



# ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

---

Fakulta stavební  
Katedra konstrukcí pozemních staveb

## Zapojení environmentálních dat do cenové databáze pro stavební rozpočty: Metodika a případové studie

Integration of environmental data to the cost database for  
construction budgets: Methodology and case studies

### DISERTAČNÍ PRÁCE

Ing. Marie Nehasilová

Doktorský studijní program:

Stavební inženýrství

Studijní obor:

Pozemní stavby

Školitel:

Ing. Antonín Lupíšek, Ph.D.

**Praha 2021**



## PROHLÁŠENÍ

Jméno doktoranda: Marie Nehasilová

Název disertační práce: Zapojení environmentálních dat do cenové databáze pro stavební rozpočty: Metodika a případové studie

Prohlašuji, že jsem uvedenou disertační práci vypracoval/a samostatně pod vedením školitele Ing. Antoním Lupíšek, Ph.D..

Použitou literaturu a další materiály uvádím v seznamu použité literatury.

Disertační práce vznikla v souvislosti s řešením projektu:

SGS19/094/OHK1/2T/11 Metodika pro propojení environmentálních a rozpočtářských databází

SGS13/107/OHK1/2T/11 Posuzování životního cyklu budov - vývoj výpočetního nástroje a analýza vlivu metody výpočtu na přesnost výsledků

TAČR Zéta TJ02000086 Knihovna svázaných environmentálních dopadů stavebních skladeb a systémů a její aplikace pro použití v BIM nástrojích Archicad a REVIT.

V Praze dne 19.8.2021

\_\_\_\_\_ podpis





## **PODĚKOVÁNÍ**

Na tomto místě bych chtěla poděkovat mému školiteli Ing. Antonínu Lupíškovi, Ph.D. za odborné vedení této práce a za jeho nezměrnou trpělivost, laskavost, ochotu a čas, který mi věnoval během mého studia. Děkuji také kolegům Ing. Julii Železné, Ph.D., Ing. Jakubu Veselkovi, Ing. Pavle Kunové a Ing. Barboře Vlasaté za jejich úsilí, s jakým pracovali na projektech, bez nichž by tato práce nemohla vzniknout.

Děkuji také firmě DEK a.s., jmenovitě hlavně Ing. Petře Lupíškové Coufalové za ochotné poskytnutí všech podkladů potřebných pro tuto práci.

Dále děkuji firmě ÚRS CZ a.s., za pomoc při zpracovávání dat rozpočtářské databáze.

A velký dík náleží také mé rodině: rodičům za pomoc a pochopení, a hlavně mému skvělému muži Ondřeji Nehasilovi za bezmeznou podporu a laskavost ve vypjatých chvílích, kterých bylo během studia a dokončování této práce nemálo.



## **ANOTACE**

Práce se zabývá hodnocením budov metodou LCA (life cycle assessment). Cílem práce je poskytnout pro toto hodnocení data, která ho udělají dostupnějším a jednodušším.

Cíle bude dosaženo propojením rozpočtářské databáze s environmentálními daty. Rozpočty staveb fungují na principu seznamu materiálů, na které je navázán proces jejich zabudování, a každý z materiálů a procesů je zvlášť oceněn. Environmentální dopady ve fázi cradle-to-gate fungují velmi podobně, na stejném principu jako cena mohou být spočítány i zabudované dopady stavby (například uhlíková stopa).

Práce má čtyři části:

1. Obecná kompatibilita dat ve vybrané environmentální databázi (Ecoinvent) s daty v rozpočtářské databázi. Zde se řeší zejména soulad použitých metod práce s daty s platnými normami, zvyklostmi a doporučeními v rámci Evropy.

2. Specifické postupy, jak vytvářet environmentální data k jednotlivým skupinám položek v rozpočtářské databázi. Hlavní částí této fáze je nástroj, který automatizuje tyto postupy a klasifikační systém, který třídí rozpočtářské položky podle způsobu, jakým jsou k nim zpracovávána environmentální data.

3. Vytvoření EnviBIMu, environmentálního modulu pro doplněk do BIM nástrojů, který je postaven na metodách vyvinutých v předchozích bodech.

4. Případové studie, které ověřují, že environmentální data vyvinutá výše popsanými metodami nebo spočítaná pomocí EnviBIMu lze využít ke stanovení uhlíkové stopy budovy nebo jejích částí v hranicích cradle-to-gate a že výsledná uhlíková stopa je relevantní.

Klíčová slova: LCA, hodnocení životního cyklu budov, budovy, environmentální dopady budov, zabudované dopady, uhlíková stopa, BIM a LCA

## **ABSTRACT**

The work deals with the evaluation of buildings using the LCA (life cycle assessment) method. The aim of the work is to provide data for this assessment to make it more accessible and easier.

The objective will be achieved by linking a budgeting database with environmental data. Building budgets work on the principle of a bill of materials, to which the process of their installation is linked. Each of the materials and processes is separately priced. The environmental impacts in the cradle-to-gate phase work very similarly, and the embodied impacts of the building (e.g. carbon footprint) can be calculated on the same principle as the price.

The thesis has four parts:

1. General compatibility of the data in the selected environmental database (Ecoinvent) with the data in the budgeting database. Here, the compatibility of the methods used to work with the data with current standards, practices and recommendations within Europe is mainly addressed.

2. Specific procedures on how to produce environmental data for each group of items in the budget database. The main part of this phase is a tool that automates these procedures and a classification system that classifies the budget items according to the way in which the environmental data are processed for them.

3. Development of EnviBIM, an environmental module for the plug-in into the BIM tools that builds on the methods developed in the previous sections.

4. Case studies that verify that the environmental data developed by the methods described above or calculated using EnviBIM can be used to determine the carbon footprint of a building or parts of a building within the cradle-to-gate boundary and that the resulting carbon footprint is relevant.

Keywords: LCA, life cycle assessment, buildings, environmental impacts of buildings, embodied impacts, carbon footprint, BIM and LCA

## SEZNAM ZKRATEK

### SEZNAM ZKRATEK

Zkratka	Definice v původním jazyce	Definice v českém jazyce
ACCB	The Andalusia Construction Cost Database	Andaluská stavební cenová databáze
ADP	Abiotic depletion potential	Potenciál úbytku surovin
Al	Aluminum	Hliník
AP	Acidification potential	Potenciál okyselování půdy a vody
APOS	Allocation at the point of substitution	Alokace v místě substituce
BIM	Building information model	Informační model budovy
eCAT	Zkratka pro kategorii položek v klasifikačním systému Envidataclassifier	
EF	Ecological Footprint	Ekologická stopa
EP	Eutrophication potential	Potenciál eutrofizace
EPD	Environmental product declaration	Environmentální prohlášení o produktu
EPS	Expanded polystyrene	Expandovaný polystyren
eSCAT1	Zkratka pro první podkategorii položek v klasifikačním systému Envidataclassifier	
eSCAT2	Zkratka pro druhou podkategorii položek v klasifikačním systému Envidataclassifier	
FSC	Forest Stewardship Council	Rada pro lesní hospodaření
HPPE	High performance polyethylene	Vysokopevnostní polyetylen
LCA	Life cycle assessment	Hodnocení životního cyklu
LCC	Life cycle costing	Analýza nákladů životního cyklu
LCI	Life cycle inventory	Inventarizační analýza životního cyklu
LCIA	Life cycle impact assessment	Hodnocení životního cyklu
MW	Mineral wool	Minerální vlna

## SEZNAM ZKRATEK

---

ODP	Ozon depletion potential	Potenciál úbytku stratosférické ozónové vrstvy
PCR	Product category rules	Pravidla produktové kategorie
PE	Polyethylene	Polyetylen
PEFC	Programme for the Endorsement of Forest Certification	Program schvalování certifikace lesů
PES	Polyester	Polyester
POCP	Photochemical ozone creation potential	Potenciál tvorby přízemního ozónu
PP	Polypropylene	Polypropylen
PVAc	Polyvinylacetate	Polyvinylacetát
RUSO	Rozpočtové ukazatele stavebních objektů	-
RYRO	Rychlé rozpočtování	-
TOV	Technologicko-organizační varianta	-
TZB	Technické zařízení budov	-
WDP	Water depletion potential	Potenciál úbytku vody
XPS	Extruded polystyrene	Extrudovaný polystyren
ŽC	Životní cyklus	-

**OBSAH**

PODĚKOVÁNÍ .....	3
ANOTACE .....	5
ABSTRACT.....	6
SEZNAM ZKRATEK .....	7
OBSAH.....	9
<b>1 ÚVOD.....</b>	<b>12</b>
1.1 METODA LCA PRO POSUZOVÁNÍ BUDOV A STAVEBNÍCH PRODUKTŮ .....	12
1.2 ROZPOČTÁŘSKÉ DATABÁZE .....	13
1.3 MOTIVACE.....	14
1.4 HLAVNÍ HYPOTÉZA .....	14
1.5 CÍLE PRÁCE .....	15
1.5.1 Metodika pro přiřazení environmentálních dat k rozpočtářským položkám .....	15
1.5.2 Aplikace na BIM .....	16
1.5.3 Případové studie.....	16
<b>2 LCA VE STAVEBNICTVÍ .....</b>	<b>17</b>
2.1 ÚVOD DO METODY LCA A JEJÍ APLIKACE NA STAVEBNICTVÍ.....	17
2.1.1 Definice cílů a rozsahu studie LCA.....	18
2.1.2 Inventarizační analýza (LCI) .....	21
2.1.3 Posuzování dopadů životního cyklu (LCIA) .....	21
2.2 NORMY.....	24
2.2.1 ČSN EN 15804 Udržitelnost staveb – Environmentální prohlášení o produktu – Základní pravidla pro produktovou kategorii stavebních výrobků .....	25
2.2.2 ČSN EN 15978 Udržitelnost staveb – Posuzování environmentálních vlastností budov – Výpočtová metoda .....	25
2.2.3 TNI CEN/držitelnost staveb - Environmentální prohlášení o produktu - Metodologie výběru a použití generických dat .....	26
2.3 DATABÁZE ENVIRONMENTÁLNÍCH DAT.....	26
2.4 NÁSTROJE UŽÍVANÉ PRO VÝPOČET ENVIRONMENTÁLNÍCH DOPADŮ KONSTRUKCÍ A BUDOV.....	29
2.4.1 Obecné nástroje .....	29
2.4.2 Nástroje pro LCA budov.....	30
2.4.3 Kombinace environmentálních dat s dalšími softwarovými nástroji pro stavebnictví 31	
2.4.4 Propojení LCA a rozpočtů .....	31
2.4.5 Propojení LCA a BIM .....	32
2.5 SHRNUÍ REŠERŠE .....	36
<b>3 METODY ŘEŠENÍ .....</b>	<b>38</b>
3.1 PROPOJENÍ ROZPOČTÁŘSKÉ A ENVIRONMENTÁLNÍ DATABÁZE JAKO CESTA K JEDNOTNÉ A RYCHLÉ LCA BUDOV.....	40
3.2 ROZBOR ROZPOČTÁŘSKÉ DATABÁZE .....	41
3.2.1 Katalog popisů a směrných cen .....	41
3.2.2 Náklady na přímý materiál .....	43
3.2.3 Provoz stavebních strojů .....	44
3.2.4 RYRO – katalog pro rychlé rozpočtování .....	44
3.3 VÝBĚR ENVIRONMENTÁLNÍCH DAT .....	44
3.3.1 Generická a specifická data .....	44

