

Mendelova univerzita v Brně
Lesnická a dřevařská fakulta
Ústav nauky o dřevě

LCA různých konstrukčních systémů obálky budov

Diplomová práce

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem práci: LCA různých konstrukčních systémů obálek budov jsem vypracoval samostatně a veškeré použité prameny a informace uvádím v seznamu použité literatury. Souhlasím, aby moje práce byla zveřejněna v souladu s § 47b Zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, a v souladu s platnou Směrnicí o zveřejňování vysokoškolských závěrečných prací.

Jsem si vědom, že se na moji práci vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, a že Mendelova univerzita v Brně má právo na uzavření licenční smlouvy a využití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona.

Dále se zavazuji, že před sepsáním licenční smlouvy o využití díla jinou osobou (subjektem) si vyžádám písemné stanovisko university, že předmětná licenční smlouva není v rozoru s oprávněnými zájmy univerzity, a zavazuji se uhradit případný příspěvek na úhradu nákladů spojených se vznikem díla, a to až do jejich skutečné výše.

V Brně dne:

Podpis:

Poděkování

Vzhledem k množství času, které jsem na práci strávil, musím velmi poděkovat lidem, kteří mi v tu dobu se vším pomohli a stáli při mně. Především tedy mojí přítelkyni Barboře Ipserové, příteli ing. Martinu Slukovi a celé mojí rodině. V průběhu posledního půl roku jsem byl v častém kontaktu se svým vedoucím práce a velmi mu tímto děkuji, za jeho čas, profesionální přístup a cenné rady, které mi s prací pomohly.

Abstrakt

Jméno: Jan Fousek

Název práce: LCA různých konstrukčních systémů obálky budovy

Cílem práce je provést posuzování životního cyklu (LCA) konstrukčních systémů u obálky budov. Posuzování životního cyklu bylo prováděno dvěma metodami a to pomocí ISO norem (Athena) a Ekoindikátorů (Ekolizér). Posuzovány byly jednotlivé fáze životního cyklu, jednotlivé materiály a konstrukční systémy. Nejlépe hodnocenými konstrukcemi se stala konstrukce s cihelným blokem a konstrukce sloupková difuzně otevřená. Nejhůře dopadl železobeton a nejrozporuplnější jsou výsledky CLT panelu.

Klíčová slova: LCA, stavební konstrukce, Cradle to Gate, Cradle to Grave, Ekoindikátor, životní prostředí, součinitel prostupu tepla.

Abstract

Title: LCA of different types construction walls

Author: Jan Fousek

Goal of this work is to analyze life cycle assessment of building construction systems. LCA has been made by two different methods. One is based on ISO standards (Athena) and other on works with Ecoindicator (Ecolizer). Subject of comparison has been life cycle stages, materials and construction systems. The best results of constructions received construction made of brick block and wood based Two by Four diffuse-open construction. The worst construction is rebar-concrete one and most difficult was to understand results of construction made of CLT panel.

Key words: LCA, building constructions, Cradle to Gate, Cradle to Grave, Ecoindicator, environment, heat transfer coefficient.

Obsah

1	Úvod.....	9
2	Literární přehled	10
2.1	Strategie trvalé udržitelnosti	10
2.1.1	Trvale udržitelný rozvoj.....	10
2.1.2	Posuzování životního cyklu	13
2.1.3	Metody posuzování životního cyklu.....	15
2.1.4	Ecolizer 2.0	20
2.2	Normy ISO 14000	23
2.2.1	ČSN EN ISO 14040:2006 Enviromentální management - Posuzování životního cyklu - zásady a osnova	24
2.2.2	ČSN EN ISO 14044:2006 Enviromentální management - Posuzování životního cyklu - Požadavky a směrnice	24
2.2.3	ČSN EN 15804 Udržitelnost staveb - Enviromentální prohlášení o produktu.....	25
2.3	Software	26
2.3.1	Athena Impact estimator for buildings	26
2.4	Dokumenty	35
2.4.1	Before the flood	35
3	Cíl práce.....	37
4	Materiál a metodika	38
4.1	Výběr konstrukcí.....	38
4.1.1	Sloupková difuzně otevřená konstrukce	39
4.1.2	Sloupková difuzně uzavřená konstrukce	39
4.1.3	Masivná dřevěná konstrukce - CLT panel.....	40
4.1.4	Železobetonová konstrukce	40
4.1.5	Zděná konstrukce - probetonová.....	40
4.1.6	Zděná konstrukce – cihelný blok	41

4.2	Porovnání konstrukcí	41
4.2.1	Athena impact estimator	41
4.2.2	Ekolizér 2.0.....	42
4.2.3	Srovnání výsledků obou přístupů	43
5	Výsledky	44
5.1	Sloupková difuzně otevřená konstrukce	44
5.1.1	LCA - Athéna.....	44
5.1.2	Vliv na životní prostředí – Ekolizér 2.0.....	48
5.1.3	Porovnání výsledků.....	49
5.2	Soupková difuzně uzavřená konstrukce.....	50
5.2.1	LCA - Athéna.....	50
5.2.2	Vliv na životní prostředí – Ekolizér 2.0.....	54
5.2.3	Porovnání výsledků.....	56
5.3	Masivná dřevěná konstrukce - CLT panel	56
5.3.1	LCA - Athéna.....	57
5.3.2	Vliv na životní prostředí – Ekolizér 2.0.....	60
5.3.3	Porovnání výsledků.....	61
5.4	Železobetonová konstrukce.....	62
5.4.1	LCA - Athéna.....	62
5.4.2	Vliv na životní prostředí – Ekolizér 2.0.....	65
5.4.3	Porovnání výsledků.....	67
5.5	Zděná - probetonová konstrukce	67
5.5.1	LCA - Athéna.....	67
5.5.2	Vliv na životní prostředí – Ekolizér 2.0.....	71
5.5.3	Porovnání výsledků.....	72
5.6	Zděná - konstrukce	73
5.6.1	LCA - Athéna.....	73

5.6.2	Vliv na životní prostředí – Ekolizér 2.0.....	76
5.6.3	Porovnání výsledků.....	77
5.7	Celkové porovnání konstrukcí	78
5.7.1	Porovnání konstrukcí v Athéně.....	78
5.7.2	Porovnání konstrukcí v Ekolizéru.....	81
5.7.3	Celkové porovnání výsledků	83
6	Diskuze	85
6.1	Význam strategie trvale udržitelného rozvoje.....	85
6.2	Objektivní vs. subjektivní hodnocení.....	86
6.3	Porovnání přístupů Athény x Ekolizér 2.0	86
6.4	Porovnání výsledků	87
6.5	Globalizace.....	88
7	Závěr	90
8	Přehled literatury.....	92
9	Souhrn.....	93
10	Seznam taulekobrázek a grafů	94
11	Přílohy.....	99

1 Úvod

Téma životní prostředí je mi blízké již od útlého věku. Jsem alergik, který má rád přírodu a proto se zajímám o většinu produktů hlouběji než běžný spotřebitel. Velmi rád sleduji dokumenty, které pojednávají o tomto tématu. Jako jeden z nejzajímavějších na dané téma považuji dokument *Before the flood*. Věnují se v něm nejen klimatickým změnám, znečišťováním vod a vzduchu, kácením pralesů ale i jiným závažným problémům, např. Další zajímavou věcí k zamyšlení byla a stále je kauza s palmovým olejem. Díky masivním požárům docházelo ke kácení pralesů, a to jen pro to, aby zde vyrostly planáže palmy olejné, která je levným zdrojem oleje používaného ve spoustě výrobcích. O tomto problému jsem se dozvěděl nejprve přes sociální sítě a poté z dalších médií. S úžasem jsem sledoval, jak masivní kampaně donutili korporáty změnit recepturu a alespoň dočasně ustoupit od užívání palmového oleje.

Problémem, který vnímám je, že si člověk často řekne, že s tím nic nenadělá, ale to není pravda. Tím co jíme, co kupujeme a užíváme máme přímo vliv na životní prostředí. Stejně tak jako to, kde bydlíme a z čeho je náš dům. Další věcí je, že lidé velmi rychle zapomínají. Jakmile se o problému nemluví, člověk nabyde mylného dojmu, že je pryč. Jsou to přetrvávající, aktuální problémy, a proto je moje práce zaměřená tímto směrem. Chci, aby si co nejvíce lidí uvědomilo, že třídít odpad je správná věc, ale nestačí to.

Při studiu na této škole jsem absolvoval mnoho zajímavých předmětů, ve kterých jsem se dozvěděl zajímavá fakta o tom, které procesy provází výrobu – životní cyklus, ekodesign a materiálové indexy. To mě vedlo k myšlence porovnat stavební materiály a vytvořit tak nový pohled na stavebnictví. Ročně se totiž ve stavebnictví použije 3 miliardy tun materiálu – to je 40% všech surových materiálů přičemž se ve stavebnictví spotřebuje 30-40% celkové energie, z níž je drtivá většina neobnovitelná. (World watch institute, program pro životní prostředí spojených národů, 2000).

Klient by se tak nemusel rozhodovat o tom, z čeho bude jeho dům postaven, pouze na základě estetických preferencí či pocitového pohodlí, ale také na základě ekologické zátěže, kterou daná konstrukce pro životní prostředí představuje.

2 Literární přehled

2.1 Strategie trvalé udržitelnosti

V následujících bodech bude postupně shrnuto několik témat, které úzce souvisí s touto prací. Jedná se především o trvale udržitelný rozvoj, z něhož celá práce vychází.

2.1.1 Trvale udržitelný rozvoj

Je takový způsob rozvoje lidské společnosti, který uvádí v soulad hospodářský a společenský pokrok s plnohodnotným zachováním životního prostředí. Mezi hlavní cíle udržitelného rozvoje patří zachování životního prostředí budoucím generacím, v co nejméně pozměněné podobě. Je postavený na sociálním, ekonomickém a environmentálním pilíři.

V roce 1968 byl založen tzv. Římský klub (Club di Roma), který sdružuje uznávané osoby z mnoha zemí a provádí výzkumy, které se zabývají problémy vývoje světa jako celku, aby bylo možno vést rozhodující kroky ke stanovení limitů růstu, popř. limitů směru růstu (Meadows at al., 1972).

V roce 1972 Římský klub uveřejnil zprávu zadanou týmu vědců z Massachusettského technologického institutu. Tato zpráva zveřejnila výsledky počítačově simulovaného vývoje lidské populace a využívání přírodních zdrojů do roku 2100. Z této zprávy je patrné, že během 21. století dojde k brutálnímu populačnímu pádu v důsledku znečištění, vyčerpání úrodnosti obdělávatelných půd a nedostupnosti energetických zdrojů (především fosilních paliv) (Meadows at al., 1972).

Ve stejném roce (1972) se uskutečnila konference Organizace spojených národů na téma prostředí člověka. Zde vyšla na světlo světa myšlenka nutnosti ekologicky přijatelného rozvoje a nastínily se zde hlavní problémy vzájemného působení ekonomického růstu na stav planety. Rovněž zde došlo k načrtnutí problémů nerovného vývoje rozvojových zemí (nazývaných globální jih) a vysoce rozvinutých zemí (pro něž se vžil termín globální sever).

V roce 1987 byla stanovena definice trvale udržitelného rozvoje v tzv. Brundtland report (pojmenované po norské fyzičce a političce Gro Harlem Brundtland, předsedkyni Světové komise pro životní prostředí a rozvoj (World Commission on Environment and Development — WCED). Tato zpráva byla vydána knižně pod

titulem Naše společná budoucnost (orig. Our Common Future), česky v roce 1991. Na Summitu Země v Riu de Janeiru v roce 1992 přešel tento termín do širokého povědomí.

Průmyslové katastrofy posledních třiceti let (Černobylská havárie, katastrofa chemického závodu v Bhópálu, havárie tankeru Exxon Valdez aj.) donutily k hlubokým otázkám nejen veřejnost, ale především nejrůznější organizace, do jejichž pole působnosti podobné problémy spadaly (např. Greenpeace). Trvale udržitelný rozvoj se tak stal veřejně diskutovanou záležitostí.

V roce 1992 bylo jako reakce na dvacáté výročí první zprávy Římského klubu vydáno její pokračování, kniha Překročení mezí (orig. Beyond the Limits). Kniha aktualizuje informace z Mezí růstu a snaží se aplikovat několik matematických modelů odpovídajících různému chování lidské populace. Většina modelů předpokládá významný pokles životní úrovně spojený s vyčerpáním zdrojů a znečištěním životního prostředí mezi lety 2020 a 2060.

V září roku 2002 na Summitu v Johannesburgu více než sto hlav států a několik desítek tisíc zástupců světových vlád ratifikovalo dohodu vyjadřující zájem o zachování přírodních zdrojů a planetární biodiverzity. V roce 2005 byl zakončen projekt „Hodnocení ekosystémů na přelomu tisíciletí“ (Millennium Ecosystem Assessment), který byl odstartován generálním tajemníkem OSN Kofi Annanem a který vycházel ze základních mezinárodních smluv o ochraně přírody — Úmluva o biologické rozmanitosti (biodiverzitě), Úmluva o boji proti rozšiřování pouští (desertifikaci), Úmluva o mokřadech, Úmluva o ochraně stěhovavých druhů atd. Projekt provedl syntézu vědeckých poznatků o změnách ekosystémů a jejich dopadech na kvalitu života, aby se pokusil o modelování možného vývoje v 21. století.

Jak bylo řečeno v úvodu systém trvalé udržitelnosti stojí na třech základních pilířích. Tato práce se věnuje pilíři enviromentálnímu, ten vychází z faktu, že v omezeném systému není neomezený růst možný. Proto je nutné uvědomit si hodnotu ekosystémů a jejich služeb, náležitě ji ocenit (ať již duchovně či materiálně) a dobře ji střežit. Environmentální pilíř zasahuje jak do roviny sociální, tak ekonomické. Právě počáteční snahy o ochranu životního prostředí vedly k dnešní podobě udržitelného rozvoje, která zdůrazňuje jak rovinu sociální, tak ekonomickou. Udržitelný rozvoj je občas mylně chápán pouze jako synonymum k ochraně přírody, potažmo životního prostředí (v úzce vymezeném přírodním slova smyslu). Ve správném pojetí je však naprosto nezbytné klást stejný důraz na jeho pilíře (které ho podpírají rovnocenně).

Zásadní premisou environmentálního pilíře pak je ochrana biodiverzity ve všech jejích formách a podobách, přičemž: „nejvyšší úroveň je přitom nutné chápat jako diversitu kulturní, jež je pro zachování dynamické rovnováhy a stability lidských společenství neméně významná než diversita biologická pro zachování ekosystémů.“ (Rynda, 2005)

2.1.1.1 Oběhové hospodářství

Je definován jako koncept, ve kterém neexistuje odpad. Dobrý způsob, jak vysvětlit tento koncept, je přirovnat ho ke stavu, v jakém se nachází náš lineární systém. V našem stávajícím systému pracně čerpáme suroviny, které následně přeměňujeme na produkty a služby a po ukončení jejich mnohdy velmi krátkého životního cyklu se jich zbavujeme. Na skládkách nebo ve spalovnách odpadu tak nenávratně přicházíme o cenné a vzácné materiály. Toto řešení se může jevit jako funkční z pohledu obce, firmy nebo domácnosti, ale z globálního hlediska nám nutně musí dojít, jakým neudržitelným směrem se naše civilizace ubírá.

Oběhové hospodářství nachází inspiraci v přírodních ekosystémech, které jsou založeny na dokonalých a funkčních cyklech organických živin. Oběhové hospodářství tuto představu aplikuje ve světě lidí. Mezi základní principy, které tento koncept definují patří:

- uzavírání toků materiálů ve funkčních a nekončících cyklech, kde neztrácejí hodnotu
- čerpání energie z obnovitelných a udržitelných zdrojů
- navrhování takových produktů a služeb, které nemají negativní dopady na přírodní ekosystémy a lidské zdroje. Tato metoda je tedy úzce spojená s principy Eko-designu (Národní výzkumná a inovační strategie pro inteligentní specializaci České republiky, 2016).

2.1.1.2 Eko-design

Zaměřuje na fázi životního cyklu Cradle to Gate (od Kolébky po bránu). Jednodušeně se snaží snížit dopad výrobku na životní prostředí při splnění požadavků na funkčnost. Používají se k tomu následující postupy (Ashby, 2007):

- Volba materiálu s nízkým dopadem na životní prostředí (recyklovaný materiál, dobře recyklovatelný materiál, maximalizace využití udržitelných zdrojů)
- Snížení množství použitého materiálu (snížení váhy, snížení objemu - výhodnější transport)

- Volba ideálně odolného materiálu
- Optimalizace výrobních technik
- Optimalizace distribučního systému
- Nejprve navrhnout životní cyklus výrobku, až poté samotný výrobek

2.1.1.3 Materiálové indexy

Pomáhají návrhaři, který chce navrhnout výrobek v souladu se strategií trvalé udržitelnosti najít vhodný materiál pro danou funkci. Může si tak vybrat vlastnost, která je pro něj rozhodující a potom ji maximalizovat nebo minimalizovat. Zvolí tvar výsledného produktu, v této práci by to byl panel a snahou je zachovat jeho tuhost při minimalizaci (Ashby, 2009):

Tabulka 1: Přehled mat. indexů (E-modul pružnosti [Pa], ρ-hustota [kg/m³], H-vázaná energie [J], C-cena [Kč])

Hmotnosti	Objemu	Energie	Ceny
E	$\frac{E^{\frac{1}{3}}}{\rho}$	$\frac{E^{\frac{1}{3}}}{H \rho}$	$\frac{E^{\frac{1}{3}}}{C \rho}$

2.1.2 Posuzování životního cyklu

LCA perspektiva životního cyklu

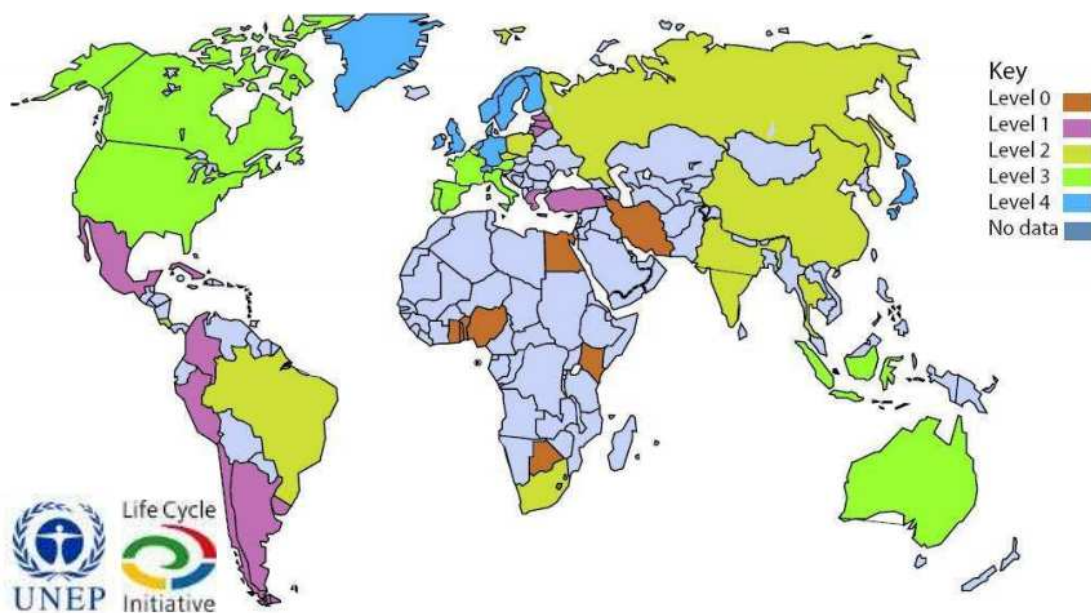
LCA bere v úvahu úplný životní cyklus produktu, od těžby a ziskní surovin, přes produkci energie, výrobu a zpracování materiálu, užití, úpravu po skončení životnosti a konečné odstraňování. Díky tomuto systematickému přehledu a perspektivě je možné identifikovat a následně se vyvarovat posunu potencionální enviromentální zátěže mezi fázemi životního cyklu nebo jednotlivými procesy.

Enviromentální zaměření

LCA se zaměřuje na enviromentální aspekty a dopady produktového systému. Pro ekonomické a sociální aspekty a dopady je typické, že se nacházejí mimo rozsah LCA. Ostatní nástroje mohou být kombinovány s LCA za účelem rozsáhlejšího posuzování.

Evoluce a vnímání LCA celosvětově

0 – žádné povědomí, 4 – světoví lídři v posuzování životního cyklu



Obrázek 1: Světová evoluce a vnímání LCA (ISO TC207 WORKSHOP Oslo (Norway), 2011)

Přímé aplikace interpretace

- Vývoj produktu a zlepšování
- Strategické plánování
- Tvorba veřejné politiky
- Marketing
- Ostatní

Rozsah LCA zahrnuje následující položky

- produktový systém, který má být zkoumán
- funkce produktového systému nebo v případě prováděcích studií systémů
- funkční jednotku (základ ke kterému se vztahují vstupy a výstupy)
- hranice systému
- alokační postupy
- vybrané kategorie dopadu, metodologii posuzování dopadů a následnou interpretaci pro použití
- požadavky na údaje
- předpoklady
- omezení
- požadavky na kvalitu počátečních údajů
- typ kritického přezkoumání, je-li

- typ a formát zprávy požadované pro studii

Interpretace životního cyklu

Fáze LCA, ve které jsou společně zvažována zjištění z inventarizační analýzy a posuzování dopadu nebo, v případě studií (Life Cycle Interpretation – LCI), pouze zjištění z inventarizační analýzy. Interpretační fáze by měla dodat výsledky, které jsou v souladu s definováním cílem a rozsahem a které dochází k závěrům, objasňují omezení a poskytují doporučení.

Interpretace by měla odrážet skutečnost, že výsledky LCIA jsou založené na relativním přístupu, že indikují potencionální enviromentální vlivy, a že nepředvídají skutečné dopady na konečné kategorie vody, překročení prahů, mezí tolerance nebo rizik.

Zjištění této interpretace mohou být uvedena formou závěrů a doporučení osobám činícím rozhodnutí, v souladu s cílem a rozsahem studie.

Má také poskytovat snadno pochopitelný kompletní ucelený popis výsledků LCA v souladu s definicí cíle a rozsahu studie.

Interpretační fáze může zahrnovat iterativní proces opětovného přezkoumání a revidování rozsahu LCA, stejně jako původ a kvality shromážděných údajů způsobem, který je v souladu s definovaným cílem (ISO14040, 2006).

2.1.3 Metody posuzování životního cyklu

Oblasti na něž se LCA vztahuje

Jedná se o tři hlavní kategorie, z nichž každá má několik podkategorií. U kategorie vstupy se jedná o suroviny, která v každou fázi životního cyklu výrobku do procesu vstupují. Viz obrázek 3.

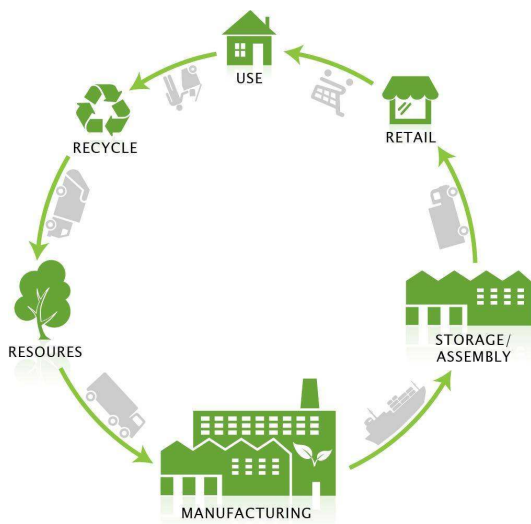
Vstupy:

- Materiál [kg]
- Energie [J]
- Transport [km]

Proces životního cyklu zahrnuje celý život výrobku od těžby surového materiálu přes zpracování a další fáze až ke konečné recyklaci, případně odstraňování nepoužitelných částí.

Životní cyklus:

Na obrázku 2 jsou znázorněny jednotlivé fáze životního cyklu a následně jsou vypsány.



Obrázek 2: Životní cyklus (DSM,2013)

- Surový materiál
- Zpracování materiálu (rafinace)
- Výroba
- Prodejny
- Používání
- Znovupoužití / recyklace
- Odpad

Poslední částí, na něž se analýza životního cyklu vztahuje, jsou emise. Tento subjekt zkoumá, jaké látky, v jaké formě se v průběhu životního cyklu uvolňují a jaký mají následně vliv na prostředí ve kterém žijeme a jakou pro něj představují zátěž.

Emise:

- Odpadní voda
- Emise do ovzduší
- Tuhý odpad
- Ostatní úniky
- Použitelné produkty

Klady a zápory

Protože každá metoda má svoje silné a slabé stránky, zde je shrnuto pár bodů, proč se obecně LCA doporučuje a kde jsou jeho mezery.

Klady

- Jsou k dispozici celosvětové standardy
- Velmi silný nástroj

Zápory

- Velice časově náročné
- Složitě sbírání dat
- Drahý software
- Složitá interpretace dat
- Příliš komplikované na porovnávání produktů

Proto je k interpretaci potřeba určit si faktory, na jejichž základě budeme produkty porovnávat (např. vyprodukované množství CO₂, potřebné množství vody, spotřebovaná energie, atd.)

Této metody využívá i ECO indikátor 99 Manuál pro designéry, který provádí studii LCIA materiálu. Pomocí indikátoru vyjadřuje zátěž životního prostředí každé operace (cradle to grave) Jednoduchým způsobem tak umožňuje zkoumat Eko-design výrobku.

Rozsah, včetně hranice systému a rovněž detail LCA, závisí na předmětu a zamýšleném užití studie. Hloubka a šíře LCA se může významně lišit v závislosti na cíli dané studie LCA.

Fáze Inventarizační analýza životního cyklu (LCI Fáze) je druhou fází LCA. Je to inventarizace vstupních/ výstupních údajů s ohledem na posuzovaný systém. Zahrnuje shromáždění údajů nezbytných k naplnění cíle definované studie.

Fáze posuzování dopadů životního cyklu (LCIA) je třetí fází LCA. Smyslem LCIA je poskytovat dodatečné informace a tím pomoci hodnotit výsledky produktového systému LCI a také lépe pochopit jejich environmentální význam.

Interpretace životního cyklu je poslední fází procedury LCA, ve které jsou výsledky LCI a nebo LCIA shrnuty a diskutovány jako základ pro závěry, doporučení a rozhodování v souladu s definovaným cílem a rozsahem.

Cíl studie:

- důvod pro vypracování studie
- její zamýšlená použití
- zamýšlené cílové skupiny adresátů
- stanovisko, zda je záměrem studie podpora porovnávacích tvrzení, která mají být přístupná veřejnosti.

Rozsah studie

- jasně definované hranice, kterými se bude studie řídit

Existují tři základní druhy této metody, které se běžně používají a česky se nazývají:

- Od Kolébky po bránu (Cradle to Gate)
- Od Kolébky po hrob (Cradle to Grave)
- Od Kolébky po kolébku (Cradle to Cradle)

(ISO14044, 2006)

2.1.3.1 Od Kolébky po bránu – Cradle to Gate

Jedná se o částečnou analýzu životního cyklu produktu z extrakce surového materiálu (kolébka) po bránu továrny (tj. před tím, než je dopraven ke spotřebiteli). Fáze užívání a likvidace produktu jsou v tomto případě vynechány.

Tyto studie jsou někdy podkladem pro hodnocení deklarace ekologického produktu (Environment Product Declaration - EPD). Jedním z významných použití tohoto přístupu je, že se pomocí něj sestavuje tzv. soupis životního cyklu (LCI).

2.1.3.2 Od Kolébky po hrob – Cradle to Grave

Tato studie se zaměřuje na environmentální aspekty a možné environmentální dopady (např. spotřebování zdroje a environmentální následky úniků) v průběhu života produktu, od získání surovin přes výrobu, užívání, úpravu po skončení životnosti, recyklace a odstraňování.

Studie má čtyři fáze:

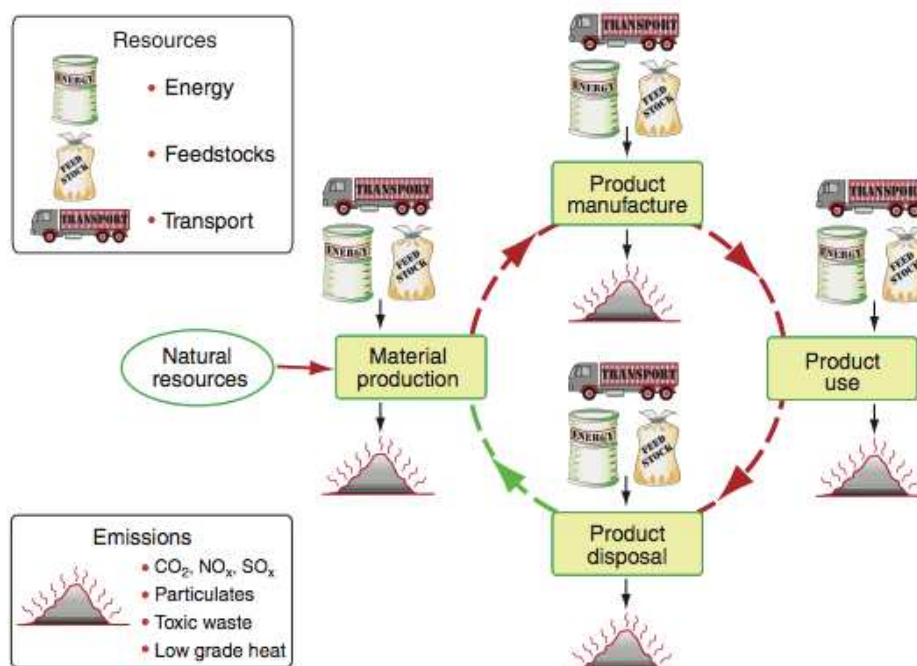
- a) Fázi stanovení cíle a rozsahu
- b) Fázi inventarizační analýzy
- c) Fázi posuzování dopadů a
- d) Fázi interpretace.

Důležité je, že v každé fázi životního cyklu do řetězce vstupuje spotřebovávaná se energie a suroviny, zároveň se výrobek dále dopravuje a v souvislosti s těmito činnostmi se uvolňují emise ve formě (odpadu, částic, splodin).

Na obrázku 2 můžeme vidět, že suroviny a energie z přírodních zdrojů vstupují do koloběhu z levé strany. Jsou zpracovány a vznikají z nich základní materiály. Materiály jsou přepraveny a za pomoci surovin a energie přetvořeny na výrobek, který je dále distribuován, prodán a následně užíván. Na konci životnosti produktu je rozebrán na součásti, které se dají recyklovat a zbytek putuje do spalovny nebo na skládku.

