m ²	99,292	-2,575	44,193	-128,590	-12,319

Tabulka 29 – Stanovení uhlíkové stopy na produkční jednotku
(Zdroj: vlastní)

Stanovení uhlíkové stopy na produkční jednotku rozpočtového ukazatele může být k jednotce obestavěného prostoru nebo k zastavěné ploše jednotlivých objektů. Dle uvážení autora práce je přesnější stanovit uhlíkovou stopu k m³ obestavěného prostoru. To lze dokázat v tabulce č. 29, kde je stanoven vážený aritmetický průměr **122,247 kg CO₂/m³**, vážený aritmetický průměr k zastavěné ploše **608,601 kg CO₂/m²** a uhlíková stopa jednotlivých rodinných domů. Z řádku tabulky „Rozdíl od průměru“ je patrné, že pro práci je přesnější stanovení uhlíkové stopy na produkční jednotku obestavěného prostoru objektů.

Výsledkem této části diplomové práce je kvantifikace uhlíkové stopy stavební produkce ve výrobní fázi a stanovení uhlíkové stopy přepočtené na produkční jednotku rozpočtového ukazatele. Uhlíková stopa jednotlivých hodnocených objektů je uvedena v tabulce č. XX. Průměrná velikost uhlíkové stopy na 1 m³ obestavěného prostoru rodinného domu činí **122,247 kg CO₂/m³**.

5 METODIKA VYHODNOCENÍ UHLÍKOVÉ STOPY ZÁVISLÉ NA VÝROBNÍ TECHNOLOGII

Cílem této části práce je porovnání environmentálních dopadů, respektive uhlíkové stopy, stavby rodinného domu, v provedení dřevostavby a zděného domu. Porovnání je provedeno metodou LCA, tedy od výroby až po demolici, i když v konečné hodnocení jsou brány v úvahu pouze první tři fáze životního cyklu budov. K tomuto účelu jsou vybrány dvě budovy (projekty budov). Jedná se o typové rodinné domy, kdy projektová dokumentace a podklady byly poskytnuty firmou ÚRS CZ a.s. Domy jsou dispozicí i rozměry stejné, liší se pouze v nutných rozdílech vycházejících z rozdílné konstrukce.

5.3 Zdroj dat

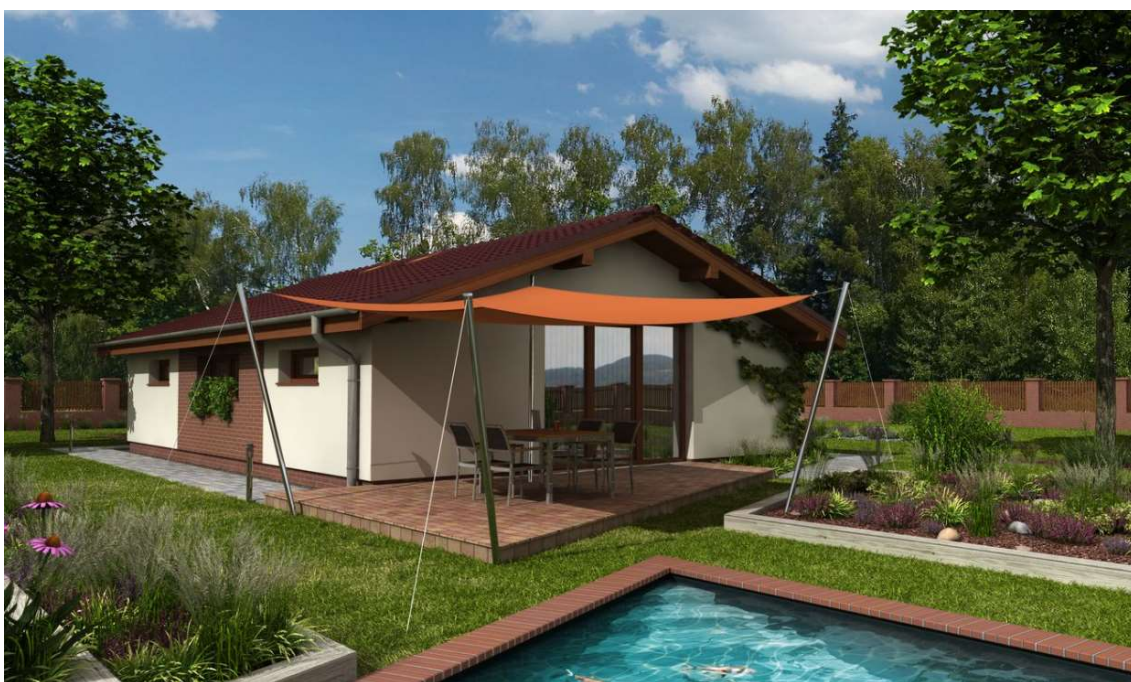
V této části práce je také použit profesionální LCA software One Click LCA, jak tomu bylo v části práce „Stanovení uhlíkové stopy na produkční jednotku rozpočtového ukazatele“. Jak bylo zmíněno, software One Click LCA rozděluje cyklus do několika fází životního cyklu a udává potencionální zátěže i za hranici systému, tzv. benefity. Tyto benefity software nezahrnuje do výpočtů, ovšem k těmto benefitům je možné přihlížet při porovnání zděného domu a dřevostavby.

5.2 Předmět analýzy a sběr dat

V rámci práce jsou porovnány dvě odpovídající budovy, jednopodlažní rodinné domy, které se liší pouze v rozdílných svislých konstrukcích. V této kapitole jsou uvedené stručné charakteristiky každé budovy, hlavně co se týče jejich materiálového složení. Pro představu objektu je přikládána jejich vizualizace.



Obrázek 16 - Rodinný dům Talon, vizualizace 1
(Zdroj: ÚRS CZ a.s.)

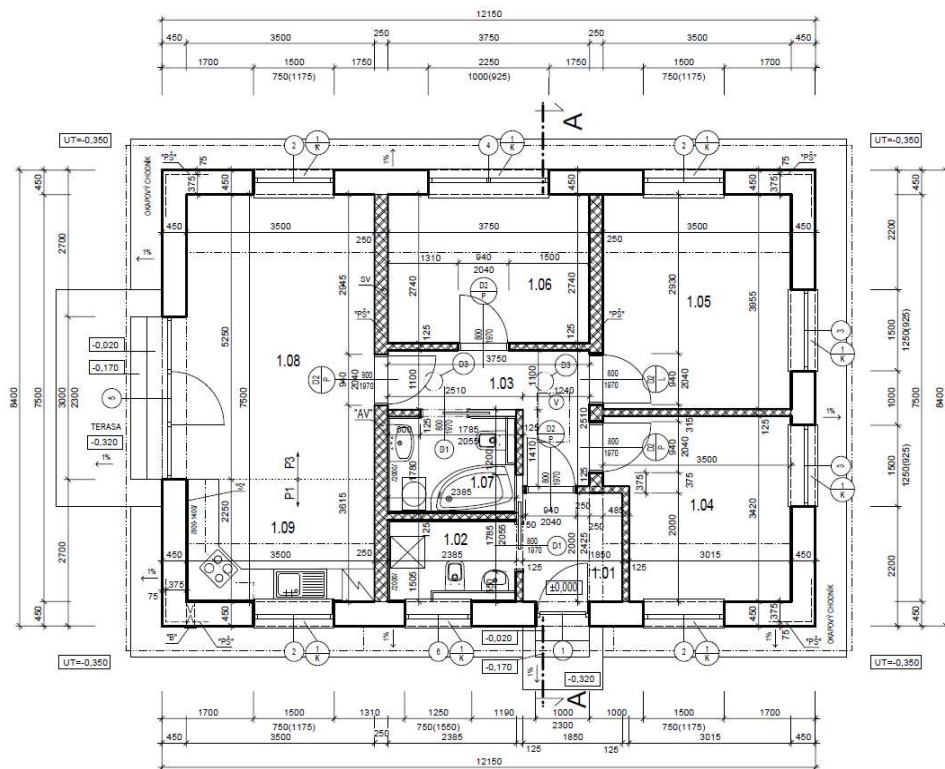


Obrázek 17 - Rodinný dům Talon, vizualizace 2
(Zdroj: ÚRS CZ a.s.)