3.3.2	Informace o EPD v cenové soustavě.....	45
3.3.3	Generická environmentální data implementována do cenové soustavy .....	46
3.3.4	Výběr databáze environmentálních dat .....	47
3.4	ROZBOR ENVIRONMENTÁLNÍ DATABÁZE ECOINVENT .....	48
3.4.1	Základní informace .....	48
3.4.2	Zatřídění a struktura položek.....	49
3.4.3	Varianty položek v Ecoinventu .....	51
3.4.4	Rozlišení databáze .....	53
3.4.5	Doprava.....	54
3.4.6	Práce strojů.....	54
3.4.7	Rámcové licenční podmínky Ecoinventu 3 .....	55
3.5	OKRAJOVÉ PODMÍNKY – ZAHRNUTÉ FÁZE ŽIVOTNÍHO CYKLU .....	56
3.5.1	„Cradle-to-gate“ – fáze A1-A3 .....	56
3.5.2	„Cradle-to-site“ – fáze A1-A4 .....	56
3.5.3	„Cradle-to-Handover“- fáze A1-A5 .....	56
3.5.4	„Cradle-to-grave“ – fáze A1-C4.....	57
3.6	OKRAJOVÉ PODMÍNKY – ZAHRNUTÉ ČÁSTI BUDOVY .....	58
3.7	KRITÉRIA PRO NEZAHRNUTÍ NĚKTERÝCH POLOŽEK.....	58
3.8	VÝBĚR ENVIRONMENTÁLNÍCH INDIKÁTORŮ .....	59
3.8.1	Environmentální indikátory .....	59
3.8.2	Endpointový indikátor ReCiPe .....	60
3.8.3	Metody LCIA .....	60
3.9	MOŽNOSTI AGREGACE DAT .....	63
3.10	DETAILNÍ ANALÝZA MOŽNÉHO POSTUPU PRÁCE S JEDNOTLIVÝMI PROPOJOVANÝMI POLOŽKAMI .....	63
3.10.1	Výrobní fáze stavebních materiálů (cradle-to-gate).....	64
3.10.2	A1-A5: Výroba materiálů, doprava na staveniště a proces výstavby (cradle-to-handover) .....	67
3.10.3	A1 – A5, B2 – B5: Oprava, výměna a rekonstrukce .....	69
3.10.4	Příklad 1 – Zdivo nosné vnitřní POROTHERM tl. 300 mm pevnosti P 15 na MVC ...	70
3.10.5	Příklad 2 - Výztuž do železobetonu.....	77
3.11	PŘÍPADOVÁ STUDIE PRO FÁZE A1-A5 .....	81
3.11.1	Základní údaje o projektu .....	81
3.11.2	Metodika postupu .....	81
3.11.3	Výsledky případové studie.....	82
3.12	ZÁVĚRY ZE STUDIE PROVEDITELNOSTI A NAVÁZÁNÍ DALŠÍMI PROJEKTY .....	90
3.13	METODIKA PRO PROPOJOVÁNÍ DATABÁZÍ .....	91
3.13.1	Postup propojování dat a souběžný vývoj specifické metodiky pro EnviBIM .....	91
3.13.2	Postupy použité při práci s daty .....	92
3.14	ROZŠÍŘENÍ METODIKY NA CELOU ROZPOČTÁŘSKOU DATABÁZI PRO POZEMNÍ STAVBY.....	94
3.14.1	Vymezení rozsahu.....	94
3.14.2	Postup vypracování systému pro zatřídění.....	94
3.15	PŘÍPADOVÉ STUDIE PRO OVĚŘENÍ METODIKY A ENVI BIMU.....	96
3.15.1	Výběr případových studií.....	97
3.15.2	Modelování případových studií .....	98
3.15.3	Metoda výpočtu LCA ruční metodou.....	101
4	VÝSLEDKY .....	104
4.1	OBECNÁ METODIKA PRO PROPOJOVÁNÍ ROZPOČTÁŘSKÉ A ENVIRONMENTÁLNÍ DATABÁZE.....	104



## OBSAH

---

4.1.1	Úvod .....	104
4.1.2	Okrajové podmínky pro LCA data .....	104
4.1.3	Hranice systému .....	105
4.1.4	Životnost výrobků .....	106
4.1.5	Cut-off kritéria .....	107
4.1.6	Lokalizace dat .....	107
4.1.7	Volba typu modelu datasetů .....	108
4.1.8	Adaptace dat .....	108
4.1.9	Volba indikátorů .....	108
4.2	SPECIFICKÁ METODIKA PRO ENVIBIM .....	109
4.2.1	Společné listy pro všechna data .....	110
4.2.2	Popis specifických postupů pro jednotlivé skupiny položek .....	114
4.3	ROZŠÍŘENÍ SPECIFICKÉ METODIKY NA VĚTŠÍ ČÁST CENOVÉ SOUSTAVY .....	131
4.3.1	Schéma třídění .....	131
4.3.2	Postup zatřídění rozpočtářské položky .....	134
4.3.3	Příklady kategorie .....	136
4.4	ENVIRONMENTÁLNÍ PLUGIN DO BIM NÁSTROJŮ .....	138
4.4.1	Stručná charakteristika .....	138
4.4.2	Technické parametry .....	139
4.4.3	Umístění .....	139
4.4.4	Detailní charakteristika .....	140
4.4.5	EnviBIM ve webovém rozhraní Stavební knihovny DEK .....	141
4.5	VÝSLEDKY PŘÍPADOVÝCH STUDIÍ .....	146
4.5.1	Porovnání s automatickým výpočtem pomocí modulu EnviBIM .....	148
4.5.2	Posouzení relevance výsledků .....	154
5	SHRNUTÍ .....	156
5.1	NAPLNĚNÍ CÍLŮ PRÁCE .....	156
5.2	OVĚŘENÍ HLAVNÍ HYPOTÉZY .....	157
5.3	DISKUSE .....	158
5.3.1	Obecná metodika pro propojování rozpočtářských a environmentálních dat .....	158
5.3.2	Specifická metodika a Envidatagenerator .....	160
5.3.3	Rozšíření specifické metodiky (Envidataclassifier) .....	161
5.3.4	EnviBIM .....	161
5.3.5	Případové studie .....	161
6	DALŠÍ ROZVOJ .....	162
7	PŘÍNOSY PRO PRAXI .....	163
	POUŽITÉ ZDROJE A LITERATURA .....	165

### 1 Úvod

Od počátku lidstva platilo, že zvyšující se životní úroveň s sebou nese stále intenzivnější poškozování životního prostředí a čerpání přírodních zdrojů. Planeta se tak stává čím dál hůře obyvatelnou, nejen pro lidskou populaci, ale i pro všechny ostatní životy. Alarmující je například klimatická změna, jejíž důsledky již lidstvo citelně postihují. Ačkoli ve vědecké komunitě nepanuje jednoznačná shoda, zda je klimatická změna způsobena výhradně lidskou činností, jisté je, že její postup a závažnost jejích následků můžeme zmírnit. Je nesporné, že negativní vlivy lidské činnosti na životní prostředí je možné snížit, nicméně opatření, která k tomu povedou by neměla jít proti celkové prosperitě lidstva. Organizace spojených národů se usnesla na 17 cílech udržitelného rozvoje, jejichž naplňování by mělo vést k ekonomickému, sociálnímu i ekologickému rozvoji planety. V rozvojových zemích v Africe, Asii či Jižní Americe jsou velkým tématem cíle týkající se ekonomiky a sociálních aspektů (konec chudoby, konec hladu, důstojná práce a ekonomický růst...). Ve vyspělých zemích, kde jsou tyto cíle dosaženy, je možné a nutné přerušit trend stále většího zatěžování planety společně s růstem životní úrovně. Další vývoj se zaměřuje zejména na cíle související s ekologií. Technologický pokrok se soustředí na hledání takových cest ke zvýšení prosperity a životní úrovně, které povedou k nezvyšování, nebo ke snižování zátěže životního prostředí. Významným oborem lidských aktivit z pohledu dopadů na životní prostředí je stavebnictví, a hodnocením jeho dopadů se zabývá tato práce.

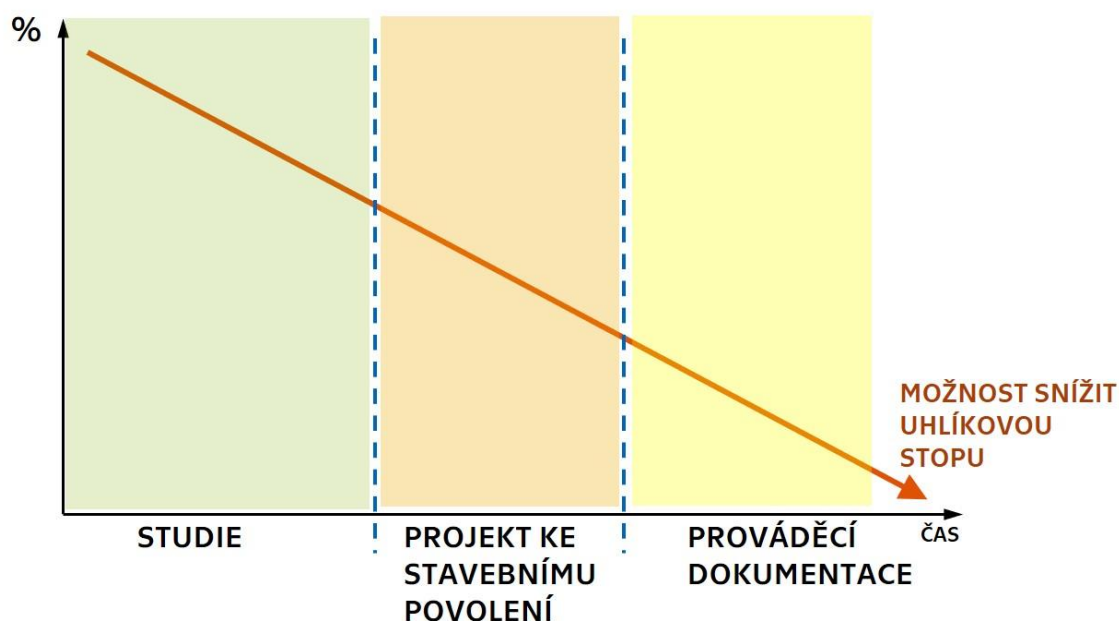
Na úvod jsou stručně definována dvě hlavní témata, kterými se práce zabývá. Tedy metoda hodnocení životního cyklu budov – LCA a rozpočtářské databáze. Dále je definována hlavní hypotéza, která bude v závěru práce potvrzena nebo vyvrácena, a cíle práce, které k ověření hlavní hypotézy vedou.

#### 1.1 METODA LCA PRO POSUZOVÁNÍ BUDOV A STAVEBNÍCH PRODUKTŮ

Velká část environmentálních dopadů ve stavebnictví je zapříčiněna provozem budovy [1]. Například byly provedeny studie, které ukázaly, že zabudovaná energie ve stavebních materiálech se na celkové spotřebě energie spojené s životním cyklem budovy podílí 9 až 46 % jedná-li se o nízkoenergetickou budovu a 2 až 38 % jedná-li se o běžnou budovu, zbytek jsou energie provozní (až na několik procent spojených s likvidací budovy) [2]. Adalberth vypracoval studii, jejíž výsledky ukazují, že 85% celkové spotřeby energie spojené s budovou náleží do provozní fáze, pouze 15 % je spojeno s fází výstavby budovy [3]. Všechny tyto studie ale zároveň říkají, že fáze výstavby budovy je co do množství environmentálních dopadů s ní spojených hned druhá nejvýznamnější a má tedy smysl snažit se i zde o snižování dopadů [4]. Zvláště u budov s velmi nízkou spotřebou provozních energií, kde další snižování dopadů provozní fáze může být obtížné či nemožné.