Energie a materiál jsou spotřebovávány v každé části životního cyklu. Ubývají tak přírodní zdroje a krom toho jsou vylučovány všemožné emise jako uhlík, oxidy a sulfidy, dusičnany a další. Je uvolňováno zbytkové teplo, a plynné, kapalné či pevné

odpady. V malých koncentracích je většina těchto emisí neškodná, ale jakmile jejich koncentrace naroste stávají se škodlivé. Jednoduše řečeno, je výsledný součet těchto produktů v současnosti tak veliký, že překročí kapacitu životního prostředí je absorbovat. Některá poškození jsou pouze lokální a tak jeho výrobce nese zodpovědnost a platí za sanace. Pro jiná poškození je dopad globální a tak výrobce emisí nenese přímou zodpovědnost, takže náklady na sanaci životního prostředí se stávají zátěží pro společnost jako celek.



Obrázek 3: Analýza životního cyklu od Kolébky po hrob – *Materials and Environment* (Ashby, 2009).

Metodou Posuzování životního cyklu není obtížné dojít k závěru, že pokračovat s tradiční produkční koncepcí Cradle to Grave (Od Kolébky do hrobu), která vychází z lineárního produkčního řetězce, není cestou k dosažení udržitelného průmyslu. V tomto modelu vzniká odpad jak na konci řetězce v podobě použitého výrobku, tak v průběhu výrobního procesu. Tím mohou být třeba zplodiny vzniklé při transportu nebo rafinaci, přebytky výroby nebo obaly (Ashby, 2009).

2.1.3.3 Od Kolébky po kolébku – Cradle to Cradle

Tento přístup by měl zohledňovat environmentální šetrnost, možnost rozebrání na jednotlivé materiály a zdravotní nezávadnost prvotního produktu. Jednotlivé

součástky musí být možné snadno přeměnit zpět na zdrojovou surovinu, z níž lze vyrobit výrobek o srovnatelné kvalitě jako byl ten původní.

Suroviny tak obíhají v nekonečném výrobním cyklu, kde neexistuje odpad (McDonough and Braungart, 2002).

2.1.4 Ecolizer 2.0

Další metodou jak zjistit vliv na životní prostředí, je výpočet pomocí takzvaných eko-indikátorů, ty těží ze slabých stránek studie LCA a nabízejí:

- snadno přístupná data
- množství dat zdarma
- díky jednomu výsledku snadné porovnání

To vše s sebou ale nese také nevýhody, protože data nejsou tak komplexní a hůře se z nich dá usoudit důvod, proč je jeden produkt větší zátěží pro životní prostředí než jiný. Stejně tak není možné dohledat, jaké emise produkuje výrobek nejvíce ([online]. Dostupné z: <http://www.ecolizer.be>)

Ecolizer 2.0 je belgická platforma, vytvořená pro designéry, kteří si přejí analyzovat dopad jejich výrobku na životní prostředí. Pracuje s takzvanými Eko-indikátory, to jsou čísla která odrážejí zátěž materiálu na životní prostředí, zpracování, výrobní postupy, transport, spotřebu energie, recyklace a zpracování odpadu. Čím vyšší je hodnota indikátoru, tím vyšší je také dopad na životní prostředí.

Ecolizer 2.0 je primárně zaměřen na projektanty, pomáhá jim vyhodnotit dopad na životní prostředí a vybrat tak správný materiál, z kterého se bude určitá část výrobku skládat. Je to první, ale ne jediný krok k Eko-designu.

Rozhodnutí projektanta zvolit daný proces nebo materiál bezprostředně ovlivňuje dopad na životní prostředí. Výhodou této metody je, že projektantům dovoluje jednoduše analyzovat jaké materiály, procesy, komponenty nebo fáze životního cyklu přispívají největší měrou a reagovat na ně. Navíc můžete porovnávat různé materiálové nebo produktové alternativy.

Strategie trvalé udržitelnosti považuje Eko-design za za jedenu z nejlepších strategií pro nakládání s odpadem a materiálovou politiku. Současně vyzývá produktové projektanty a firmy, aby se pokusily dosáhnout lepších hodnot výrobku s menším dopadem, za použití méně vzácných materiálů a za ekonomického užívání energie. Eko-design navíc vede producenty k vyššímu stupni inovace. ([online]. Dostupné z: <http://www.ecolizer.be>).

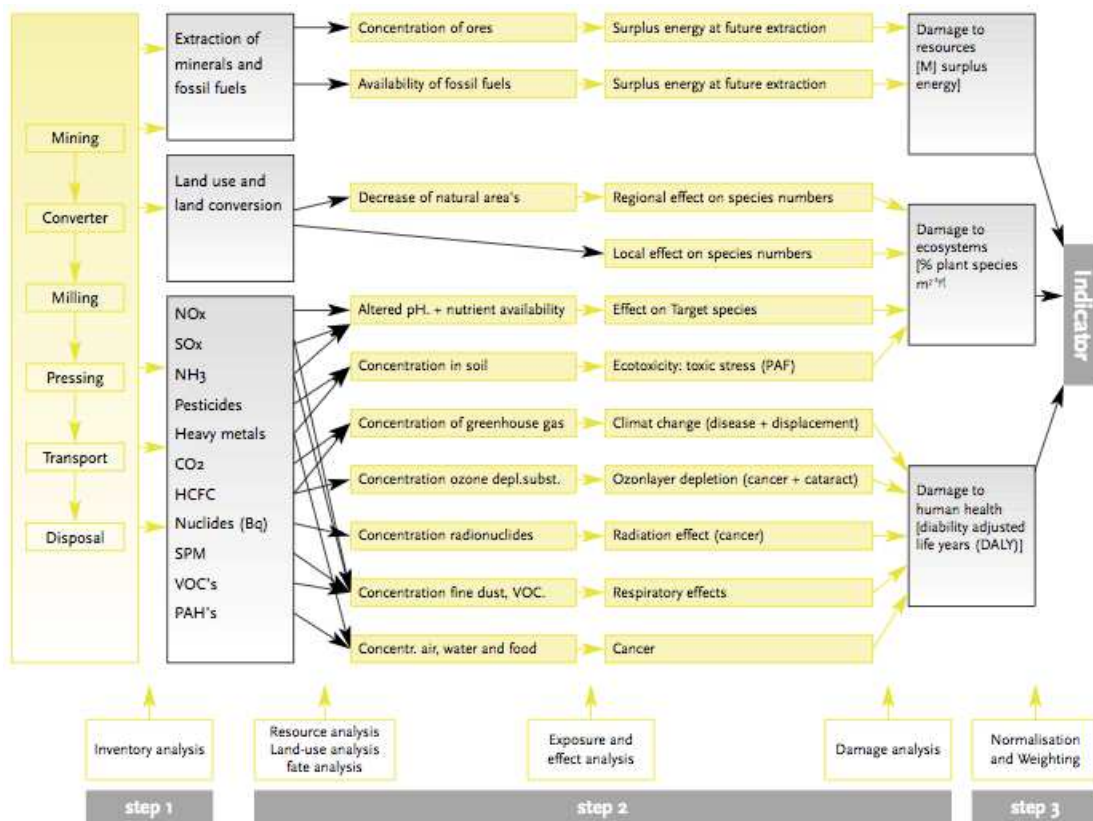
Získávání dat

Každý produkt má různý dopad na životní prostředí. Surové materiály musí být extrahovány, výrobek musí být vyroben, rozdělen a zabalen. Na konci jeho životnosti musí být zlikvidován. Kromě toho dochází k vlivu na životní prostředí během životnosti, výsledkem produkované energie nebo spotřeby materiálu. To znamená, že pokud chceme zjistit vliv výrobku na životní prostředí, musí být brány v úvahu všechny fáze životního cyklu. Analýza životního prostředí všech fází výrobku se nazývá analýza životního cyklu (LCA).

Obrázek 4 popisuje, jak lze zjistit hodnotu eko-indikátoru. V levém sloupci jsou vypsané procesy analýzy životního cyklu od těžby až po likvidaci. Následuje výčet tří skupin, kde jsou popsány následky celého procesu od potřebné těžby minerálů a fosilních paliv, přes proměnu půdy a její užívání až po emise, které vznikají při jednotlivých procesech.

Třetí sloupec obrázku se věnuje předešlým třema skupinám, jaké mají následky a ve sloupci čtvrtém se podrobně ukáže, jaký mají jednotlivé vlivy na životní prostředí.

Poslední část tabulky ukazuje, které skupiny mají dopad na lidské zdraví, poškození ekosystému a nebo úbytek zdrojů. Společný vliv se poté transformuje jako jediná hodnota ve formě Eko – indikátoru.



Obrázek 4: Příklad postupu stanovení eko-indikátoru (Eco-indikator, 99)

Indikátory jsou pouze orientační. Jedná se o absolutní hodnotu určenou pouze pro relativní provedení materiálů a procesů, které jsou obsaženy. Jeden Eko-indikátor odpovídá zhruba tisícíně zátěže na životní prostředí, vyprodukované průměrným evropanem. Ecolizer 2.0 používá k výpočtu Milipointy (MPT), které odpovídají miliontině této ekologické zátěže.

První Ecolizer byl vyvinut v roce 2005, tehdy se pro výpočet indikátorů používala metoda Eco-indicator 99. O čtyři roky později byla požadována aktualizace této metody. Nebyla k dispozici pouze nová data, ale změnila se také metoda výpočtu. Výsledný Ecolizer 2.0 používá obě přepočtené hodnoty eco-indikátoru a nejnovější metodu výpočtu.

Pro výpočet dat je zvolena metoda ReCiPe, aktualizovaný nástupce metody Eko-indikator 99. Začleňuje kategorie vlivů na životní prostředí (střední bod) a kategorie poškození. Tato metoda obsahuje 19 kategorií vlivu na životní prostředí (úbytek ozonové vrstvy, zvýšená kyselost prostředí, toxicita pro lidi a prostředí, užívání půdy a vodních zdrojů, úbytek nerostných surovin) Těchto devatenáct kategorií jsou

dále zpracovány do třech kategorií škodlivých pro životní prostředí: vliv na lidské zdraví, dopad na ekosystémy a vyčerpání surovin. Co se týče váhy jednotlivých kategorií, ReCiPe používá stejný princip jako Metoda 99 Eko-indikátor. Následující řazení ukáže průměrnou váhu jednotlivých vlivů:

- Lidské zdraví	400
- Ekosystémy	400
- Surové materiály	200

Po výpočtu dopadu určitého materiálu na jednotlivou kategorii v oblasti životního prostředí, je za použití váhových faktorů z tabulky vliv pro každou kategorii konečně vyjádřen jedním jediným indikátorem. Právě takovéto indikátory obsahuje Ecolizer 2.0. ([online]. Dostupné z: <http://www.ecolizer.be>).

2.2 Normy ISO 14000

ISO normy jsou jednotné mezinárodní normy, které mají stejné znění a stejnou platnost ve všech státech, jež se rozhodly je akceptovat. Jejich vytvářením se zabývá Mezinárodní organizace pro normalizaci. Přispívají k efektivnějšímu, bezpečnějšímu a čistšímu rozvoji, výrobě a poskytování služeb. Jejich zavedení pomáhá podnikům pronikat na mezinárodní trh, zákazníkům rozšiřuje nabídku, všem pak zaručuje bezpečnost výrobků a snahu o ochranu životního prostředí.

ISO 14000 je soubor norem, které zahrnují normy a směrnice související s řídicími systémy, a příbuzné normy upravujících terminologii a specifické nástroje, jako je audit (proces kontroly, zda systém řízení odpovídá normě). Jsou rozděleny do dekád podle tematických okruhů:

dekáda 14000 - Systémy environmentálního managementu

ISO 14001 pojednává o environmentálním managementu, tj. managementu „týkající se životního prostředí“. Společnost, která se rozhodla získat Certifikát osvědčující soulad s požadavky této normy musí vytvořit, dokumentovat, uplatňovat a udržovat systém environmentálního managementu a neustále zlepšovat jeho efektivnost.

dekáda 14010 - Směrnice pro provádění environmentálních auditů

dekáda 14020 - Environmentální značky a prohlášení

dekáda 14030 - hodnocení environmentálních vlivů podniků na životní prostředí

dekáda 14040 - posuzování životního cyklu

dekáda 14050 - definice a termíny

Normy ISO 14000 v první řadě usilují o to, aby organizace minimalizovala všechny rušivé vlivy své činnosti na životní prostředí. Cílem je aktivně podporovat vše, co je možné udělat pro prevenci škod na životním prostředí – ať už v průběhu výroby, nebo při používání výrobku – znečišťováním nebo vyčerpáváním přírodních zdrojů.

Normy ISO 14000 se zabývají způsobem, jakým organizace pracují, nikoliv výsledky jejich práce. Jinými slovy orientují se na procesy, nikoliv produkty, nicméně způsob, jakým organizace řídí své procesy, samozřejmě ovlivňuje finální produkt.

Vznik ISO 14000

1992 - zahájeny práce na normách řady ISO 14000 - Mezinárodní organizace pro standardizaci (ISO)

1996 - první normy vstoupily v platnost

2004 - schválena revize normy ISO 14001 - první aktualizace od zavedení zvýšení srozumitelnosti

zvýšení kompatibility s ISO 9001:2000 (řízení jakosti)

2005 - revize základních norem ČSN EN ISO 14001 a ČSN EN ISO 14004 navazující na revizi mezinárodních norem řady ISO vstoupily v platnost jako ČSN EN ISO 14001:2005, resp. ČSN EN ISO 14004:2005 (Mikoláš J., 2006).

Z norem, které jsou mezinárodním nástrojem trvalé udržitelnosti si blíže představíme následující dvě, které reprezentují ISO Normy 14000 a z hlediska této práce jsou klíčové. Jedná se totiž o osnovu provádění LCA společně se zásadami a dále požadavky a směrnice, které jsou potřebné.

2.2.1 ČSN EN ISO 14040:2006 Enviromentální management - Posuzování životního cyklu - zásady a osnova

Podle této normy je blíže popsána kapitola 2.1.2 posuzování životního cyklu. Jedná se o osnovu celé práce a veškeré zásady, které je potřeba dodržet, aby byla Analýza životního cyklu (LCA) kompletní a správná.

2.2.2 ČSN EN ISO 14044:2006 Enviromentální management - Posuzování životního cyklu - Požadavky a směrnice

Podle této normy je blíže popsána kapitola 2.1.3 posuzování životního cyklu. Konkrétně všechny požadavky a směrnice, které tvoří analýzu životního cyklu.

2.2.3 ČSN EN 15804 Udržitelnost staveb - Enviromentální prohlášení o produktu

Tato norma se zaměřuje spíše na převedení předchozí normy přímo do stavebnictví. Jednotlivé fáze životního cyklu přesněji rozebírá z hlediska stavebnictví a jednotlivých materiálů. A dokonce i celých budov protože se zabývá vytápěním, opravou, atd. Předpokládá sběr dat z jednotlivých odvětví. I když z ní práce přímo nevychází, je z hlediska stavebnictví a materiálů důležitá, proto je uvedena.

Aby mohla být znázorněna environmentální nezávadnost produktu, musí EPD obsahovat jednoduchý vývojový diagram procesů zahrnutých v LCA. Ty musí být dále rozděleny alespoň do jednotlivých fází životního cyklu výrobku:

- výroba
- výstavba
- užívání
- konec životního cyklu

Fáze jsou ideálně rozděleny ještě dále:

- EPD od Kolébky po bránu
- EPD od Kolébky po bránu s možnostmi
- EPD od Kolébky po hrob

Parametry popisující enviromentální dopady:

- | | |
|---|--------------------------------------|
| - Úbytek zdrojů surovin (prvky, fosilní paliva) | - kg, výhřevnost MJ |
| - Acidace půdy a vody | - kg SO ₂ |
| - Globální oteplování | - kg CFC 11 |
| - Eutorfizace | - kg (PO ₄) ₃ |
| - Tvorba fotochemického ozonu | - kg Ethene |

Spotřeba energie a vody:

- Pomocné materiály kg
- Čistá spotřeba pitné vody M³
- Druhy energonositele (elektrina, zemní plyn, dálkové vytápění) kWh
- Výkon zařízení kW
- Charakteristické vlastnosti (účinnost, emise, rozdíly výkonu podle využití kapacity)

- Další předpoklady pro vývoj scénáře (např. frekvence a časové období užívání, počet uživatelů)

Posouzení kvality dat

Postup v případě chybějících dat

Stav, kdy odpad přestává být odpadem

Použití ke specifickým účelům, existuje trh nebo poptávka, právní nebo specifické požadavky splňuje limitní hodnoty pro látky vzbuzující mimořádné obavy.

Potom se rozdělí na druhotné suroviny a paliva (*ČSN15804, 2006*).

2.3 Software

Veliký rozdíl obou následujících přístupů je například v odlišném vnímání dřeva z hlediska množství spotřebované vody, zatímco Athéna na surové nepočítá ani litr vody, jelikož je součástí ekosystému a není uměle zavlažováno. Ekolizér se na celou problematiku dívá jinak a dřevu počítá přibližně 600l vody za kilogram, protože vodu spotřebuje a kdyby tam strom nebyl, srážkový souhrn by spadl jinde. Proto předpokládáme odlišné výsledky.

2.3.1 Athena Impact estimator for buildings

Jedná se o softwarový nástroj, který je určen k vyhodnocení celé budovy a sestavy založené na mezinárodně uznávaných posuzování životního cyklu (LCA) metodiky.

Program zohledňuje dopady na životní prostředí v těchto odvětvích:

- Materiálová výroba, včetně těžby surovin a recyklovaných materiálů
- Potřebná doprava
- Stavební práce
- Regionální rozdíly ve spotřebě energie, dopravy a dalších faktorech
- Druh stavby a předpokládaná životnost
- Údržba a opravy
- Demolice a likvidace

Ačkoliv program Athéna nezahrnuje schopnost simulace provozní energie (vytápění,...), namísto toho umožňuje uživatelům zapsat výsledky simulace k výpočtu zátěže palivového cyklu, včetně předspalovacích efektů a zahrnout je do celkových výsledků.

Výsledky program udává ve studii LCA (od Kolébky po hrob), u následujících faktorů:

- Globálního oteplování (uhlíková stopa – množství oxidu uhličitého) [kg CFC 11]
- Okyselení půdy [kg SO₂]
- Lidské zdraví, dopady na dýchací cesty [zkrácení života, roky]
- Poškození ozonové vrstvy [kg HCFC]
- Fotochemický smog [kg Ethene]
- Eutrofizace (obohacování vod o dusík a fosfor) [kg SO₂]
- Spotřeba fosilních paliv [kg, výhřevnost MJ)

Software buduje strom informací pomocí zadaných sestav, tak aby mohla být každá jednotlivá konstrukce snadno viděna v hodnotách nebo procentech z hlediska jednotlivých vlivů (globální oteplování, úbytek ozonové vrstvy, atd.) nebo komplexně. Díky tomu může přehledně sledovat dopady jednotlivých prvků, popřípadě celých konstrukcí. Výsledky lze vidět v souhrnných tabulkách a grafech pomocí skupin a fází životního cyklu. Pro přehlednost lze výsledky sledovat samostatně nebo můžeme sledovat více konstrukcí najednou.

Používaná data

Impact Estimator je celosvětově uznávan, protože se opírá o dostupné, nejvíce aktuální a spolehlivé údaje. Program pracuje v souladu s normami ISO 14040 a ISO 14044 na jejichž základě jsou všechny použité dat získávána ([online]. Dostupné z: <http://www.athenasmi.org/our-software-data/impact-estimator/>).

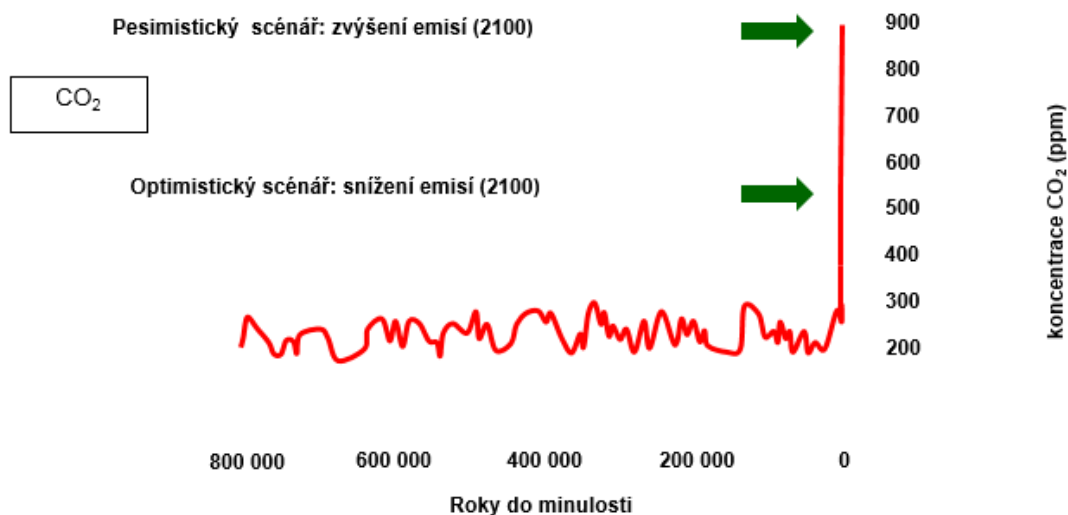
Jednotlivé konstrukce v programu Athéna jsou tedy vyhodnoceny z hlediska mnoha faktorů ovlivňujících životní prostředí. Pro přehlednost je ve výsledcích vybráno pět hodnot. V následující části je vysvětleno, co představují a proč jsou důležité. Celé výsledky jsou uvedeny v příloze.

- Uhlíková stopa [kg]
- Vázaná energie [MJ]
- Voda [l]
- Acidace půdy a vody [kg SO₂]
- Globální oteplování [kg CFC 11]
- Poškození ozonové vrstvy [kg HCFC]

2.3.1.1 Uhlíková stopa

Koncentrace CO₂ se od začátku průmyslové revoluce prudce navýšila, nejvíce však za posledních 60. let do současnosti a stále prudce stoupá.

Obrázek znázorňuje předpokládané výsledky v roce 2100 v případě, že se planeta bude podílet na snižování ekologické zátěže (optimistický scénář) a v případě že nikoliv (pesimistický scénář).



Obrázek 5: Koncentrace CO₂ od minulosti do současnosti (Ashby, 2009)

Materiálová výroba uvolňuje obrovské množství CO₂ do atmosféry - asi 20%. Jaké materiály přispívají nejvíce? To záleží na uhlíkové stopě na kilogram a celkové produkci v kilogramech za rok.

Nejvíce znečištění produkují železo, ocel, hliník, beton (cement), papír a lepenka. Případá na ně mnohem více, než na všechny ostatní materiály dohromady (Ashby, 2009).

Oxid uhličitý spolu s metanem a dalšími skleníkovými plyny mají za následek klimatické změny. Ročně vypouštíme do atmosféry více než 6 milionů tun oxidu uhličitého. Před průmyslovou revolucí měla atmosféra koncentraci okolo 270 ppm a dnes je to okolo 400 ppm. Průměrná roční teplota se zvýšila o 0,75°C. I kdyby už žádný uhlík do atmosféry neprchal, dojde ještě k dalšímu nárůstu minimálně o 0,6°C předtím, než se ekosystém stabilizuje. Tento scénář je nemožný a proto je nevyhnutelné počítat s nárůstem teploty alespoň o 2°C. Zvýšené meteorologické modely dávají světu představu o masivním dopadu této skutečnosti. Roztáté arktické čepičky, zvýšení hladiny moří, klesající dostupnost pitné vody, migrace obyvatel, ztráta druhů. Pokud se teplota zvýší o 4°C dojde k roztání ledovců arktidy a grónska což s sebou nese záplavy v níže

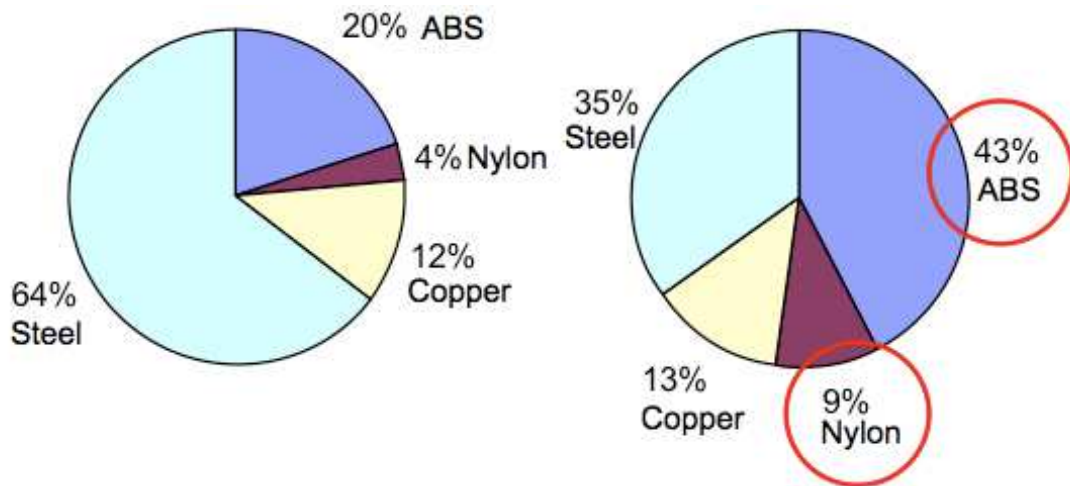
položených zemích. Celkový vzestup o 6°C předpovídá následky, jaké si raději nechceme domýšlet. To vše je založeno na modelech a jsou zde i ti, kteří tyto prognózy odmítají. Je však na čase všimnout si včasných varování a změnit způsob našeho uvažování dříve, než bude pozdě s danou problematikou něco dělat.

2.3.1.2 Vázaná energie

Je jedním z možných faktorů které můžeme při LCA posuzovat. Přesněji je to míra energie [J] potřebná k výrobě 1 kg polotovaru materiálu (Cradle-to-Gate, **od Kolébky po bránu**). Tudíž můžeme jednoduše porovnat všechny materiály z hlediska jejich energetické náročnosti.

Vázaná energie se vypočítá jako součet následujících hodnot: energie tkvící v materiálu + energie pro těžbu + energie pro rafinaci + energie pro dopravu do továrny, kde bude použita.

Jako příklad může sloužit následující obrázek, kdy v levé části vidíme množství použitého materiálu a v pravé potom množství energie potřebné k výrobě materiálu (Ashby, 2009).



Obrázek 6: Porovnání množství použitého materiálu vlevo a množství spotřebované energie vpravo (Ashby 2009)

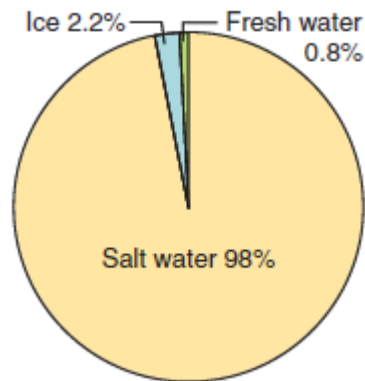
2.3.1.3 Voda

Voda je obnovitelný zdroj, jehož poptávka roste. Za posledních 50 let se ztrojnásobila. Obnovitelnost vody určuje ekosystém. Předpověď předpokládá, že se voda brzy stane tak důležitý zdroj, jako dnes ropa. Zemědělství spotřebuje až 65% pitné vody, ale v průmyslových zemích je největší konzument vody právě průmysl. Měří se

tak, že počítáme vstupní litry na výsledný kilogram materiálu. Obvykle se toto číslo pohybuje okolo 10 - 1000 l/kg. Používá se k procesům jako :

- Extrakce rud, vápence i fosilních paliv
- Čištění odpadních plynů
- Chlazení materiálů a výbavy

Nebereme v potaz vodu slanou, která se na zemi vyskytuje v hojném množství, jak je vidět na obrázku níže (Ashby, 2009).



*Obrázek 7: Globální studie množství vody, pouze nepatrný úsek tvoří voda pitná.
(Ashby, 2009)*

2.3.1.4 Acidifikace vodních ekosystémů

Během posledních několika desetiletí byla široce rozšířená acidifikace akvatických ekosystémů popsána z části Skandinávie, Kanady a USA a stala se závažným problémem. Tento fenomén je připisován depozicím aerosolů H_2SO_4 a HNO_3 . Kromě snížení pH vody jezer a toků mohou kyselé srážky uvolnit toxické těžké kovy, jako např. hliník. Kombinace zvýšeného množství H^+ iontů a těžkých kovů může eliminovat většinu typů vodního života.

Příčinou vzniku kyselé atmosférické depozice, označované populárně jako kyselý déšť, jsou emise oxidu siřičitého (SO_2), který vzniká zejména spalováním hnědého uhlí a emise oxidů dusíku (NO_x) způsobené hlavně vysokoteplotním spalováním v automobilových motorech. SO_2 a NO_x v atmosféře a na povrchu vegetace dále oxidují za vzniku kyseliny sírové (H_2SO_4) a kyseliny dusičné (HNO_3 -), které snižují pH srážkové vody.

Tato kyselá voda (tj. kyselý déšť, sníh nebo mlha) se dostává na zemský povrch a startuje řetěz reakcí vedoucí k okyselení půd a povrchových vod – tzv. environmentální acidifikace, jehož důsledkem jsou uhynulé horské lesy, kyselá

povrchové vody bez ryb, podzemní vody s vysokým obsahem toxických kovů uvolněných z půd a hornin (Schmidt and Psenner, 1992).

2.3.1.5 Poškození ozonové vrstvy

Ozón je relativně nestabilní molekula tvořená třemi atomy kyslíku. Přesto, že se v atmosféře vyskytuje ve velmi malém množství, má velký význam pro živé organismy. V závislosti na tom, ve kterých částech atmosféry se ozón nachází může hrát pozitivní či negativní roli.

Ozón nacházející se ve stratosféře plní funkci „UV filtru“ - štítu, který brání pronikání škodlivého krátkovlnného UV záření k zemskému povrchu. Stratosférický ozón má pozitivní roli pro život na Zemi. Jeho úbytek má za následek pronikání UV záření k zemskému povrchu, které zde může u živých organismů způsobovat vyšší výskyt rakoviny kůže, oční choroby nebo oslabení imunitního systému.

Vedle toho se ozón vyskytuje také v dolní části atmosféry – v troposféře. Sem se ozón dostává jako produkt spalování fosilních paliv, především z automobilového provozu. Ozón v přízemní atmosféře působí škodlivě na živé organismy, poškozuje dýchací orgány živočichů i rostlin.

V případě stratosférického i troposférického ozónu závisí jeho množství na rovnováze procesů, které ozón produkují s procesy, které ho v atmosféře ničí. V poslední čtvrtině 20. století, bylo zjištěno, že právě stratosférického ozónu ubývá a naopak ozónu v troposféře přibývá. Koncentrace přízemního ozónu roste od roku 1970 v průměru o 1,2 %, stratosférického ozónu naopak ve stejném období ubývá o 0,6 % každým rokem.