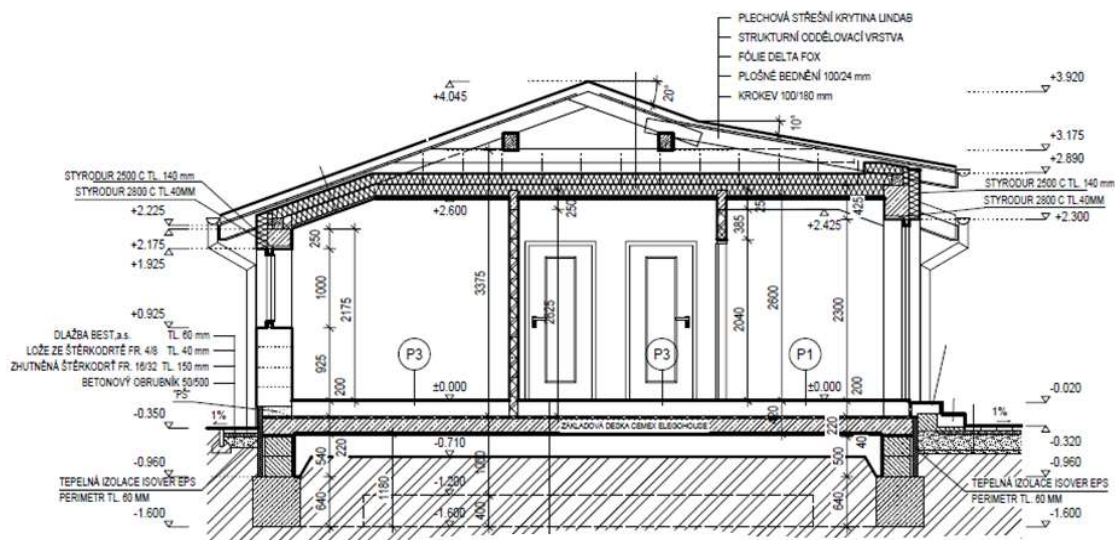
5.2.1 Zděný rodinný dům

Prvním porovnávaným objektem je zděný rodinný jednopodlažní, nepodsklepený dům, zastřešen sedlovou střechou s pultovým vikýřem nad hlavním vstupem, dispozičně řešen pro 4člennou rodinu. Půdorysný tvar domu je obdélníkový.

Základové konstrukce v původní projektové dokumentaci navrženy v systému Cemex Elegohouse jsou upraveny na typové základové konstrukce, obdobné jako u dřevostavby druhého hodnoceného domu. Obvodové zdivo domu je navrženo z pórobetonových tvárnic Ytong Lambda YQ v tloušťce 450 mm na tenkovrstvou Ytong zdící maltu. Vnitřní nosné stěny jsou z pórobetonových tvárnic Ytong Statik P4-550 tl. 250 mm a nenosné příčky navrženy obdobně z tvárnic Ytong Klasik P2-550 tl. 125 mm. Stropní konstrukce je z lehkého sádkartonového podhledu. Krov z dřevěných tesařských prvků. Střecha pokryta pálenou střešní krytinou, na vikýři je navržena plechová střešní krytina.



Obrázek 18 - Technický výkres zděného domu, půdorys přízemí
(Zdroj: ÚRS CZ a.s.)



Obrázek 19 - Technický výkres zděného domu, řez
(Zdroj: ÚRS CZ a.s.)

Seznam použitého konstrukčního materiálu pro výstavbu zděného domu je uveden v následující tabulce č. 30. Materiály použité na stavbu základů, podlah, stropů, střechy a ostatní materiály jsou shodné s materiály použitými pro stavbu dřevostavby. Výplně otvorů, zařizovací předměty, oddíly inženýrských sítí ani vedlejší rozpočtové náklady nejsou do výpočtu započteny. Tento excelový soubor byl ve stejném formátu importován do programu One Click LCA a použit k vyhodnocení uhlíkové stopy.

CLASS	IFCMATERIAL	QUANTITY	QTY TYPE	THICK NESS _ MM	COMMENT
FOUNDATION	beton, litý	14,85	m ³		Beton C 20/25 X0 XC2 kamenivo frakce 0/22 (základová deska)
FOUNDATION	řezivo	16,2	m ²		Bednění základových desek
FOUNDATION	výztuž	340	kg		Svařované sítě Kari 150x150 D 5 mm
FOUNDATION	beton, litý	24,849	m ³		Základové pásy z betonu tř. C16/20 frakce 0/22
FOUNDATION	tvárnice ZTB	28,849	m ²	300	Tvárnice ztraceného bednění betonová dělená pro zdivo tl. 300 mm
FOUNDATION	beton, litý	5,17	m ³		Beton C 16/20 X0, XC1 kamenivo frakce 0/22
FOUNDATION	výztuž	298	kg		Týč ocelová žebírková BSt 500S
INTERNAL WALL	zdivo, pórobetonové tvárnice	26,42	m ²	250	Zdivo z pórobetonových tvárnice na pero a drážku P4-550, tl. 250 mm
INTERNAL WALL	zdivo, pórobetonové tvárnice	1,63	m ²	250	Zdivo z pórobetonových tvárnice na pero a drážku P4-550, tl. 250 mm - Start výšky 125 mm
INTERNAL WALL	malta	176,72	kg		Směs suchá maltová
EXTERNAL WALL	zdivo, tepelněizolační pórobeton	4,91	m ²	375	Zdivo tepelněizolační z pórobetonových tvárnice do P2-400, U 0,18-0,22W/m ² K, tl. 375 mm
EXTERNAL WALL	zdivo, tepelněizolační pórobeton	64,96	m ²	450	Zdivo tepelněizolační z pórobetonových tvárnice do P2-400, U 0,18-0,22W/m ² K, tl. 450 mm
EXTERNAL WALL	malta	727,01	kg		Směs suchá maltová
EXTERNAL WALL	beton, litý	1,59	m ³		Překlad ŽB tř. C 20/25 X0XC2
EXTERNAL WALL	výztuž	280	kg		Výztuž překladů, tyč ocelová žebírková BSt 500S D 12 mm
EXTERNAL WALL	dřevěná prkna	0,26561	m ³		Bednění překladů
INTERNAL WALL	zdivo, pórobetonové tvárnice	45,28	m ²	125	Příčka z pórobetonových tvárnice hladkých P2-500 tl. 125 mm
INTERNAL WALL	zdivo, pórobetonové tvárnice	4,76	m ²	150	Přizdívka z pórobetonových tvárnice tl. 150
HORIZONTAL STRUCTURES	beton, litý	5,01	m ³		Ztužující pásy a věnce ze ŽB tř. C 20/25
HORIZONTAL STRUCTURES	dřevěná prkna	0,46	m ³		Bednění věnců
HORIZONTAL STRUCTURES	výztuž	480	kg		Výztuž ztužujících pásů a věnců betonářskou ocelí BSt 500S
SLAB	anhydrit	79	m ²	60	Potěr anhydritový samonivelační litý C20
SLAB	PE folie	79	m ²		Separací vrstva z PE folie
SLAB	páska PE	8,8	m ²		Páska dilatační z pěnového PE š 80 mm
EXTERNAL WALL	polystyren, XPS	32,32	m ²	60	Kontaktní zateplení, deska z polystyrenu XPS, 300kPa tl 60 mm
EXTERNAL WALL	polystyren, XPS	22,8	m ²	140	Kontaktní zateplení, deska z polystyrenu XPS, 300kPa tl 140 mm
EXTERNAL WALL	polystyren, XPS	7,26	m ²	40	Kontaktní zateplení vnějšího ostění, deska z polystyrenu XPS, 300kPa tl 40 mm
FINISH	cementový postřik	940,87	kg		Cementový postřik, směs suchá omítková
FINISH	tkanina sklovláknitá	147,2	m ²		Potažení vnějších stěn sklovláknitým pletivem, tkanina sklovláknitá pro ETICS 162g/m ²
FINISH	stěrka, cementová	537,6	kg		Směs suchá lepicí a stěrková cementová
FINISH	omítka, vnější, tepelněizolační	1251,2	kg		Tepelně izolační omítka, směs suchá omítková tepelněizolační
FINISH	omítka, vnější, silikonsilikátová	330	kg		Omítka silikonsilikátová tenkovrstvá pastovitá
FOUNDATION	nátěr, penetrační	18	kg		Hmota nátěrová akrylátová podkladní
FOUNDATION	nátěr, penetrační	40	kg		Izolace proti zemní vlhkosti, lak penetrační asfaltový
FOUNDATION	asfaltový pás	156,86	m ²		Izolace proti zemní vlhkosti, pás asfaltový natavitelný modifikovaný SBS tl. 4 mm s vložkou ze skleněné tkaniny, minerální posyp
FINISH	nátěr, penetrační disperzní	64,435	kg		Penetrační disperzní nátěr vnitřních stěn
FINISH	tkanina sklovláknitá	281,75	m ²		Potažení vnitřních stěn sklovláknitým pletivem, tkanina sklovláknitá pro ETICS 162g/m ²
FINISH	stěrka, cementová	1029	kg		směs suchá lepicí a stěrková cementová
FINISH	omítka, vnitřní, vápenocementová	618,6	kg		Omítka vápenocementová vnitřní štuková jemná
ROOF	polystyren, skečná MULTIMAX	228,48	m ²	140	Izolace MULTIMAX 30 tl. 140mm
SLAB	polystyren, EPS	80,58	m ²	100	Tepelná izolace EPS grey 100 tl. 100 mm
SLAB	polystyren, EPS	80,58	m ²	40	Tepelná izolace EPS grey 10 tl. 40 mm
FOUNDATION	polystyren, XPS	23,25	m ²	40	Tepelná izolace XPS, tl. 40 mm
ROOF	stavební řezivo, hranol	6,35	m ³		Kce krovu
ROOF	řezivo, smrk	3,85	m ³		Bednění střech, řezivo jehličnané smrk tl 18-32 mm
ROOF	řezivo, smrk	1,49	m ³		Latování, řezivo lat
ROOF	palubky, smrk	35,2	m ²		Palubky obkladové smrk
ROOF	nátěr, impregnační	19,28	kg		Impregnace proti dřevokaznému hmyzu
ROOF	Spojovací prostředky	88	kg		Spojovací prostředky krovů, bednění, latování
SLAB	Sádrokarton, akustický	82,12	m ²	12,5	Sádrokartonový podhled
SLAB	profil, ocelový, nerez	355,63	m		Profil pro stropní konstrukce UD, CD
SLAB	Sádrokarton, impregnovaný	8,69	m ²	12,5	Sádrokartonový podhled
SLAB	Nátěr, penetrační	8,69	kg		Hmota penetrační nátěrová pro SDK
SLAB	Folie PE	95,59	m ²		Folie PE vyztužená Al vrstvou pro parotěsnou vrstvu
ROOF	plech, Pz	32,5	m ²	0,6	Krytina střešní falcovaná Pz plech
OTHER	plech, Pz	7,76	m ²	0,6	Oplechování, okapová hrana z Pz rš 250 mm
OTHER	plech, Pz	5,93	m ²	0,6	Oplechování, parapety z Pz rš do 400 mm
OTHER	plech, Pz	10,692	m ²	0,6	Žlab podokapní rš. 330 mm
OTHER	plech, Pz	6,42758	m ²	0,6	Svod oválný
ROOF	taška ražená rezná	133,287	m ²		Keramická krytina rezná
ROOF	folie PES/PR	171,3	m ²		Pojistná hydroizolační folie, folie kontaktní PES/PR 270g/m ²
HORIZONTAL FINISH	nátěr penetrační	117	kg		Nátěr penetrační na podlahu
HORIZONTAL FINISH	lepidlo cementové	93,6	kg		Lepidlo cementové flexibilní
HORIZONTAL FINISH	dlažba, keramická	21,45	m ²	8	Podlaha, dlažba keramická hladká
HORIZONTAL FINISH	stěrka, hydroizolační	15,6	kg		Izolace pod dlažbu, stěrka hydroizolační
HORIZONTAL FINISH	podlaha, plovoucí laminátová	62,48	m ²	8	Podlaha, plovoucí laminátová tl. 8 mm
HORIZONTAL FINISH	podložka PE	62,48	m ²		Podložka izolační z pěnového PE s parozábranou
VERTICAL FINISH	nátěr penetrační	400,8	kg		Penetrace na stěnu
VERTICAL FINISH	stěrka, hydroizolační	20,025	kg		Izolace pod obklad stěrkou
VERTICAL FINISH	spárovací hmota	23,28	kg		Spárovací hmota cementová flexibilní
VERTICAL FINISH	obklad, keramický	42,68	m ²	8	Obklad keramický
VERTICAL FINISH	obklad, cihelný	28	m ²	14	Obkladačky cihelné
FINISH	malba, otěruvzdorná	87,23	kg		Hmota malířská