Za nejvhodnější metodu pro hodnocení environmentálních dopadů budov se považuje metoda LCA [5]. Aby byl potenciál snížení environmentálních dopadů co největší, je vhodné provádět jejich výpočet a hodnocení již ve fázi projektu. Čím

v rannější fázi projektu dopady spočítáme, tím je větší je potenciál jejich snížení [6]–[9]



Obr. 1 Potenciál snížení environmentálních dopadů budovy v průběhu jejího projektování

LCA je však velice náročná na množství a podrobnost dat o hodnocené budově. Ve fázi návrhu tato data často nejsou dostupná, a proto se k environmentální optimalizaci budovy používá jen málokdy. Většina environmentálních výpočtů na bázi LCA se zahrnutím zabudovaných dopadů se provádí, až když budova stojí, a to za účelem její certifikace [10].

Najít jednoduchý způsob, jak provádět hodnocení environmentálních dopadů budov již ve fázi návrhu by mohlo pomoci snížit environmentální dopady výstavby, protože by umožnilo včasnou environmentální optimalizaci budov.

## 1.2 ROZPOČTÁŘSKÉ DATABÁZE

V této kapitole bude pouze stručně popsán význam, využití a struktura rozpočtářské databáze, aby byly hlavní hypotéza a cíle práce srozumitelné. Detailní popis rozpočtářské databáze je v kapitole 3.2.

Rozpočty staveb se sestavují téměř pro každou budovu. Investoři jsou motivováni nechat si rozpočty sestavit kvalitně, aby mohli budovu optimalizovat z ekonomického hlediska. Zajímavostí českého rozpočtování budov je, že je jsou zde k dispozici velmi komplexní databáze, jejichž prostřednictvím lze sestavit rozpočet na několika úrovních podrobnosti, takže i v různých fázích projektu. Tato práce pracuje s cenovou soustavou URS, která je považována za nejrozsáhlejší a nejpoužívanější. Obsahuje jak položky obecných materiálů, tak materiály

konkrétních výrobců a je používána nejen k sestavování rozpočtů, ale také k tvorbě prostých výkazů výměr (tedy bez důrazu na cenu).

Pro tento projekt je stěžejní, že tato cenová soustava prezentuje komplexní a detailní seznam stavebních materiálů a prací, které se v Česku využívají včetně užitečných specifikací jejich vlastností.

### 1.3 MOTIVACE

Pokud mají být kromě environmentálních dopadů provozních určovány a hodnoceny také dopady zabudované (spojené s výrobou materiálů, případně jejich dopravou a zabudováním), je třeba mít k dispozici kvalitativní a kvantitativní určení materiálů a komponentů budovy. Přesně tyto informace jsou obsaženy ve stavebních rozpočtech, které v předběžné verzi často vznikají již ve fázi projektu společně s výkazem výměr. Bývají sestavovány z položek cenových databází obsahujících různé materiály nebo celé stavební práce a jejich ceny. Pokud by položky těchto databází byly obohaceny ještě o informaci o environmentálních dopadech s nimi spojených (zabudované dopady materiálů, případně dopady způsobené dopravou a prací strojů, pokud položky toto také obsahují), stavební rozpočty by kromě informace o ceně budovy a jejích částí mohly obsahovat ještě informaci o jejich environmentálních dopadech.

Nejčastěji se pro sestavování stavebních rozpočtů používá cenová soustava ÚRS, jejímž majitelem je společnost ÚRS Praha a.s. Tato studie se tedy zabývá výhradně databázemi z cenové soustavy ÚRS.

Podobná automatizace se samozřejmě nabízí také pro projekty zpracovávané v BIM (building information model), kdy by environmentální dopady byly jednou z vlastností objektů používaných pro sestavení modelu. Jedná se o velmi progresivní téma, jak v zahraničí, tak v ČR. Fakt, že automatizované provázání environmentálních výpočtů s BIM nástroji není zatím funkční tkví však spíše v nepřipravenosti procesů na straně BIM modelů, nežli v absenci environmentálních dat. Díky velkému zájmu o toto provázání však v rámci této práce vzniknul environmentální plugin do BIM nástrojů pro jednu konkrétní knihovnu objektů (stavební knihovna DEK) využívanou v BIM nástrojích.

### 1.4 HLAVNÍ HYPOTÉZA

Hlavní hypotéza se týká možnosti propojit položky rozpočtářské databáze s environmentálními daty. Jako zdroj environmentálních dat byla vybrána databáze Ecoinvent, postup výběru a rozbor databáze je dále v práci podrobně popsán. Hypotéza má tři body:

1. Na základě generické databáze Ecoinvent lze najít environmentální data pro každou položku rozpočtářské databáze v rozsahu cradle-to-gate. Rozpočty sestavené pomocí takové databáze pak budou kromě informace o ceně poskytovat také relevantní informace o environmentálních dopadech.

Postupy při hledání a tvorbě vhodných dat je možné pro jednotlivé skupiny položek obecněji popsat a pro většinu skupin položek postup též automatizovat, aby byly zajištěny jednotné postupy a bezproblémová aktualizace environmentálních dat při aktualizaci rozpočtářské databáze.

2. Veškerou potřebnou práci s environmentálními daty – modelování, kombinace více položek, úprava položek – lze provádět v souladu s českými i evropskými normami, legislativou, zvyklostmi a doporučeními.
3. Dopady budovy, které se při rozšíření rozpočtářské databáze mohou generovat automaticky s rozpočtem, nabývají relevantních hodnot.

### 1.5 CÍLE PRÁCE

V této kapitole jsou popsány jednotlivé cíle, kterých je třeba dosáhnout pro potvrzení nebo vyvrácení hlavní hypotézy.

#### 1.5.1 METODIKA PRO PŘÍRAZENÍ ENVIRONMENTÁLNÍCH DAT K ROZPOČTÁŘSKÝM POLOŽKÁM

Práce se zabývá propojením environmentální a rozpočtářské databáze, neklade si však za cíl vytvořit nebo najít environmentální data pro celou rozpočtářskou databázi (konkrétněji katalog popisů a směrných cen stavebních prací). Práce však poskytne metodiku, která umožní konzistentně přiřazovat environmentální dopady k položkám sborníku pořizovacích cen materiálů. Metodika má dvě části: obecnou a specifickou.

##### 1.5.1.1 OBECNÁ ČÁST

Obecná část metodiky bude postihovat tyto aspekty:

- Ukotvení použitého postupu v rámci metody LCA a existujících českých i zahraničních normativních dokumentů.
- Stanovení zdroje environmentálních dat.
- Stanovení druhu environmentálních dat (LCI data nebo LCIA data? Zvolená metodika pro LCIA fázi?).
- Přesné určení hranic systému, tedy zahrnuté fáze životního cyklu, zahrnuté části budovy a dále postup, jak rozhodovat o zahrnutí či nezahrnutí položek (cut-off kritéria).

##### 1.5.1.2 SPECIFICKÁ ČÁST

Bude vypracován podrobný postup pro přiřazování environmentálních dat z environmentální databáze k položkám sborníku pořizovacích cen materiálů. Postup se bude zabývat zvláště každou skupinou materiálů, u níž se bude postup lišit. Klíčovými momenty, které mohou nastat a které musí návod postihovat, jsou:

- Výběr odpovídající položky v environmentální databázi.
- Způsob převodu jednotek.
- Způsob kombinování a úprav položek v environmentální databázi.

- Upřesnění cut-off kritérií pro specifické skupiny.

Tyto klíčové momenty musí metodika postihovat pro každou odlišnou skupinu položek zvlášť. To zaručí, že při realizaci přiřazování environmentálních dat ke všem položkám sborníku pořizovacích cen materiálů a při jejich budoucích aktualizacích se bude postupovat konzistentně.

### **1.5.2 APLIKACE NA BIM**

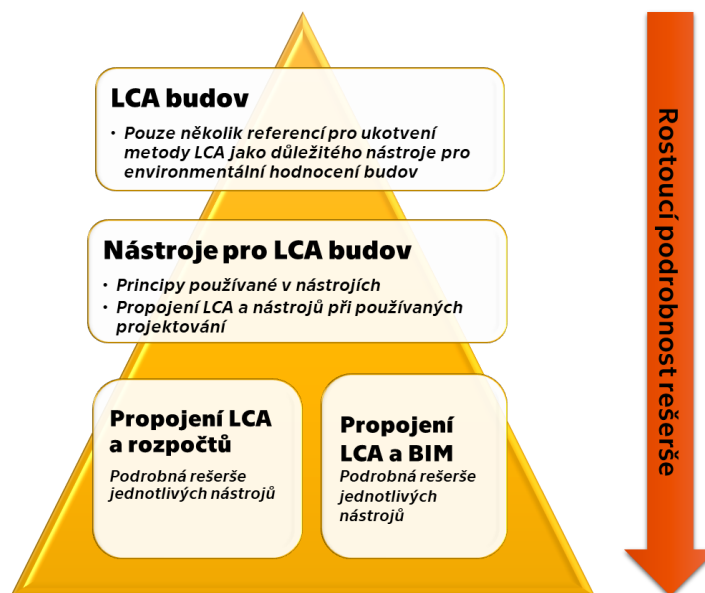
Díky velkému zájmu odborníků z praxe o téma environmentálních dat pro BIM prostředí byla za podpory Technologické agentury České republiky navázána spolupráce s firmou DEKSOFT, která měla zájem o environmentální modul pro svojí stavební knihovnu využívanou v BIM nástrojích. Výsledný modul se jmenuje EnviBIM a umožňuje zobrazovat cradle-to-gate dopady prvků v prostředí BIM nebo ve webovém rozhraní. Metoda zvolená pro vytvoření environmentálních dat je navázáním environmentálních dopadů na rozpočtářské položky, které jsou součástí stavební knihovny. Projekt EnviBIM se tedy stal nástrojem pro dosažení ostatních cílů této práce.

### **1.5.3 PŘÍPADOVÉ STUDIE**

Budou zpracovány případové studie, které ověří, že environmentální dopady stanovené podle vypracované metodiky nabývají relevantních hodnot. Budou analyzovány tři různé modely budov zpracované v BIM nástrojích. Budu porovnány výsledky dopadů spočítané pomocí EnviBMu, který je na metodice postaven, s výsledky spočítanými klasickou metodou, bez využití rozpočtářských položek a metodiky.

## 2 LCA VE STAVEBNICTVÍ

Tato část mapuje současný stav poznání v oblasti LCA stavebních výrobků a budov, a to se zřetelem na cíle této práce a hlavní hypotézu. Na Obr. 2 je schematicky vyjádřena podrobnost rešerše. Práce se zabývá nejprve LCA budov, popisuje spíše obecné zdroje, normy a metody. Dále se pak zaměření zužuje na nástroje pro LCA budov. Nejpodrobněji se rešerše zabývá přímo nástroji propojujícími LCA s rozpočty a LCA s BIM.



Obr. 2 Schéma podrobnosti rešerše

### 2.1 ÚVOD DO METODY LCA A JEJÍ APLIKACE NA STAVEBNICTVÍ

Posuzování životního cyklu (LCA) je nástroj pro systematickou analýzu vlivu výrobků nebo procesů na životní prostředí během celého jejich životního cyklu, včetně těžby surovin, výroby, používání a likvidace a recyklace na konci životnosti. Proto se o LCA často mluví jako o hodnocení dopadů „od kolébky do hrobu“.