Přirozené procesy v atmosféře, během kterých dochází k vytváření a zániku O₃ a které udržovaly jeho více méně konstantní obsah, je možné popsat více jak stovkou chemických reakcí. Uvedenou rovnováhu však svojí činností v posledních letech narušuje člověk. Podle Harriese (1994) diskuse kolem problematiky úbytku ozónu, která se otevřela v polovině 80. let měla a má dvě významné konsekvence:

- Ukázala, jak málo zatím víme o procesech probíhajících v atmosféře
- Postavila lidstvo před fakt, že problematika environmentální krize a globálních změn životního prostředí není otázkou vzdálené budoucnosti, ale že se stává reálnou hrozbou dneška.

Ztenčování ozonové vrstvy

Přirozená rovnováha mezi procesy vzniku a zániku stratosférického ozónu byla narušena lidskou činností. Úbytek stratosférického ozónu v důsledku působení například oxidů dusíku, které se do atmosféry dostávají z motorů letadel, byl poprvé pozorován na počátku 70-tých let. Úbytek ozónu ve stratosféře je však spojován především s produkcí tzv. fluorochlorouhlovodíků (FCC). FCC jsou látky složené z fluóru, chlóru a uhlíku, které vytvářejí velmi stabilní molekuly a které v troposféře nereagují s jinými látkami. Pokud se ovšem tyto látky dostanou do stratosféry, právě UV záření rozrušuje jejich pevné vazby a uvolňuje z nich volné atomy chlóru. Tyto atomy chlóru potom reagují s molekulami ozónu na oxidy chlóru a molekulu kyslíku. Pro rovnováhu O₃ ve stratosféře by nebylo problémem, pokud by jeden atom Cl z FCC rozrušil pouze jednu molekulu O₃. Oxid chlóru je však velmi snadno rozrušován volnými atomy kyslíku a při této reakci je uvolněn atom chlóru. Ten může ničit další molekulu O₃ a celý cyklus se opakuje. Do roku 1996 vzrostla koncentrace sloučenin chlóru v atmosféře téměř šestinásobně. (ozon. *Přírodovědecká fakulta, Masarykova univerzita* [online]. Dostupné z: http://www.sci.muni.cz/~dobro/ozon_1.htm)

Posuzování vlivů na životní prostředí:

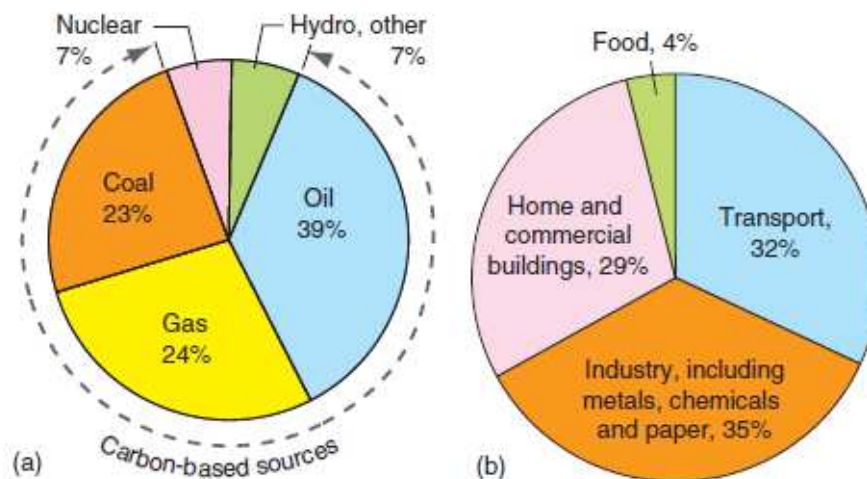
Klady přístupu

- Snadnost přístupu k datům pro konstrukční materiály
- Vhodné pokud je množství energie na zpracování materiálu největším dopadem na životní prostředí (např. kovy, plasty, beton)
- Snadná aplikace
- Mohou být spojeny s vázaným uhlíkem (globální oteplování)

Zápory přístupu

- Nebezpečí absence dalších vlivů
- Chudé na přírodní materiály, jejichž hlavní dopad je často využití půdy nebo biologická rozmanitost

Příkladem je přehled na obrázku 8:



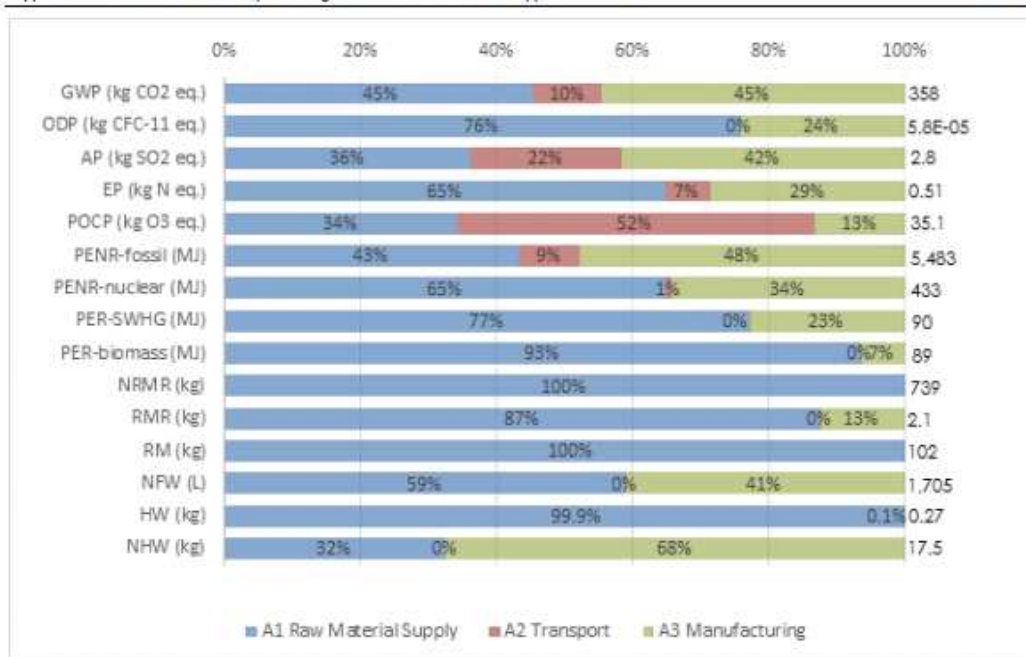
Obrázek 8: Celosvětová spotřeba energie a) rozdělení podle zdroje, b) potom z hlediska využití. Až 86% využívané energie pochází z neobnovitelných zdrojů na bázi uhlíku (Ashby, 2009).

Publikované příklady výstupů programu Athéna

V programu Athena byl počítán vliv na životní prostředí sádrové desky se skelným vláknem o tloušťce 12,7 mm a 15,9 mm. Výpočty proběhly v souladu s celosvětově uznávanými normami ISO 14025 a ISO 21930; výsledky byly porovnávány s Americkým celostátním průměrem průmyslové asociace pro sádrové výrobky a výrobky se skelným vláknem (Gypsum association industry average EPD for glass material gypsum panels). Výsledky můžete vidět v obrázku 9.

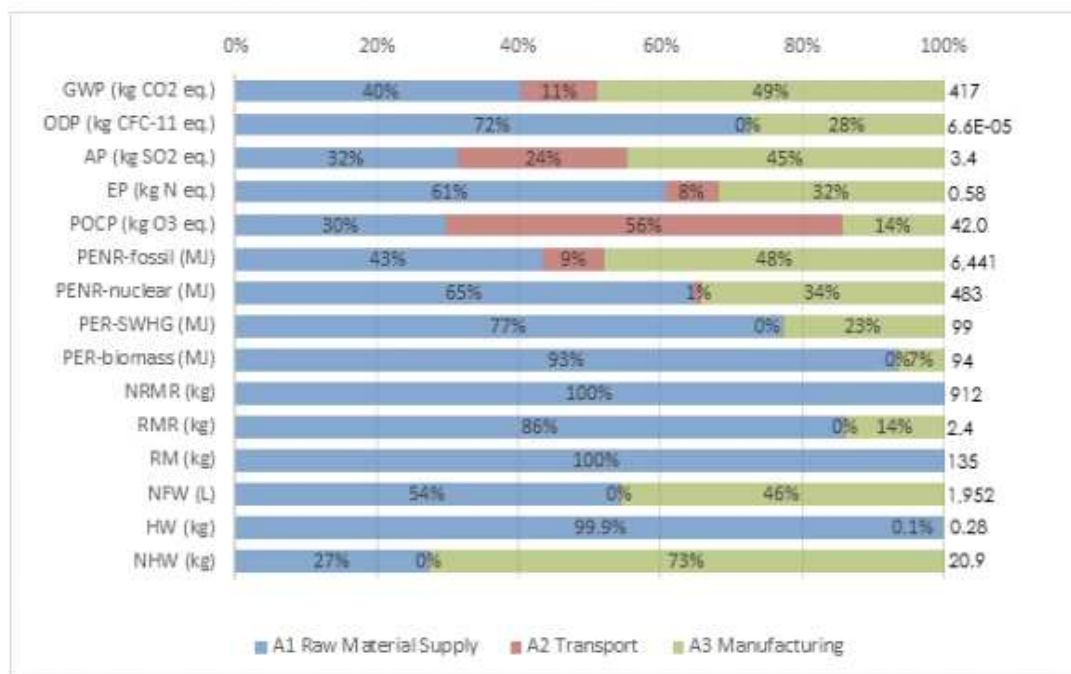


Gypsum Association Industry Average EPD for Glass Mat Gypsum Panels



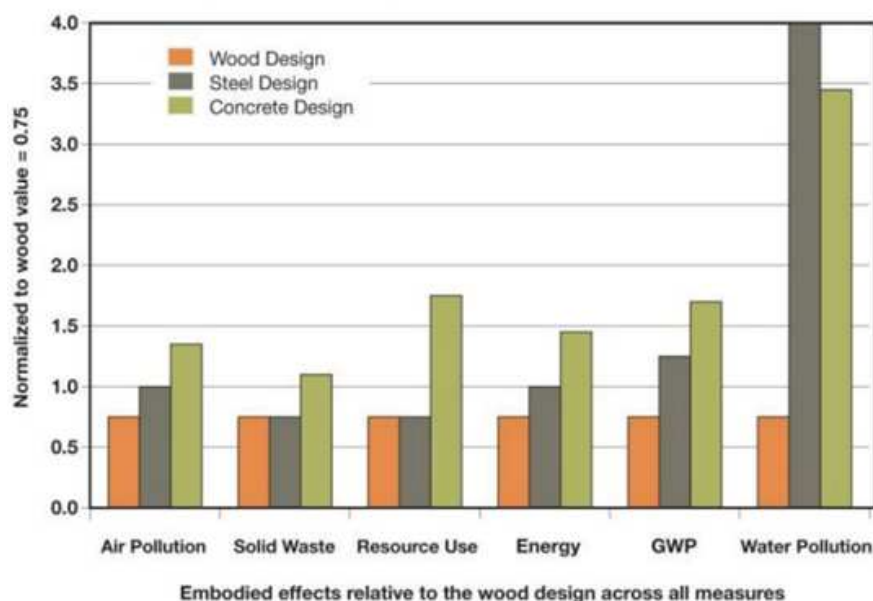
Obrázek 9: Výsledky národního průměru pro sádrokarton se skleným vláknem uveřejněné ([online]. Dostupné z: <http://www.astm.org>).

Figure 3: EPD Results by Information Module – 1 MSF of 1/2" GMGP – % Basis



Obrázek 10: Výsledky Sádrokartonové desky se skelnými vlákny vypočítané programem Athena ([online]. Dostupné z: <http://www.astm.org>).

Posledním příkladem je hodnocení budov v Torontu (CCFW, 2003).



Obrázek 11: Výsledky provnání staveb s betonovým, železným a dřevěným rámem. Betonové a ocelové konstrukce jsou procentuelně srovnány s dřevěnou, přičemž je toto srovnání založeno na relativních hodnotách. Ve všech hodnocených ukazalech je dopad životního prostředí u dřeva považován za konstatní 0,75 (re Think Wood, 2013).

Z obrázku 11 lze jasně vidět, že dřevěné stavby v porovnání s ostatními si vedou nejlépe hned v několika vlivech na životní prostředí. Především je to z hlediska znečištění vod, dále u potenciálu globálního oteplování. Dřevěná konstrukce potřebuje ke své výrobě nejmenší množství energie a nejméně znečišťuje i ovzduší. U zbylých dvou kategorií množství odpadu a použité zdroje si vede obdobně s železnou konstrukcí.

2.4 Dokumenty

K výběru tématu přispěl svými náměty i následující snímek, kromě uhlíkové stopy která vede ke globálnímu oteplování vedl především k zamyšlení nad zdroji jež užíváme a tím jestli jsou obnovitelné a jaký mají dopad na životní prostředí.

2.4.1 Before the flood

Before the Flood je dokument z roku 2016, kde hlavní roli posla organizace spojených národů představuje Leonardo DiCaprio. V roli průvodce odkrývá alarmující

svědectví o současných problémech spojených s klimatickými změnami a hledá řešení, jak předejít fatálním dopadům na náš budoucí život.

Dokument Before the Flood předkládá symptomy a řešení klimatických změn dříve, než dojde k překročení základních faktů, jejichž hlavním zájmem je finanční zisk z fosilních paliv.

Snímek představuje způsoby, jak by lidé mohli zabránit vyhubení ohrožených živočišných a rostlinných druhů, ničení ekosystémů a vymizení etnických komunit po celém světě. Film nabízí podle autorů jasné zobrazení enviromentální krize, která nenávratně poškozuje dosud panenské oblasti od Grónska po Indonésii, narušuje rovnováhu mezi klimatickými oblastmi a urychluje tak vymírání zvířat.

3 Cíl práce

1. Vybrat zástupce nejběžnějších konstrukčních systémů obálky budov (Dřevěná sloupková konstrukce difuzně otevřená, Dřevěná sloupková konstrukce difuzně uzavřená, Masivní dřevěná konstrukce CLT panel, Železobetonová konstrukce, Porobetonová konstrukce, Zděná konstrukce).
2. Zvolit konstrukční materiálovou skladbu ze závislosti na dodržení doporučeného součinitele prostupu tepla $U=0,2 \text{ [W/(m}^2\cdot\text{K)]}$.
3. Posoudit životní cyklus zvolených konstrukčních systémů dle dvou metod – ISO 14040 a Environmentálních tabulek a snažit se pro toto posouzení nalézt a použít vhodné softwarové aplikace.
4. Posuzování životního cyklu provést pro dvě fáze: Cradle to Gate + Cradle to Grave.
5. Porovnat výsledky obou metod a stanovit pořadí zvolených skladeb.

4 Materiál a metodika

Kapitola materiál a metodika se věnuje výběru materiálů, čili odkud byla data čerpána, jak byla zpracována a jakým způsobem se s nimi pracovalo. Současně pojednává o tom, na základě čeho byly jednotlivé konstrukce porovnávány.

4.1 Výběr konstrukcí

V diplomové práci bylo porovnáno 6 odlišných typů stavebních konstrukcí s rozdílnou skladbou, které jsou běžně používány ve stavebnictví, abychom zjistili dopad a rozšířili tak možnou volbu materiálu na celou škálu přírodních i syntetických prvků. Všechny použité konstrukce spojuje výchozí parametr a to součinitel prostupu tepla $U=0,2$ [$W/(m^2 \cdot K)$], což je doporučená hodnota lehké vnější stěny a porovnáván bude vždy $1 m^2$ konstrukce.

Aby mohla být podmínka shodného součinitele prostupu tepla U splněna, jsou některé použité izolační prvky nekatalogových rozměrů. Jedině tak lze dosáhnout naprosto shodného součinitele prostupu tepla.

Byly vybrány nejrůznější konstrukce a v programu Teplo 2017 byly jednotlivé konstrukce optimalizovány tak, aby se zabránilo kondenzaci vodních par a byl zajištěn totožný součinitel prostupu tepla U .

Okrajové podmínky výpočtu v program Teplo 2017 :

Lokalita výpočtu: České Budějovice

Tepelný odpor při přestupu tepla v interiéru R_{si} :	0.13m ² K/W
dtto pro výpočet kondenzace a povrch. teplot R_{si} :	0.25m ² K/W
Tepelný odpor při přestupu tepla v exteriéru R_{se} :	0.04m ² K/W
dtto pro výpočet kondenzace a povrch. teplot R_{se} :	0.04m ² K/W
Návrhová venkovní teplota T_e :	-17.0 C
Návrhová teplota vnitřního vzduchu T_{ai} :	20.6 C
Návrhová relativní vlhkost venkovního vzduchu R_{He} :	84.0 %
Návrhová relativní vlhkost vnitřního vzduchu R_{Hi} :	55.0 %

Z důvodu přesnějšího porovnávání nebyly jednotlivé konstrukce opatřeny omítkou, jelikož ta se odráží od vkusu a preference zadavatele práce. Jedná se tedy pouze o metr čtvereční hrubé stavby.

Následující podkapitoly se již věnují jednotlivým materiálům skladbám v konstrukci, vypsány jsou zastoupené materiály, jejich pořadí a jejich toušťky.

Všechny konstrukce jsou narýsovány a okótovány v příloze.

4.1.1 Sloupková difuzně otevřená konstrukce

Jedná se o jednoduchou difuzně otevřenou konstrukci, v tabulce 2 se nachází seznam materiálů jak za sebou v konstrukci leží směrem z interiéru do exteriéru. Každý materiál je navíc doplněn o jeho vlastnosti potřebné k výpočtu. [$U = 0.201 \text{ W/m}^2\text{K}$]

Tabulka 2: Výpis materiálů a jejich vlastností v sloupkové difuzně otevřené konstrukci.

Sloupková difuzně otevřená konstrukce					
Materiál	D [mm]	λ [W/mK]	c [J/kgK]	ρ [kg/m ³]	μ [-]
Sádrokartonová deska	12,5	0,32	1000	1250	13
OSB	18	0,13	1700	650	50
Minerální vata	160	0,044	840	100	1
Dřevo	160*60	0,18	2510	400	157
OSB	18	0,13	1700	650	50
Minerální vata	65	0,044	840	100	1

4.1.2 Sloupková difuzně uzavřená konstrukce

Sloupková stavba, difuzně uzavřená naruší od předchozí konstrukce zabraňuje prostupu vlhkosti stěnou, v tabulce 3 se nachází seznam materiálů jak za sebou v konstrukci leží směrem z interiéru do exteriéru. Každý materiál je navíc doplněn o jeho vlastnosti potřebné k výpočtu. [$U = 0.201 \text{ W/m}^2\text{K}$]

Tabulka 3: Výpis materiálů a jejich vlastností u sloupkové difuzně uzavřené konstrukce

Sloupková difuzně uzavřená konstrukce					
Materiál	D [mm]	λ [W/mK]	c [J/kgK]	ρ [kg/m ³]	μ [-]
Sádrokartonová deska	12,5	0,32	1000	1250	13
Parotěsná fólie	0,1	0,35	1470	700	1000000
Sádrokartonová deska	12,5	0,32	1000	1250	13
Minerální vata	160	0,044	840	100	1
Dřevo	160*60	0,18	2510	400	157
Sádrokartonová deska	12,5	0,32	1000	1250	13
Extrudovaný polystyrén	166	0,044	1270	15	21

4.1.3 Masivná dřevěná konstrukce - CLT panel

Poslední zástupce dřevěné stavby je masivní dřevěná konstrukce tvořena CLT panelem. V tabulce 4 se nachází seznam materiálů jak za sebou v konstrukci leží směrem z interiéru do exteriéru. Každý materiál je navíc doplněn o jeho vlastnosti potřebné k výpočtu. [$U = 0.201 \text{ W/m}^2\text{K}$]

Tabulka 4: Výpis materiálů a jejich vlastností u konstrukce s CLT panelem

CLT panel					
Materiál	D [mm]	λ [W/mK]	c [J/kgK]	ρ [kg/m ³]	μ [-]
CLT panel	84	0,18	2510	400	157
Minerální vata	210	0,044	840	100	1

4.1.4 Železobetonová konstrukce

V tabulce 5 se nachází seznam materiálů jak za sebou v konstrukci leží směrem z interiéru do exteriéru. Každý materiál je navíc doplněn o jeho vlastnosti potřebné k výpočtu. [$U = 0.201 \text{ W/m}^2\text{K}$]

Tabulka 5: Výpis materiálů a jejich vlastností u železobetonové konstrukce

Železobetonová konstrukce					
Materiál	D [mm]	λ [W/mK]	c [J/kgK]	ρ [kg/m ³]	μ [-]
Železobeton	250	1,58	1020	2400	29
Extrudovaný polystyrén	204,5	0,044	1270	15	21

4.1.5 Zděná konstrukce - probetonová

V tabulce 6 se nachází seznam materiálů, které tvoří probetonovou konstrukci, nacházejí se v pořadí jak za sebou v konstrukci leží směrem z interiéru do exteriéru. Každý materiál je navíc doplněn o jeho vlastnosti potřebné k výpočtu. [$U = 0.201 \text{ W/m}^2\text{K}$]

Tabulka 6: Výpis materiálů a jejich vlastností u probetonové konstrukce

Porobetonová konstrukce					
Materiál	D [mm]	λ [W/mK]	c [J/kgK]	ρ [kg/m ³]	μ [-]
Porobeton	250	0,2	835	500	7
Minerální vata	163,6	0,044	840	100	1

4.1.6 Zděná konstrukce – cihelný blok

V tabulce 7 se nachází seznam materiálů, které jsou součástí zděné konstrukce v pořadí jak za sebou v konstrukci leží směrem z interiéru do exteriéru. Každý materiál je navíc doplněn o jeho vlastnosti potřebné k výpočtu. [$U = 0.201 \text{ W/m}^2\text{K}$]

Tabulka 7: Výpis materiálů a jejich vlastností u zděné konstrukce

Zděná konstrukce					
Materiál	D [mm]	λ [W/mK]	c [J/kgK]	ρ [kg/m ³]	μ [-]
Cihelný blok	300	0,25	960	900	8
Extrudovaný polystyrén	144,3	0,044	1270	15	21

4.2 Porovnání konstrukcí

Konstrukce budou porovnány v software Athena Impact Estimator for Buildings a následně spočítány podle platformy Ecolizer 2.0. Dvě metody jsou zvoleny záměrně. První metoda je založena na absolutních hodnotách, zatímco druhá zmíněná metoda je založena na relativních hodnotách. Budeme tedy srovnávat zcela rozdílný přístup k LCA a z výsledků zjistíme, v čem jsou jejich výhody a kde mají slabé stránky.

4.2.1 Athena impact estimator

V programu Athena existují přednastavené konstrukce, ale jelikož většina typů a nakonec ani tloušťky jednotlivých prvků nevyhovovaly požadavkům, byly vytvořeny konstrukce zcela nové. K tomu bylo zapotřebí zjistit přesný objem jednotlivých materiálů v 1 m² stěny [1]. Ten se vypočítá z tloušťky dané vrstvy materiálu a její plochy. Z něj lze jednoduše dopočítat hmotnost [2] materiálu vynásobením hustotou. Program Athéna navíc připočítává 5% u materiálů z nichž se tvoří na staveništi odpad.

1 objem materiálu ve stěně

$$V = S t \text{ [m}^3\text{]}$$

2 hmotnost materiálu ve stěně

$$m = \rho V \text{ [kg].}$$

Po zjištění množství materiálu začala samotná práce s programem. Nový soubor byl pojmenován podle toho, o jakou konstrukci se jedná, následně byla nastavena lokace domu (Amerika), jeho životnost a druh budovy (rodinný dům). Další výběr představuje, jakou konstrukci chci řešit, jestli se bude jednat o stěnu, střechu, základy, podlahu či

sloupy a nosníky. Po zvolení stěny následuje další výběr a to jestli se jedná o stěnu přednastavenou nebo volbu vlastních materiálů. Nyní už se dostáváme k volbě materiálu, tedy například dřevo má několik podkategorií, a to jaký druh a také rozměr. V našem případě se jedná o smrkové řezivo malých rozměrů a jeho objemové množství. Po zadání všech materiálů zbývalo zjistit přesné množství spojovacích prvků. Závěrem u každé dané konstrukce je export a na výběr je opět celá řada možností, tedy i požadovaná fáze životního cyklu a výsledky, které jsou potřebné, jako emise do vody, půdy vzduchu, použité zdroje, množství a druh energie a výpis materiálů. V kapitole Výsledky je uvedena jen část výstupů pro pouze několik zástupců; kompletní přehled výstupů se nachází v Příloze.

U tabulek v kapitolách 5.1.1-5.6.1, které znázorňují dopady jednotlivých konstrukcí v pěti zvolených kategoriích vlivu na životní prostředí v programu Athena, nejsou zahrnuty všechny fáze životního cyklu. Chybí zde transport a fáze užívání, z prostého důvodu, jelikož mají všechny konstrukce shodnou velikost pro součinitel prostupu tepla U, tak záleží pouze na uživateli a ostatních částech domu, kolik energie za rok bude spotřebováno. Doprava je velmi relativní, protože záleží na investrovi, od jakého dodavatele a za jakých podmínek koupí jaký materiál.

4.2.2 Ekolizér 2.0

Práce s ekolizérem není příliš složitá, důležitá je dobrá znalost materiálů a procesů potom je práce obecně rozdělena na dva hlavní body:

1. Kvantifikovat seznam materiálů a postupů výroby. Najít průvodní hodnoty a vypočítat hodnoty pronásobením množství materiálu a velikosti indikátoru
2. Interpretovat výsledky a vytvořit závěry. Najít nejdůležitější fáze životního cyklu a zjistit případné alternativy, které mohou být použity pro zmenšení dopadu na životní prostředí

Databáze Ekolizér 2.0 obsahuje množství materiálů, které jsou rozděleny do skupin podle původu od jednotlivých prvků přes dřevo, až po syntetické materiály a pryskyřice. K vytvoření konstrukcí bylo zapotřebí zjistit přesný objem jednotlivých materiálů v metru čtverečním stěny [1]. Ten se vypočítá z tloušťky dané vrstvy materiálu a její plochy. Z něj lze jednoduše dopočítat hmotnost [2] materiálu vynásobením hustotou:

1 objem materiálu ve stěně

$$V = S t \text{ [m}^3\text{]}$$

2 hmotnost materiálu ve stěně

$$m = \rho V \text{ [kg].}$$

U materiálů, z nichž se tvoří na staveništi odpad bylo připočítáno 5% stejně jako v program Athéna. Po nalezení všech materiálů zbývalo zjistit přesné množství spojovacích prvků jež konstrukce obsahuje. Výsledný výpočet probíhal vynásobením množství materiálu v metru čtverečním konstrukce v kilogramech s příslušným Eko-indikátorem, jež zastupuje daný prvek. Součtem všech Eko-indikátorů dostáváme jedno jediné číslo které charakterizuje celou konstrukci.

Některé materiály nabízejí i dělení na fáze životního cyklu výrobku od těžby, přes použití až po zacházení s odpadem, případně recyklaci. Problém je, že u některých materiálů data chyběla a z toho důvodu je stanoven Eko-indikátor pouze z nejvíce zatěžující fáze životního cyklu, čili výroby materiálu. Výroba tvoří přibližně 90% veškerého znečištění. Můžeme se o tom jednoduše přesvědčit ve výstupech z programu Athéna. Následným fázím se budeme věnovat v diskuzi, kde bude zohledněno zda je materiál obnovitelný a jakou zátěž pro životní prostředí představuje.

4.2.3 Srovnání výsledků obou přístupů

Jelikož program Athena pracuje s pěti různými veličinami u každé konstrukce, bylo zvoleno poměrné porovnání hodnot založené ne jediné relativní hodnotě, která je tak snadno porovnatelná s hodnotou Ekoindikátoru.

Relativní hodnotu získáme tak, že nejvyššímu zástupci každé z pěti kategorií vlivu na životní prostředí přiřadíme číslo jedna a zbytek hodnot je potom v poměru nižší. Závěrem sečteme všech pět hodnot u každé konstrukce tedy hodnotu za:

- Globální oteplování
- Acidifikace
- Poškození ozonové vrstvy
- Vázaná energie
- Voda

5 Výsledky

Výsledky budou interpretovány z hlediska jednotlivých konstrukčních systémů a to na základě materiálů a jejich dopadu na životní prostředí. Závěrem se vzájemně shodnotí dopad všech konstrukcí a určí se konstrukce s nejménším dopadem na životní prostředí.

5.1 Sloupková difuzně otevřená konstrukce

Tato kapitola je podrozdělena na tři části, v prvních dvou budou jednotlivé materiály sloupkové difuzně otevřené konstrukce porovnávány rozdílnými přístupy a v části třetí se porovnají dosažené výsledky mezi sebou navzájem.

5.1.1 LCA - Athéna

Výsledky pro všech pět dopadů na životní prostředí jsou shrnuty v tabulce 8, pro přehlednost jsou výsledky řazeny na jednotlivé fáze životního cyklu a důležité hodnoty jsou barevně zvýrazněny. Z tabulky je patrné, že:

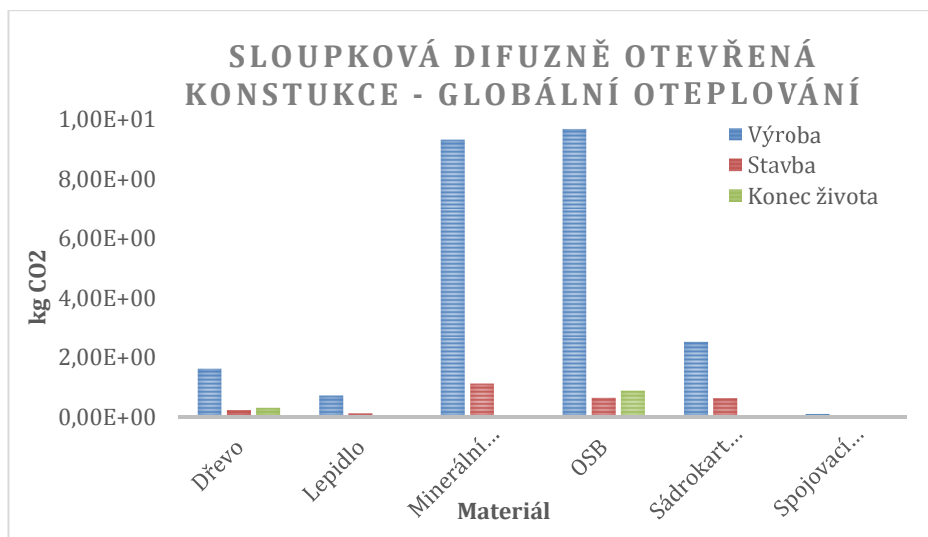
- Stavba je náročná na množství vázané energie a vody
- Dále můžeme vidět, že fází která má na životní prostředí největší vliv je jednoznačně fáze výroby
- Červená hodnota u globálního oteplování na konci života je vyobrazena záporně proto, že dřevo které je v konstrukci obsaženo v sobě po dobu života ukládá oxid uhličitý.