Tabulka 30 - Seznam importovaných materiálů zděného domu (Zdroj: vlastní)

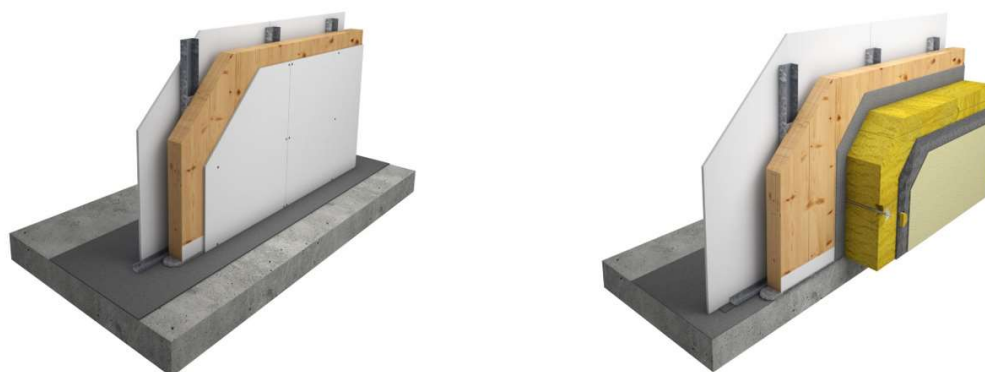
Z průkazu energetické náročnosti budovy, viz obrázek č. 20, byly použity informace o potřebné energii. Celková dodaná energie pro zděný dům vytápěný tepelným čerpadlem činí **12,4 MWh/rok**. Tento údaj je potřebný k vyčíslení CO₂ v rámci užívání stavby.

	Potřeba energie na vytápění, chlazení a přípravu teplé vody	Celková dodaná energie	Neobnovitelná primární energie	Klasifikační třída neobnovitelné primární energie
	kWh/m ² .rok	kWh/m ² .rok	kWh/m ² .rok	
	MWh/rok	MWh/rok	MWh/rok	
Hodnocení budova	87,66	121,25	129,60	C
	8.95	12.4	13.2	
Soubor navržených opatření	67,95	98,31	72,78	A
	6.93	10.0	7.43	

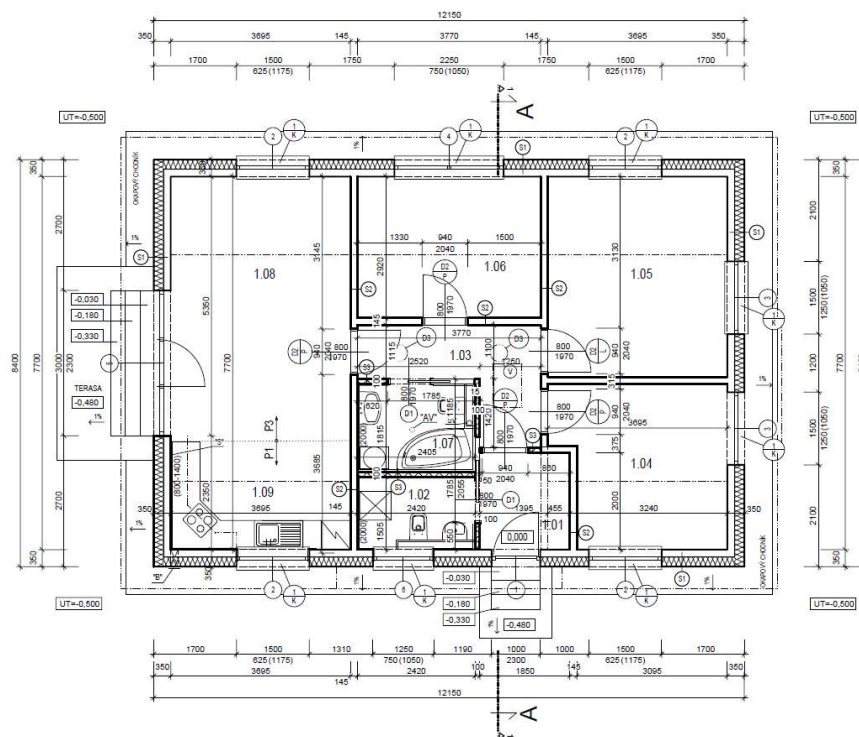
Obrázek 20 - Energetická náročnost zděné budovy
(Zdroj: ÚRS CZ a.s.)