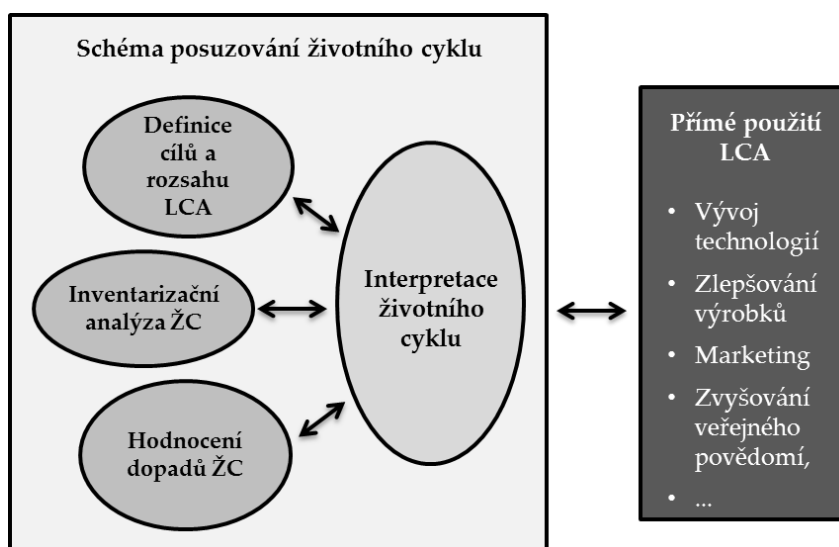
Metoda LCA byla navržena pro vývoj environmentálně příznivých produktů [2]. Umožňuje hodnotit jakékoliv produkty lidské činnosti (výrobky i služby) a přestože takových metod existuje více, LCA je jediná z nich mezinárodně standardizovaná [11] a ve vědeckém světě nejrozšířenější [12]. Díky své komplexnosti a flexibilitě může být LCA využívána i na tak složitý produkt, jako je celá budova, nicméně protože se jedná o velmi složitý produkt, má LCA budov mnoho specifik a značně se liší od LCA běžných výrobků.

Proces LCA se vždy skládá ze čtyř hlavních fází:

- definice cílů a rozsahu studie LCA;
- inventarizační analýza životního cyklu (LCI);
- hodnocení dopadů životního cyklu (LCIA);

- interpretace životního cyklu; (9)

jejichž schéma zobrazuje Obr. 3



Obr. 3 Schéma procesu posuzování životního cyklu (převzato z ČSN 14040 [13])

Tato práce se zabývá LCA stavebních výrobků z hlediska dostupnosti hotových dat a metod práce s daty, které umožní provádět LCA komplexnějších stavebních částí a celých budov. Umožnit dostupnou LCA pro celé budovy je hlavní motivací této práce, zabývá se proto též metodami pro LCA tak komplexního stavebního produktu, jako je celá budova. Hlavní části procesu LCA znázorněné na Obr. 3 z hlediska jejich specifik ve stavebnictví jsou popsány v kapitolách 2.1.1 - 2.1.3

LCA stavebních výrobků a budov je popsána v mnoha normativních dokumentech, kterým se věnuje kapitola 2.2. Protože normy ponechávají zpracovatelům LCA stavebních výrobků a budov stále velkou flexibilitu a vzniká tedy i mnoho nejasností, jsou k dispozici podrobnější návody, jak přesně LCA provádět. Pro obecnou LCA je to zejména ILCD handbook [14], pro stavební výrobky a celé budovy je pak nejpodrobnějším a nejdostupnějším návodem EeB Guide [15]. Pro celé budovy je vhodné, když je postup provádění LCA natolik sjednocen, aby byly výsledky porovnatelné. To znamená například jednocení použitých databází, přesné definování používaných zjednodušení apod. Proto vznikají různé metody na národních bázích nebo související s konkrétním účelem požadované LCA.

Rešerše se zabývá zejména nástroji pro zpracování LCA budov. Protože nástrojů existuje dlouhá řada, zaměřuje se rešerše zejména na ty, které jsou z hlediska cílů práce relevantní, tedy nástroje propojující LCA a BIM anebo LCA a ekonomické informace.

### 2.1.1 DEFINICE CÍLŮ A ROZSAHU STUDIE LCA

Definice cílů a rozsahu LCA musí vždy předcházet všem dalším fázím LCA [14]. Má několik částí.



### **DEFINICE CÍLE**

Definice cíle je klíčovým aspektem každé studie LCA. Zpracovatel by si měl uvědomit, že tento krok má dopad na všechny následující fáze: rozsah studie, inventarizační analýzu životního cyklu, hodnocení dopadů životního cyklu a interpretaci.

Pro LCA budov je vhodné následovat pokyny normy ČSN EN 15978 [16], kde jsou uvedeny tři typy cílů:

- Podklady pro rozhodovací procesy ve fázi projektu, např. porovnávání alternativ návrhu;
- Deklarování vlastností s ohledem na právní požadavky;
- Dokumentace environmentálních vlastností budovy, např. pro použití při certifikaci kvality budov.

Cíl je vhodné definovat co nejpodrobněji, protože výrazně ovlivňuje například množství a kvalitu potřebných dat, podrobnost apod.

### **SPECIFIKACE PŘEDMĚTU POSUZOVÁNÍ**

Předmětem posuzování je stavební výrobek, část budovy, budova nebo soubor budov. Předmět by měl být dobře popsán, jeho popis však může být zahrnut do stanovení funkčního ekvivalentu (jednotky).

### **FUNKČNÍ JEDNOTKA, FUNKČNÍ EKVIVALENT, DEKLAROVANÁ JEDNOTKA**

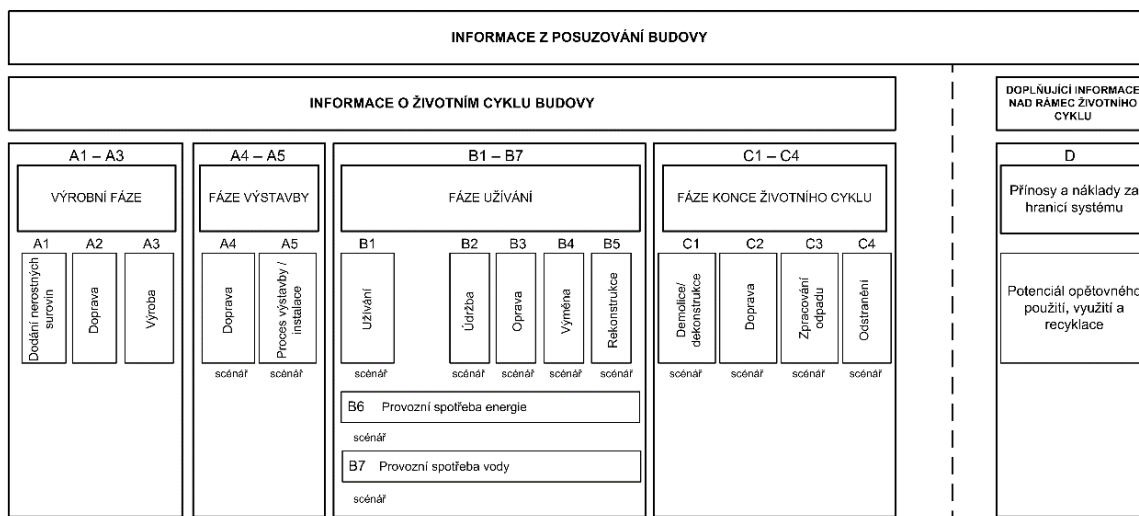
Funkční jednotka stavebního výrobku charakterizuje množství výrobku (materiálový tok) po dobu jeho životnosti, nutné pro splnění funkce systému. Stanovení funkční jednotky umožňuje porovnávání různých výrobků se shodnou funkcí. Například funkcí výrobku z tepelné izolace je tepelně izolovat, tj. splňovat určitý součinitel prostupu tepla  $U$  [ $W/m^2K$ ] v průběhu životního cyklu budovy. Funkční jednotkou tak může být  $1m^2$  tepelné izolace splňující uživatelem požadovaný součinitel prostupu tepla  $U$  (např.  $U = 0,25 W/m^2K$ ) po dobu životnosti budovy 50 let. [17]

Zatímco termín funkční jednotka je použit v obecných normách pro LCA a normách pro stavební produkty (ČSN EN 14040, 14044 a 15804), v normě ČSN EN 15978 se mluví o funkčním ekvivalentu. Význam pojmu je stejný jako funkční jednotka, nicméně funkcí, které musí budova splňovat je celá řada. Je třeba určit, které budou součástí funkčního ekvivalentu a toto určení musí zohledňovat účel hodnocení.

Deklarovaná jednotka se týká pouze LCA výrobků. Používá se místo funkční jednotky v případě, kdy není známá přesná funkce posuzovaného produktu (např. netušíme, zda se tepelná izolace použije do fasády nebo do podlahy, za jak dlouho se bude muset vyměnit apod.). Deklarovaná jednotka se vždy vztahuje k typickému použití produktů. Deklarovanou jednotkou je např.  $1m^2$ ,  $1m^3$ ,  $1kg$ . [17]

**HRANICE SYSTÉMU**

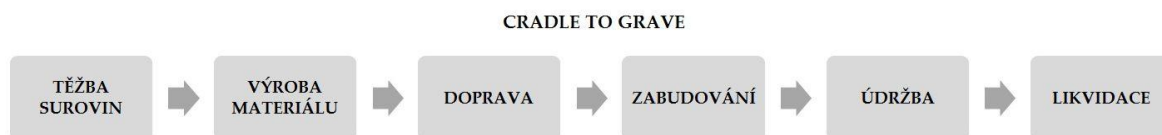
Určení hranic systému znamená, že se určí, které procesy budou do LCA zahrnuty a které nikoliv. Norma pro stavební produkty ČSN EN 15804 a norma pro budovy ČSN EN 15978 rozděluje životní cyklus do modulů A-D (Obr. 4), kde jednotlivé moduly A (A1-A5) znamenají výrobu výsledného produktu, jeho dopravu na místo užívání a jeho instalaci. Moduly B (B1-B7) pak znázorňují fáze související s užíváním produktu, jeho případnou údržbou, opravou apod. Moduly C (C1-C4) vyjadřují fázi konce životního cyklu od demontáže po konečné odstranění. Poslední modul D stojí podle těchto norem mimo hranice systému a vyjadřuje potenciál recyklace či opětovného využití produktu.



Obr. 4 Moduly životního cyklu budovy A-D [18]

V rámci stanovení hranic systému stanovujeme, které části životního cyklu (moduly) budou zahrnuty a které procesy budou zahrnuty v rámci těchto modulů.

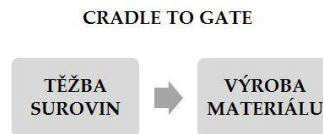
Metoda LCA je založena na tom, že zahrnuje veškeré procesy, které se v průběhu životního cyklu objeví. O takovém posuzování mluvíme jako o LCA s hranicemi systému "cradle-to-grave", neboli „od kolébky po hrob“, které zahrnují všechny fáze životního cyklu produktu (viz Obr. 5). Existují i hranice systému "cradle-to-cradle", tj. „od kolébky po kolébku“, které v zásadě znamenají posouzení uzavřeného životního cyklu produktů včetně jejich recyklace. [17]



Obr. 5: Hranice systému „Od kolébky do hrobu“ („cradle-to-grave“) [17]

Shromáždit všechna potřebná data v dostačující kvalitě pro LCA analýzu od kolébky do hrobu je však velmi obtížné. Přitom mnoho fází nepřispívá k celkovým dopadům budov až tak výrazně, takže velmi často se hranice systému omezují pouze

na začátek životního cyklu, tedy dopady spojené s výrobou materiálu (A1-A3). Takové hranice se nazývají "cradle-to-gate", což znamená od kolébky po bránu (myšleno bránu výrobního podniku).