Tabulka 8: Dopad sloupkové difuzně otevřené konstrukce na životní prostředí v pěti kategoriích rozdělený na fáze životního cyklu.

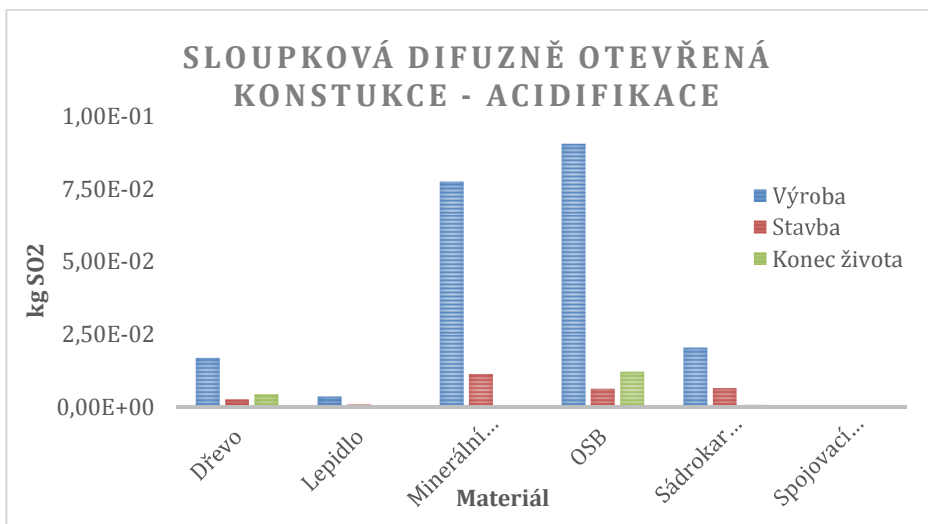
Sloupková difuzně otevřená konstrukce		Fáze životního cyklu				
Vliv na životní prostředí	Jednotky	Výroba	Stavba	Konec života	Po konci života	Celkem
Globální oteplování	[kg CFC 11]	23,900	2,800	1,350	-27,200	0,929
Acidifikace půdy a vody	[kg SO ₂]	0,209	0,027	0,018	0,000	0,254
Poškození ozonové vrstvy	[kg HCFC]	0	0	0,000	0,000	0,000
Vázaná energie	[MJ]	502,000	49,200	20,000	0,234	571,000
Množství vody	[l]	246,000	18,800	0,000	0,440	266,000

Graf 1-5 vykresluje vliv na životní prostředí v každé z pěti hodnocených kategoriích z hlediska jednotlivých materiálů u sloupkové difuzně otevřené konstrukce. Vliv materiálů je navíc vyobrazen ve třech zásadních fázích životního cyklu tedy výroba, užívání a konec života materiálu. Z grafu tedy plyne, že průměrně 90% veškerého dopadu je způsobeno ve fázi výroby. Dále můžeme vidět, že:

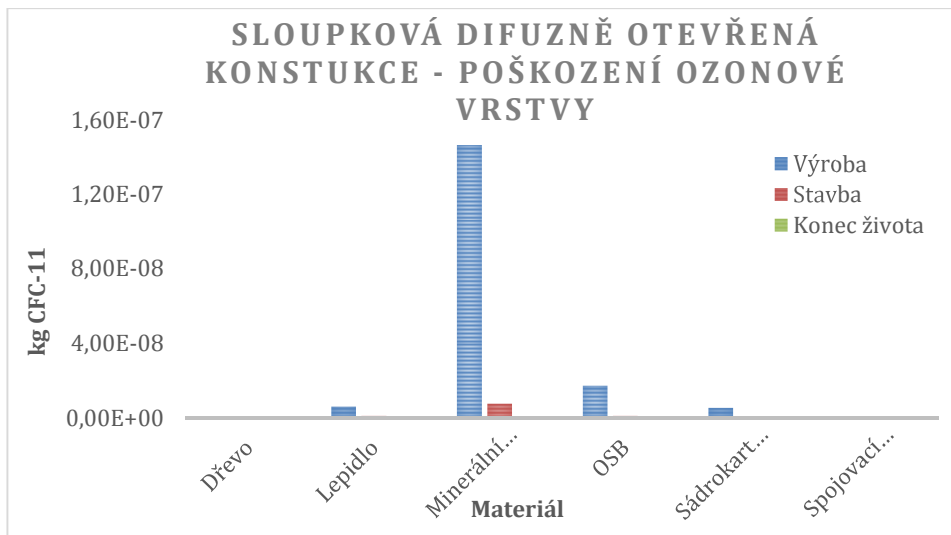
- V prvních čtyřech grafech, tedy (globální oteplování, acidifikace, poškození ozonové vrstvy a vázaná energie) mají největší vliv minerální Vata a OSB deska.
- Graf 5 ukazuje výrazně největší spotřebu vody u dřeva, což plyne z jeho spracování, jelikož je ho výrazně menší množství nežli OSB desky, která podle grafu 5 potřebuje pro svou výrobu pouze minimální množství vody.



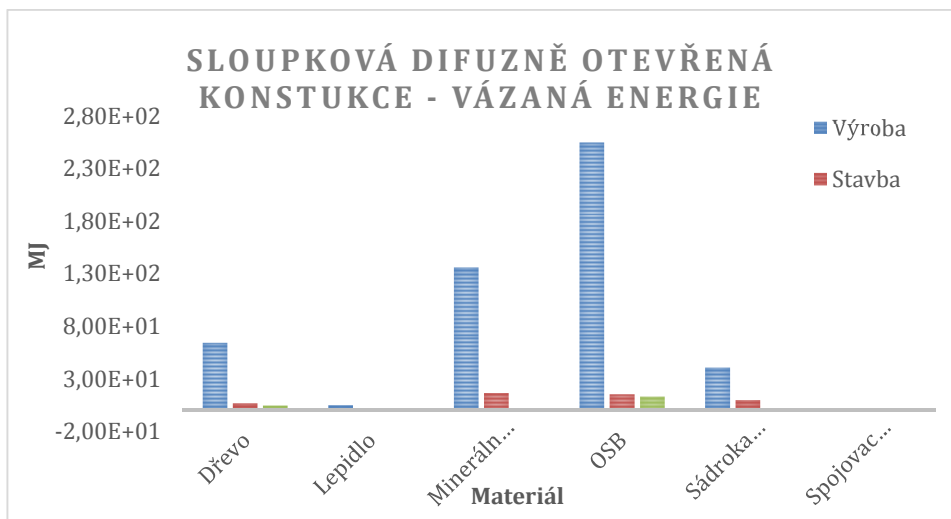
Graf 1: Potenciál globálního oteplování jednotlivých materiálů u soupkové difuzně otevřené konstrukce.



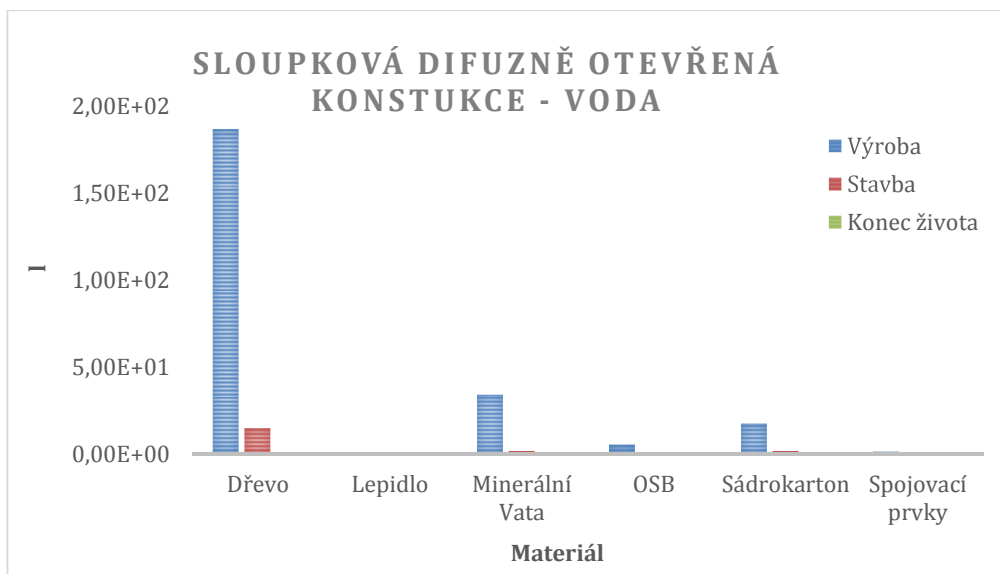
Graf 2: Míra acidifikace jednotlivých materiálů u soupkové difuzně otevřené konstrukce



Graf 3: Potenciální poškození ozonové vrstvy způsobené jednotlivými materiály u soupkové difuzně otevřené konstrukce



Graf 4: Množství vázané energie jednotlivých materiálů u soupkové difuzně otevřené konstrukce



Graf 5: Množství vody spotřebované jednotlivými materiály u soupkové difuzně otevřené konstrukce

5.1.2 Vliv na životní prostředí – Ekolizér 2.0

Výsledky sloupkové difuzně otevřené konstrukce jsou zaznamenány v tabulce 9. Tabulka je jednoduše formovaná, na levé straně výpis jednotlivých materiálů a dále veškeré parametry potřebné pro výpočet ekoindikátoru, který se většinou uvádí v milipointech na kilogram. Závěrem jsou všechny materiály obsažené v konstrukci sečteny do celkového indikátoru, který reprezentuje vliv na životní prostředí celé konstrukce.

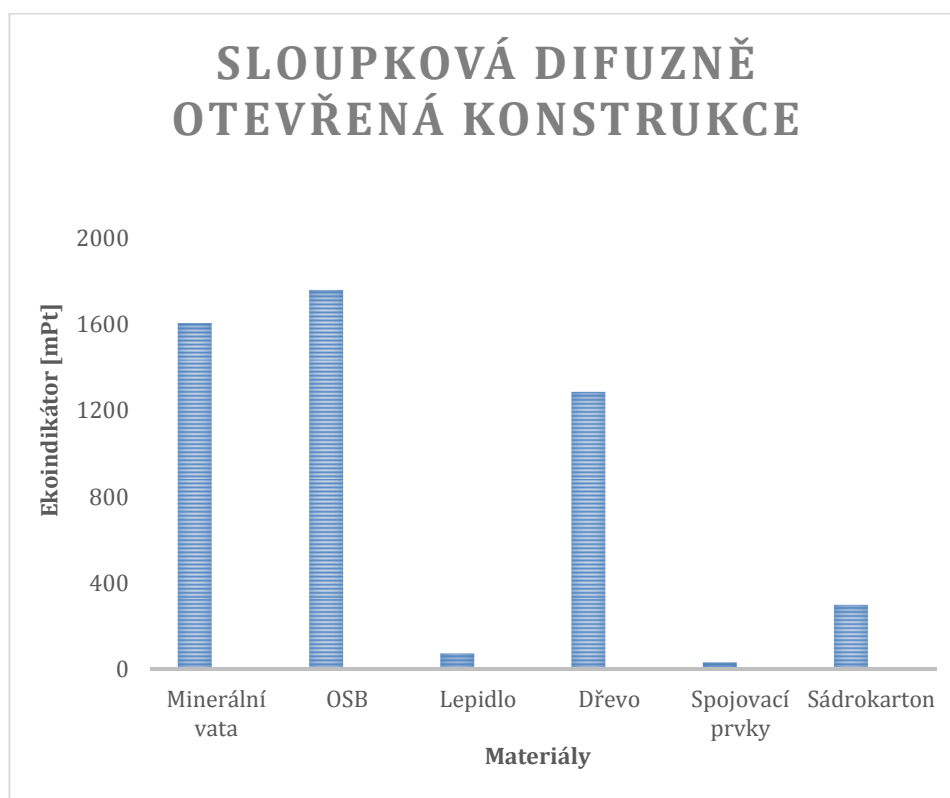
Tabulka 9: Výsledky sloupkové difuzně otevřené konstrukce v programu Ekolizér 2.0

Sloupková, difuzně otevřená stavba						
Materiály	Tloušťka materiálu [m]	Obsah [m ³]	Hustota [kg/m ³]	Hmotnost [kg]	Ekoindikátor [mPt/kg]	Ekoindikátor [mPt]
Minerální vata	0,065	0,21609	50	10,8045	149	1610
OSB	2*0,018	0,0378	650	24,57	72	1762
Lepidlo	-	0,0029	2000	5,8	13	75,4
Dřevo	2*0,16*0,060	0,02074	440	9,1256	141	1287
Spojovací prvky	-	-	-	0,1	331	33
Sádrokarton	0,0125	0,01375	750	10,3125	29	299

Z tabulky 9 je zřejmé, že:

- Zanedbatelný vliv na životní prostředí mají spojovací prvky, lepidlo a dokonce i sádrokarton, kterého je v celkovém souhrnu přes 10kg.
- Zajímavý je poměr dřeva, OSB desky a minerální vaty. Tyto tři materiály mají největší dopad na životní prostředí jak můžeme vidět v grafu 6. Při bližším pohledu ale zjistíme, že OSB, které zabírá největší podíl má poloviční ekoindikátor než dřevo či minerální vata. OSB desky je však větší množství a proto figuruje na prvním místě.

Pro lepší představu, jsou hodnoty z tabulky 9 převedeny do grafického spracování (graf 6).



Graf 6: Grafické porovnání vlivu jednotlivých materiálů na životní prostředí u slopkové difuzně otevřené konstrukce.

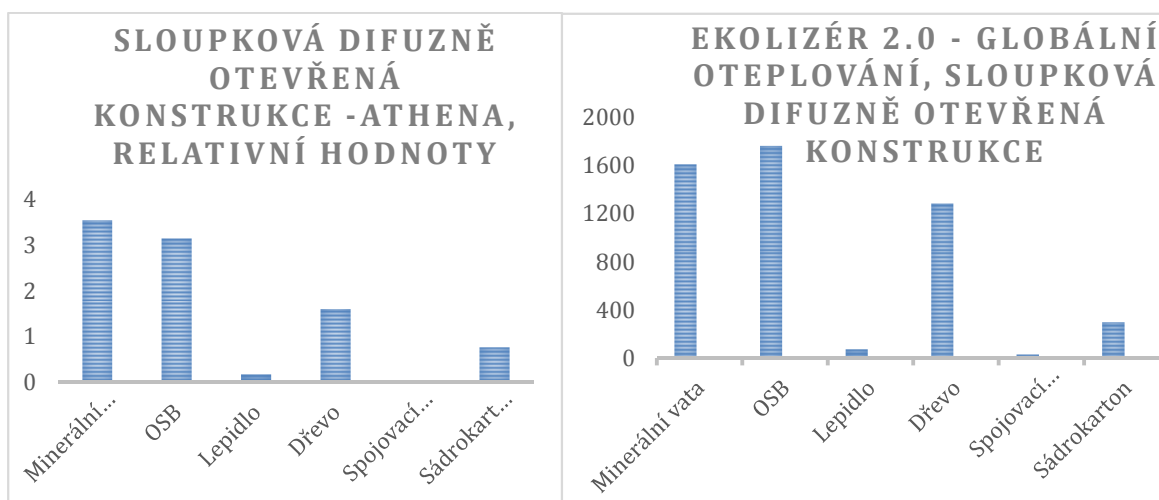
5.1.3 Porovnání výsledků

Jak bylo zmíněno v metodice, kde je popsáno vytvoření relativních hodnot z pěti vlivů na životní prostředí v program Athena. Pro lepší představivost byl vytvořen graf 7, který nabízí možnost grafického porovnání dopadu na životní prostředí obou metod u

celé konstrukce. To vzhledem k množství grafů z program Athena a vzhledem k rozdílným hodnotám, které grafy udávají velice ulehčuje finální porovnání jednotlivých materiálů.

Z grafu 7 můžeme vyčíst, že:

- Sádrokarton, spojovací prvky i lepidlo vyhodnotily oba přístupy shodně
- Dřevo je u obou přístupů materiálem, který má z dané konstrukce třetí největší vliv na životní prostředí. Jediný rozdíl vidím v tom, že podle výsledků z ekoindikátoru má k prvním dvěma materiálům blíže, nežli podle program Athena.
- Při snaze zjistit, který materiál má největší dopad, se oba přístupy rozcházejí. Podle Atheny by to byla minerální vata, podle Ekolizéru OSB deska. Na vyšší hodnotě obou materiálů se oba přístupy shodují.



Graf 7: Grafické porovnání výsledků Globálního oteplování v program Athena a Ekolizér 2.0

5.2 Soupková difuzně uzavřená konstrukce

Tato kapitola je podrozdělena na tři části, v prvních dvou budou jednotlivé materiály sloupkové difuzně uzavřené konstrukce porovnávány rozdílnými přístupy a v části třetí se porovnají dosažené výsledky mezi sebou navzájem.

5.2.1 LCA - Athéna

V tabulce 9 je znázorněno pět ukazatelů vlivu na životní prostředí u sloupkově difuzně uzavřené konstrukce vypočítaných v programu Athena, výsledky jsou rozděleny

do 4 životních cyklů a následně je vypočítán celkový dopad konstrukce u daného vlivu. Pro přehlednost jsou vysoké a nízké hodnoty barevně zvýrazněny. Z tabulky 10 plyne:

- Největší hodnot se objevují u první fáze životního cyklu, proto také fáze jejíž dopad na životní prostředí je největší vliv je fází výroby.
- U globálního oteplování je fáze po konci života v záporné hodnotě a to z prostého důvodu. V konstrukci je obsaženo dřevo, které v sobě po dobu jeho životnosti ukládá oxid uhličitý. Proto i po konci života dřevo nese molekuly oxidu uhličitého.

Tabulka 10: dopad sloupkové difuzně uzavřené konstrukce na životní prostředí v pěti kategoriích rozdělený na fáze životního cyklu

Sloupková difuzně uzavřená konstrukce		Fáze životního cyklu				
Vliv na životní prostředí	Jednotky	Výroba	Stavba	Konec života	Po konci života	Celkem
Globální oteplování	[kg CFC 11]	32,100	4,500	0,632	-7,510	29,700
Acidifikace půdy a vody	[kg SO ₂]	0,233	0,042	0,007	0,000	0,282
Poškození ozonové vrstvy	[kg HCFC]	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Vázaná energie	[MJ]	578,000	72,000	9,310	0,234	660,000
Množství vody	[l]	296,000	23,100	0,000	0,440	320,000

Graf 8-12 vykresluje vliv na životní prostředí v každé z pěti hodnocených kategoriích z hlediska jednotlivých materiálů u sloupkové difuzně uzavřené konstrukce. Vliv materiálů je navíc vyobrazen ve třech zásadních fázích životního cyklu tedy výroba materiálu, zpracování a konec života materiálu. Z grafů tedy plyne, že průměrně až 90% veškerého dopadu na životní prostředí je způsobeno ve fázi výroby. Z grafu 8,9 a 11 je potom patrné, že:

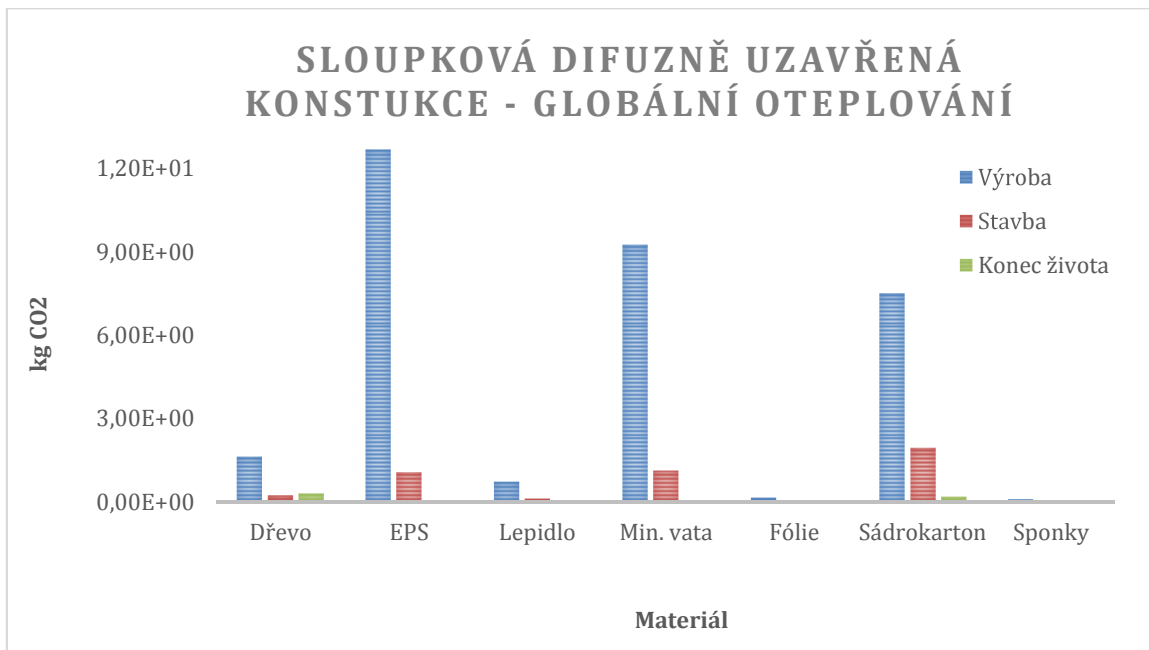
- 3 materiály mají výraznější vliv na životní prostředí, než zbylé a jedná se o polystyrén, minerální vatu a sádkartón.

Z grafu 9 dále plyne, že:

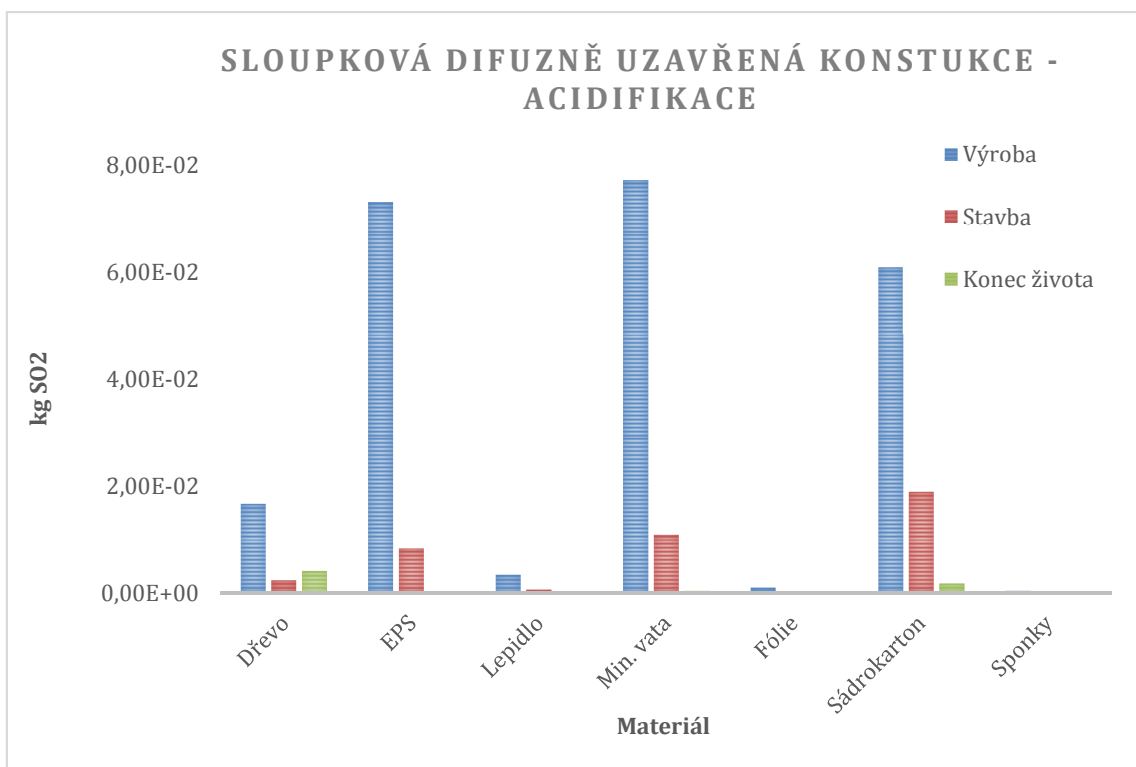
- Na poškození ozonové vrstvy nese z difuzně uzavřené konstrukce jednoznačně největší podíl výroba minerální vaty.

Z grafu 11, je patrné, že největší spotřebu vody má na svědomí dřevo, a to ve fázi výroby materiálu. Což plyne ze zpracování dřeva.

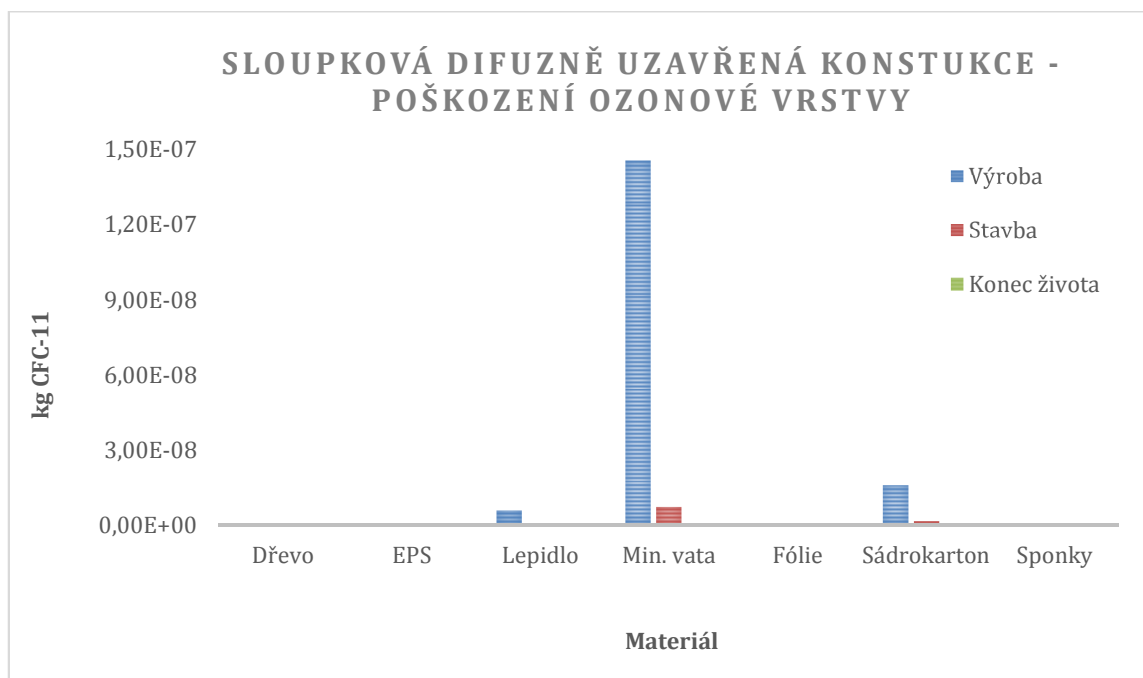
Zajímavé je, že fáze životního cyklu “konec života” nese povětšinou zanedbatelnou hodnotu, pouze u dřeva v grafech 8 a 9 je její hodnota výraznější nežli fáze “stavba”.