5.2.2 Dřevostavba

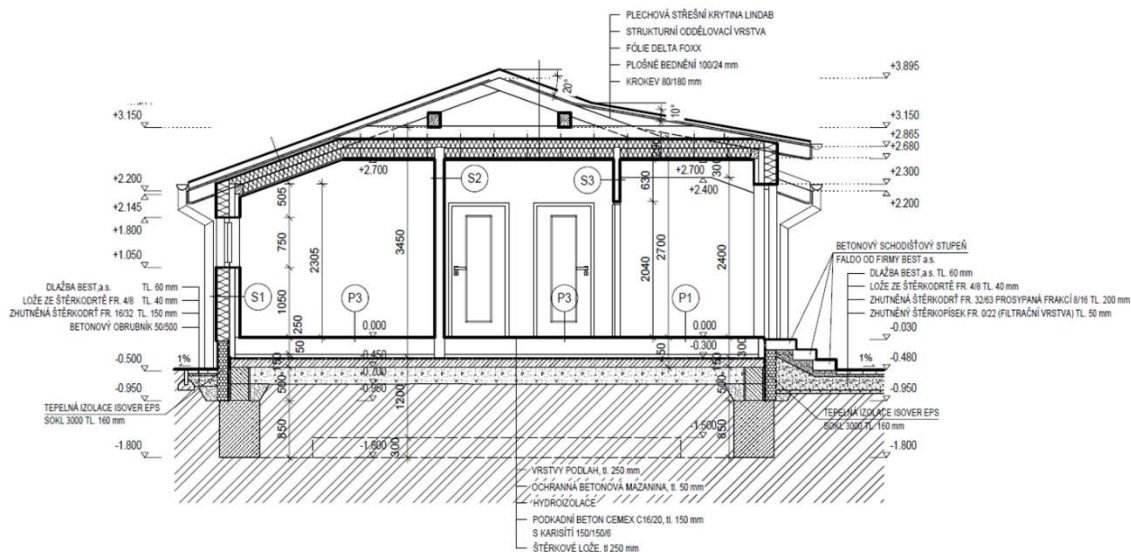
Rodinný dům dřevostavby je řešen obdobně jako zděný dům, viz výše. Jedná se o jednopodlažní, nepodsklepený objekt, zastřešený sedlovou střechou. Základové konstrukce jsou navrženy jako základové pásy z prostého betonu C 16/20. Obvodové zdivo a vnitřní stěny objektu jsou řešeny ze stěnových panelů DEKPANEL D 81 s instalační předstěnou. Nenosné příčky jsou navrženy z ocelových profilů opláštěných sádkartonovými deskami, viz obrázek č. 21. Stropní konstrukce je z lehkého sádkartonového podhledu, krov z dřevěných tesařských prvků.



Obrázek 21 - Stěnové panely DEKPANEL
(Zdroj: [30])



Obrázek 22 - Technický výkres dřevostavby, půdorys
(Zdroj: ÚRS CZ a.s.)



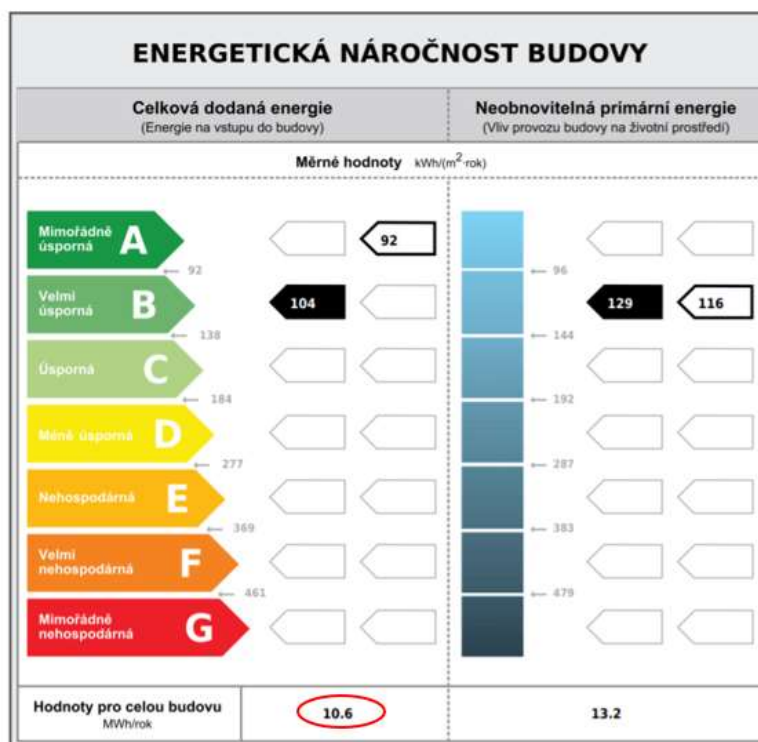
Obrázek 23 - Technický výkres dřevostavba, řez
(Zdroj: ÚRS CZ a.s.)

Použité stavební materiály pro dřevostavbu typového rodinného domu jsou uvedeny v následující tabulce č. 31. Tyto materiály byly ve stejném formátu importovány do programu One Click LCA a dále použity k vyhodnocení environmentálních dopadů.

CLASS	IFCMATERIAL	QUANTITY	QTY_ TYPE	THICK_ NESS_ MM	COMMENT
FOUNDATION	beton, litý	14,85	m3		Beton C 20/25 X0 XC2 kamenivo frakce 0/22 (základová deska)
FOUNDATION	řezivo	16,2	m2		Bednění základových desek
FOUNDATION	výztuž	340	kg		Svařované sítě Kari 150x150 D 5 mm
FOUNDATION	beton, litý	24,849	m3		Základové pásy z betonu tř. C16/20 frakce 0/22
FOUNDATION	tvárnice ZTB	28,849	m2	300	Tvárnice ztraceného bednění betonová dělená pro zdivo tl. 300 mm
FOUNDATION	beton, litý	5,17	m3		Beton C 16/20 X0, XC1 kamenivo frakce 0/22
FOUNDATION	výztuž	298	kg		Tyč ocelová žebírková BSt 500S
EXTERNAL WALL	dřevěný panel, hoblovaná prkna	97,965	m2	81	Dekpanel D 81 F
INTERNAL WALL	dřevěný panel, hoblovaná prkna	56,114	m2	81	Dekpanel D 81
INTERNAL WALL	profil, ocelový, nerez	192,781	m		Profil předstěna SDK
INTERNAL WALL	sádrokarton, protipožární	154,729	m2	12,5	Sádrokarton Rigips RB tl 12,5 mm
EXTERNAL WALL	profil, ocelový, nerez	247,85145	m		Profil předstěna SDK
EXTERNAL WALL	sádrokarton, protipožární	102,86	m2	12,5	Sádrokarton Rigips RB tl 12,5 mm
SLAB	anhydrit	83,78	m2	60	Potěr anhydritový samonivelační litý C20
SLAB	PE folie	83,78	m2		Separáční vrstva z PE folie
SLAB	páska PE	8,2176	m2		Páska dilatační z pěnového PE š 80 mm
EXTERNAL WALL	polystyren, EPS	94,568	m2	200	Kontaktní zateplení, deska EPS 70F, tl.200 mm
EXTERNAL WALL	polystyren, EPS	20,147	m2	160	Kontaktní zateplení sokl, deska z EPS, tl 160 mm
FINISH	cementový postřik	720,04	kg		Cementový postřik, směs suchá omítková
FINISH	tkanina sklovláknitá	93,53755	m2		Potažení vnějších stěn sklovláknitým pletivem, tkanina sklovláknitá pro ETICS 162g/m2
FINISH	stěrka, cementová	341,62	kg		Směs suchá lepicí a stěrková cementová
FINISH	omítka, vnější, silikonsilikátová	268,54	kg		Omítka silikonová
FINISH	nátěr, penetrační	14,647	kg		Hmota nátěrová akrylátová podkladní
FOUNDATION	nátěr, penetrační	40	kg		Izolace proti zemní vlhkosti, lak penetrační asfaltový
FOUNDATION	asfaltový pás	156,86	m2		Izolace proti zemní vlhkosti, pás asfaltový nataviteln, minerální posyp
ROOF	polystyren, skelná MULTIMAX	228,48	m2	140	Izolace MULTIMAX 30 tl. 140mm
SLAB	polystyren, EPS	175,938	m2	80	tepelná izolace EPS grey 100 tl. 80 mm
ROOF	stavební řezivo, hranol	6,35	m3		Kce krovu
ROOF	řezivo, smrk	3,85	m3		Bednění střeš, řezivo jehličnané smrk tl 18-32 mm
ROOF	řezivo, smrk	1,49	m3		Laťování, řezivo lať
ROOF	palubky, smrk	35,2	m2		Palubky obkladové smrk
ROOF	prostředek impregnační fungic	19,28	kg		Impregnace proti dřevokaznému hmyzu
ROOF	Spojovací prostředky	88	kg		Spojovací prostředky krovů, bednění, laťování
SLAB	Sádrokarton, akustický	75,77	m2	12,5	Sádrokartonový podhled
SLAB	profil, ocelový, nerez	343,498	m		Profil pro stropní konstrukce UD, CD
SLAB	Sádrokarton, impregnovaný	8,01	m2	12,5	Sádrokartonový podhled
SLAB	Nátěr, penetrační	8,378	kg		Hmota penetrační nátěrová pro SDK
SLAB	Folie PE	92,191	m2		Folie PE vyztužená Al vrstvou pro parotěsnou vrstvu
ROOF	plech, Pz	32,5	m2	0,6	Krytina střešní falcovaná Pz plech
OTHER	plech, Pz	7,76	m2	0,6	Oplechování, okapová hrana z Pz rš 250 mm
OTHER	plech, Pz	5,93	m2	0,6	Oplechování, parapety z Pz rš do 400 mm
OTHER	plech, Pz	10,692	m2	0,6	Žlab podokapní rš. 330 mm
OTHER	plech, Pz	6,42758	m2	0,6	Svod oválný
ROOF	taška ražená režná	133,287	m2		Keramická krytina režná
ROOF	folie PES/PR	171,3	m2		Pojistná hydroizolační folie, folie kontaktní PES/PR 270g/m2
HORIZONTAL FINI	nátěr penetrační	128,49	kg		Nátěr penetrační na podlahu
HORIZONTAL FINI	lepidlo cementové	102,792	kg		Lepidlo cementové flexibilní
HORIZONTAL FINI	dlažba, keramická	23,557	m2	8	Podlaha, dlažba keramická hladká
HORIZONTAL FINI	stěrka, hydroizolační	32,1225	kg		Izolace pod dlažbu, stěrka hydroizolační
HORIZONTAL FINI	podlaha, plovoucí laminátová	63,79	m2	8	Podlaha, plovoucí laminátová tl. 8 mm
HORIZONTAL FINI	podložka PE	63,79	m2		Podložka izolační z pěnového PE s parozábranou
VERTICAL FINISH	nátěr penetrační	193,308	kg		Penetrace na stěnu
VERTICAL FINISH	stěrka, hydroizolační	48,327	kg		Izolace pod obklad stěrkou
VERTICAL FINISH	spárovací hmota	19,33	kg		spárovací hmota cementova flexibilní
VERTICAL FINISH	obklad, keramický	35,44	m2	8	Obklad keramický
FINISH	malba, otěruvzdorná	98,049	kg		Hmota malířská
FINISH	nátěr , penetrační	34,283	kg		Hmota penetrační nátěrová pro SDK
SLAB	beton, litý	5,0268	m3		Mazanina, beton C16/20