Obr. 6: Hranice systému „Od kolébky po bránu“ („cradle-to-gate“)[17]

Obecně však lze pro LCA zvolit i jiné hranice. LCA celých budov se sestavuje pomocí jednotlivých procesů, nýbrž z jednotlivých produktů, ke kterým jsou zpracovány separátní LCA analýzy, jejichž výsledky jsou sdružovány v databázích. V rámci hranic systému se tedy stanovují kromě zahrnutých fází životního cyklu také zahrnuté materiály, typy produktů či stavební části.

### 2.1.2 INVENTARIZAČNÍ ANALÝZA (LCI)

Inventarizační analýza popisuje a kvantifikuje jak veškeré materiálové a energetické toky vstupující do životního cyklu produktu, tak ty, které z životního cyklu produktu vystupují a dostávají se do interakce s životním prostředím (tj. emise, odpady a další). Během této fáze LCA se modeluje tzv. produktový systém, který zahrnuje procesy a související toky vstupující a vystupující z ŽC a je definován pomocí hranic systému. V této fázi také probíhá alokace vstupních a výstupních toků a emisí, pokud je nutná. Modelování systému se většinou provádí ve specializovaných software nástrojích. Pro modelování je zásadní sběr vstupních dat zahrnutých procesů. [19]

Při zpracování LCA celé budovy se postup inventarizační analýzy liší. Neřeší se elementární toky na úrovni výroby materiálů či energií, ale až výsledné dopady spojené s výrobou příslušného materiálu, produktu, energie nebo procesu nakládání s odpadem, které se čerpají z databází. Inventarizace je tedy u budov sběrem potřebných dat o budově a jim odpovídajících environmentálních dat. U klasické dokumentace jsou to stavební výkresy, ale hlavně dostatečně podrobný výkaz výměr. U projektů modelovaných v BIMu je to BIM model a z něj exportovaný výkaz výměr, ten však musí být upraven tak, aby z něj byly patrné všechny informace, které jsou pro LCA potřeba.

### 2.1.3 POSUZOVÁNÍ DOPADŮ ŽIVOTNÍHO CYKLU (LCIA)

LCIA „převádí“ jednotlivé vstupní a výstupní toky na výsledné hodnoty indikátorů zvolených kategorií dopadu. Používají se k tomu charakterizační faktory, které vyčíslují, jaký je vliv jednotlivých toků na určitou kategorii dopadu, příkladem může být příspěvek emise methanu ke globálnímu oteplování. Charakterizační faktory jsou shromážděny v tzv. metodách LCIA, kterých je vícero a uvádějí různé charakterizační faktory. Jejich účelem je vyjádřit výsledky LCI srozumitelně. Seznam LCIA metod je v Tab. 1.[19]

## 2 LCA VE STAVEBNICTVÍ

Tab. 1: Existující metodiky posuzování dopadů životního cyklu – LCIA [17]

Zkratka	Název	Autor/Původ metodiky	Původ	Reference
CML 2001	CML 2001	Institute of Environmental Sciences, Leiden University	NL	<a href="http://cml.leiden.edu">http://cml.leiden.edu</a>
CED	Cumulative Energy Demand	Ecoinvent	CH	<a href="http://www.ecoinvent.ch/">http://www.ecoinvent.ch/</a>
CExD	Cumulative Exergy Demand	Ecoinvent	CH	<a href="http://www.ecoinvent.ch/">http://www.ecoinvent.ch/</a>
EDIP 2003	Environmental Design of Industrial Products	Institute for Product Development (IPU), Technical University of Denmark	DK	<a href="http://www.ipu.dk/english">http://www.ipu.dk/english</a>
Eco-indicator 99	Eco-indicator 99	Institute of Environmental Sciences, Leiden University	NL	<a href="http://cml.leiden.edu">http://cml.leiden.edu</a>
Ecological Footprint	Ecological Footprint	University of British Columbia in Vancouver, Canada	CA	<a href="http://www.footprintnetwork.org/en">http://www.footprintnetwork.org/en</a>
IPCC	Climate change	Intergovernmental Panel on Climate Change	INT	<a href="http://www.ipcc.ch">http://www.ipcc.ch</a>
Impact 2002+	Impact 2002+	Risk Science Center, University of Michigan	US	<a href="http://www.sph.umich.edu/riskcenter/joliet/impact2002+.htm">http://www.sph.umich.edu/riskcenter/joliet/impact2002+.htm</a>
ReCiPe	ReCiPe	RIVM, CML, PRé Consultants, Radboud Universiteit Nijmegen a CE Delft	NL	<a href="http://www.lcia-recipe.net/">http://www.lcia-recipe.net/</a>
TRACI	Tool for the Reduction and Assessment of Chemical and Other Environmental Impacts	U.S. Environmental Protection Agency	US	<a href="http://www.epa.gov/nrmrl/std/traci/traci.html">http://www.epa.gov/nrmrl/std/traci/traci.html</a>

## 2 LCA VE STAVEBNICTVÍ

---

UBP Method	Method of Ecological Scarcity	Federal Office for the Environment (FOEN)	CH	<a href="http://www.bafu.admin.ch/publikationen/publikation/00436/index.html?lang=de">http://www.bafu.admin.ch/publikationen/publikation/00436/index.html?lang=de</a>
------------	-------------------------------	---	----	---

---

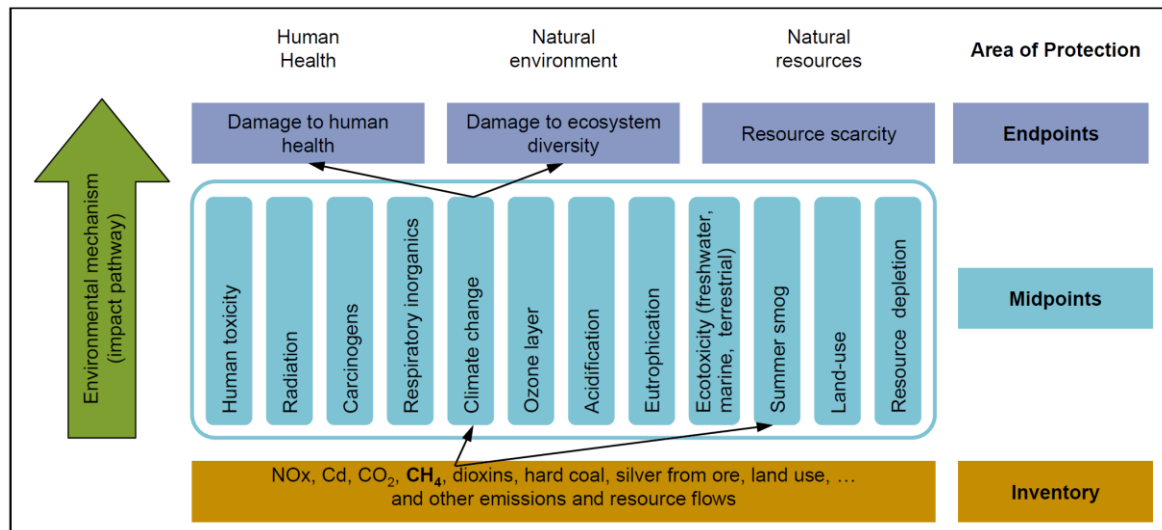
Metody LCIA využívají k vyhodnocování různé tzv. „midpointové“ a/nebo „endpointové“ kategorie dopadu, vyjadřované pomocí příslušných „indikátorů dopadu“.

- Midpointové kategorie dopadu jsou založeny na hodnocení měřitelných (fyzikálně-chemických) vlastností elementárních materiálových a energetických toků produktu.
- Endpointové kategorie dopadu jsou oproti tomu založeny na vyčíslování reálných škod způsobených elementárními toky v životním prostředí.

V praxi to znamená, že midpointové kategorie dopadu jsou reprezentovány relativně robustními naměřenými daty, která mohou být vcelku jednoduše vypočtena. Např. vypočtení množství emisí plynů z výroby jedné cihly a vyčíslení jejich vlivu na midpointové kategorie dopadu, jako je např. „Potenciál globálního oteplování“ nebo „Acidifikace“ pomocí pevně stanovených charakterizačních faktorů, doporučených pro tento případ normou ČN EN 15804+A1. Ve skutečnosti ale midpointové kategorie dopadu běžnému člověku nic neříkají o skutečném dopadu na životní prostředí. Oproti tomu endpointové kategorie dopadu jsou to, co nás ve skutečnosti zajímá, tj. reálné škody v životním prostředí. Jejich vyčíslení ovšem není vůbec jednoduché a znamená vnesení velkých nejistot do výsledků. Je např. velmi těžké stanovit, jak velký dopad na lidské zdraví má výroba jedné cihly. Z toho důvodu většina metodik LCIA využívá midpointové kategorie dopadu. [17]

Midpointové a endpointové kategorie dopadu a jejich vazby jsou znázorněny na následujícím obrázku (IMPACT 2002+).

Tab. 2: Vazba mezi midpointovými a endpointovými kategoriemi dopadu dle ILCD Handbook [14]



## 2.2 NORMY

Naléhavost posuzování environmentálních dopadů staveb vyústila ve vývoj nového souboru evropských rámcových norem ČSN EN 15643 Udržitelnost staveb – Posuzování udržitelnosti budov [20]. Tento soubor norem zahrnuje:

- ČSN EN 15643-1 Udržitelnost staveb – Posuzování udržitelnosti budov – Část 1: Obecný rámec [21];
- ČSN EN 15643-2 Udržitelnost staveb – Posuzování udržitelnosti budov – Část 2: Rámec pro posuzování environmentálních vlastností [22];
- ČSN EN 15643-3 Udržitelnost staveb – Posuzování udržitelnosti budov – Část 3: Rámec pro posuzování sociálních vlastností [23];
- ČSN EN 15643-4 Udržitelnost staveb – Posuzování udržitelnosti budov – Část 4: Rámec pro posuzování ekonomických vlastností [24].

Dále vznikly i další, specifitější evropské i mezinárodní normy zaměřené výhradně na environmentální kvalitu stavebních výrobků:

- ČSN EN 15804 Udržitelnost staveb – Environmentální prohlášení o produktu – Základní pravidla pro produktovou kategorii stavebních produktů [25];
- ČSN EN 15942 Udržitelnost staveb – Environmentální prohlášení o produktu – Formát komunikace mezi podniky [26];
- TNI CEN / TR 15941 Udržitelnost staveb – Environmentální prohlášení o produktu - Metodologie výběru a použití generických dat [27];
- ČSN ISO 21930 Udržitelnost ve výstavbě - Environmentální prohlášení o stavebních produktech [28];

a také na environmentální vlastnosti budov a dalších staveb:

- ČSN EN 15978 Udržitelná výstavba - Posuzování environmentálních vlastností budov - Výpočtové metody [16];
- ČSN ISO 15392 Udržitelnost ve výstavbě – Obecné principy [29];
- ČSN ISO 21929-1 Udržitelnost ve výstavbě - Indikátory udržitelnosti - Část 1: Rámec pro vývoj indikátorů a základní soubor indikátorů pro budovy [30];
- ČSN ISO 21931-1 Udržitelnost ve výstavbě - Rámec pro metody posuzování environmentálních vlastností staveb - Část 1: Budovy [31];

### **2.2.1 ČSN EN 15804 UDRŽITELNOST STAVEB – ENVIRONMENTÁLNÍ PROHLÁŠENÍ O PRODUKTU – ZÁKLADNÍ PRAVIDLA PRO PRODUKTOVOU KATEGORII STAVEBNÍCH VÝROBKŮ**

Norma ČSN EN 15804 [25] se v současnosti stala základním evropským dokumentem podporujícím zpracovávání environmentálních prohlášení o stavebních výrobcích (EPD) v zemích Evropské unie. Poskytuje návod pro vytváření EPD dle „základních pravidel produktových kategorií“, která tvoří jakýsi rámec pro vytváření specifických PCR na národní úrovni a pro různé skupiny stavebních výrobků (např. tepelné izolace, zdící prvky apod.). Dokument poskytuje jejich jednotnou strukturu a zajišťuje, že budou všechna EPD pro stavební výrobky získávána, ověřována a prezentována jednotným, harmonizovaným způsobem.