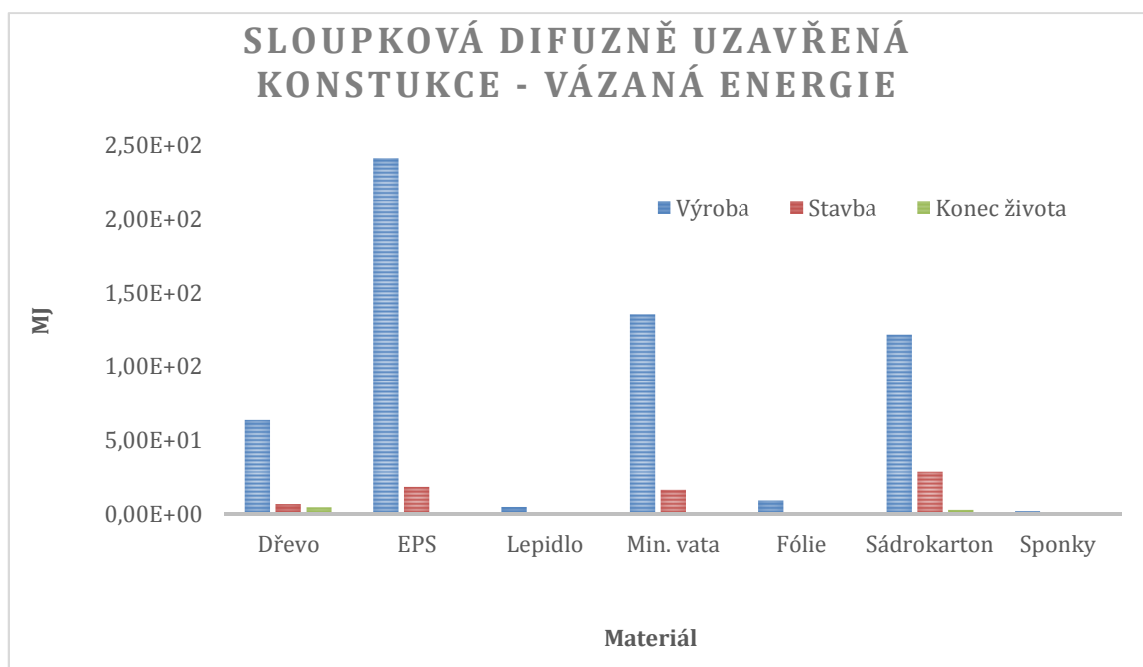
Graf 8: Potenciál globálního oteplování jednotlivých materiálů u soupkové difuzně uzavřené konstrukce



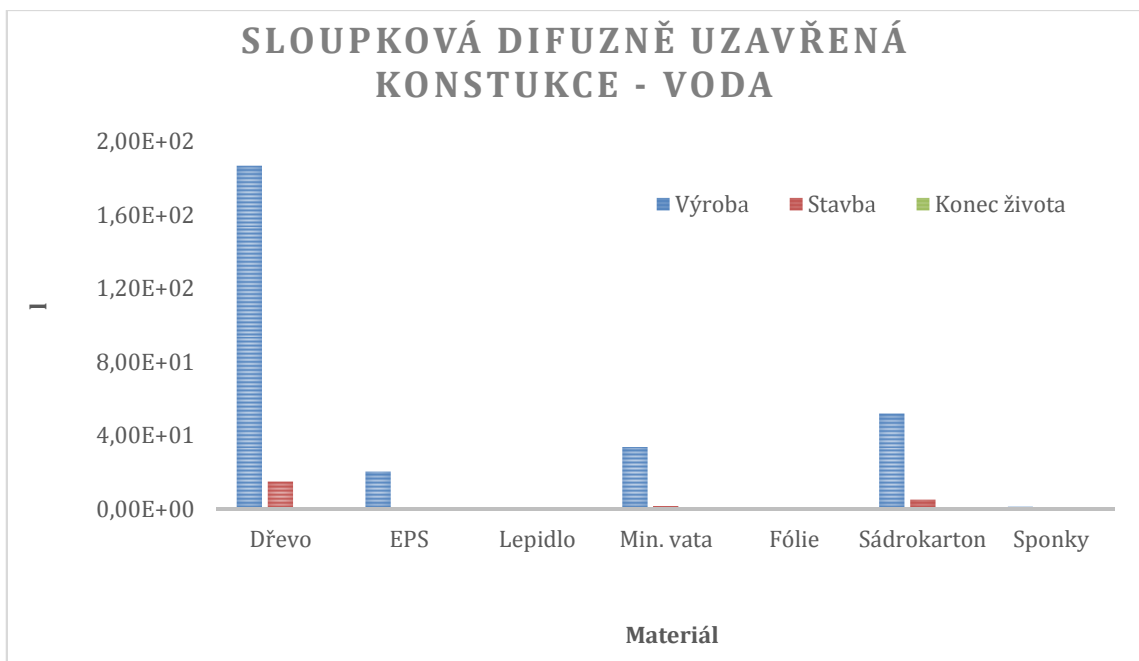
Graf 9: Míra acidifikace jednotlivých materiálů u soupkové difuzně uzavřené konstrukce



Graf 10: Potenciální poškození ozonové vrstvy způsobené jednotlivými materiály u soupkové difuzně uzavřené konstrukce



Graf 11: Množství vázané energie jednotlivých materiálů u soupkové difuzně uzavřené konstrukce



Graf 12: Množství vody spotřebované jednotlivými materiály u sloupkové difuzně uzavřené konstrukce

5.2.2 Vliv na životní prostředí – Ekolizér 2.0

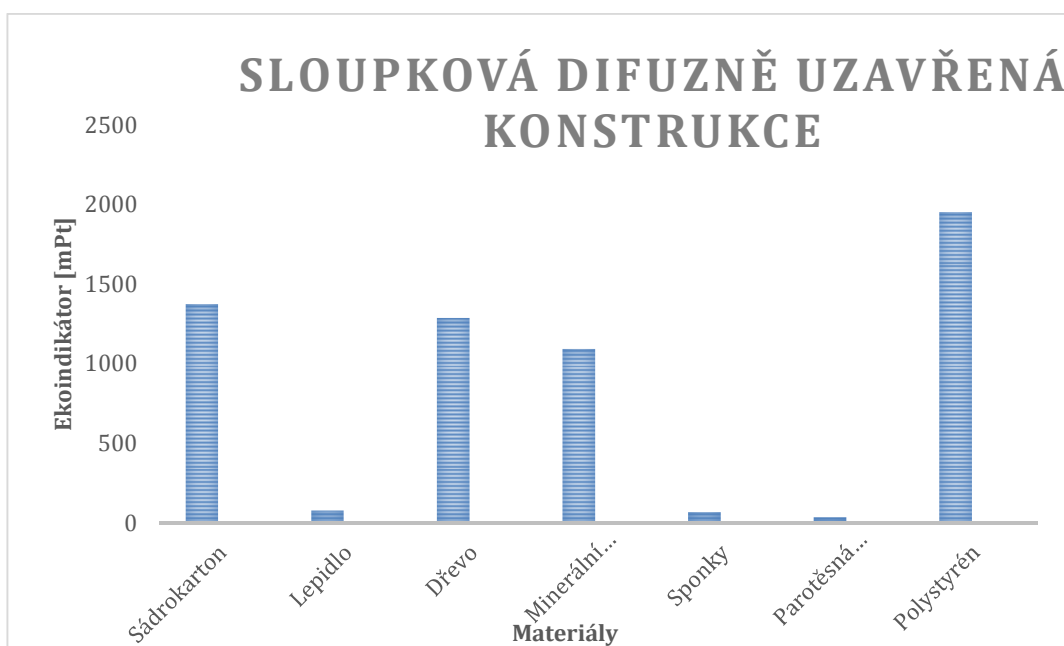
Výsledky z programu Ekolizér 2.0 jsou shrnuty v tabulce 11, jedná se o materiály obsažené ve sloupkové difuzně uzavřené konstrukci. Z tabulky vyplývají následující fakta:

- větší hodnotu než 1000 milipointů mají hned 4 materiály. Minerální vata, dřevo, sádrokarton a polystyrén.
- Polystyrén je materiálem, který nejvíce zasahuje do životního prostředí a vzhledem k jeho obrovskému ekoindikátoru na kilogram není s podivem že dosáhl celkově největší hodnoty.
- Překvapujícím faktem se na první pohled jeví sádrokarton, který je v první čtveřici hlavně kvůli váze, která činí téměř 50 kg. Pro přehlednost následuje graf 13, kde jsou shrnuty předešlé údaje z tabulky ke sloupkové difuzně uzavřené konstrukci. U porovnávaných materiálů můžeme vpravo vidět největší podíl polystyrénu.

Tabulka 11: Výsledky sloupkové difuzně uzavřené konstrukce v programu Ekolizér

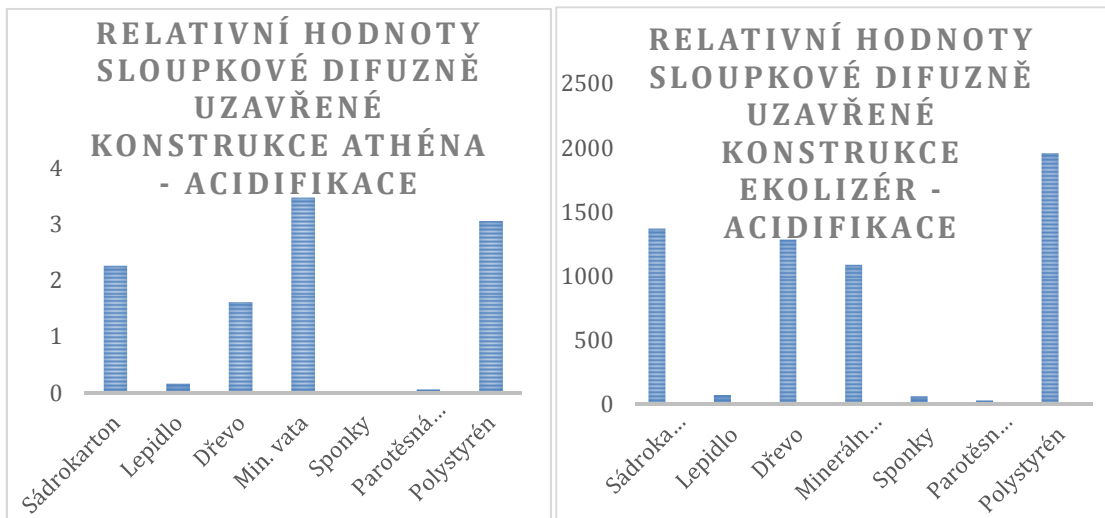
2.0

Sloupková, difuzně uzavřená stavba						
Materiály	Tloušťka materiálu [m]	Obsah [m ³]	Hustota [kg/m ³]	Hmotnost [kg]	Ekoindikátor [mPt/kg]	Ekoindikátor [mPt]
Sádrokarton	3*0,0125	0,04125	1150	47,4375	29	1376
Lepidlo	-	0,0029	2000	5,8	13	75,4
Dřevo	2*0,16*0,060	0,02074	440	9,1256	141	1290
Minerální vata	0,16	0,147	50	7,35	149	1095
Sponky	-	-	-	0,2	331	66
Parotěsná fólie	0,001	0,001	-	0,11	300	33
Polystyrén	0,166	0,1743	30	5,229	374	1956
Celkový Ekoindikátor						5891



Graf 13: Grafické porovnání jednotlivých materiálů a jejich vlivu na životní prostředí u sloupkové difuzně uzavřené konstrukce

5.2.3 Porovnání výsledků



Graf 14: Grafické porovnání výsledku Acidifikace v program Athéna a Ekolizér 2.0

Porovnání výsledků získaných v programu Athéna a v Ekolizéru je poněkud komplikované, ale můžeme si všimnout souvislostí. Materiál, který podle výsledků z Ekoindkátoru nejvíce zatěžuje životní prostředí je polystyrén. Ve snaze pochopit, proč se tento výsledek rozchází s programem Athéna budeme muset použít podrobnějších výsledků z program Athéna v předešlé části a znovu nahlédnout do grafů 8-12, z nichž plyne, že:

- Polystyrén má v grafu 8 (potenciál globálního) zhruba o třetinu vyšší hodnotu, potřebuje ke své výrobě také téměř o polovinu více energie, než minerální vata (graf 11)
- Minerální vata dosahuje o něco větších hodnot než polystyrén v grafu 9 a 12 (acidifikace a spotřeba vody). Důvod rozdílného hodnocení obou přístupů nese graf 10. Vliv na poškození ozonové vrstvy jednoznačně ovládla minerální vata a proto ji program Athéna hodnotí jako nejméně příznivou pro životní prostředí.

5.3 Masivná dřevěná konstrukce - CLT panel

Tato kapitola je podrozdělena na tři části, v prvních dvou budou jednotlivé materiály konstrukce s CLT panelem porovnávány rozdílnými přístupy a v části třetí se porovnájí dosažené výsledky mezi sebou navzájem.

5.3.1 LCA - Athéna

V tabulce 12 je znázorněno pět ukazatelů vlivu na životní prostředí konstrukce s CLT panelem vypočítaných v programu Athena. Výsledky jsou rozděleny do 4 životních cyklů a následně je vypočítán celkový dopad konstrukce u daného vlivu. Pro přehlednost jsou vysoké a nízké hodnoty barevně zvýrazněny. Z tabulky vyplývá, že:

- Vliv na životní prostředí ve fázi výroby a stavby si nejsou tak vzdálené, jako u jiných konstrukcí, nejvíce u globálního oteplování, acidace a u vázané energie
- Množství dřeva v konstrukci má za následek zápornou hodnotu globálního oteplování po konci života konstrukce.

Tabulka 12: Dopad konstrukce s CLT panelem na životní prostředí v pěti kategoriích rozdělený na fáze životního cyklu

CLT panel		Fáze životního cyklu				
Vliv na životní prostředí	Jednotky	Výroba	Stavba	Konec života	Po konci života	Celkem
Globální oteplování	[kg CFC 11]	21,300	8,350	1,550	-32,500	-1,360
Acidifikace půdy a vody	[kg SO ₂]	0,179	0,089	0,021	0,000	0,289
Poškození ozonové vrstvy	[kg HCFC]	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Vázaná energie	[MJ]	586,000	124,000	22,900	0,234	733,000
Množství vody	[l]	72,400	2,710	0,000	0,440	75,500

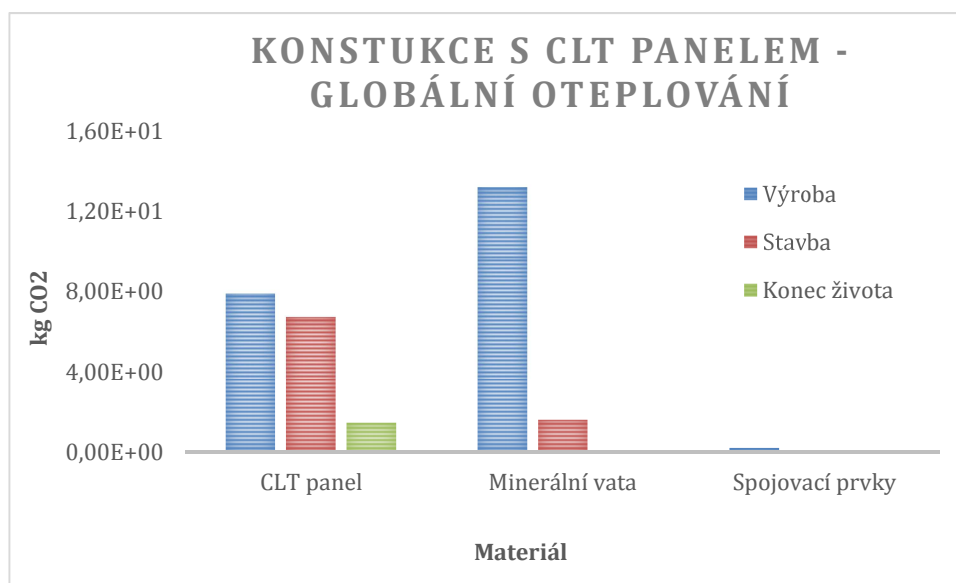
Pro lepší představu, jak jednotlivé materiály ovlivňují celý výsledek a tedy i představu o tom, jaký materiál se na zátěži životního prostředí podílí nejvíce jsou sestaveny grafy 15-19, kde můžeme vidět rozepsané jednotlivé fáze materiálů. U každého z pěti vlivů na životní prostředí, podle výpočtu z programu Athena. Z Grafu 13 s 14 je zřejmé že:

- Na globální oteplování (graf 15) a acidaci (graf 16) má na první pohled největší vliv fáze výroby u minerální vaty. Celkový dopad v součtu všech fází životního cyklu ale na první místo staví CLT panel.
- Spojovací prvky mají minimální vliv na životní prostředí.

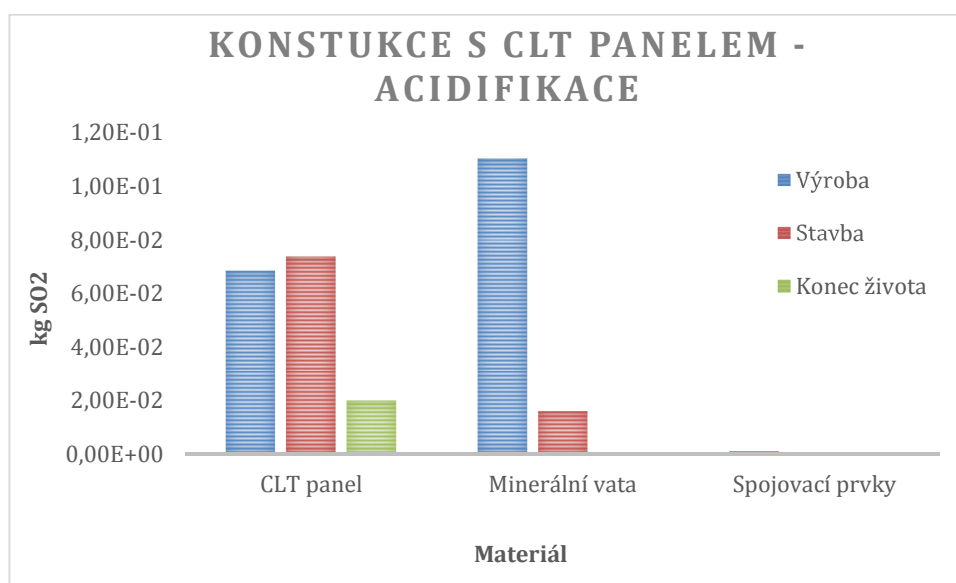
- Zvláštností je CLT panel, který jak již bylo zmíněno přispívá v některých dopadech na životní prostředí větší měrou ve fázi “stavby” nežli jako všechny ostatní materiály ve fázi “výroby”.

Z grafu 16 a 18 vyplývá, že:

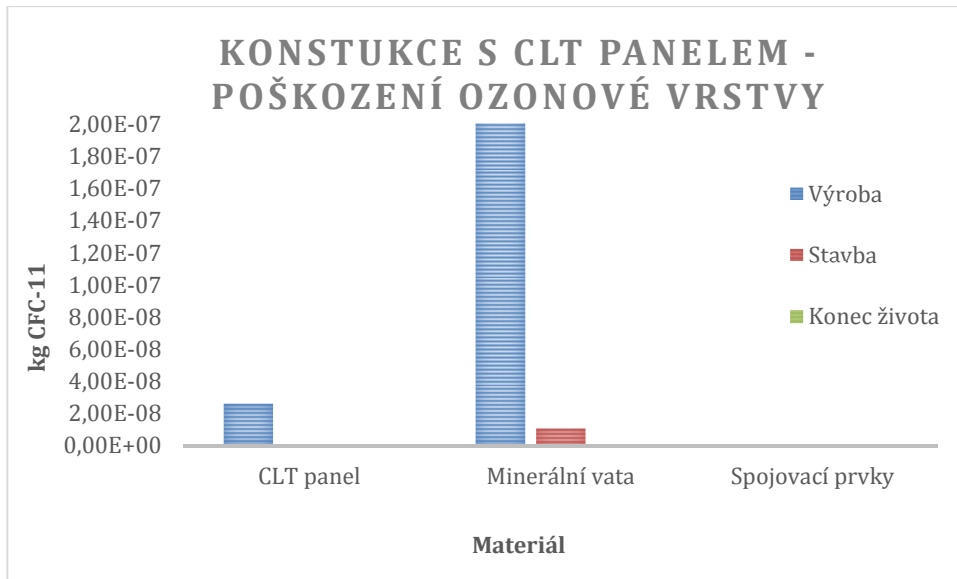
- Jednoznačně větší zátěží pro životní prostředí je minerální vata a to jak u vlivu na vázanou energii, tak na množství potřebné vody.



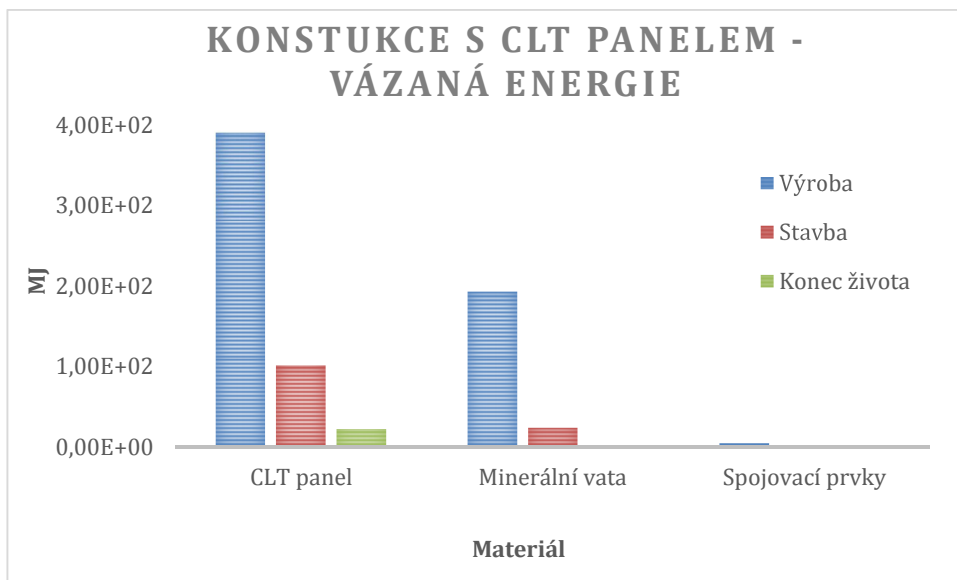
Graf 15: Potenciál globálního oteplování jednotlivých materiálů u konstrukce s CLT panelem



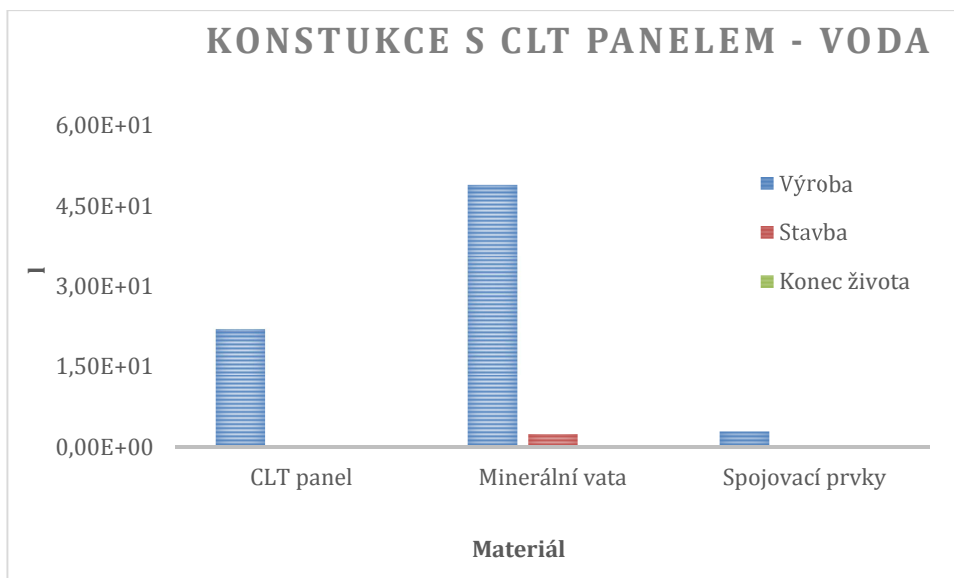
Graf 16: Míra acidifikace jednotlivých materiálů u konstrukce s CLT panelem



Graf 17: Potenciální poškození ozonové vrstvy způsobené jednotlivými materiály u konstrukce s CLT panelem



Graf 18: Množství vázané energie jednotlivých materiálů u konstrukce s CLT panelem



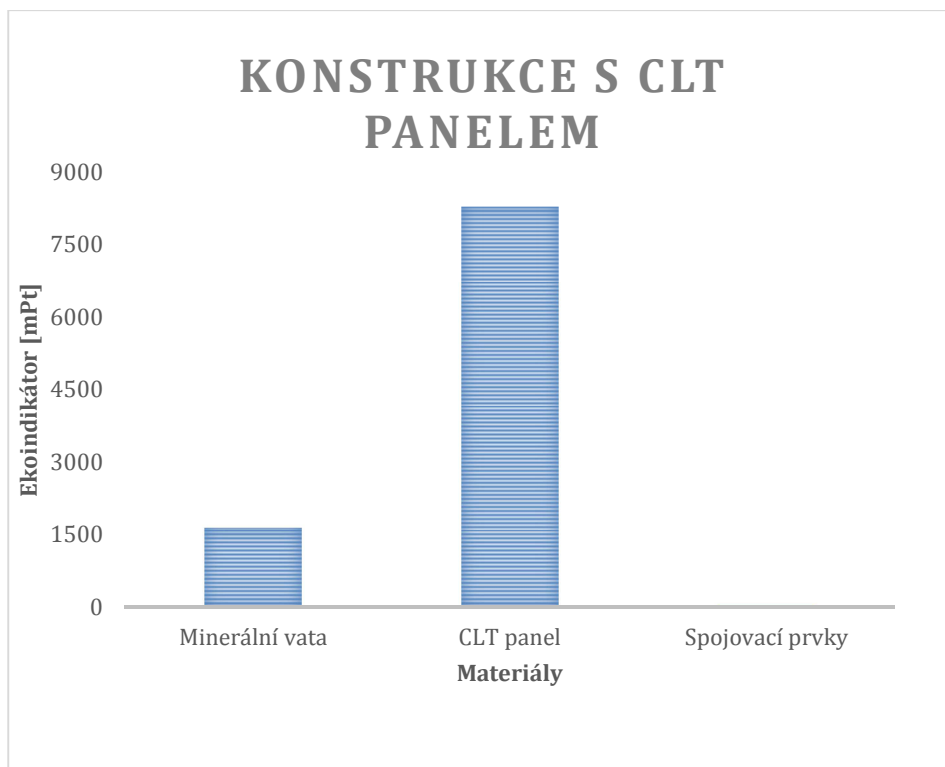
Graf 19: Množství vody spotřebované jednotlivými materiály u konstrukce s CLT panelem

5.3.2 Vliv na životní prostředí – Ekolizér 2.0

Konstrukce z CLT panelu v programu ekolizér porovnává vliv na životní prostředí pouze ze 2 materiálů a spojovacích prvků. Není velkým překvapením, že CLT panel, který se skládá z lepených dřevěných latí právě díky lepidlu zabírá tak obrovský podíl a působí veliké škody na životní prostředí a jeho ekoindikátor v tabulce 13 je několikanásobně větší, než ekoindikátor minerální vaty. Nejvíce je to patrné přímo u grafického porovnání v grafu 20.

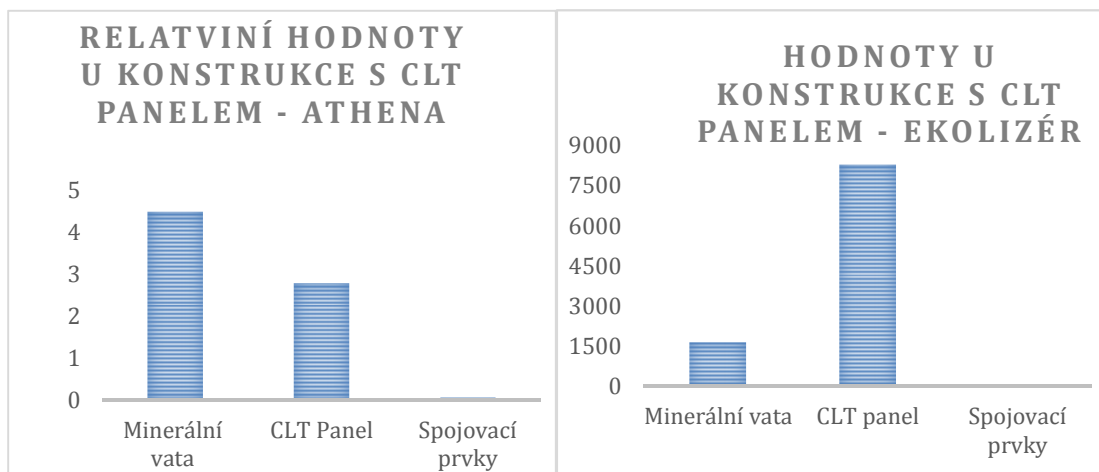
Tabulka 13: Výsledky Masivní dřevěné konstrukce – CLT panelu v programu Ekolizér 2.0

Masivní dřevěná stavba - CLT panel				
Materiály	Tloušťka materiálu [m]	Obsah [m ³]	Ekoindikátor [mPt/m ³]	Ekoindikátor [mPt]
Minerální vata	0,21	0,2205	7450	1643
CLT panel	0,084	0,08484	97650	8285
Spojovací prvky	-	-	-	33
Celkový Ekoindikátor				9960



Graf 20: Grafické porovnání Ekoindikátorů u masivní dřevěné stavby

5.3.3 Porovnání výsledků



Graf 21: Grafické porovnání výsledků konstrukce s CLT panelem v program Athéna a Ekolizéru 2.0

Výsledné porovnání programu Athéna a metody Ekolizér pro konstrukci s CLT panelem je složité na interpretaci, z grafu je patrné, že pro hlubší pochopení musíme jít zpět ke grafickým výstupům z programu Athéna:

- U grafu znázorňujícího vázanou energii (graf 18) je na první pohled vidět, že CLT panel, má na životní prostředí výrazně větší vliv než minerální vata. V grafu 15 a 17, ale můžeme vidět, že na množství vody a poškození ozonové vrstvy je fáze výroby u minerální vaty větší zátěží pro životní prostředí než CLT panel.
- Rozdílné hodnocení CLT panelu můžeme sledovat především v grafu 14, u acidace půdy a vody je fáze stavby větší zátěží pro životní prostředí než fáze výroby. U grafu 13, kde posuzujeme množství oxidu uhličitého vypuštěného do atmosféry je situace podobná.

5.4 Železobetonová konstrukce

Tato kapitola je podrozdělena na tři části, v prvních dvou budou jednotlivé materiály železobetonové konstrukce porovnávány rozdílnými přístupy a v části třetí se porovnájí dosažené výsledky mezi sebou navzájem.

5.4.1 LCA - Athéna

V tabulce 7 je znázorněno pět ukazatelů vlivu na životní prostředí u železobetonové konstrukce vypočítaných v programu Athena, výsledky jsou rozděleny do 4 životních cyklů a následně je vypočítán celkový dopad konstrukce u daného vlivu. Pro přehlednost jsou vysoké a nízké hodnoty barevně zvýrazněny.

Tabulka 14: Dopad železobetonové konstrukce na životní prostředí v pěti kategoriích rozdělený na fáze životního cyklu

Železobetonová konstrukce		Fáze životního cyklu				
Vliv na životní prostředí	Jednotky	Výroba	Stavba	Konec života	Po konci života	Celkem
Globální oteplování	[kg CFC 11]	101,000	9,450	6,660	3,770	121,000
Acidifikace půdy a vody	[kg SO ₂]	0,366	0,063	0,084	0,009	0,522

Poškození ozonové vrstvy	[kg HCFC]	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Vázaná energie	[MJ]	954,000	110,000	98,700	17,300	1180,000
Množství vody	[l]	849,000	38,200	0,000	32,500	919,000

Graf 22-26 vykresluje vliv na životní prostředí v každé z pěti hodnocených kategoriích z hlediska jednotlivých materiálů u železobetonové konstrukce. Vliv materiálů je navíc vyobrazen ve třech zásadních fázích životního cyklu tedy výroba, stavba a konec života materiálu. Na grafu 23 můžeme sledovat, že:

- Beton způsobuje velkou acidifikaci po skončení jeho životnosti

Graf 25 a 26 ukazuje, že :

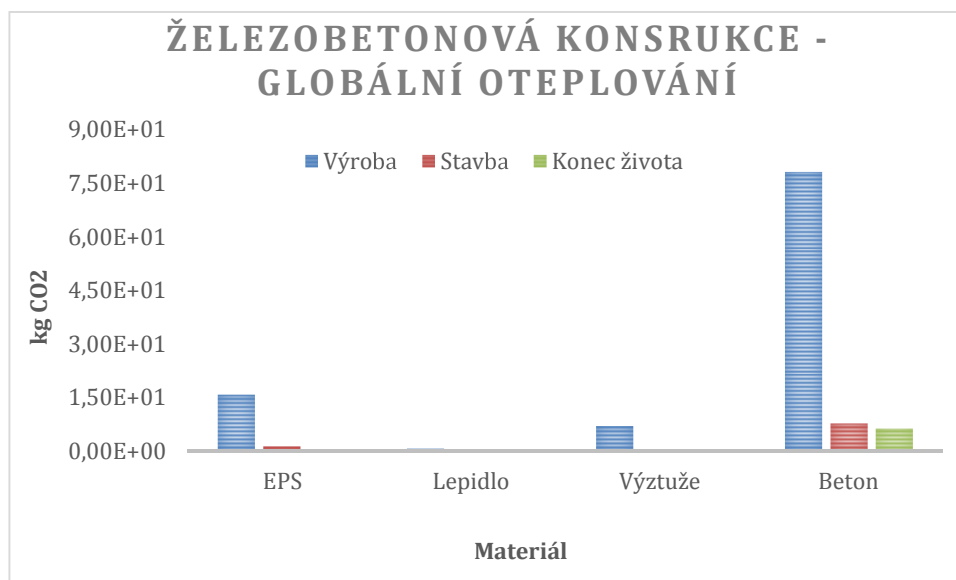
- Beton spotřebuje více energie a vody na konci života než při samotné stavbě

Z grafu 24 plyne, že:

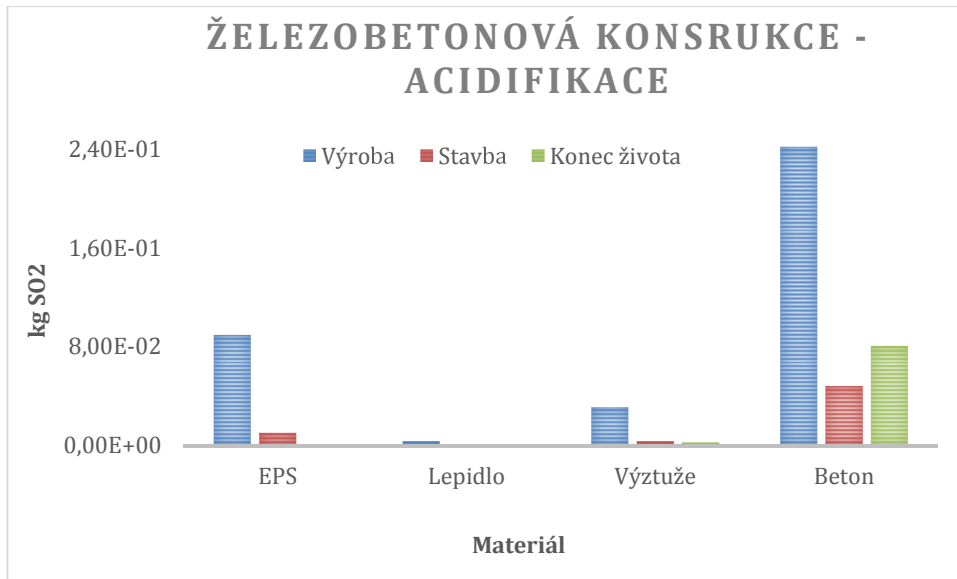
- Jediný beton z celé konstrukce působí na ozonovou vrstvu.