Tabulka 31 - Seznam importovaných materiálů dřevostavby (Zdroj: vlastní)

Z průkazu energetické náročnosti budovy byly rovněž použity informace o potřebné energii. Energetická potřeba budovy dřevostavby je **10,6 MWh/rok**. Viz následující obrázek č. 24.



Obrázek 24 – Energetická náročnost dřevostavby
(Zdroj: ÚRS CZ a.s.)

5.3 Předpoklady k analýze zděného domu a dřevostavby

Při porovnání bylo nutné přijmout určité předpoklady, které jsou pospány v následujících bodech:

- Materiály použité na stavbu základů, střech, podlah, stropů a ostatních materiálů jsou shodné pro oba typy domů, tj. pro cihlová dům i dřevostavbu. Stavby se materiálově liší pouze v konstrukci obálek domů a vnitřních konstrukcí.
- Energie potřebná k provozu budov byla přejata z energetických průkazů budov.
- Spotřeba vody v rámci užívání stavby byla uvažována jednotná, 144 m³ za rok. Jedná se sice o proměnné hodnoty, které se nevážou ke druhu stavby, ale i přesto bylo se spotřebou vody počítáno.
- V celkové analýze je předpokládání celková životnost obou domů 50 let. Jelikož životnost dřevostavby je právě 50 let.

- Zdroj vytápění obou domů je tepelné čerpadlo, nízkoteplotní teplovodní systém.

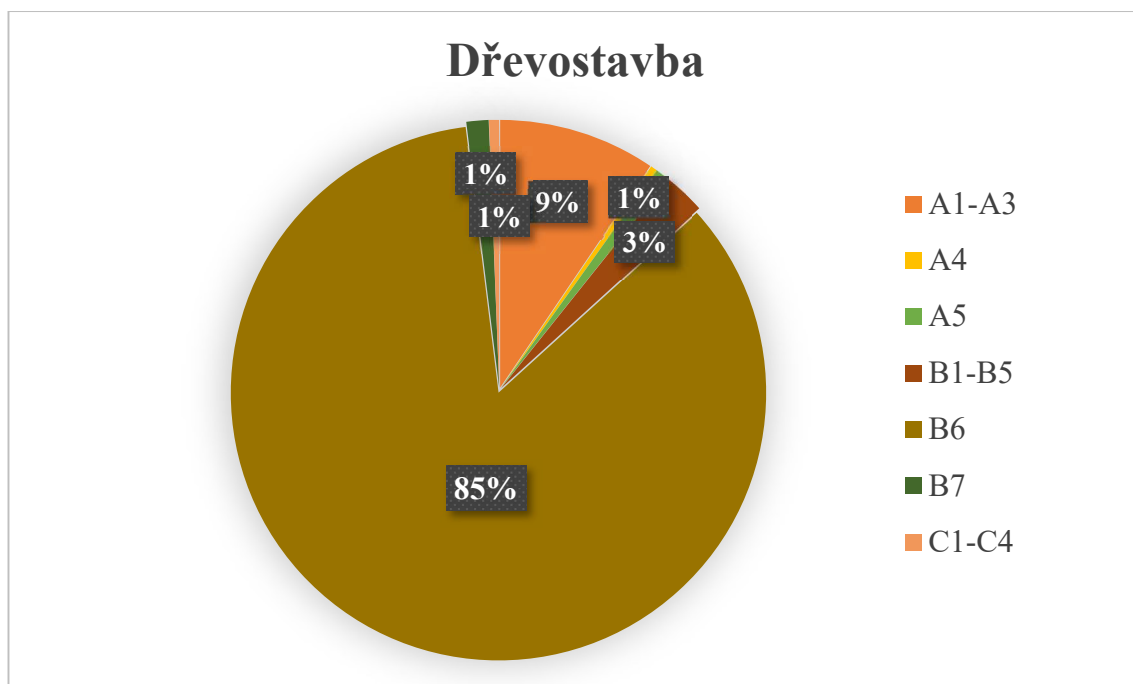
5.4 Interpretace výsledků

Tato část práce si kladla za cíl stanovení uhlíkové stopy v závislosti na výrobní technologii. Za tímto účelem bylo vybráno porovnání uhlíkové stopy zděného domu a dřevostavby. Stanovení výsledků uvedené v této kapitole je provedeno jak pro celý hodnocený životní cyklus budov, tak pro fáze A1-A5, tedy fázi produktu a výstavby. Software One Click LCA zobrazuje různé kategorie environmentálních dopadů. V této studii je podstatná jedna kategorie dopadu, globální oteplování v měrných jednotkách kg CO₂ e. Je ale důležité dostat do podvědomí i ostatní negativní důsledky stavební činnosti na životní prostředí, proto jsou znázorněny i další dvě významné kategorie (okyselení a eutrofizace).

Následující tabulka č. 32 a tabulka č. 33 zobrazuje hodnoty dopadů pro zděný dům a dřevostavbu. Záporné hodnoty v kategorii D značí environmentální benefit, tento výsledek není započítáván do celkového součtu, mělo by být, ale na něj nahlíženo, právě z důvodu porovnání těchto dvou materiálově odlišných staveb.

		Dřevostavba		
		Globální oteplování [kg CO ₂ e]	Okyselení [kg SO ₂ e]	Eutrofizace [kg PO ₄ e]
A1-A3	Konstrukční materiály	35 214,64	424,91	22,41
A4	Doprava na místo	1 460,47	3,76	0,8
A5	Proces výstavby	3 096,85	11,2	6,79
B1-B5	Údržba a výměna materiálu	9 475,97	1 304,78	7,03
B6	Spotřeba energie	314 589,86	2 070,57	283,26
B7	Použití vody	4 985,14	34,88	99,88
C1-C4	Dekonstrukce	2 283,41	6,3	1,35
D	Vnější dopady	-12 124,46	-21,82	-4,73
Celkem		371 106,34	3 856,4	421,51

Tabulka 32 – Environmentální dopady dřevostavby (Zdroj: vlastní)