EPD zpracovaná podle této normy poskytují kromě environmentálních indikátorů také informace o emisích do vnitřního ovzduší, půdy a vody, související se zdravím, které se objeví v průběhu fáze užívání budovy. [25]

Důležitou částí této normy jsou výpočtová pravidla pro LCA, tj. stanovení funkční a deklarované jednotky, referenční životnosti, a především podrobná specifikace hranic studovaného výrobního systému a zejména hranic se všemi výrobními systémy předcházejícími nebo následujícími život budovy. Dále jsou uvedena pravidla pro výběr dat, vhodných pro posuzování a požadavky na jejich kvalitu. Stejně jako v ČSN EN 15978 jsou zde uvedeny scénáře pro jednotlivé fáze ŽC produktu.

### **2.2.2 ČSN EN 15978 UDRŽITELNOST STAVEB – POSUZOVÁNÍ ENVIRONMENTÁLNÍCH VLASTNOSTÍ BUDOV – VÝPOČTOVÁ METODA**

Tato norma se zaměřuje na LCA celých budov a je mnohem konkrétnější než výše zmíněný soubor norem ČSN EN 15643 [18]. Poskytuje výpočtovou metodu pro posuzování environmentálních vlastností nových a existujících budov, a to právě na základě LCA a dalších potřebných environmentálních informací. Popisuje také jednotný způsob pro sdělování výsledků získaných při posuzování.

Postup pro posuzování budovy zahrnuje všechny fáze životního cyklu (tj. všechny stavební výrobky, procesy a služby, které souvisí s budovou, a byly nebo budou použity v průběhu životního cyklu budovy) a je založen na datech získaných z tzv. environmentálních prohlášení o produktu – EPD, vypracovávaných v souladu s ČSN ISO 14025 [32] a ČSN EN 15804 [25]. Norma uvádí jednotnou strukturu pro

sestavování výpočtů požadovaných pro posouzení, tj. kroky, které je nutné dodržet pro zdárné provedení a dokončení porovnatelných výpočtů.

Dále lze v normě nalézt možná využití hotového posouzení, která určují požadovanou podrobnost použitých dat, jako jsou např.:

- podpora při procesu rozhodování (např. porovnání environmentálních vlastností různých variant návrhu; porovnání renovací, rekonstrukcí a/nebo nových konstrukcí; zjištění potenciálu pro vylepšení environmentálních vlastností projektu, aj.)
- prohlášení o vlastnostech budovy s ohledem na požadavky právních předpisů;
- dokumentace environmentálních vlastností budovy (např. pro certifikaci; prohlášení o environmentálních vlastnostech; marketing). [16]

Norma se také soustřeďuje na použití EPD stavebních výrobků při posuzování budovy, a uvádí požadavky na kvalitu a konzistenci využitých dat.

Významnou částí je postup výpočtu environmentálních indikátorů, kde norma uvádí konkrétní požadované indikátory popisující:

- environmentální dopady,
- spotřebu zdrojů a
- doplňující environmentální informace (kategorie odpadu, výstupní toky systému),

a základní výpočtovou metodu, která spočívá ve vynásobení každého výrobku a služby, vyčíslených pro určitý modul životního cyklu budovy (např. pro fázi dopravy) příslušnou hodnotou pro jakýkoliv z environmentálních indikátorů.

### **2.2.3 TNI CEN/TR 15941 UDRŽITELNOST STAVEB - ENVIRONMENTÁLNÍ PROHLÁŠENÍ O PRODUKTU - METODOLOGIE VÝBĚRU A POUŽITÍ GENERICKÝCH DAT**

Technická zpráva TNI CEN/TR 15941 [27] poskytuje návod pro výběr a použití různých typů tzv. generických dat, tj. náhradních dat, která se používají v případě, že specifická data konkrétního produktu nejsou dostupná. Generická data jsou k dispozici zpracovatelům a ověřovatelům zapojeným do přípravy EPD dle ČSN EN 15804 [25], která se následně používají při posuzování podle ČSN EN 15978 [16]. TNI uvádí typy a možné zdroje existujících dat, poskytuje návod pro posouzení jejich výběru a stanovuje požadavky na jejich kvalitu, závisující především na časovém, technologickém a geografickém rozsahu platnosti dat, a dále na jejich věrohodnosti, úplnosti, konzistenci a věrohodnosti zdroje.

## **2.3 DATABÁZE ENVIRONMENTÁLNÍCH DAT**

LCA data vytvořená k různým výrobkům a produktům se shromažďují v databázích, odkud je možné je čerpat k použití pro LCA složitějších produktů. V rámci projektu Annex72 [33] byl na základě dotazníkového řízení vytvořen soupis všech LCA databází poskytujících environmentální data pro stavebnictví [34]. Tento



## 2 LCA VE STAVEBNICTVÍ

byl dále analyzován ve Výzkumné zprávě o databázích environmentálních dat pro stavebnictví [35] z hlediska českého stavebnictví a perspektivy vytvořit novou národní databázi. Dotazníkové šetření a rešerše zjistila celkem 94 databází v 25 zemích světa. Z toho 21 databází obsahuje položky pro stavebnictví. Jejich soupis je uveden v Tab. 3.

Tab. 3 Světové LCA databáze zaměřené na stavební sektor [33], [35].

Název databáze	Typ dat	Správce databáze	Původ	Reference
BBDD Espanola	LCIA	ITEC instituto de Tecnologia de la construccion	ES	metabase.itec.cat/vide/es/b edec
B-EPD	EPD	FOD leefmilieu (federal agency) for B-EPD	BE	www.health.belgium.be/fr/le -programme-epd-belge-b-epd
BRANZ DB	LCIA, EPD	BRANZ	NZ	www.branz.co.nz
Canadian Raw Materials Database	LCIA	University of Waterloo	CA	uwaterloo.ca/canadian-raw-materials-database/
CENIA	EPD	CENIA	CZ	www.cenia.cz/spolecenska-odpovednost/epd/databaze-epd/
AusLCI	LCIA	Australian Life Cycle Assessment Society (ALCAS)	AU	www.auslci.com.au/
Ecoinvent	LCIA	Swiss Centre for Life Cycle Inventories	CH	www.ecoinvent.ch
Envimat	LCIA, EPD	Czech Technical University in Prague	CZ	www.envimat.cz
Environdec	EPD	Environdec	SE	www.environdec.com
ELCD	LCIA	European Union	EU	eplca.jrc.ec.europa.eu/ELCD3 /
GaBi	LCIA	PE International	INT	www.gabi-software.com
GEMIS	LCIA	Internationale Institut für Nachhaltigkeitsanalysen und -strategien (IINAS)	INT	http://www.iinas.org/gemis-database-de.html
IBO Baustoffdatenbank	LCIA	Österreichisches Institut für Baubiologie und Bauökologie (IBO)	AT	www.baubook.at
ICE	LCIA	University of Bath	UK	www.bath.ac.uk/mech-eng/sert/embodyed/
INIES	EPD	Association pour la Haute Qualité Environnementale des bâtiments (HQE)	FR	www.inies.fr

## 2 LCA VE STAVEBNICTVÍ

KBOB	LCIA	Platform LCA data in the construction sector	CH	<a href="https://www.eco-bau.ch/index.cfm?Nav=17&amp;ID=46">https://www.eco-bau.ch/index.cfm?Nav=17&amp;ID=46</a>
Nationale Milieu Database	LCIA, EPD	Milieu database	NL	<a href="http://www.milieudatabase.nl">www.milieudatabase.nl</a>
Nationale LCI DB	LCIA	Korea Environmental Industry and Technology Institute	KR	<a href="http://www.keiti.re.kr">www.keiti.re.kr</a>
Ökobaudat	EPD	Federal Institute for Research on Building, Urban Affairs and Spatial Development (BBSR)	DE	<a href="http://www.oekobaudat.de">www.oekobaudat.de</a>
Totem	LCIA	Federal Public Service of Health	BE	<a href="http://www.totem-building.be/">www.totem-building.be/</a>
U.S. LCI Database	LCIA	National Renewable Energy Laboratory (NREL)	US	<a href="http://www.nrel.gov">www.nrel.gov</a>

Data ve výše zmíněných databázích pochází z různých zdrojů a jsou vypočtena podle různých metodik LCIA. Mohou se navzájem významně lišit a výsledná posuzování s využitím různých databází tak nemusí být vůbec porovnatelná [36], [37]. Existují databáze obsahující data generická, specifická, nebo kombinující oba dva typy.

**Specifická data:** Vztahují se zpravidla ke konkrétní surovině, výrobku či skupině výrobků z jednoho místa výroby nebo z více míst výroby jednoho výrobce. Nejpoužívanějšími typy specifických dat jsou EPD. [25]

**Generická data:** Reprezentují určitý obecně známý materiál, tj. všechny výrobky z jednoho materiálu na trhu [27]

Struktura dat v databázích (či v dokumentech EPD obsažených v databázi) je založena na tom, že ke každému stavebnímu materiálu (či konkrétnímu produktu v případě EPD) je přiřazeno velké množství různých environmentálních parametrů dle použité metodiky vyhodnocení LCA – ať už se jedná o vyčíslenou spotřebu energetických či materiálových zdrojů či jednotlivé environmentální dopady. Tyto parametry jsou vždy vztaženy na určitou jednotku daného materiálu nebo výrobku – na tzv. deklarovanou jednotku (jednotka vhodná pro generická data a obecný stavební materiál, např. 1 kg, 1 m<sup>2</sup>, 1 m<sup>3</sup> apod.) nebo funkční jednotku (jednotka používaná pro konkrétní výrobek, vyjadřující jeho hlavní funkci a využití – např. 1 m<sup>2</sup> tepelné izolace o tepelném odporu 4 m<sup>2</sup>K/W). Pokud jsou hodnoty uvedeny pro funkční jednotku, obsahuje dokumentace vždy dostatečné informace pro jejich případný přepočet na deklarovanou jednotku (tj. např. obsahuje objemovou hmotnost materiálu).

### 2.4 NÁSTROJE UŽÍVANÉ PRO VÝPOČET ENVIRONMENTÁLNÍCH DOPADŮ KONSTRUKCÍ A BUDOV

V této kapitole je vytvořen přehled nástrojů k výpočtu environmentálních dopadů stavebních výrobků a budov. Speciální pozornost je věnována využití nástrojů shromažďujících různá data o budovách (rozpočtářské software, BIM) k výpočtu environmentálních dopadů.

Hollberg [12] přináší přehled nepoužívanějších nástrojů, které lze použít pro LCA ve stavebnictví. Přehled těchto nástrojů je v kapitolách 2.4.1 a 2.4.2. Nástrojům založeným na BIM modelech je věnována rozsáhlejší kapitola 2.4.5, protože jeden z výsledků této práce je právě nástroj umožňující snadnou LCA pracující s BIM modely.

#### 2.4.1 OBECNÉ NÁSTROJE

Následující tabulka obsahuje komplexní zahraniční nástroje používané pro LCA. Rozhraní programů je často velmi složité a obsáhlé, a tak jsou většinou využívány především pouze specialisty na LCA a spíše pro zpracování LCA na jednotlivé produkty (například EPD), než na LCA tak složitého produktu, jako je budova.