Z grafu 26 je patrné, že :

- Beton i polystyrén, mají velkou spotřebu vody, když vezmeme v potaz váhu a množství materiálu, polystyrén jí v přepočtu na kilogram spotřebuj výrazně více.



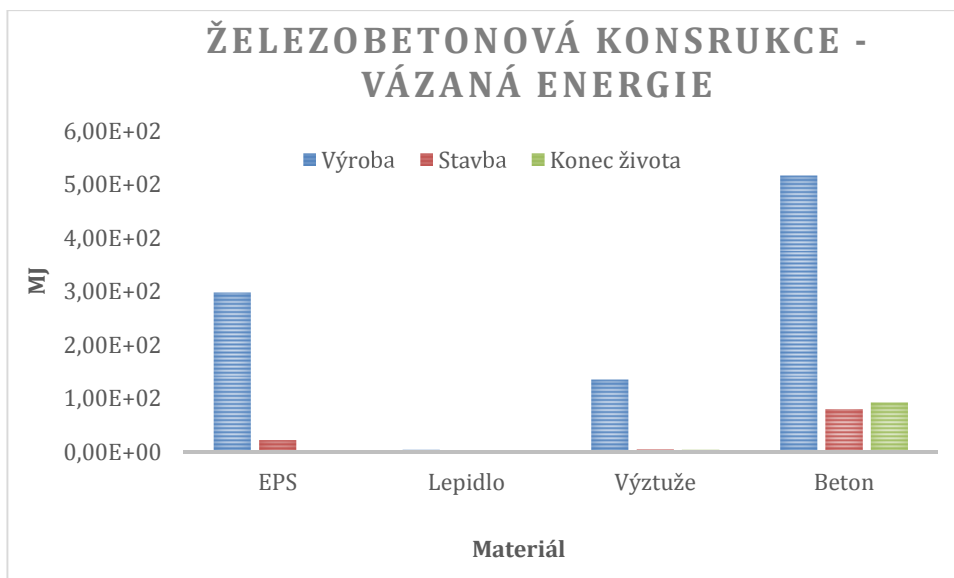
Graf 22: Potenciál globálního oteplování jednotlivých materiálů u železobetonové konstrukce



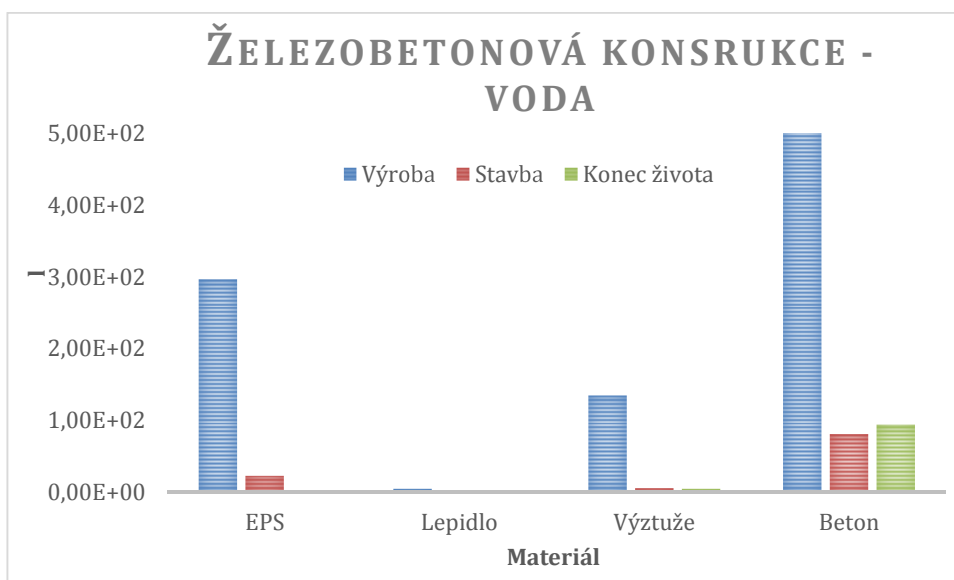
Graf 23: Míra acidifikace jednotlivých materiálů u železobetonové konstrukce



Graf 24: Potenciální poškození ozonové vrstvy způsobené jednotlivými materiály u železobetonové konstrukce



Graf 25: Množství vázané energie jednotlivých materiálů u železobetonové konstrukce



Graf 26: Množství vody spotřebované jednotlivými materiály u železobetonové konstrukce

5.4.2 Vliv na životní prostředí – Ekolizér 2.0

Výsledky z ekolizéru u železobetonové konstrukce jsou podrobně popsány v tabulce 15, najdeme v ní následující fakta:

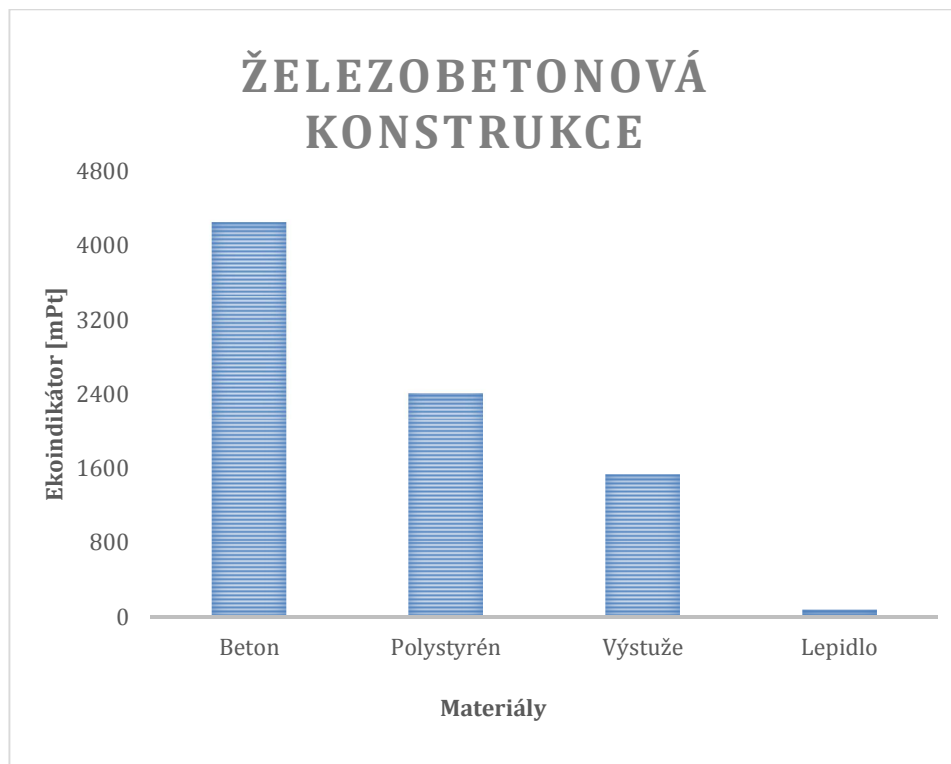
- Hned tři materiály mají vyšší hodnoty ekoindikátoru. Železné výstuže mají pouze necelých 8 kg, avšak vysokou hodnotu ekoindikátoru.
- Polystyrén kvůli svému vlivu na životní prostředí nese vysokou hodnotu ekoindikátoru.

- Největší zátěž na životní prostředí představuje Beton a to kvůli své obrovské váze přes 600 kg. Překvapivé ovšem je, že hodnota ekoindikátoru na kilogram je pouze 7.

Tabulka 15: Výsledky železobetonové konstrukce zateplené polystyrénem v Ekolizéru 2.

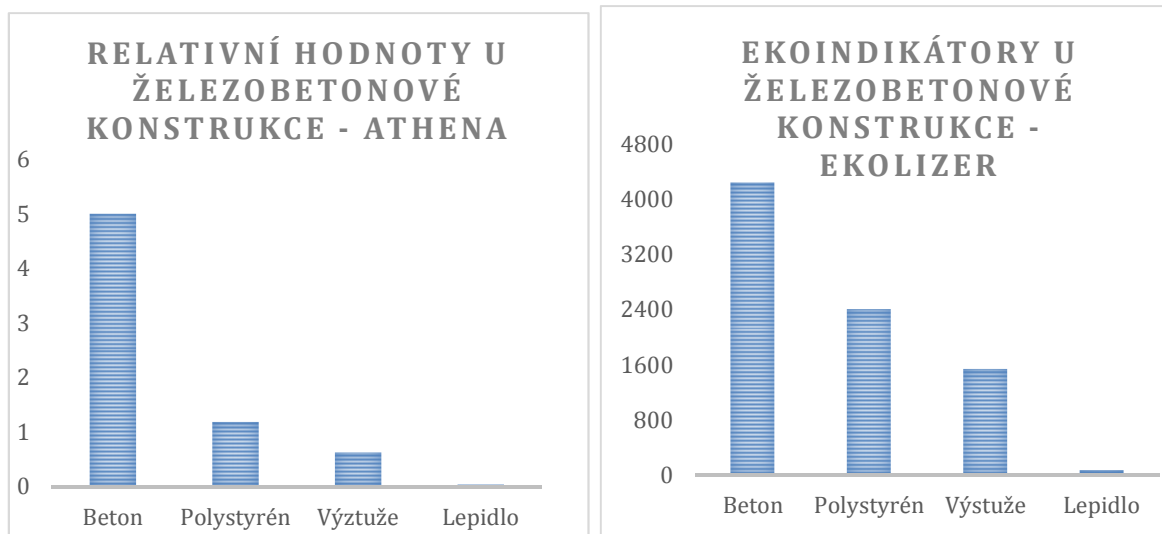
Železobetonová stavba zateplená polystyrénem						
Materiály	Tloušťka materiálu [m]	Obsah [m ³]	Hustota [kg/m ³]	Hmotnost [kg]	Ekoindikátor [mPt/kg]	Ekoindikátor [mPt]
Beton	0,25	0,2625	2400	630	7	4245
Polystyrén	0,2045	0,21725	30	6,44	374	2409
Výstuže	-	-	-	7,78	197	1533
Lepidlo	-	0,0029	2000	5,8	13	75,4
Celkový Ekoindikátor						8262

V grafu 27 můžeme sledovat schodovité výsledky zastoupených materiálů, v této konstrukci největší zátěž pro životní prostředí jednoznačně představuje beton.



Graf 27: Grafické porovnání vlivu materiálů u železobetonové konstrukce na životní prostředí z Ekolizéru 2.0

5.4.3 Porovnání výsledků



Graf 28: Grafické porovnání výsledků železobetonové konstrukce v programu Athéna a Ekolizér 2.0

Srovnání výsledků železobetonové stavby v programu Athéna a v Ekolizéru je poměrně jednoznačná záležitost, protože beton v programu Athéna působí největší zátěž ve všech hodnocených kategoriích, je pochopitelné, že je jeho dopad o tolik větší jako můžeme vidět na levém grafu. Graf 28 vpravo tvoří výstup z programu Ekolizér 2.0 a tentokrát jasně potvrzuje největší dopad na životní prostředí u betonu. Srovnání tedy dopadlo velmi dobře, s rozdílem nepřesného zařazení polystyrénu a výstuží. U programu Athéna se zdá, že je graf logaritmický a u výstupů z Ekolizéru se graf jeví jako lineární.

5.5 Zděná - probetonová konstrukce

Tato kapitola je podrozdělena na tři části, v prvních dvou budou jednotlivé materiály probetonové konstrukce porovnávány rozdílnými přístupy a v části třetí se porovnají dosažené výsledky mezi sebou navzájem.

5.5.1 LCA - Athéna

V tabulce 16 je znázorněno pět ukazatelů vlivu na životní prostředí u zděné konstrukce vypočítaných v programu Athéna, výsledky jsou rozděleny do 4 životních cyklů a následně je vypočítán celkový dopad konstrukce u daného vlivu. Pro

přehlednost jsou vysoké a nízké hodnoty barevně zvýrazněny. Tabulka 16 ukazuje zajímavý jev a to, že:

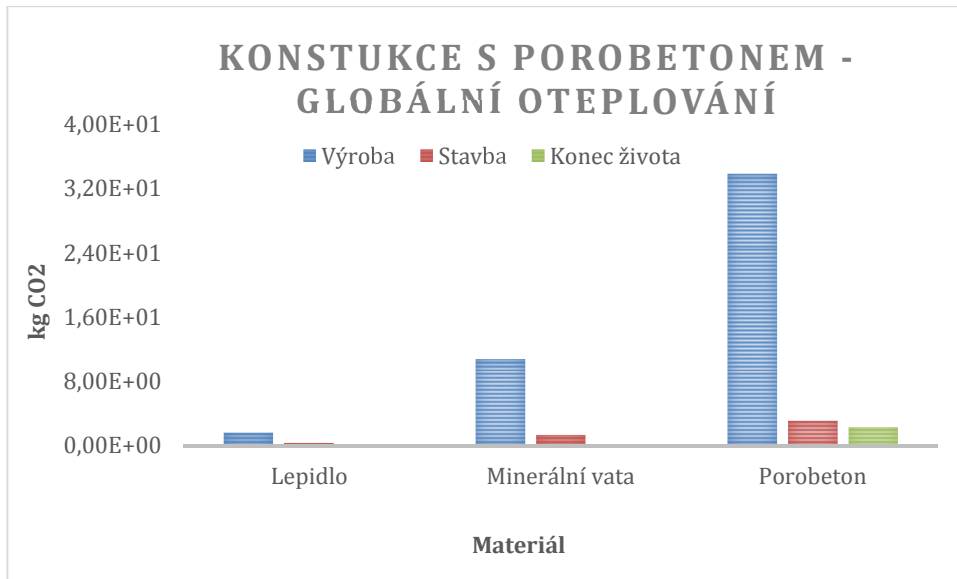
- Porobetonová konstrukce nemá po konci života žádné další dopady na životní prostředí

Tabulka 16: dopad porobetonové konstrukce na životní prostředí v pěti kategoriích rozdělený na fáze životního cyklu

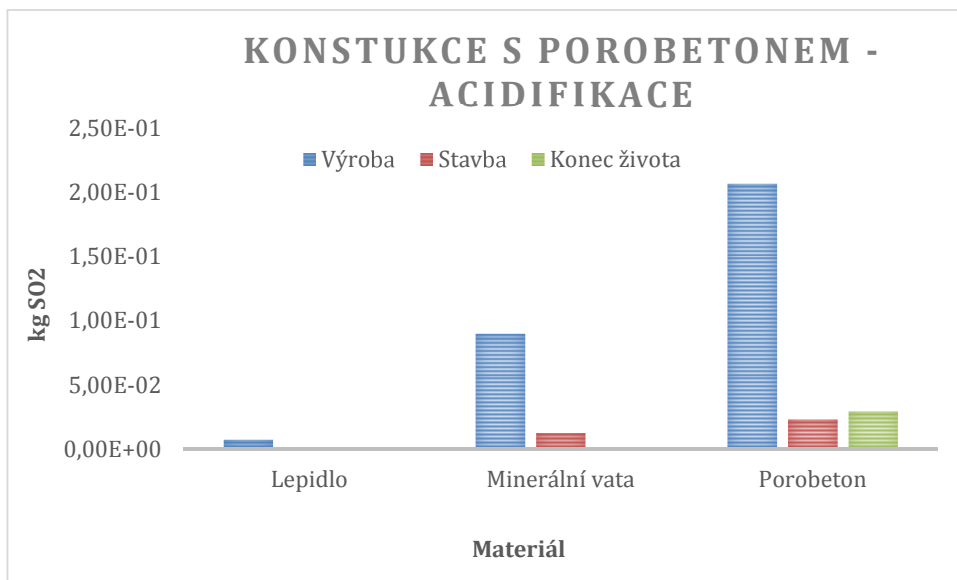
Porobetonová konstrukce		Fáze životního cyklu				
Vliv na životní prostředí	Jednotky	Výroba	Stavba	Konec života	Po konci života	Celkem
Globální oteplování	[kg CFC 11]	46,200	4,650	2,400	0,000	53,300
Acidace půdy a vody	[kg SO ₂]	0,305	0,038	0,031	0,000	0,373
Poškození ozonové vrstvy	[kg HCFC]	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Vázaná energie	[MJ]	537,000	59,600	35,500	0,000	632,000
Množství vody	[l]	127,000	6,520	0,000	0,000	133,000

Graf 29-33 vykresluje vliv na životní prostředí v každé z pěti hodnocených kategoriích z hlediska jednotlivých materiálů u porobetonové konstrukce. Vliv materiálů je navíc vyobrazen ve třech zásadních fázích životního cyklu tedy výroba, stavba a konec života materiálu. Z grafů 29-33 plyne, že:

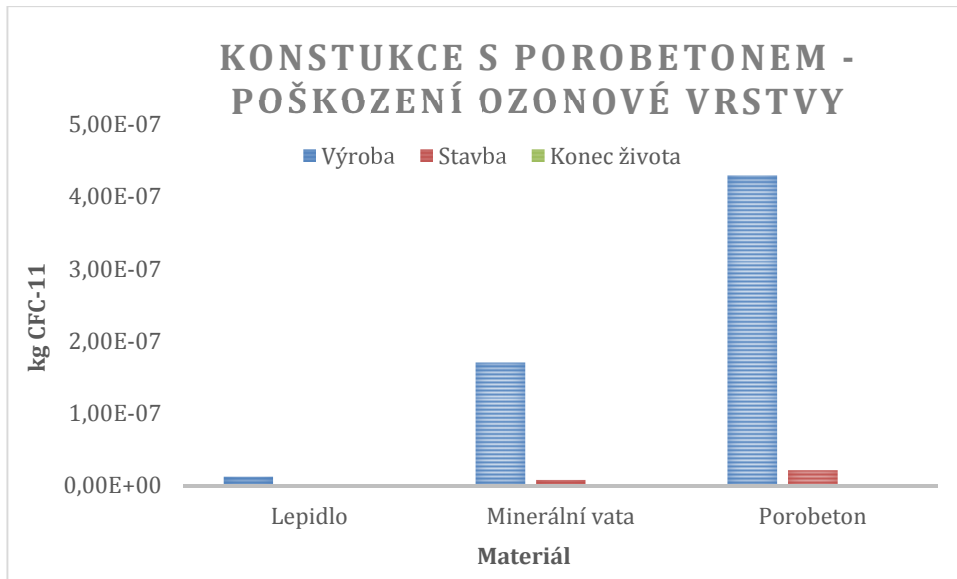
- Porobeton má na jakoukoli kategorii životního prostředí alespoň dvakrát větší dopad, než minerální vata
- Porobeton má u globálního oteplování, acidifikace a množství vázané energie podobné dopady při konečné fázi života jako při stavbě



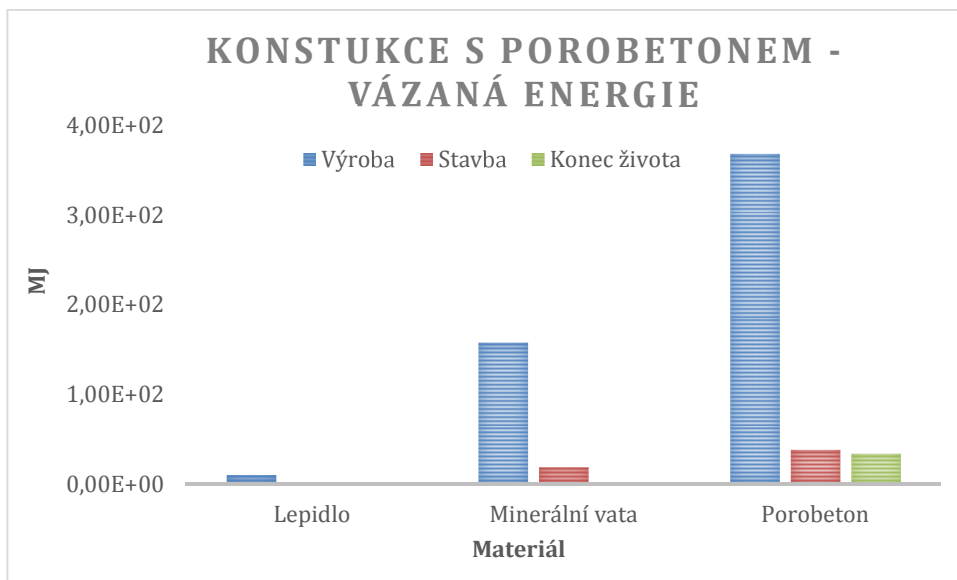
Graf 29: Potenciál globálního oteplení jednotlivých materiálů u konstrukce s porobetonem



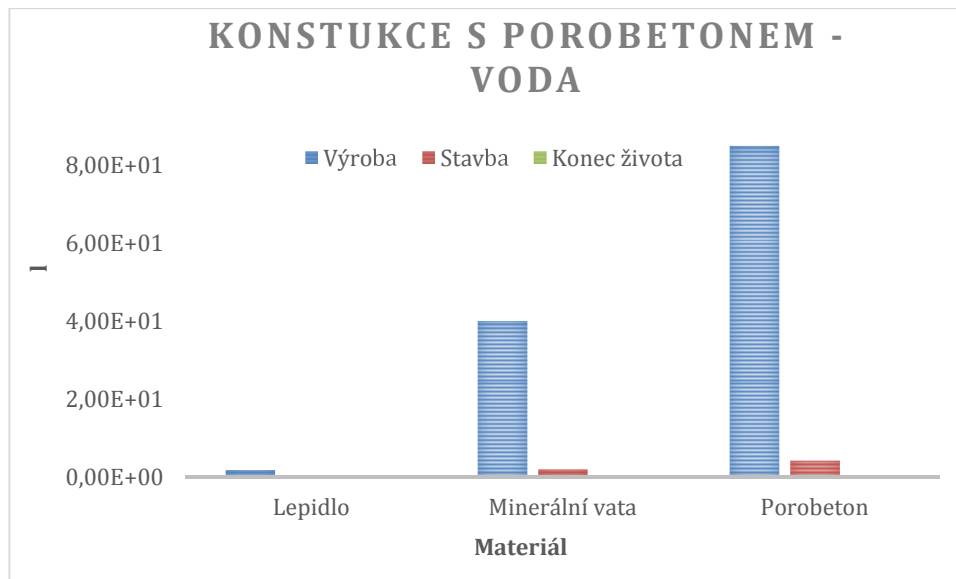
Graf 30: Míra acidifikace jednotlivých materiálů u konstrukce s porobetonem



Graf 31: Potenciální poškození ozonové vrstvy způsobené jednotlivými materiály u konstrukce s porobetonem



Graf 32: Množství vázané energie jednotlivých materiálů u konstrukce s porobetonem



Graf 33: Množství vody spotřebované jednotlivými materiály u konstrukce s porobetonem

5.5.2 Vliv na životní prostředí – Ekolizér 2.0

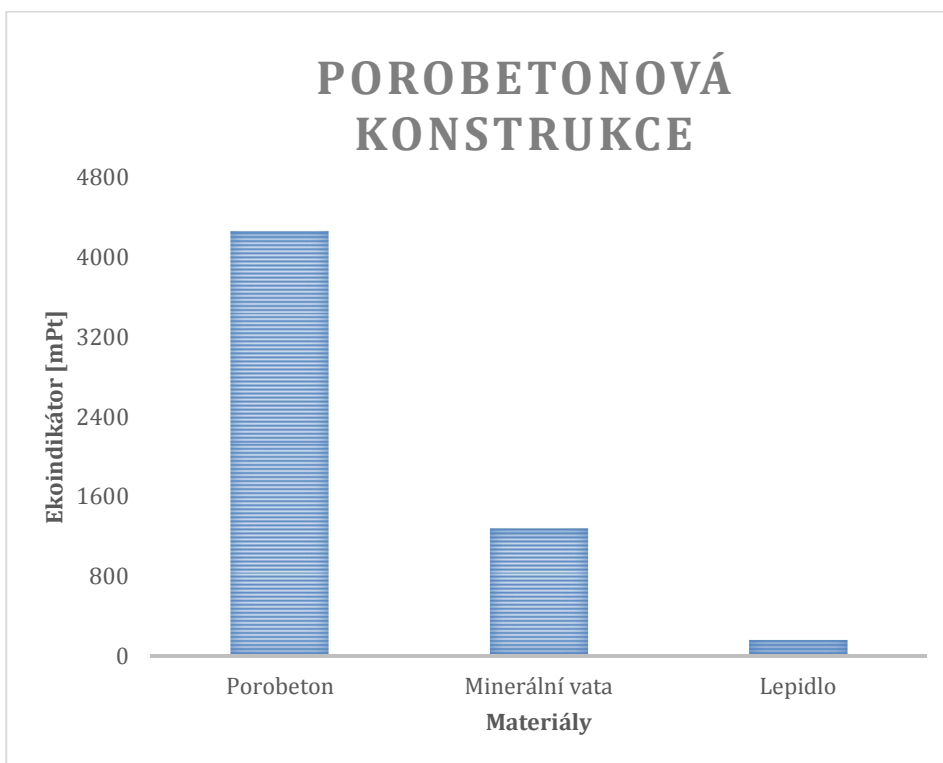
V tabulce 17 můžeme vidět přehledně zpracované hodnoty pro výpočet jednotlivých materiálů v programu ekolizér pro porobetonovou konstrukci. Z tabulky je patrné, že:

- Největší vliv na životní prostředí má porobetonová cihla, jelikož je její zastoupení 150 kg.
- Překvapivě velkou hodnotu vzhledem ke své váze nese minerální vata

Tabulka 17: Výsledky porobetonové konstrukce v Ekolizéru 2.0

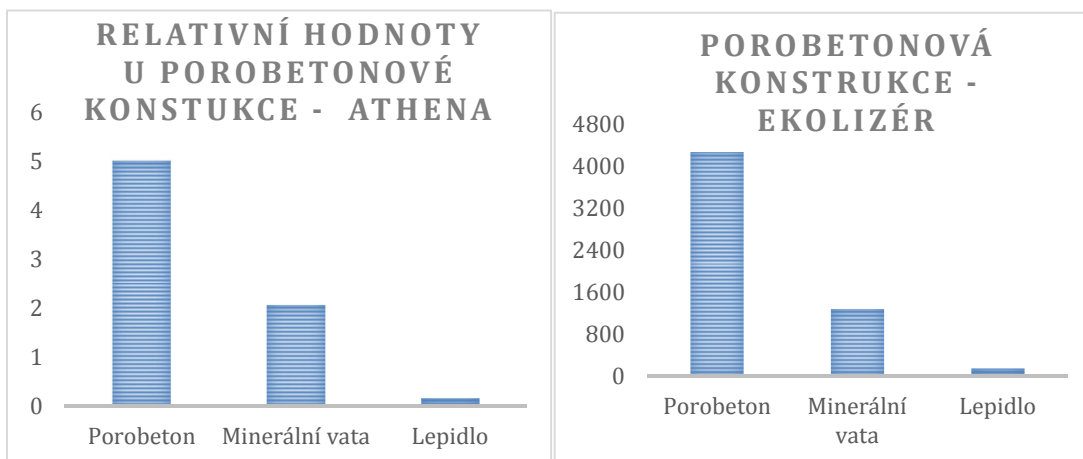
Porobetonová konstrukce						
Materiály	Tloušťka materiálu [m]	Obsah [m ³]	Hustota [kg/m ³]	Hmotnost [kg]	Ekoindikátor [mPt/kg]	Ekoindikátor [mPt]
Porobeton	0,25	0,2625	580	152,25	28	4263
Minerální vata	0,1636	0,17178	50	8,589	149	1280
Lepidlo	-	0,0029	2000	11,8	13	153,4
Celkový Ekoindikátor						5696

Pro větší přehlednost jsou hodnoty navíc graficky vyobrazeny v grafu 34.



Graf 34: Grafické porovnání porobetonové konstrukce provedené pomocí Ekolizéru 2.0

5.5.3 Porovnání výsledků



Graf 35: Grafické porovnání výsledků porobetonové konstrukce v programu Athéna a Ekolizér 2.0

Porovnání výsledků u porobetonové konstrukce v obou programech je jednoznačná záležitost. Výsledky z programu Athéna se shodují s celkovými Ekoindikátory pro všechny materiály.

5.6 Zděná - konstrukce

Tato kapitola je podrozdělena na tři části, v prvních dvou budou jednotlivé materiály zděné konstrukce porovnávány rozdílnými přístupy a v části třetí se porovnají dosažené výsledky mezi sebou navzájem.