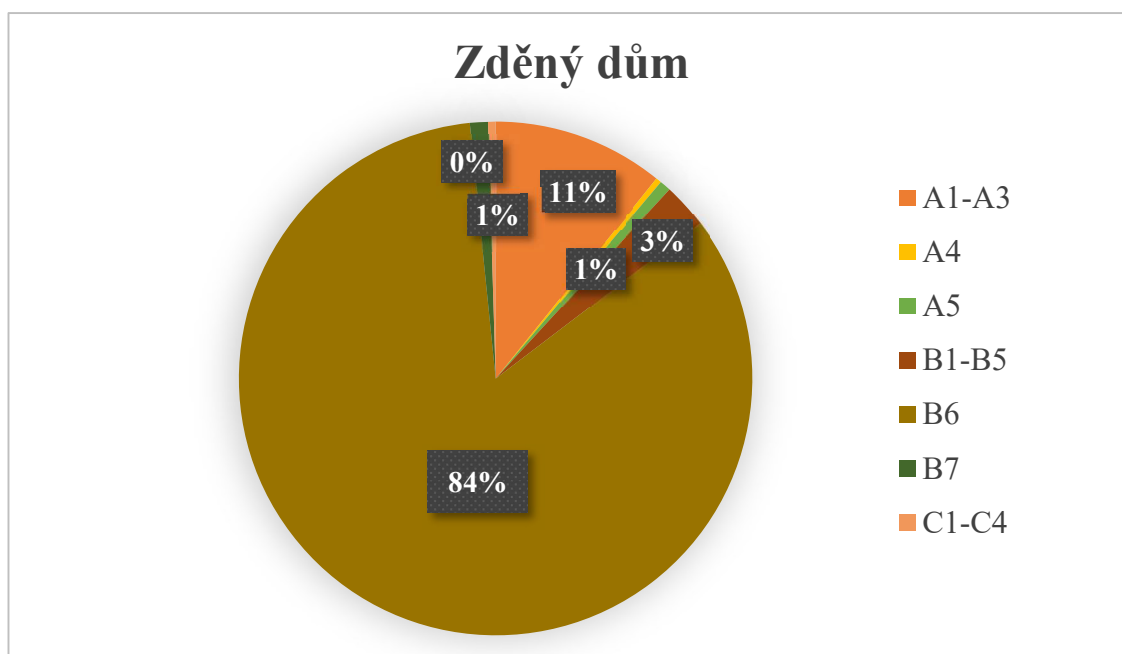


Graf 2 - Procentuální zastoupení fází životního cyklu dřevostavby
(Zdroj: vlastní)

V tabulce č. 32 a č. 33 jsou uvedeny výsledky indikátorů pro jednotlivé typy budov, pro přehlednost jsou tyto výsledky vyjádřeny i procentuálně v grafu č. 2 pro dřevostavbu a pro zděný objekt v grafu č. 3. Fáze B6 spotřeba energie má největší příspěvek k environmentálním dopadům, u zděného domu přispívá ke globálnímu oteplování 84 % z celkové uhlíkové stopy životního cyklu, u dřevostavby 85 %. Vyplývá z toho, že hlavní příspěvek k celkovým negativním dopadům na životní prostředí má provoz a užívání budov. Na druhém místě je samotná výstavba domů, tedy fáze A1-A3, zděný dům přispívá 11 % a dřevostavba 9 %.

		Zděný dům		
		Globální oteplování [kg CO ₂ e]	Okyselení [kg SO ₂ e]	Eutrofizace [kg PO ₄ e]
A1-A3	Konstrukční materiály	47 372,74	1 594,47	27,88
A4	Doprava na místo	1 510,52	3,92	0,83
A5	Proces výstavby	3 096,85	11,2	6,79
B1-B5	Údržba a výměna materiálu	12 377,99	5 884,32	18,68
B6	Spotřeba energie	368 010,78	2 422,18	331,36
B7	Použití vody	4 985,14	34,88	99,88
C1-C4	Dekonstrukce	2 061,72	7,01	1,41
D	Vnější dopady	- 9 760,00	-21,51	-5,08
Celkem		439 415,74	9 957,98	486,83

Tabulka 33 - Environmentální dopady dřevostavby
(Zdroj: vlastní)



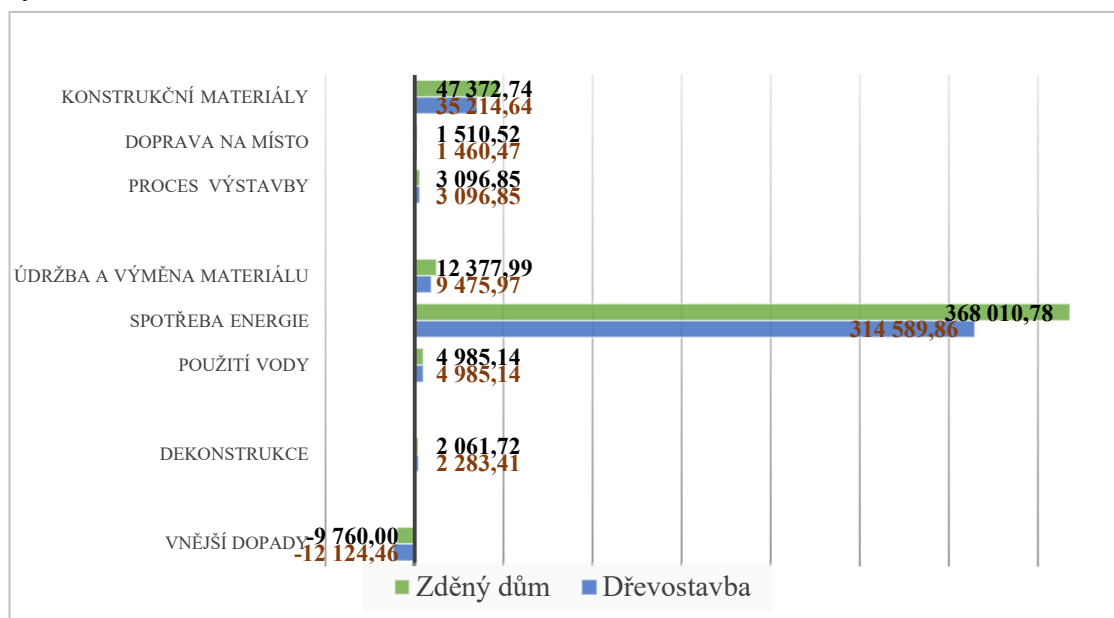
Graf 3 - Procentuální zastoupení fází životního cyklu zděného domu
(Zdroj: vlastní)

V následující tabulce č. 34 je zpracována velikost uhlíkové stopy všech hodnocených fází životního cyklu. Celkové výstupy softwaru One Click LCA pro zděný objekt a dřevostavbu jsou k nahlédnutí v příloze.

		Globální oteplování [kg CO ₂ e]	
		Zděný dům	Dřevostavba
A1-A3	Konstrukční materiály	47 372,74	35 214,64
A4	Doprava na místo	1 510,52	1 460,47
A5	Proces výstavby	3 096,85	3 096,85
B1-B5	Údržba a výměna materiálu	12 377,99	9 475,97
B6	Spotřeba energie	368 010,78	314 589,86
B7	Použití vody	4 985,14	4 985,14
C1-C4	Dekonstrukce	2 061,72	2 283,41
D	Vnější dopady	- 9 760,00	-12 124,46

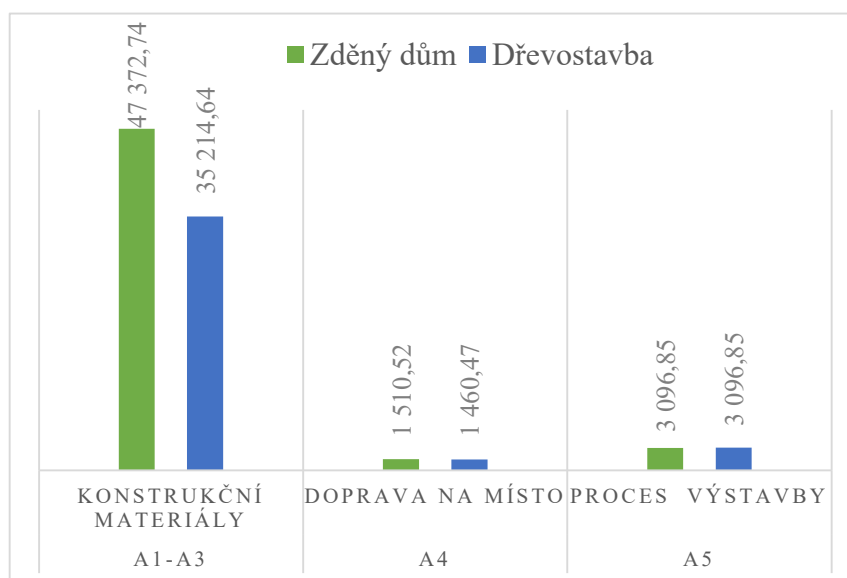
Tabulka 34 – Porovnání zděného domu a dřevostavby (Zdroj: vlastní)

Z grafu č. 4 je patrné, že právě zděný objekt má vyšší uhlíkovou stopu než dřevostavba ve všech fázích životního cyklu, až na fázi, kdy dochází k demolici objektu, neboť právě zděný objekt má zabudovaných více konstrukčních materiálů, které lze recyklovat a opětovně využít. Dále jsou zde zobrazeny benefity, které jsou až za hranici systému.