Tab. 4: Obecné nástroje pro LCA [12]

Název nástroje	Původ	Odkaz
SimaPro	NL	<a href="https://pre-sustainability.com/solutions/tools/simapro/">https://pre-sustainability.com/solutions/tools/simapro/</a>
GaBi	DE	<a href="https://gabi.sphera.com/software/">https://gabi.sphera.com/software/</a>
OpenLCA	DE	<a href="https://www.openlca.org/">https://www.openlca.org/</a>
Umberto	DE	<a href="https://www.ifu.com/umberto">https://www.ifu.com/umberto</a>

V české praxi se k provádění LCA analýzy používá nejčastěji software SimaPro a GaBi, především díky jejich velkým databázím LCA dat a nejvíce propracovanému uživatelskému prostředí.

#### ❖ *SimaPro*

Celosvětově známý a používaný nástroj SimaPro [38] je vyvíjen nizozemskou firmou PRé Consultants z Amersfoortu. SimaPro poskytuje profesionální nástroj umožňující shromažďovat, analyzovat a sledovat udržitelnost produktů a služeb. Pomocí SimaPro je možné snadno modelovat a analyzovat složité životní cykly systematickým a transparentním způsobem.

SimaPro zahrnuje databázi Ecoinvent. Umožňuje dosáhnout vysoké transparentnosti výsledků, jelikož lze ve výpočtech i výsledcích nahlížet i do tzv. surových dat jednotkových procesů, tj. jak nehlouběji to je u datového souboru možné. Na druhou stranu SimaPro není primárně zaměřeno na stavební sektor, takže modelování složitějších systémů, jako je třeba celá komplexní budova, je v ní velmi složité. Pracuje s LCI daty z Ecoinventu, proces hodnocení životního cyklu (LCIA) probíhá až v rámci samotného výpočtu v SimaPro. Paleta indikátorů pro vyjádření

environmentálních dopadů je tedy dána rozsahem databáze LCIA metod v SimaPro. Je možné uživatelsky metody přidávat, měnit či vytvářet nové.

### ❖ *GaBi*

GaBi je software pocházející od firmy Thinkstep z německého Echterdingenu. Oproti SimaPro má nastavbu zaměřenou přímo na stavebnictví a LCA budov, takže jejich modelování je výrazně uživatelsky příjemnější. Nicméně GaBi obsahuje vlastní databázi, která není zdaleka tak transparentní jako Ecoinvent, a je založena především na komerčních datech a věrohodnost datových souborů by mohla být sporná. Navíc nelze nahlížet do surových jednotkových procesů a zjistit tak pozadí datového souboru. Na druhou stranu se jedná o software pro německý trh, a tedy stavební tradice blízko podmínkám ČR.

### 2.4.2 NÁSTROJE PRO LCA BUDOV

Vzhledem k mnoha specifikům, která se vážou k LCA budov nebo stavebních konstrukcí existuje mnoho nástrojů specifických právě pro tento účel které nejsou tak komplexní, jako obecné LCA nástroje. Nejčastěji jsou to nástroje obsahující environmentální data k jednotlivým materiálům. Do tabulkového formuláře se zadá výkaz výměr budovy, environmentální dopady se pak spočítají vynásobením hmotnosti materiálů jednotkovými environmentálními dopady těchto materiálů [12]. Přehled těchto nástrojů je v Tab. 5.

Tab. 5: Software používané pro výpočet environmentálních dopadů budov na základě podrobného výkazu výměr. [12]

Název nástroje	Původ	Odkaz
Envest 2	UK	<a href="http://www.envest2.bre.co.uk/index.jsp">www.envest2.bre.co.uk/index.jsp</a>
Ökobilanz Bau	DE	<a href="https://tool.oekobilanz-bau.de/">https://tool.oekobilanz-bau.de/</a>
EToolLCD	AUS	<a href="https://etoolglobal.com/about-etoollcd/">https://etoolglobal.com/about-etoollcd/</a>
Athena Impact Estimator	CAN	<a href="https://calculatelca.com/software/impact-estimator/">https://calculatelca.com/software/impact-estimator/</a>
Eco-Bat	CH	<a href="http://www.eco-bat.ch/">http://www.eco-bat.ch/</a>
Legep	DE	<a href="https://legep.de/?lang=en">https://legep.de/?lang=en</a>
novaEQUER	FR	<a href="https://www.izuba.fr/logiciels/outils-logiciels/pleiades-acv/">https://www.izuba.fr/logiciels/outils-logiciels/pleiades-acv/</a>
ELODIE	FR	<a href="https://boutique.cstb.fr/energie-environnement/38-elodie.html">https://boutique.cstb.fr/energie-environnement/38-elodie.html</a>
GreenCALC	NL	<a href="https://www.nefab.com/en/sustainability/greencalc/">https://www.nefab.com/en/sustainability/greencalc/</a>

Některé software se zaměřují na modelování konkrétních staveních konstrukcí. Obsahují environmentální data materiálů, umožňují namodelovat danou konstrukci a určí pak její dopady na základě její skladby. Typické komponenty jsou

v některých z nich předefinovány, a je možné je tedy namodelovat velmi rychle. Seznam hlavních nástrojů tohoto druhu je v Tab. 6.

Tab. 6 Software používané pro výpočet environmentálních dopadů větších celků – konstrukcí budovy – používají hotová data z LCA pro výpočet celkových parametrů stavebních konstrukcí

Název nástroje	Původ	Odkaz
BEES	US	<a href="https://www.nist.gov/services-resources/software/bees">https://www.nist.gov/services-resources/software/bees</a>
eLCA	DE	<a href="https://www.bauteileditor.de/">https://www.bauteileditor.de/</a>
Bauteilkatalog	CH	<a href="https://www1.bauteilkatalog.ch/ch/fr/catalogue-construction.asp">https://www1.bauteilkatalog.ch/ch/fr/catalogue-construction.asp</a>
Eco2soft	AU	<a href="https://www.baubook.at/eco2soft/">https://www.baubook.at/eco2soft/</a>

### 2.4.3 KOMBINACE ENVIRONMENTÁLNÍCH DAT S DALŠÍMI SOFTWAREVÝMI NÁSTROJI PRO STAVEBNICTVÍ

Nástroje používané při projektování poskytují často informace o budově, které jsou pro provedení LCA budovy velmi cenné. Proto je propojení projekčních nástrojů s nástroji či metodami pro LCA velmi časté.

Dijk [39] prezentuje nástroj pro navrhování betonových konstrukcí, který poskytuje také informace o jejich environmentálních dopadech. Do nástroje se zadává dimenze konstrukce, množství betonu, výztuže a materiálové charakteristiky. V prvním kroku nástroj vyhodnotí, zda konstrukce vyhoví z hlediska technických požadavků podle zjednodušeného Eurocode 2 [40]. V druhém kroku nástroj počítá environmentální dopady LCIA metodu ReCiPe a data z databáze ELCD II.

### 2.4.4 PROPOJENÍ LCA A ROZPOČTŮ

Účelem této části rešerše je zjistit, zda existuje výzkum, který by se zabýval obdobným propojením rozpočtářské a environmentální databáze, jako je hlavní předmět této práce, a pokud ano, zda mohou být poznatky z takového výzkumu použity pro tuto práci.

Je mnoho studií, kombinujících LCA a LCC budovy (Life cycle cost). Ristimäki [41] kombinuje LCC a LCA, aby ekonomicky a environmentálně motivovaná rozhodnutí v průběhu návrhu budovy nešla proti sobě, ale naopak se vzájemně doplňovala a podporovala.

V Rakousku vznikl kombinací nástroje LEKOS pro LCC a nástroje ECOSOFT pro LCA společný nástroj LEKOECS, hodnotící životní cyklus budov jak z ekologického, tak ekonomického hlediska [42].

Kombinací environmentálního, ekonomického a sociálního hlediska vznikl nástroj LCSA (life cycle sustainability assessment), představený Klöpfferem a Finkbeinerem [11] [43].

Propojením LCC a LCA se zabývají i další studie v referencích [44]–[48], všechny však propojují LCC a LCA spíše metodicky, nezabývají se přímo propojením databází nebo vzájemným využíváním dat. Lu [49] přináší systematický přehled výzkumů zabývajících se propojením BIM, LCC a LCA.

Využívání kvantitativních a kvalitativních informací z rozpočtů pro LCA analýzu je běžné, jako důležitý zdroj informací je uvádí například K. Simonen [50]. Borja [51] přináší přehled literatury, ve které se vyskytuje využití rozpočtářských databází pro environmentální hodnocení. V závěru konstatuje, že tyto databáze se většinou využívají spíše k doplnění chybějících informací, jejich potenciál využití v environmentálním hodnocení je však mnohem větší a bylo by vhodné toto využití rozpočtářských databází systematizovat, například implementací environmentálních parametrů přímo do databází.

Yang [52] použil nástroje pro tvorbu výkazů výměr a rozpočtů, které se běžně používají v Číně, aby získal podrobné informace o budovách potřebné k výpočtu zabudovaných dopadů. Propojení těchto údajů s údaji o životním prostředí se však provádí ručně.

Vennström [53] ve své studii o LCC a LCA poukazuje na to, že při určování ceny hrají důležitou roli jiné položky než při sledování environmentálních dopadů, jeho analýza se však vztahuje na celý životní cyklus. Ekonomicky náročné procesy nemusí být náročné environmentálně a naopak, například lidská práce se do environmentálních parametrů vůbec nezahrnuje, ekonomicky je však velmi výrazná. V hranicích cradle-to-gate se však sledují pouze použité materiály a zde víceméně platí, že všechny znamenají ekonomickou i environmentální zátěž.

Implementací environmentálních dat přímo do rozpočtářské databáze se zabývá Freire-Guerrero [54]. Andaluske rozpočtářské databáze ACCD (The Andalusia Construction Cost Database) má celkem 7000 položek. Bylo vybráno 4900 položek stavebních materiálů a prostřednictvím software SimaPro a databáze Ecoinvent byla ke každé z nich připojena informace o její ekologické stopě (EF – ecological footprint)

### **2.4.5 PROPOJENÍ LCA A BIM**

#### **Úvod**

V současné době se vývoj nástrojů LCA zaměřuje především na propojení LCA a BIM. Jeden z výstupů práce – environmentální doplněk do Revitu a Archicadu EnviBIM – řeší takové propojení. Výhody navrhování budov v BIM prostředí vedlo mnoho zemí k tomu, přijmout nařízení vedoucí k většímu rozšíření používání BIM [55][56]. V České republice schválila vláda v roce 2018 strategii pro implementaci BIMu. Z hlediska LCA může zavedení BIM výrazně usnadnit integraci LCA do procesu navrhování, [57] protože usnadňuje sdílení informací o budově nezbytných pro LCA [58][59] například díky tomu, že z BIM modelu lze výkaz výměr, který je pro LCA stěžejním podkladem, generovat automaticky [60]. Již v roce 2007 Loh [61] identifikoval hlavní problémy při propojování softwaru BIM a LCA: nástroje LCA jsou

složité a drahé, proces vkládání dat do LCA je neefektivní a kompatibilita dat z BIM a dat v softwaru LCA je problematická. Od té doby až do současnosti bylo provedeno velké množství výzkumů s cílem najít způsoby, jak tyto a další problémy při propojování BIM a LCA překonat.