5.6.1 LCA - Athéna

V tabulce 18 je znázorněno pět ukazatelů vlivu na životní prostředí u zděné konstrukce vypočítaných v programu Athena, výsledky jsou rozděleny do 4 životních cyklů v každé z pěti kategorií hodnocení vlivu na životní prostředí a následně je vypočítán celkový dopad konstrukce u daného vlivu. Pro přehlednost jsou vysoké hodnoty barevně zvýrazněny. Z tabulky 18 je patrné, že:

- Stavba spotřebuje velmi malé množství vody
- Po skončení života nemá žádný z materiálů další vliv na životní prostředí

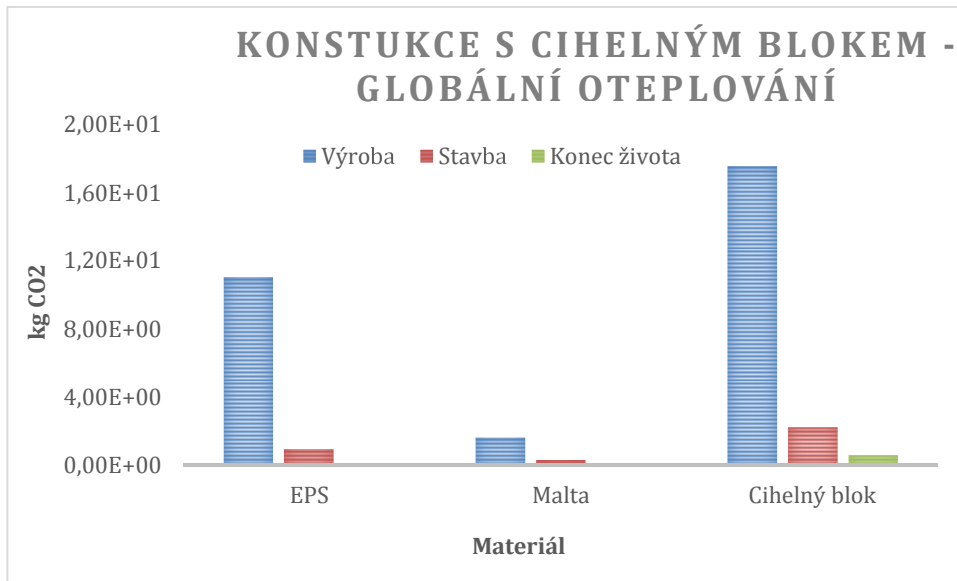
Tabulka 18: dopad zděné konstrukce na životní prostředí v pěti kategoriích rozdělený na fáze životního cyklu

Zděná konstrukce		Fáze životního cyklu				
Vliv na životní prostředí	Jednotky	Výroba	Stavba	Konec života	Po konci života	Celkem
Globální oteplování	[kg CFC 11]	33,100	3,230	0,650	0,000	37,000
Acidace půdy a vody	[kg SO ₂]	0,268	0,028	0,006	0,000	0,302
Poškození ozonové vrstvy	[kg HCFC]	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Vázaná energie	[MJ]	507,000	47,200	9,490	0,000	564,000
Množství vody	[l]	27,300	1,550	0,000	0,000	28,900

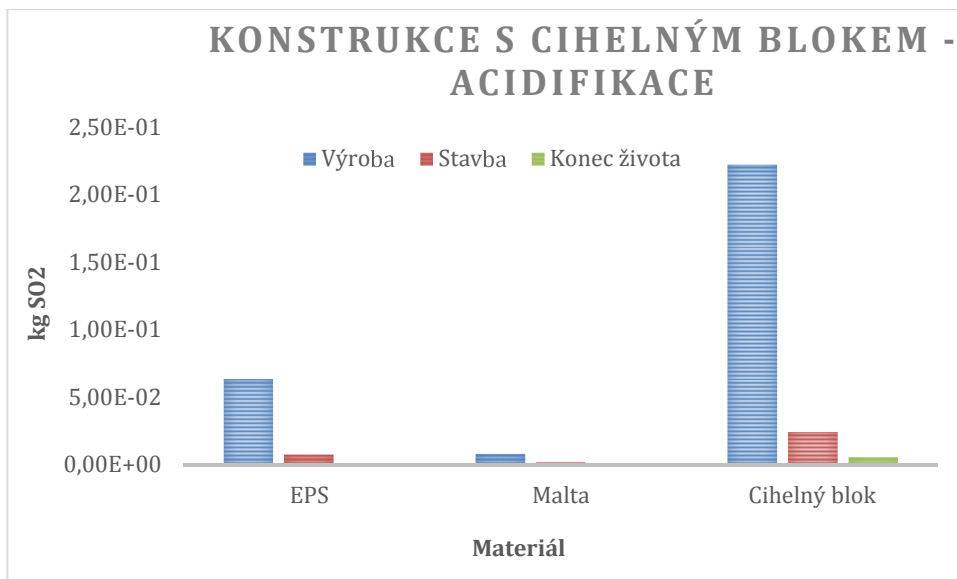
Graf 36 - 40 vykresluje vliv na životní prostředí v každé z pěti hodnocených kategoriích z hlediska jednotlivých materiálů u zděné konstrukce. Vliv materiálů je navíc vyobrazen ve třech zásadních fázích životního cyklu tedy výroba, stavba a konec života materiálu. Z grafů tedy plyne, že:

- Malta má největší vliv z celé konstrukce na poškození ozonové vrstvy (graf 38) přesto, že je jí malé množství a ve zbylých vlivech je téměř zanedbatelná.

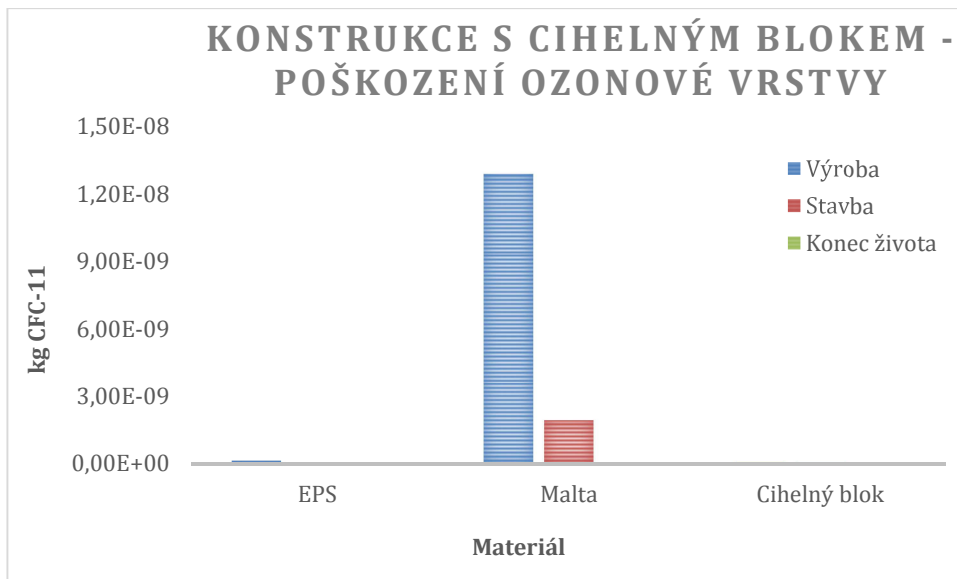
- Polystyren spotřebuje největší množství vody, dvakrát více než cihelný blok (graf 40)



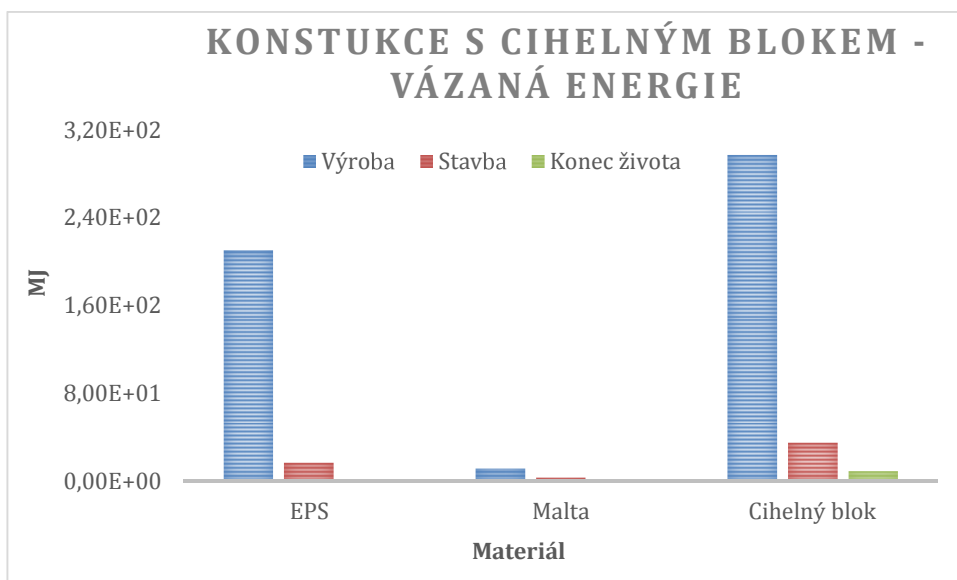
Graf 36: Potenciál globálního oteplování jednotlivých materiálů konstrukce s cihelným



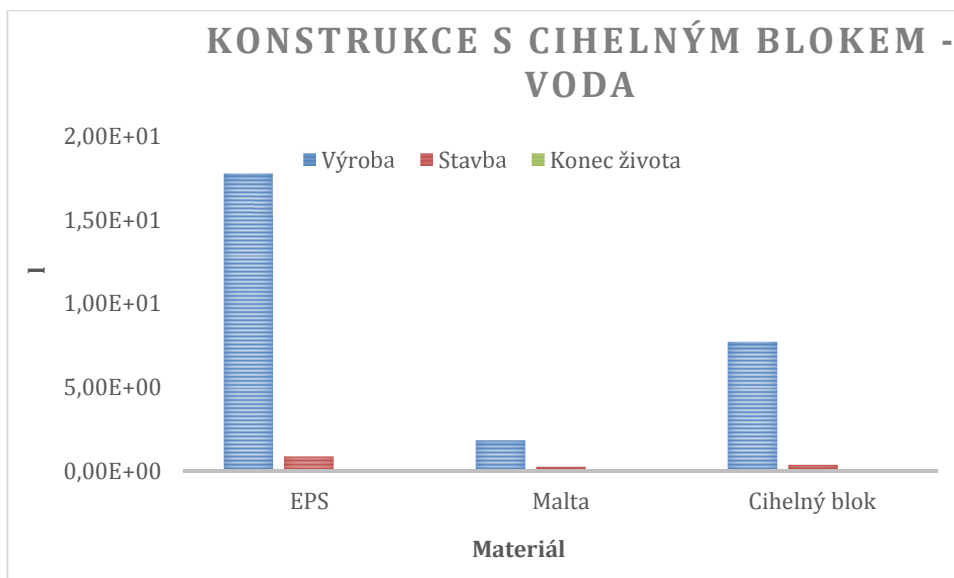
Graf 37: Míra acidifikace jednotlivých materiálů u konstrukce s cihelným blokem



Graf 38: Potenciální poškození ozonové vrstvy způsobené jednotlivými materiály u konstrukce s cihelným blokem



Graf 39: Množství vázané energie jednotlivých materiálů u konstrukce s cihelným blokem



Graf 40: Množství vody spotřebované jednotlivými materiály u konstrukce s cihelným blokem

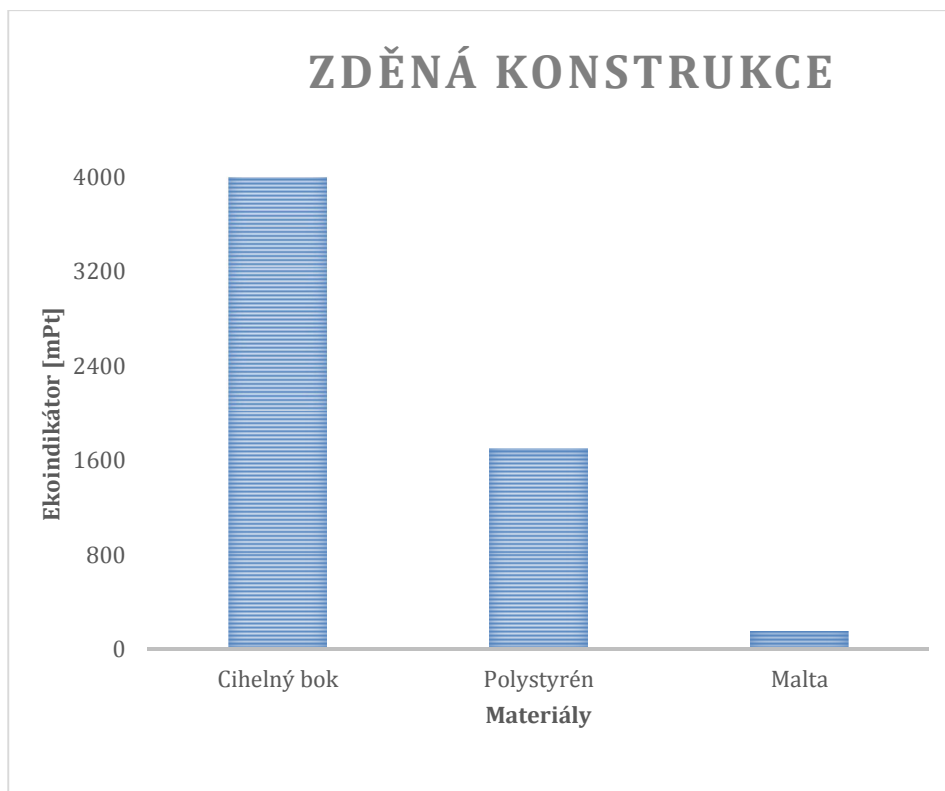
5.6.2 Vliv na životní prostředí – Ekolizér 2.0

Tabulka 19 ukazuje výsledky zděné konstrukce z programu ekolizér. Materiály jsou doplněné o všechny důležité informace k tomu, aby mohl být proveden výpočet. Z tabulky 19 a grafu 41 vidíme:

- Největší vliv na životní prostředí připadá z této konstrukce na cihelný blok, přesto, že hodnota jeho ekoindikátoru na kilogram je nízká, celková hmotnost zdění činí přes 250 kg.
- Polystyrén nese v dané konstrukci na životní prostředí téměř poloviční dopad co cihelný blok a to i přesto, že ho je pouze necelých pět kilogramů.

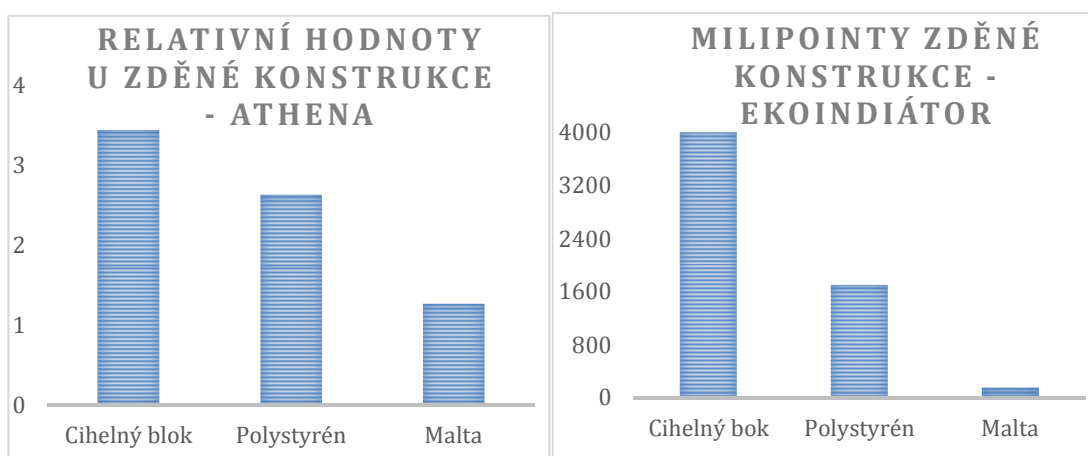
Tabulka 19: Výsledky lehčené zděné konstrukce zateplené polystyrénem sestavené v Ekolizéru 2.

Zděná konstrukce						
Materiály	Tloušťka materiálu [m]	Obsah [m ³]	Hustota [kg/m ³]	Hmotnost [kg]	Ekoindikátor [mPt/kg]	Ekoindikátor [mPt]
Cihelný bok	0,3	0,315	800	252	16	4032
Polystyrén	0,1443	0,15152	30	4,54545	374	1700
Malta	-	0,0029	2000	11,8	13	153,4
Celkový Ekoindikátor						5885



Graf 41: Grafické výstupy lehčené zděné konstrukce z ekolizéru 2.0

5.6.3 Porovnání výsledků



Graf 42: Grafické porovnání výsledků zděné konstrukce v program Athéna a Ekolizér 2.0

Při porovnání zděné konstrukce s cihelným blokem oběma metodami můžeme vidět, že metody se shodují na výsledcích. Přesto však můžeme vidět rozdílný úhel trendu u obou grafů, pro přesnější pochopení musíme zapátrat do výstupů z programu Athéna v grafech 36-40.

- Z grafu 36 potenciál globálního oteplování, zjistíme v podstatě to samé jako z grafu 41 u ekoindikátoru, největší vliv má cihelný blok.
- U acidifikace v grafu 37 je to ještě o něco markantnější vliv cihelného bloku na životní prostředí a zajímavé je také sledovat že tento materiál přispívá ve všech fázích životnosti.
- U poškození ozonové vrstvy graf 38 má největší podíl malta a cihelný blok se nepodílí vůbec. Z toho lze usuzovat nárůst oproti Ekoindikátoru.
- Množství vázané energie graf 39, kterou potřebuje cihelný blok, je největší, ale spotřebou vody graf 40 se z dané konstrukce vyznačuje polystyrén. Proto jeho nadhodnocení oproti programu Ekolizér.

5.7 Celkové porovnání konstrukcí

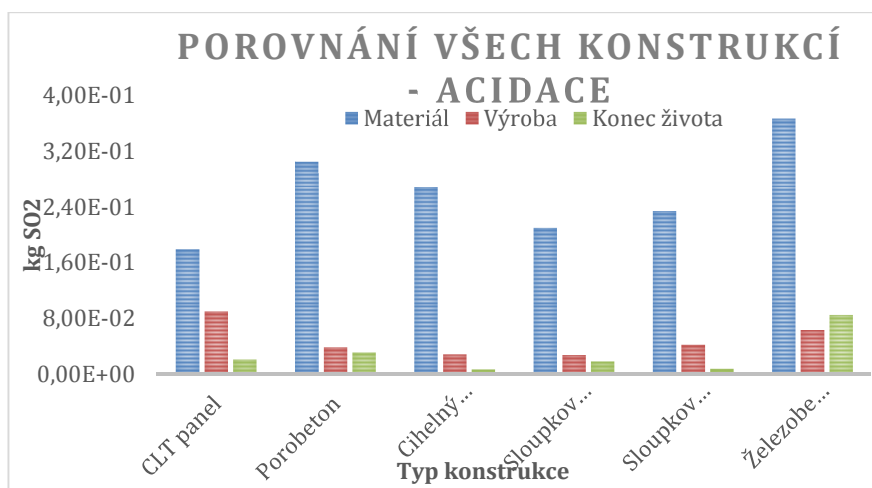
Tato kapitola je rozdělena na tři části, v prvních dvou budou jednotlivé konstrukční systémy porovnávány rozdílnými přístupy a v části třetí se porovnají dosažené výsledky mezi sebou navzájem.

5.7.1 Porovnání konstrukcí v Athéně

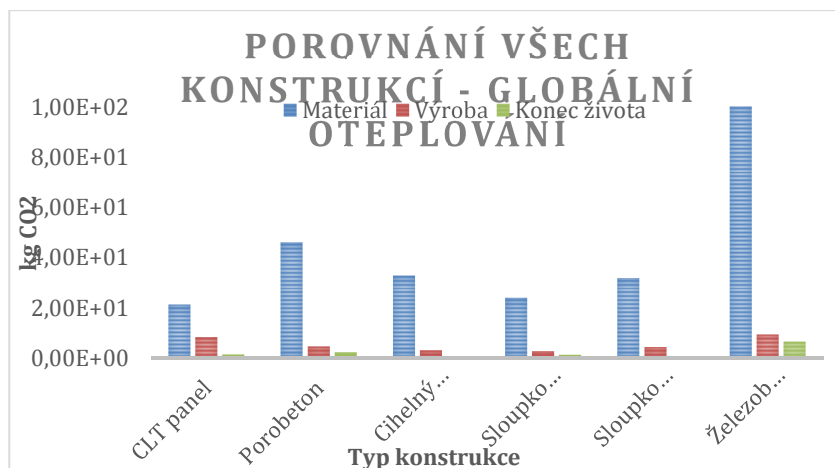
V grafech 43-47 je vyobrazeno grafické porovnání všech konstrukcí v programu Athéna, rozdělené do pěti vlivů na životní prostředí, každý graf je navíc rozdělen do 3 fází životního cyklu. Nejvíce se na hodnotách podílí jako vždy fáze výroby, pouze u grafu 37 a 40 působí u některých materiálů ostatní fáze (výroba a konec života) malou ale důležitou hodnotu.

- Množství acidifikace (graf 43) je relativně vyrovnané ve všech systémech, ale železobetonová konstrukce si zde vede nejhůře, naopak nejlépe si vede sloupková difuzně otevřená.
- Vliv na globální oteplování (graf 44), jednoznačně největší množství oxidu uhličitého produkuje železobetonová konstrukce, v porovnání s nejmenším producentem oxidu uhličitého sloupkovou stavbou difuzně otevřenou je to až trojnásobek.
- Na poškození ozonové vrstvy (graf 45) má největší vliv také železobetonová konstrukce, dosahuje mnohonásobně větších hodnot než sloupková difuzně otevřená nebo uzavřená konstrukce. Nejpriznivější konstrukcí z hlediska ničení ozonové vrstvy potom zděná konstrukce s cihelným blokem.

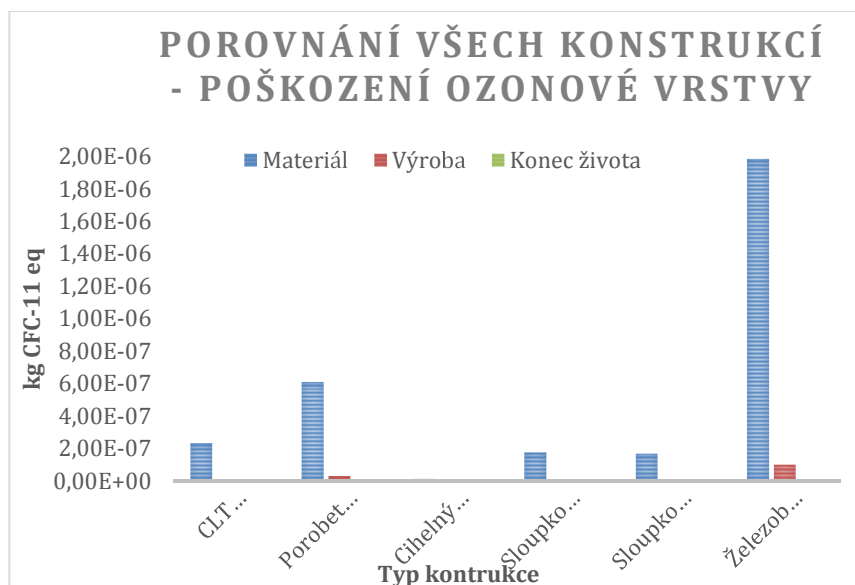
- Největší množství vázané energie (graf 46) potřebuje konstrukce s CLT panelem a železobetonová konstrukce. Ačkoli je množství energie u všech konstrukcí podobné, nejméně vázané energie spotřebuje konstrukce s cihelným blokem a konstrukce sloupková difuzně otevřená.
- Ve spotřebě vody ke stavbě dané konstrukce (graf 47) je nejméně ekologická opět železobetonová konstrukce, výrazně méně vody naopak spotřebuje nejšetrnější z konstrukcí a to konstrukce s cihelným blokem a konstrukce s CLT panelem.



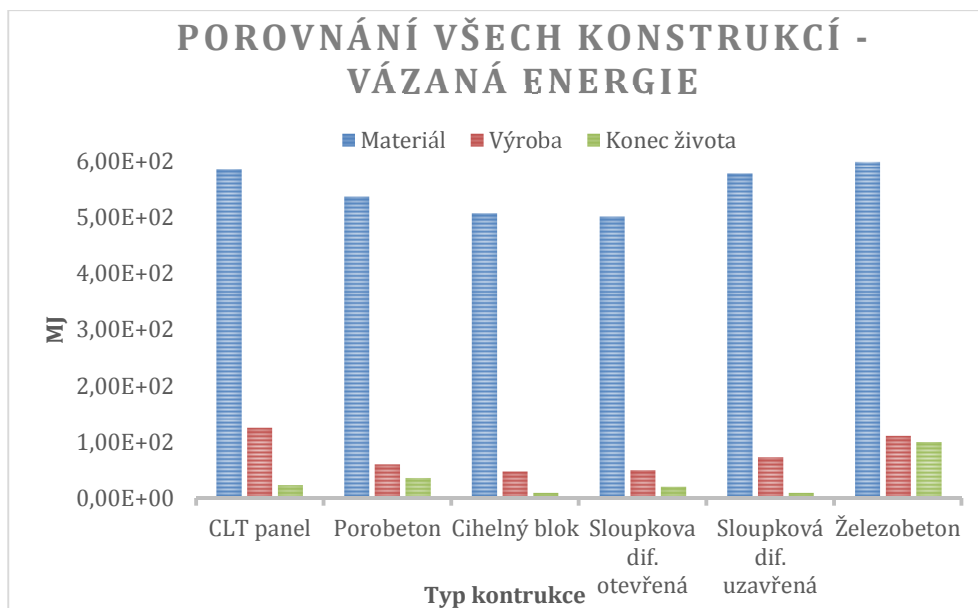
Graf 43: Porovnání množství acidifikace u všech konstrukčních systémů, rozdělené do fází životního cyklu v programu Athena.



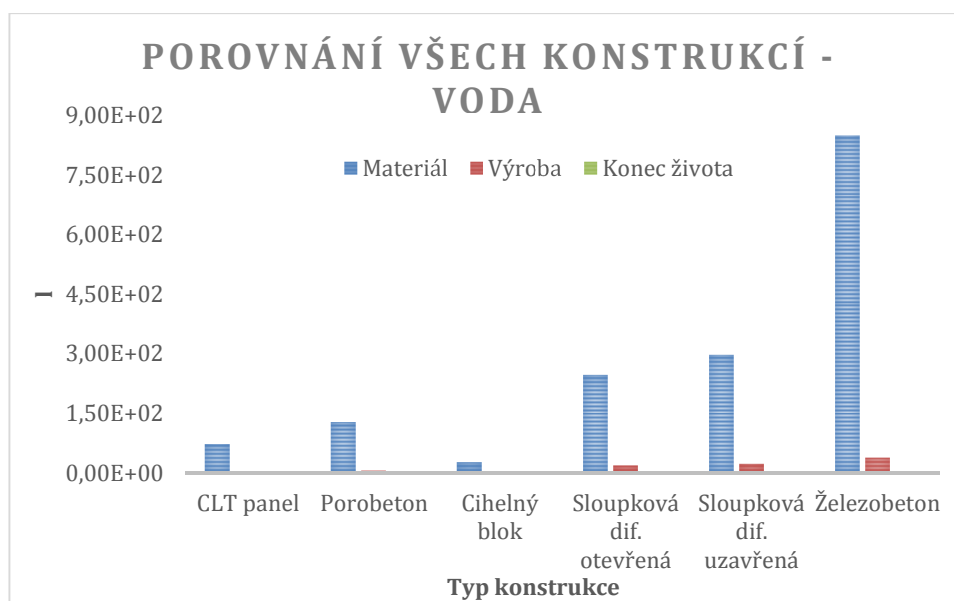
Graf 44: Porovnání množství oxidu uhličitého vyprodukovaného u všech konstrukčních systémů, rozdělené do fází životního cyklu v programu Athena



Graf 45: Porovnání vlivu na ozonovou vrstvu u všech konstrukčních systémů, rozdělené do fází životního cyklu v programu Athena



Graf 46: Množství vázané energie u všech konstrukčních systémů, rozdělené do fází životního cyklu v programu Athena



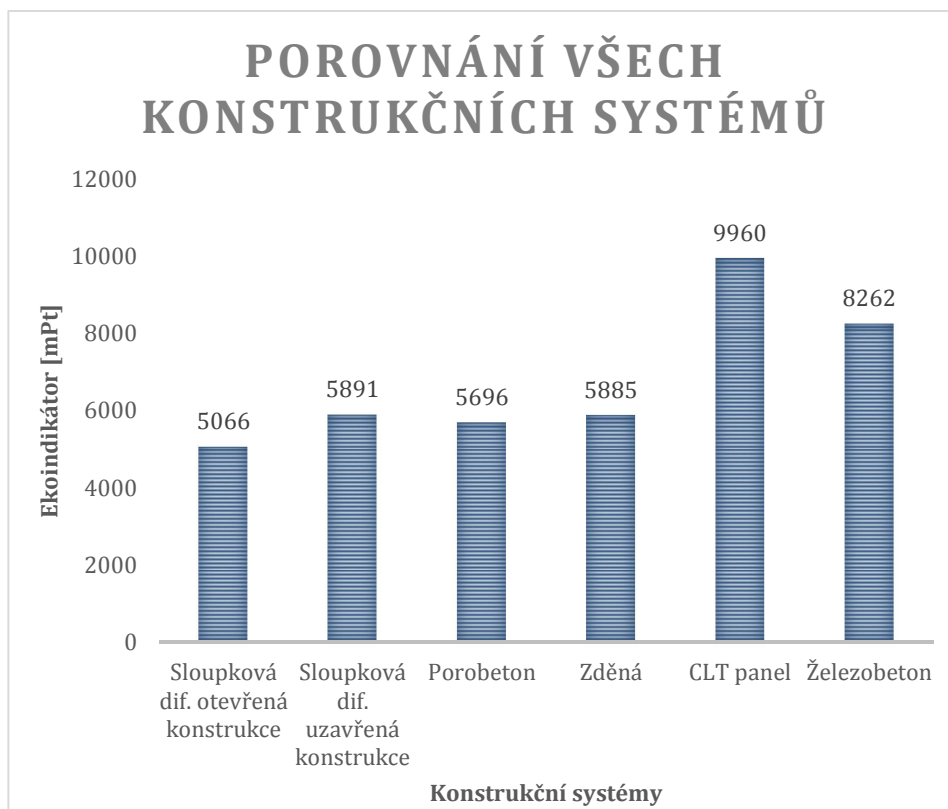
Graf 47: Porovnání množství spotřebované vody u všech konstrukčních systémů, rozdělené do fází životního cyklu v programu Athena

5.7.2 Porovnání konstrukcí v Ekolizéru

V Grafu 42 můžeme vidět porovnání všech šesti konstrukčních systémů, které byly během této práce používány. Pro přehlednost obsahují i jednotlivé konstrukce přesné hodnoty v milipointech. A proto není složité jednoznačně určit, který z konstrukčních systémů působí na životní prostředí jakým vlivem. Na levé straně grafu 42 je vyrovnaná

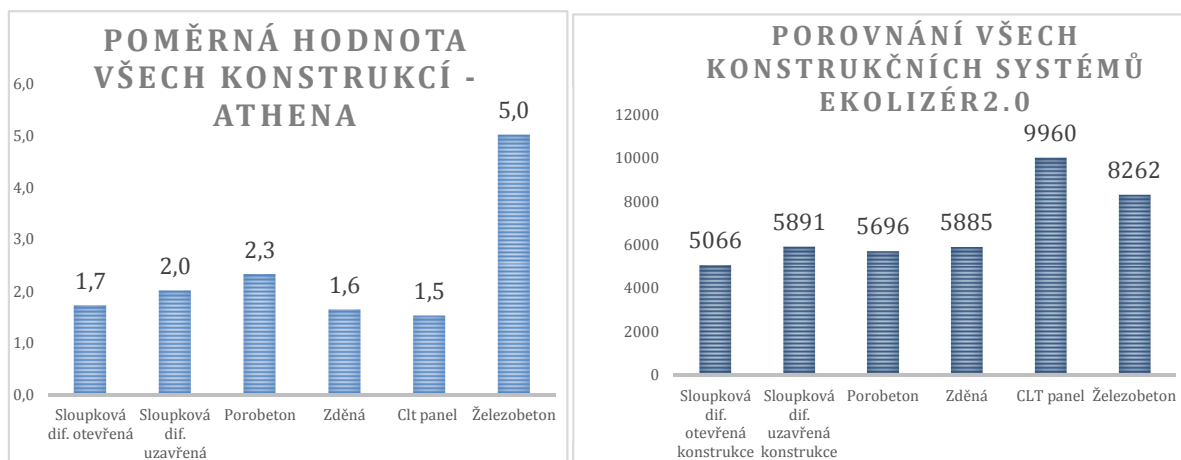
čtveřice konstrukcí (sloupková difuzně otevřená, uzavřená, porobeton a zděná) a na straně pravé dvě konstrukce s vyššími hodnotami (CLT panel, železobeton).