Graf 4 - Uhlíková stopa zděného domu a dřevostavby (Zdroj: vlastní)

V následujícím grafu č. 5 je znázorněna uhlíková stopa ve fázi produktu a fáze výstavby budov, což byl hlavní cíl této práce. Po následném porovnání uhlíkové stopy objektů, zděný dům vykazuje vyšší uhlíkovou stopu v kategorii A1-A3 a A4 než dřevostavba. Proces výstavby A5 je srovnatelný, 3 096,85 kg CO₂ e, pro obě budovy, neboť v softwaru One Click LCA byl zvolen stejný scénář staveniště.



Graf 5 - Uhlíková stopa (Zdroj: vlastní)

		Globální oteplování [kg CO ₂ e]	
		Zděný dům	Dřevostavba
A1-A3	Konstrukční materiály	47 372,74	35 214,64
A4	Doprava na místo	1 510,52	1 460,47
A5	Proces výstavby	3 096,85	3 096,85
B1-B5	Údržba a výměna materiálu	12 377,99	9 475,97
B7	Použití vody	4 985,14	4 985,14
C1-C4	Dekonstrukce	2 061,72	2 283,41
D	Vnější dopady	-9 760,00	-12 124,46
Celkem		61 644,96	44 392,02

Tabulka 35 - Uhlíková stopa bez spotřeby energie
(Zdroj: vlastní)

V případě, že by obě porovnávané budovy byly v pasivním standartu (na svůj provoz by nespotřebovaly žádnou z vnějšku dodanou energii), bylo by možné brát v úvahu model budov životního cyklu, skládající se pouze ze stavební výroby a v konečné fázi, demolice a následných benefitů, viz tabulka č. 35. I přesto zděný dům dosahuje vyšší uhlíkové stopy než dřevostavba, a to přibližně o 17,25 t CO₂ e.

6 ZÁVĚR

Cílem této diplomové práce bylo stanovení uhlíkové stopy stavební produkce přepočtené na produkční jednotku rozpočtového ukazatele a porovnání objektů odlišné výrobní technologie. Na životní prostředí se v posledních letech klade velký důraz a stavební výroba také značně přispívá ke globálnímu oteplování. Proto se tato práce zaměřuje na možné usnadnění stanovení uhlíkové stopy stavebních objektů.

V teoretické části se práce zabývá definicí základních pojmů dané problematiky. Praktická část se věnuje převážně uhlíkové stopě, jejímu teoretickému vyčíslení a následnou tvorbou rozpočtového ukazatele ve vazbě na uhlíkovou stopu objektu a jeho navržené výrobní technologie. Praktická část diplomové práce byla rozdělena na další dvě části. Na základě praktické části práce lze tvrdit, že z dlouhodobého hlediska má na potenciál globálního oteplování vliv provoz stavebních objektů, převážně spotřeba energie.

Environmentální dopady provozu budov jsou ovlivněny převážně jejich energetickou náročností, respektive úsporností. Environmentální dopady narůstají tím více, čím je vyšší spotřeba energií budov. V rámci dotačního programu Nová zelená úsporám, je možné snižování energetické náročnosti budov s ekologizací zdroje vytápění. Domácnosti dostanou dotace na výměnu kotle např. za tepelné čerpadlo, kotle na biomasu nebo plynového kondenzační kotle. Dále program podporuje výstavbu nových budov s velmi nízkou energetickou náročností.

V hlavní části práce bylo vybráno pět rodinných domů stejné výrobní technologie, u kterých se vypočítal jejich obestavěný prostor a vyčísli se uhlíková stopa pomocí softwaru One Click LCA. Následně pomocí váženého aritmetického průměru byla stanovena velikost uhlíkové stopy na 1 m³ obestavěného prostoru (122,247 kg CO₂/m³). Kvantifikace uhlíkové stopy probíhala ve výrobní fázi objektu. Tedy ve fázi produktu, kdy tato fáze zahrnuje těžbu surovin, dopravu a jejich výrobu a poté fázi výstavby, zahrnující dopravu na stavbu a následné zabudování materiálů. I když software One Click LCA umožňuje stanovení potenciálu globálního oteplování pro celý životní cyklus, ke stanovení rozpočtového ukazatele byla zvolena pouze výrobní fáze, neboť následující fáze užívání sebou nese značné nejasnosti. U každého objektu může být zvolen jiný druh vytápění objektu, odlišná spotřeba vody nebo i rozdílná životnost samotné budovy.

V druhé části práce byly porovnány dva totožné stavební objekty, které se liší pouze v rozdílné výrobní technologii svislých konstrukcí. Jedná se o zděný

dům a dřevostavbu rodinného domu. Bylo předpokládáno, že zděný dům bude vykazovat větší zátěž na životní prostředí, a toho také bylo docíleno. Životnost obou objektů se ovšem brala v úvahu pouhých 50 let. Což životnost zděného domu je dvojnásobná, oproti životnosti dřevostaveb, které jsou na trhu teprve pár let. Zděný dům dosahuje ve všech fázích životního cyklu objektu vyšší uhlíkovou stopu než dřevostavba. A i když byly zahrnuty benefity, které se nachází až za hranicí systému, nedosáhlo se viditelného vyrovnání uhlíkové stopy zděného domu a dřevostavby a zděný dům vykazoval přibližně o 17,25 t CO₂ e vyšší uhlíkovou stopu.

Pokud budeme umět kvantifikovat jednotlivé dopady stavební výroby na životní prostředí, můžeme s těmito údaji dále pracovat, například snižovat jejich důsledky hned při návrhu budovy. S tím by nám mohl právě ve fázi návrhu budovy pomoci stanovený rozpočtový ukazatel uhlíkové stopy, se kterým by se dalo dále pracovat, pokud by se rozšířila databáze objektů.

POUŽITÁ LITERATURA A ZDROJE

- [1] *Vědecká komise o problémech životního prostředí* [online]. Dostupné z: http://www.enviwiki.cz/wiki/V%C4%9Bdeck%C3%A1_komise_o_prob%C3%A9mech_%C5%BEivotn%C3%ADho_prost%C5%99ed%C3%AD
- [2] PYTLÍK, P. *Ekologie ve stavebnictví*. 1997. ISBN 80-85380-38-2.
- [3] EnviWeb.cz - zpravodajství, odborné akce EnviWeb.cz. *EnviWeb.cz* [online]. Dostupné z: <http://www.enviweb.cz/eslovník/269>
- [4] *Zdraví a životní prostředí, SZÚ* [online]. Dostupné z: <http://www.szu.cz/tema/zivotni-prostredi>
- [5] *Role životního prostředí a „zelené filosofie“ ve stavebnictví* [online]. únor 2016. Dostupné z: <https://www.wachal.cz/role-zivotniho-prostredi-a-zelene-filosofie-ve-stavebnictvi/>
- [6] Klimatické změny a globální oteplování. *TZB-info* [online]. Dostupné z: <https://oze.tzb-info.cz/klimaticke-zmeny/20816-klimaticke-zmeny-a-globalni-oteplovani>
- [7] *Vývoj koncentrace CO₂ v atmosféře* [online]. Dostupné z: https://faktaoklimatu.cz/assets/generated/koncentrace-co2_1920.png
- [8] Impact Assessment Categories. *One Click LCA* [online]. Dostupné z: <https://oneclicklca.zendesk.com/hc/en-us/articles/360015036980-Impact-Assessment-Categories>
- [9] *Envimat.cz - LCA* [online]. Dostupné z: <http://www.envimat.cz/metodika/lca/>
- [10] *Envimat.cz - Slovník pojmů* [online]. [vid. 2021-01-12]. Dostupné z: <http://www.envimat.cz/metodika/pojmy/>
- [11] Stav Unie: Komise zvyšuje cíle v oblasti klimatu a navrhuje snížit emise do roku 2030 o 55 %. *Czech Republic - European Commission* [online]. září 2020. Dostupné z: https://ec.europa.eu/czech-republic/news/200917_emissions_cs
- [12] Proč ekologická architektura nestačí? *HOME* [online]. 2013. Dostupné z: <https://homebydleni.cz/dum/ned-a-pasivni-domy/proc-ekologicka-architektura-nestaci/>