- Nejlépe si podle ekolizéru vede konstrukce sloupková difuzně otevřená, ta v součtu všech materiálů u každé konstrukce jako jediná dosáhla hodnoty těsně nad 5000 mPt.
- Následují konstrukce porobetonová zděná a difuzně otevřená, které jsou za sebou v rozmezí 200mPt.
- Dvě konstrukce, jejichž hodnoty se pohybují výrazně výše a to železobetonová konstrukce a nejhůře hodnocená konstrukce s CLT panelem. Pohybují za hranicí 8000mPt u železobetonové konstrukce respektive na hranici 10000 u konstrukce s CLT panelem. Podrobnému zkoumání výsledků se budeme věnovat v diskuzi.



Graf 48: Grafické porovnání všech konstrukcí z hodnot Ekolizéru 2.0

5.7.3 Celkové porovnání výsledků



Graf 49: Grafické porovnání hodnot obou přístupů

Pro jednodušší pochopení grafu 49 byla sestavena tabulka 20. Ta se věnuje porovnání Ekolizéru a Athény v poměru a celkové sumě relativních hodnot. Hodnota z ekolizéru byla získána tak, že se výsledný Ekoindikátor dané konstrukce vydělí 5000.

Tabulka 20: Porovnání relativních hodnot získaných průměrem a součtem hodnot obou přístupů.

Skladba	Použitá metoda		Výsledky	
	Athena	Ekolizer 2.0	Suma	Průměr
Sloupková difuzně otevřená	1,7	1	2,7	1,35
Sloupková difuzně uzavřená	2	1,2	3,2	1,6
Porobetonová	2,3	1,1	3,4	1,7
Zděná	1,6	1,2	2,8	1,4
CLT panel	1,5	2	3,5	1,75
Železobeton	5	1,7	6,7	3,35

Porovnání celkových výsledků všech konstrukcí z obou přístupů není úplně jednoznačná záležitost:

- Konstrukcí, která působí největší zátěž na životní prostředí je rozhodně konstrukce železobetonová, z Athény je to jednoznačná záležitost, protože sbírá nejvyšší hodnoty ve všech grafech 43-47 a u ekolizéru je to druhá nejvíce neekologická konstrukce. Výsledky v tabulce 20 se shodují na tomtéž.

- Nejlépe hodnocenou konstrukcí s přihlédnutím k jistým odchylkám u každého přístupu se jeví konstrukce sloupková difuzně otevřená a konstrukce zděná, porobetonová a jako čtvrtá konstrukce difuzně uzavřená.
- Z programu Athena můžeme vyzorovat souvislost v konstrukcích, které používají jako izolant polystyrén a těch, které používají minerální vatu. Konstrukce s minerální vatou jsou na prvních třech místech jako nejmenší ekologická zátěž, naproti tomu polystyrénové konstrukce jsou tři nejvíce zatěžující.
- V čem se ale paradoxně výsledky obou metodických přístupů neshodují, je konstrukce s CLT panelem.

6 Diskuze

Následující kapitola se člení do pěti částí, každá z nich se věnuje určité problematice a snaží se ji osvětlit.

6.1 Význam strategie trvale udržitelného rozvoje

Předtím, než přejdeme k samotnému hodnocení přístupů konstrukcí a práce jako takové, je důležité si uvědomit, že ve stavebnictví se používá obrovské množství materiálů, ročně je to přibližně 3 miliardy tun materiálu, to je 40% všech surových materiálů a ve stavebnictví se spotřebuje 30-40% celkové energie, z níž je drtivá většina neobnovitelná. Stavebnictví je velmi výrazným producentem skleníkových plynů a emisí do ovzduší. To jsou pro udržitelný rozvoj poněkud alarmující hodnoty. Pokud nad tímto faktem nezlomíme hůl, máme obrovské pole působnosti, kde něco změnit a zavést ekologičtější variantu. Množství regulí v tomto směru je malé anebo přichází příliš pozdě. Strategie trvalé udržitelnosti byla schválena vládou ČR až v roce 2004.

Podle mého názoru je problém v tom, že tento fakt si většina lidí neuvědomuje, pokud problém nevidí na vlastní oči, necítí jeho dopady, jenže v tu chvíli je už příliš pozdě. Asi každého napadne, že přírodní materiál je menším zásahem do životního prostředí než materiál syntetický. Ale problém je, že konkrétní data a důvody nejsou v širokém povědomí. Pokud s tímto problémem chceme něco dělat, věřím, že klíč k řešení problémů je v informovanosti obyvatelstva a v dostupnosti informací celkově. Informovat o novinkách ve stavebnictví a ukázat lidem, co vše je dnes možné, a kudy se udržitelný rozvoj ubírá.

Informovanost projektantů a architektů, kteří se díky takovému přístupu mohou stát zajímavými. Developerů, kteří tohoto přístupu mohou využít v reklamní kampani a svým způsobem tak přimět řemeslné firmy a cílové investory přemýšlet o této problematice. Pokud člověk začne přemýšlet o materiálu samotném a fázích, které provází jeho životní cyklus dříve než o celém domě, je velmi pravděpodobné, že se bude chtít obklopit přírodními materiály. A stejně tak je bude chtít použít i při stavbě domu. Díky tomu ušetří neobnovitelné materiály, které zatěžují životní prostředí více. Tato volba je vždy na investorovi, který zadává stavbu firmě nebo ji kupuje od developera. Úspěšná firma vždy následuje trend a snaží se investorovi nabídnout moderní řešení a uspokojit jeho požadavky. Proto je potřeba začít od koncových uživatelů, kteří svou poptávkou změň trend stavebních firem. Tento krok jde

samozřejmě ruku v ruce s optimalizací konstrukce, není jednoduché všechny materiály vyměnit za ty přírodní a čekat že splní všechny požadavky. Nicméně je možné vymýšlet nové konstrukční systémy nebo alespoň zaměřovat problematické části, které vyhoví normám a přitom budou daleko šetrnější k životnímu prostředí. A to pomocí materiálových indexů či pomocí Ekoindikátorů.

6.2 Objektivní vs. subjektivní hodnocení

V době, kdy jsem zjišťoval, jakým způsobem se dostanu k finálním datům, jsem pochopil, jak složitá a obšírná tato problematika vlastně je. Existuje spousta společností z nejrůznějších zemí, které se dané problematice věnují. Některé z nich vymysleli software zdarma a jiní jsou ochotni nabídnout rozsáhlé databáze, z nichž je několik základních materiálů zdarma a za zbytek se musí platit. Několik dní jsem strávil nad hledáním software, který bude zdarma, věrohodný, tedy přesněji založený na ISO normách a budu schopen pomocí videonávodů sestavit požadované konstrukce a získat tak potřebná data. Nakonec se to povedlo a našel jsem software Athena, který je zcela zdarma. Neobsahuje sice úplně všechny materiály, avšak materiály v ní obsažené mi vystačily k vytvoření požadovaných konstrukcí. Nechtěl jsem se ale spoléhat pouze na jedny výsledky, zvláště pak vezmeme-li v potaz, že software je nastaven na působení v Americe. Pominu-li nekonečné přepočítávání přednastavených jednotek pro vytvoření odpovídajícího obsahu a i to, že data jsou bohužel určena pouze pro tento region. Rozhodl jsem se proto vyhledat ještě druhou metodu, založenou na jiném přístupu, abych tak data potvrdil nebo vyvrátil a měl tak zpětnou kontrolu. K tomuto účelu mi posloužila platforma Ekolizér. Tato databáze pracuje s evropskými daty, která jsou převedena do hodnot takzvaných Ekoindikátorů.

6.3 Porovnání přístupů Athéna x Ekolizér 2.0

Celkové porovnání výsledků z obou přístupů je poměrně komplikovaná záležitost, jak již bylo zmíněno, každý přístup pracuje jiným způsobem a vytváří data jinak. Proto je ke správnému výsledku nezbytná dobrá interpretace, kde se zváží veškeré proměnné, která pracují jinak u každého z přístupů.

Výhodou programu Athena je, že když se dostanete přes složité nastavování konstrukcí, program již sám dopočítá vše ostatní a data rozdělí do několika skupin, jako jsou emise do vzduchu, vody, země, druhy použité energie či množství spotřebovaných

surovin. A sestaví jednu tabulku s několika ukazateli, jako je potenciál acidifikace, globálního oteplování, celková spotřeba energie, atd. To vše je přehledně rozděleno do jednotlivých fází životního cyklu a poté také v celkovém součtu. Což je především pokud člověk zkoumá složitější dopady velmi praktické a usnadní to množství práce. Kromě základních výstupů, kdy se zabýváme posuzováním životního cyklu, program ještě poskytne velké množství dat jako druhy a množství emisí do vody, ovzduší, výpis materiálů a jejich množství, druhy použité energie které jsou obnovitelné a které nikoli, atd. Program je velice obsáhlý a proto v naše případě bylo nezbytné některé životní fáze vynechat. A to přesněji zkoumání životního cyklu užívání budov. To především proto, že nebyla počítána celá stavba, ale pouze část její obálky, která měla stejné tepelně technické vlastnosti.

U databáze Ekolizér 2.0 vidím hlavní výhodu v jeho nenáročnosti na používání, stačí si najít materiál, případný proces či vzdálenost a druh transportu a hned je jasno. Ovšem pro složitější příklady a komplikované materiály, které se vyrábí složitým způsobem je věčně hledání otravné. Jednoznačný přínos přístupu vidím v použití pro návrháře, kteří mohou hned posoudit dopad výrobku na životní prostředí a případně se tak rozhodnout pro volbu jiného materiálu.

Nakonec jsem zjistil, že i přes svoje odlišnosti a jiný přístup k materiálům a měření celkově, vycházejí výsledky podobně; největší rozdíly byly zjištěny u konstrukce železobetonové a konstrukce s CLT panelem. Celkově můžeme říct, že největší rozdíl přístupů se týká pohledu na přírodní materiály jako dřevo a sádkarton. Tyto rozdíly si vysvětlují rozdílným vnímáním spotřeby vody u obou přístupů.

6.4 Porovnání výsledků

Srovnání fází životního cyklu

Zpravidla každá konstrukce i materiál je největší zátěží pro životní cyklus hned v počátku svého života a to ve fázi výroby. Výjimkou je v tomto případě CLT panel, který k v určitých fázích působí větší zátěž ve fázi stavby. Největší zátěž výrobou je způsobena jednak vznikem obrovského množství odpadu až 90% a také je to tím, že s sebou výroba nese množství technicky a energeticky náročných operací pro vytvoření požadovaného materiálu.

Srovnání Materiálů

Jako nejhorší materiály použité ve skladbách, respektive materiály s nejvyššími Ekoindikátory jsou polystyrén a CLT panel. U CLT panelu bude na vině lepidlo, kterým jsou jednotlivé lamely slepeny. Polystyrén spotřebuje hodně vody a jeho výroba je energeticky velmi náročná. Naopak nejlépe hodnocenými materiály v poměru váha a zátěž pro životní prostředí jsou cihelný blok a beton.

Srovnání konstrukčních systémů

Nejhorší konstrukcí je konstrukce železobetonová:

- Beton díky jeho obrovskému množství ve všech kategoriích v programu athena produkuje nejvíce znečišťujících látek
- Je izolován polystyrénem, který má ještě větší dopad na životní prostředí
- Železné výztuže mají také velký vliv na životní prostředí

Nejlepší konstrukcí je konstrukce zděná a sloupková difuzně otevřená:

- V OSB desce sice je lepidlo, ale dřevo je obnovitelné
- Minerální vata je ekologičtější izolant než polystyrén

Konstrukce zděná:

- Vykazuje minimální zátěž na množství použité vody
- Nepodílí se na poškození ozonové vrstvy

6.5 Globalizace

Závěrem bych chtěl zmínit, že ve snaze použít zajímavý nebo ekologický materiál je potřeba také zvážit jeho transport. Pokud si necháme něco dovézt přes půl světa, ekologická zátěž se díky dopravě dostane do jiných hodnot. Právě v tomto tématu vidím velký problém dnešní doby. Díky globalizaci se vyplatí nechat si většinu věcí vyrobit v rozvojových zemích, kde je levná pracovní síla a poté transportovat na západ.

Doprava podle výzkumu v Athéně tvoří téměř 4% z celkové energie a pro představu jsou doloženy druhy dopravy a způsoby dopravy tří často používaných materiálů (dřevo, ocel, beton) stavebních materiálů:

- Nákladní doprava 2127 KJ [tuna/km]
- Vlaková doprava 373 KJ [tuna/km]
- Lodní doprava 138 KJ [tuna/km]

Dřevo je z daných materiálů nejlehčí a většinou se dopravuje po silnici na pilu a dále zpracované vlakem a lodí. Beton je z daných materiálů nejméně dopravován, protože se většinou využívá lokální výrobce. Ocel je nejtěžší a většinou se dováží vlakem a následně se přepravuje lodí.

7 Závěr

Dosažené výsledky lze shrnout do následujících bodů, které vycházejí z cílů práce:

1. Složení konstrukčních systémů bylo voleno tak, aby součinitel prostupu tepla U [W/m^2K] byl vždy roven hodnotě 0,2. Vzhledem k tomu, že se každá konstrukce skládá z jiných materiálů, byly jejich tloušťky upravovány tak, aby bylo výsledného součinitele dosaženo.

2. Konstrukční systémy, byly porovnávány dvěma metodami z důvodu ověření správnosti jejich výstupů. První metodou byly ISO normy, které jsou celosvětově platné. Na této metodě je založen program Athena Impact Estimator, který sloužil k výpočtům a jsou z něj použita data v pěti vlivech na životní prostředí (globální oteplování, poškození ozonové vrstvy, acidifikace, množství použité vody, vázaná energie). Druhá metoda, kterou se všechny konstrukce porovnávaly, je založena na Ekoindikátorech, které každému materiálu přiřazují určitou hodnotu, která je výsledkem všech jeho vlivů na životní prostředí a jmenuje se Ekolizér 2.0.

3. U konstrukčních systémů byla zjišťována analýza životního cyklu. Tato analýza se dá obecně provádět třemi způsoby:

a) Cradle to Gate (od Kolébky po bránu)

- Této metody využívají oba přístupy, jedná se o veškeré emise a náklady spojené s těžbou materiálu až po chvíli kdy hotový materiál je připraven opustit výrobu.

b) Cradle to Grave (od Kolébky po hrob)

- Tato metoda je zahrnuta pouze u programu Athéna a to vzhledem k složitosti a relevantnosti získaných dat z programu Ekolizér.

c) Cradle to Cradle (od Kolébky po Kolébku)

- Touto metodou se naše práce nezabývá, jelikož není úplně vhodná k dané problematice a chybějí relevantní data týkající se případné recyklace materiálů.

4. Výsledky jednotlivých analýz lze shrnout následujícím způsobem:

a) Fáze životního cyklu – fází, která nejvíce zatěžuje životní prostředí je fáze výroby. Naopak nejmenší dopad má fáze konec života.

b) Materiály – nejhůře hodnoceným materiálem ze všech konstrukcí je polystyrén, naopak nejlépe v přepočtu na kilogram si vede beton a následně cihelný blok.

c) Konstrukce – konstrukcí, která má na životní prostředí největší dopad je konstrukce železobetonová, která je izolována polystyrénem. Na opačné straně jsou konstrukce s cihelným blokem izolované minerální vatou a konstrukce sloupková difuzně otevřená taktéž izolovaná minerální vatou. Tyto dvě konstrukce dosahují proti železobetonové padesáti procentního vlivu na životní prostředí.

5. Diskuze se věnuje hodnocení jednotlivých dopadů a snaží se je objasnit. Závěrem doporučuje detailněji a přesněji zkoumat vlivy železobetonové konstrukce a konstrukce s CLT panelem, jejichž hodnocení se oběma metodami ve výsledcích rozcházel.

8 Přehled literatury

Použitá literatura:

- Ashby M.F.: Materials and the environment. Eco-informed material choice. Elsevier, Amsterdam, 2009
- Ashby M.F.: Materials selection in mechanical design. Pergamon Press, 1992
- ISO nebo EMAS - Mikoláš, J. in Environmentální aspekty podnikání 1/2006
- McDonough, W., Braungart M.: Cradle to Cradle: Remaking the way we make things, 2002
- Meadows D.H., Meadows D.L., Randers J., Behrens W.: The limits to growth. Univers books, 1972
- Rynda, Ivan: Trvale udržitelný rozvoj, globalizace a environmentální vzdělávání. Lipka, 2005
- Schmidt R., Psenner R.: Climate changes and anthropogenic impacts as causes for pH fluctuations in remote high alpine lakes. Nature 356, 6372. 1992: 781-783 pp.

Použití normy:

- ČSN EN 15804 Udržitelnost staveb - Environmentální prohlášení o produktu
- ČSN EN ISO 14040:2006 Environmentální management – Posuzování životního cyklu zásady a osnova
- ČSN EN ISO 14044:2006 Environmentální management - Posuzování životního cyklu - Požadavky a směrnice

Použité webové stránky:

- DSM.com/LCA
- <http://ecolizer.be/>
- <http://www.athenasmi.org/our-software-data/impact-estimator>
- <http://incien.org/cirkularni-ekonomika>
- <http://www.rethinkwood.com>
- http://www.sci.muni.cz/~dobro/ozon_1.htm
- <https://calculatelca.com/software/impact-estimator/>
- https://www.astm.org/CERTIFICATION/DOCS/309.EPD_for_Glass_Mat_Gypsum_Panels_-_Industry_Wide_EPD.pdf
- Technical university of Denmark
- <http://www.kp.man.dtu.dk/english/research/areas/ecodesign/guide>

9 Souhrn

Since my childhood I am interested in nature and environment. Healthy lifestyle is my passion and this kind of work seems to me as great combination of my lifestyle and studies. Goal of this work is to analyze life cycle assessment building construction systems. Each construction system is different to make compact analyze of construction materials. Chosen constructions has been optimized to fulfill heat transfer coefficient $U=0,2$. LCA has been made by two different approaches. One is based on ISO standards (Athena) and other on works with Ecoindicator (Ecolizer). Comparison has been made by two LCA methods (Cradle to Gate and Cradle to Grave). Subject of comparison has been life cycle stages, materials and construction systems. At first part of each construction has been compared all included materials and comparison has been made by both approaches. The second part is based on comparison both methods. At final part of results are compared whole construction systems. The best material with lowest environment burden is concrete and clay block. Biggest environment burden takes polystyren. The best results of constructions recived construction made of brick block and Two by Four difuse-open construction. The worst construction is rebar-concrete one and most difficult was to understand results of construction made of CLT panel.

10 Seznam taulek obrázků a grafů

Tabulka 1: Přehled mat. indexů (E-modul pružnosti [Pa], ρ -hustota [kg/m^3], H-vázaná energie [J], C-cena [Kč])	13
Tabulka 2: Výpis materiálů a jejich vlastností v sloupkové difuzně otevřené konstrukci.	39
Tabulka 3: Výpis materiálů a jejich vlastností u sloupkové difuzně uzavřené konstrukce	39
Tabulka 4: Výpis materiálů a jejich vlastností u konstrukce s CLT panelem	40
Tabulka 5: Výpis materiálů a jejich vlastností u železobetonové konstrukce	40
Tabulka 6: Výpis materiálů a jejich vlastností u porobetonové konstrukce	40
Tabulka 7: Výpis materiálů a jejich vlastností u zděné konstrukce.....	41
<i>Tabulka 8: Dopad sloupkové difuzně otevřené konstrukce na životní prostředí v pěti kategoriích rozdělený na fáze životního cyklu.</i>	<i>45</i>
Tabulka 9: Výsledky sloupkové difuzně otevřené konstrukce v programu Ekolizér 2.048	
Tabulka 10: dopad sloupkové difuzně otevřené konstrukce na životní prostředí v pěti kategoriích rozdělený na fáze životního cyklu	51
Tabulka 11: Výsledky sloupkové difuzně uzavřené konstrukce v programu Ekolizér 2.0	55
Tabulka 12: dopad konstrukce s CLT panelem na životní prostředí v pěti kategoriích rozdělený na fáze životního cyklu	57
Tabulka 13: Výsledky Masivní dřevěné konstrukce – CLT panelu v programu Ekolizér 2.0	60
Tabulka 14: Dopad železobetonové konstrukce na životní prostředí v pěti kategoriích rozdělený na fáze životního cyklu	62
Tabulka 15: Výsledky železobetonové konstrukce zateplené polystyrénem v Ekolizéru 2.	66
Tabulka 16: dopad porobetonové konstrukce na životní prostředí v pěti kategoriích rozdělený na fáze životního cyklu	68
Tabulka 17: Výsledky porobetonové konstrukce v Ekolizéru 2.0.....	71
Tabulka 18: dopad zděné konstrukce na životní prostředí v pěti kategoriích rozdělený na fáze životního cyklu.....	73
Tabulka 19: Výsledky lehčené zděné konstrukce zateplené polystyrénem sestavené v Ekolizéru 2.	76

Tabulka 20: Porovnání relativních hodnot získaných průměrem a součtem obou přístupů.	83
Obrázek 1: Světová evoluce a vnímání LCA (ISO TC207 WORKSHOP Oslo (Norway), 2011)	14
Obrázek 2: Životní cyklus (DSM,2013)	16
Obrázek 3: Analýza životního cyklu od Kolébky po hrob – Materials and Environment (Ashby, 2009).	19
Obrázek 4: Příklad postupu stanovení eko-indikátoru (Eco-indikátor, 99)	22
Obrázek 5: Koncentrace CO ₂ od minulosti do současnosti (Ashby, 2009)	28
Obrázek 6: Porovnání množství použitého materiálu vlevo a množství spotřebované energie vpravo (Ashby 2009)	29
Obrázek 7: Globální studie množství vody, pouze nepatrný úsek tvoří voda pitná. (Ashby, 2009)	30
Obrázek 8: Celosvětová spotřeba energie a) rozdělení podle zdroje, b) potom z hlediska využití. Až 86% využívané energie pochází z neobnovitelných zdrojů na bázi uhlíku (Ashby, 2009).	33
Obrázek 9: Výsledky národního průměru pro sádrokarton se skleným vláknem uveřené ([online]. Dostupné z: http://www.astm.org).	34
Obrázek 10: Výsledky Sádrokartonové desky se skelnými vlákny vypočítané programem Athena ([online]. Dostupné z: http://www.astm.org).	34
Obrázek 11: Výsledky provnání staveb s betonovým, železným a dřevěným rámem. Betonové a ocelové konstrukce jsou procentuelně srovnány s dřevěnou, přičemž je toto srovnání zaoženo na relativních hodnotách. Ve všech hodnocených ukazalech je dopad životního prostředí u dřeva považován za konstatní 0,75 (re Think Wood, 2013).....	35
Graf 1: Potenciál globálního oteplování jednotlivých materiálů u soupkové difuzně otevřené konstrukce.	46
Graf 2: Míra acidifikace jednotlivých materiálů u soupkové difuzně otevřené konstrukce	46
Graf 3: Potenciální poškození ozonové vrstvy způsobené jednotlivými materiály u soupkové difuzně otevřené konstrukce	47

Graf 4: Množství vázané energie jednotlivých materiálů u soupkové difuzně otevřené konstrukce	47
Graf 5: Množství vody spotřebované jednotlivými materiály u soupkové difuzně otevřené konstrukce	48
Graf 6: Grafické porovnání vlivu jednotlivých materiálů na životní prostředí u slopkové difuzně otevřené konstrukce.	49
Graf 7: Grafické porovnání výsledů Globálního oteplování v program Athena a Ekolizér 2.0	50
Graf 8: Potenciál globálního oteplování jednotlivých materiálů u soupkové difuzně uzavřené konstrukce	52
Graf 9: Míra acidifikace jednotlivých materiálů u soupkové difuzně uzavřené konstrukce	53
Graf 10: Potenciální poškození ozonové vrstvy způsobené jednotlivými materiály u soupkové difuzně uzavřené konstrukce	53
Graf 11: Množství vázané energie jednotlivých materiálů u soupkové difuzně uzavřené konstrukce	53
Graf 12: Množství vody spotřebované jednotlivými materiály u soupkové difuzně uzavřené konstrukce	54
Graf 13: Grafické porovnání jednotlivých materiálů a jejich vlivu na životní prostředí u sloupkové difuzně uzavřené konstrukce	55
Graf 14: Grafické porovnání výsledku Acidifikace v program Athéna a Ekolizér 2.0 ..	56
Graf 15: Potenciál globálního oteplování jednotlivých materiálů u konstrukce s CLT panelem	58
Graf 16: Míra acidifikace jednotlivých materiálů u konstrukce s CLT panelem	58
Graf 17: Potenciální poškození ozonové vrstvy způsobené jednotlivými materiály u konstrukce s CLT panelem	59
Graf 18: Množství vázané energie jednotlivých materiálů u konstrukce s CLT panelem	59
Graf 19: Množství vody spotřebované jednotlivými materiály u konstrukce s CLT panelem	60
Graf 20: Grafické porovnání Ekoindikátorů u masivní dřevěné stavby	61
Graf 21: Grafické porovnání výsledků konstrukce s CLT panelem v program Athéna a Ekolizéru 2.0	61

Graf 22: Potenciál globálního oteplování jednotlivých materiálů u železobetonové konstrukce.....	63
Graf 23: Míra acidifikace jednotlivých materiálů u železobetonové konstrukce	64
Graf 24: Potenciální poškození ozonové vrstvy způsobené jednotlivými materiály u železobetonové konstrukce	64
Graf 25: Množství vázané energie jednotlivých materiálů u železobetonové konstrukce	65
Graf 26: Množství vody spotřebované jednotlivými materiály u železobetonové konstrukce.....	65
Graf 27: Grafické porovnání vlivu materiálů u železobetonové konstrukce na životní prostředí z Ekolizéru 2.0.....	66
Graf 28: Grafické porovnání výsledů železobetonové konstrukce v program Athéna a Ekolizér 2.0.....	67
Graf 29: Potenciál globálního oteplování jednotlivých materiálů u konstrukce s porobetonem	69
Graf 30: Míra acidifikace jednotlivých materiálů u konstrukce s porobetonem	69
Graf 31: Potenciální poškození ozonové vrstvy způsobené jednotlivými materiály u konstrukce s porobetonem	70
Graf 32: Množství vázané energie jednotlivých materiálů u konstrukce s porobetonem	70
Graf 33: Množství vody spotřebované jednotlivými materiály u konstrukce s porobetonem	71
Graf 34: Grafické porovnání porobetonové konstrukce provedené pomocí Ekolizéru 2.0	72
Graf 35: Grafické porovnání výsledů porobetonové konstrukce v program Athéna a Ekolizér 2.0.....	72
Graf 36: Potenciál globálního oteplování jednotlivých materiálů konstrukce s cihelným	74
Graf 37: Míra acidifikace jednotlivých materiálů u konstrukce s cihelným blokem.....	74
Graf 38: Potenciální poškození ozonové vrstvy způsobené jednotlivými materiály u konstrukce s cihelným blokem	75
Graf 39: Množství vázané energie jednotlivých materiálů u konstrukce s cihelným blokem	75

Graf 40: Množství vody spotřebované jednotlivými materiály u konstrukce s cihelným blokem	76
Graf 41: Grafické výstupy lehčené zděné konstrukce z ekolizéru 2.0.....	77
Graf 42: Grafické porovnání výsledů zděné konstrukce v program Athéna a Ekolizér 2.0	77
Graf 43: Porovnání množství acidifikace u všech konstrukčních systémů, rozdělené do fází životního cyklu v programu Athena.	79
Graf 44: Porovnání množství oxidu uhličitého vyprodukovaného u všech konstrukčních systémů, rozdělené do fází životního cyklu v programu Athena.....	80
Graf 45: Porovnání vlivu na ozonovou vrstvu u všech konstrukčních systémů, rozdělené do fází životního cyklu v programu Athena	80
Graf 46: Množství vázané energie u všech konstrukčních systémů, rozdělené do fází životního cyklu v programu Athena	81
Graf 47: Porovnání množství spotřebované vody u všech konstrukčních systémů, rozdělené do fází životního cyklu v programu Athena.....	81
Graf 48: Grafické porovnání všech konstrukcí z hodnot Ekolizéru 2.0	82
Graf 49 Grafické porovnání hodnot obou přístupů.....	83

11 Přílohy

A-I Sloupková difuzně otevřená konstrukce

A-II Sloupková difuzně uzavřená konstrukce

A-III Masivná dřevěná konstrukce - CLT panel

A-IV Železobetonová konstrukce

A-V Zděná konstrukce – porobetonová

A-VI Zděná konstrukce – cihelný blok

A-VII Výstupy z programu Athena na CD