- [13] *Co je pasivní dům? - Pasivnidomy.cz* [online]. Dostupné z: <https://www.pasivnidomy.cz/co-je-pasivni-dum/t2?chapterId=1634>
- [14] KRTKOVA, E, D GROZEVA a M BECK. *National Greenhouse Gas Inventory Report of the Czech Republic*. nedatováno.
- [15] PROSTŘEDÍ, Ministerstvo životního. *Ministerstvo životního prostředí* [online]. Dostupné z: <https://www.mzp.cz/>
- [16] CENIA, česká informační agentura životního prostředí [online]. Dostupné z: <https://www.cenia.cz/>
- [17] *LCA Database of Building products: local and global data for your LCA* [online]. Dostupné z: <https://www.oneclicklca.com/support/faq-and-guidance/documentation/database/>
- [18] Green Business & Color Palette™. *www.skanska.cz* [online]. [vid. 2020-09-10]. Dostupné z: <https://www.skanska.cz/kdo-jsme/udrzitelnost/zivotni-prostredi-a-green-business/green-business/>
- [19] KOPKÁŠOVÁ, M. FAQ-Stavební objekty. nedatováno, 20.
- [20] *ÚZ Oceňování majetku 2018*. B.m.: Sagit, 2018. ISBN 978-80-7488-280-7.
- [21] KLIMEŠOVÁ, Ing. Jarmila. *NAUKA O POZEMNÍCH STAVBÁCH, MODUL M01*. 2005.
- [22] DUFEK, Z, L MARKOVÁ a A TICHÁ. *Veřejné stavební investice*. B.m.: Nakladatelství AKCENT, s.r.o., 1993.
- [23] ÚRS PRAHA, A.S. *Ukazatele průměrné rozpočtové ceny na měrovou a účelovou jednotku*. B.m.: ÚRS Praha, 2018. ISBN 978-80-7369-746-4.
- [24] *České stavební standardy - portál společnosti RTS o stavebních standardech* [online]. Dostupné z: <http://www.stavebnistandardy.cz/default.asp?Typ=1&ID=8&Pop=0&IDm=8613339&Menu=>
- [25] ČSN 73 4055.

- [26] TICHÁ, A, J TICHÝ, R VYSLOUŽIL a O ŠIMÁČEK. *Rozpočtování a kalkulace ve výstavbě: Oceňovací a normativní podklady*. druhé. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2008. ISBN 978-80-7204-587-7.
- [27] Zastavěná plocha pozemku a zastavenost pozemku. *MASTER DESIGN - architekti Praha, Olomouc, Ostrava* [online]. Dostupné z: <https://www.master-design.cz/blog/odborne/zastavena-plocha-zastavenost-a-problemy-ktere-vytvareji>
- [28] OPRŠAL, R. *Znáte rozdíl mezi užitnou, užitkovou, podlahovou a obytnou plochou?* [online]. Dostupné z: <http://radekoprsal.cz/2018/01/znate-rozdil-uzitna-uzitkova-podlahova-ci-obytna-plocha/>
- [29] World's fastest Building Life Cycle Assessment software - One Click LCA. *One Click LCA® software* [online]. Dostupné z: <https://www.oneclicklca.com/>
- [30] *DEKWOOD Vás vítá | Dekwood* [online]. Dostupné z: <https://dekwood.cz/>

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

CO ₂	Oxid uhličitý
ČR	Česká republika
ČSN	Česká technická norma
EU	Evropská unie
JKSO	Jednotná klasifikace stavebních objektů
kg	Kilogramy
kWh	Kilowatthodina
l	Litr
MJ	Megajoule
m	Metr čtvereční
m	Metr krychlový
N ₂ O	Oxid dusný
OP	Obestavěný prostor
SO	Stavební objekt
TSKP	Třídník stavebních konstrukcí a prací
t	Tuna
MWh	Megawattohodina
SO ₂	Oxid siřičitý
ZP	Zastavěná plocha
ZRN	Základní rozpočtové náklady

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 - Zahraniční databáze.....	16
Tabulka 2 - Fáze životního cyklu	26
Tabulka 3 - Charakteristika objektu Talon	27
Tabulka 4 - Charakteristika objektu Roma	28
Tabulka 5 - Charakteristika objektu RIO.....	29
Tabulka 6 - Charakteristika objektu Domino	30
Tabulka 7 - Charakteristika objektu Fasthome	31
Tabulka 8 - Rozdělení materiálu do tříd	32
Tabulka 9 – Rozsah konstrukčních dílů zahrnutých v metodice LCA	34
Tabulka 10 - Spotřeba energie hodnocených objektů.....	35
Tabulka 11 - Souhrnná tabulka potřebná k výpočtu uhlíkové stopy	37
Tabulka 12 - Obestavěný prostor.....	37
Tabulka 13 – Uhlíková stopa konstrukčních materiálů Talon.....	39
Tabulka 14 – Uhlíková stopa dopravy Talon.....	40
Tabulka 15 – Uhlíková stopa výstavby Talon	40
Tabulka 16 - Uhlíková stopa konstrukčních materiálů Roma	41
Tabulka 17 – Uhlíková stopa dopravy Roma	42
Tabulka 18 - Uhlíková stopa výstavby Roma.....	42
Tabulka 19 - Uhlíková stopa konstrukčních materiálů Rio	43
Tabulka 20 - Uhlíková stopa dopravy Rio.....	44
Tabulka 21 - Uhlíková stopa výstavby Rio	44

Tabulka 22 - Uhlíková stopa konstrukčních materiálů Domino.....	45
Tabulka 23 - Uhlíková stopa dopravy Domino	46
Tabulka 24 - Uhlíková stopa výstavby Domino	46
Tabulka 25 - Uhlíková stopa konstrukčních materiálů Fasthome	47
Tabulka 26 - Uhlíková stopa dopravy Fasthome	48
Tabulka 27 - Uhlíková stopa výstavby Fasthome.....	48
Tabulka 28 – Shrnutí uhlíkové stopy objektů.....	50
Tabulka 29 – Stanovení uhlíkové stopy na produkční jednotku.....	52
Tabulka 30 - Seznam importovaných materiálů zděného domu	57
Tabulka 31 - Seznam importovaných materiálů dřevostavby	60
Tabulka 32 – Environmentální dopady dřevostavby	62
Tabulka 33 - Environmentální dopady dřevostavby.....	64
Tabulka 34 – Porovnání zděného domu a dřevostavby	65
Tabulka 35 - Uhlíková stopa bez spotřeby energie.....	66

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 - Vývoj koncentrace CO ₂ v atmosféře.....	12
Obrázek 2 – Ekodům	14
Obrázek 3 - Skanska Color Palette™	17
Obrázek 4 - Zastavěná plocha.....	22
Obrázek 5 - Užitná plocha	23
Obrázek 6 - Životní cyklus	24
Obrázek 7 - Vstupní údaje One Click LCA.....	32
Obrázek 8 - Průkaz energetické náročnosti budovy	35
Obrázek 9 - Výsledky hodnocení životního cyklu Talon.....	39
Obrázek 10 - Výsledky hodnocení životního cyklu Roma.....	41
Obrázek 11 - Výsledky hodnocení životního cyklu Rio.....	43
Obrázek 12 - Výsledky hodnocení životního cyklu Domino	45
Obrázek 13 - Výsledky hodnocení životního cyklu Fasthome.....	47
Obrázek 14 - Hodnocení životního cyklu.....	49
Obrázek 15 - Hodnocení životního cyklu fází A1-A3	50
Obrázek 16 - Rodinný dům Talon, vizualizace 1	54
Obrázek 17 - Rodinný dům Talon, vizualizace 2	54
Obrázek 18 - Technický výkres zděného domu, půdorys přízemí	55
Obrázek 19 - Technický výkres zděného domu, řez.....	56
Obrázek 20 - Energetická náročnost zděné budovy.....	58
Obrázek 21 - Stěnové panely DEKPANEL.....	58

Obrázek 22 - Technický výkres dřevostavby, půdorys.....	59
Obrázek 23 - Technický výkres dřevostavba, řez.....	59
Obrázek 24 – Energetická náročnost dřevostavby.....	61

SEZNAM GRAFŮ

Graf 1 – Uhlíková stopa jednotlivých objektů	51
Graf 2 - Procentuální zastoupení fází životního cyklu dřevostavby	63
Graf 3 - Procentuální zastoupení fází životního cyklu zděného domu	64
Graf 4 - Uhlíková stopa zděného domu a dřevostavby	65
Graf 5 - Uhlíková stopa.....	66

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1 – Seznam importovaných stavebních konstrukcí Talon
Příloha 2 – Seznam importovaných stavebních konstrukcí Roma
Příloha 3 – Seznam importovaných stavebních konstrukcí Rio
Příloha 4 – Seznam importovaných stavebních konstrukcí Domino
Příloha 5 – Seznam importovaných stavebních konstrukcí Fasthome
Příloha 6 – Seznam importovaných stavebních konstrukcí dřevostavby
Příloha 7 – Celkový výstup Talon
Příloha 8 – Celkový výstup Roma
Příloha 9 – Celkový výstup Rio
Příloha 10 – Celkový výstup Domino
Příloha 11 – Celkový výstup Fasthome
Příloha 12 – Celkový výstup dřevostavby