Existuje řada publikací a několik nástrojů kombinující environmentální data s BIM nástroji. Santos [62], [63] rozděluje využití BIM modelu k analýze LCA na tři základní způsoby. Prvním je kombinace BIM modelu a modelového prostředí různými dalšími nástroji, druhým je export výkazu výměr z BIM prostředí a jeho využití pro LCA analýzu a třetím přístupem je integrovat LCA analýzu přímo do BIM prostředí. Toto rozdělení využívá i tato práce pro zmapování stávajícího stavu poznání v oblasti BIM a LCA.

### **PROPOJENÍ BIM A DALŠÍCH NÁSTROJŮ**

V literatuře se vyskytuje řada takovýchto aplikací. Peng [64] prezentuje LCA studii, která používá nástroj Autodesk Ecotect Analysis, což je nástroj kombinující simulaci spotřeby provozních energií s BIM modelem. Peng obohacuje tento model, který je schopen spočítat emise CO<sub>2</sub> z provozní fáze budovy, o emise CO<sub>2</sub> dalších životních fází budovy (výroba materiálů, likvidace). Emise spojené s těmito dalšími fázemi počítá na základě seznamu materiálů a jejich množství automaticky exportovaného z BIM modelu.

Basbagill [65] navrhuje automatické propojení BIM, environmentálních dat a optimalizačního softwaru. Celkem skombinoval 7 různých nástrojů. Nevýhodou tohoto přístupu je, že zahrnuje nepříliš rozšířený nástroj BIM DProfiler, který je vhodný pouze pro velmi zjednodušené modely, například neumožňuje modelovat jiné než pravoúhlé tvary. Navrhovaný přístup je testován, ale jeho výsledkem není veřejně dostupný nástroj.

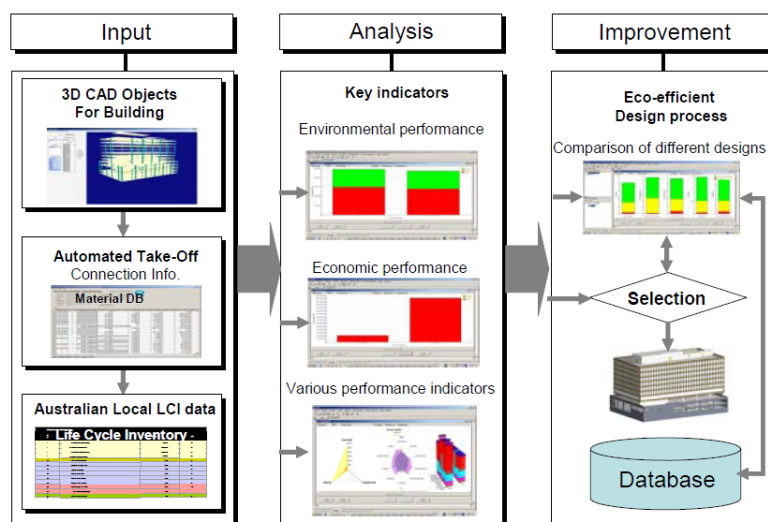
Jalaei [66] implementuje do BIM prostředí LCA modul, umožňující komunikaci s LCA softwarem ATHENA Impact Estimator. Propojení BIM a ATHENA Impact Estimator využívá ve své práci také Shariff [67].

### **AUTOMATICKÝ VÝKAZ VÝMĚR Z BIMU DO LCA NÁSTROJE**

Toho přístupu využívá například studie od Ahmada Jrade [68] která navrhuje využití exportovaných informací z BIM modelu pro environmentální výpočty pomocí LCA nástroje Athena EcoCalculator. Pantelli [69] vkládá výkaz výměr z BIMu do LCA nástroje EcoHestia Database přizpůsobené kyperskému stavebnictví. Ajayi [70] vkládá výkaz výměr exportovaný z Revitu do Athena Impact Estimator. Shafiq [71] optimalizuje konstrukci z pohledu uhlíkové stopy betonu a oceli. Množství obou materiálů násobí konverzními faktory pro uhlíkovou stopu z databáze ICE.

Antón [72] jako příklad tohoto přístupu zmiňuje software LCADesign. Jedná se o australský software vyvinutý společností Cooperative Research Centre for Construction Innovation (CRC CI). Nástroj používá informace o množství použitých materiálů z 3D CAD modelu a tyto informace kombinuje s lokálními LCI daty.

Výsledkem jsou environmentální dopady spojené s výrobou a pozdější případnou výměnou prvků a výsledně pak dopady celé budovy. Environmentální dopady se vyjadřují těmito indikátory: Eco-indicator 99, zabudovaná energie, zabudovaná voda, emise CO<sub>2</sub>, celkové emise skleníkových plynů a celkové recyklované množství. Výsledky je pak možné zobrazit pro celou budovu, nebo zvláště pro jednotlivé komponenty. Nástroj dále umožňuje porovnávání více variant [73]. Nástroj je zaměřen na australské prostředí a je tedy obtížně využitelný na jiných kontinentech, využívá totiž australská lokální environmentální LCI data.



Obr. 7: Grafické znázornění postupu výpočtu pomocí LCADesign nástroje [73]

Na tomto principu je založen také v Norsku používaný nástroj pro výpočet uhlíkové stopy budov Klimagassregnskap [74] (bohužel dostupný pouze v norštině), který poskytuje Statsbygg – norská státní příspěvková organizace. Statsbygg se již v roce 2008 zavázal k používání BIM používající otevřené standardy (společně s americkou vládní organizací GSA/PBS, dánskou DECA a finským Senaatti-kiinteistö a nizozemským Rijkswaardbouwbedrijf). Klimagassregnskap umožňuje zjednodušené výpočty uhlíkové stopy budov, výsledkem je indikátor GHG v CO<sub>2,ekv</sub>/m<sup>2</sup>. Výpočet zahrnuje dopravu, svázané emise použitých stavebních materiálů, emise z provozu budovy a oproti standardním výpočtům uvažuje i emise z vyvolané dopravy ve fázi užívání. Uvažovaným časovým úsekem je období 60 let. Materiály z BIM se párují s materiály v databázi uhlíkové stopy. Klimagassregnskap je také oficiálním nástrojem, který se používá pro výpočet příslušného kritéria v norské verzi BREEAM (BREEAM NOR).

Taktéž nástroj OneClick LCA využívá automatický výkaz výměr, z BIMu, ke kterému se v online prostředí automaticky dohledávají odpovídající environmentální data.

Export dat z BIM modelu využívá ve své studii také Shin [75], který nejprve uspořádal data potřebná pro LCC a LCA tak, aby se dala propojit s automaticky exportovaným výkazem výměr z BIMu a pak teprve je s výkazy propojil.



Sous-Vedaguer [76] navrhuje poloautomatizovaný postup, kdy je výkaz výměř z BIM modelu obohacen o další data (transport, obaly...), poté přeskupen na seznam jednotlivých základních materiálů a jejich množství a tento seznam je pak propojen s environmentálními daty.

Využití automatického výkazu výměř z BIMu můžeme vidět v několika dalších studiích: [77]–[79]

Hlavní nevýhodou tohoto přístupu je, že změny v BIM modelu se neprojeví v LCA výpočtu. Dalším velkým úskalím je, že automaticky exportovaný výkaz výměř zahrnuje různé nejasnosti a pro účely LCA je tedy třeba ho dopracovat – dohledat v BIM modelu diskutabilní položky a vyjasnit je [80].

### **INTEGRACE ENVIRONMENTÁLNÍCH DAT DO BIM NÁSTROJŮ**

Poslední metoda je integrovat environmentální data přímo do BIM nástrojů. Tato metoda je zatím poměrně málo prozkoumaná a mluví o ní Antón a Díaz ve svých publikacích [57] a [81] z roku 2014. Integrovaní environmentálních dat přímo do BIM prostředí jako knihovnu vlastností pro jednotlivé objekty a materiály autoři hodnotí jako méně vhodné než předchozí dva způsoby. Jako důvod uvádí méně relevantní výsledky pro LCA celé budovy, nevyřešenou otázku, jak zahrnout dopravu a proces výstavby a nakonec to, že jako první krok bude nutné propojit environmentální databáze s BIM prostředím. V posledním bodě autoři považují za nezbytné, vymyslet efektivní cestu pro toto propojení.

Santos naopak ve svých publikacích [63] a [62] vyzdvihuje výhody třetího přístupu a argumentuje, že předchozí dva přístupy velmi limitují výhody práce s BIM modely oproti tradičním metodám projektování, což je práce všech kdo se na projektu podílí na společném modelu po celý čas projektování a možnost používat automatické simulace. Prezентuje vlastní nástroj BIMEELCA který integruje LCA a LCC do BIM nástroje, a to vložení environmentálních (cradle-to-gate) a cenových dat přímo do BIM modelu. Projekt validuje na případové studii. Hodnocené kategorie dopadu jsou vybrány z LCIA metody CML2001 a doplněny o spotřebu energie, což odpovídá sadě indikátorů obvykle používané v ČR. Bohužel nástroj BIMEELCA byl zatím vyvinut pouze jako prototyp a není zveřejněn.

V USA vznikl LCA plugin do BIM nástrojů, nazvaný Tally. Při tvorbě modelu definuje uživatel vazby mezi objekty svého modelu a materiály z databáze Tally. Díky tomu je pak možné zobrazit environmentální dopady v několika kategoriích. Je možné pracovat též s více variantami. Tally využívá LCI data z databáze Gabi. Relevanci výsledků LCA provedené pomocí Tally se zabývá Bueno ve své publikaci z roku 2018 [82]. Porovnává výsledky zabudovaných dopadů několika stěnových systémů spočítané pluginem Tally s výsledky získanými pomocí software Gabi. Přestože oba nástroje používají stejnou databázi, nejsou zcela shodné. Důvodem jsou pravděpodobně zjednodušení a zkratky, nezbytné pro vývoj tak jednoduchého nástroje, aby ho mohl použít během procesu navrhování každý projektant bez zvláštních znalostí v oblasti LCA.

Tématem integrace LCA do BIM prostředí se zabývá také Crippa ve svém článku z roku 2018 [83]. Použila data o uhlíkové stopě ze software SimaPro (potažmo databáze Ecoinvent) a manuálně je zadala k jednotlivým prvkům knihovny BIM nástroje ArchiCAD. U projektu z těchto prvků vymodelovaného se tak zobrazuje uhlíková stopa vztažená na odpovídající množství prvku a lze ji vyexportovat jako součást výkazu výměr.

Také Eleftheriadis [84] přiřadil environmentální data v prostředí BIM nástroje přímo k jednotlivým prvkům modelu, aby se v BIMu automaticky spočítala výsledná uhlíková stopa. Environmentální data jsou čerpána z EPD a autoři počítají s tím, že brzy budou dostupná EPD pro širokou škálu materiálů.

Jedním z nástrojů propojujících LCA a BIM je eveBIM-ELODIE je modul pro BIM software, který umožňuje namapovat výpočty environmentálních profilů konstrukcí provedené pomocí ELODIE s modelem v BIMu. Jedná se o jednoduchý editor IFC objektů, ve kterém lze otevřít projekt budovy a zároveň výpočty provedené v Elodie. Jednotlivé konstrukce ve 3D modelu se potom manuálně vyberou a přiřadí se jim environmentální profily z Elodie.



Obr. 8: Ukázka práce s eveBIM-ELODIE

## 2.5 SHRnutí REŠERŠE

Rešerše ukázala, že výzkum v oblasti nástrojů usnadňujících LCA budov je velmi aktuálním tématem. Prostudování existujících nástrojů ukázalo, že jsou zaměřené většinou velmi lokálně (pro konkrétní zemi), protože podmínky a zvyklosti ve stavebnictví se v jednotlivých regionech výrazně liší. Také ze studia vědeckých článků týkajících se usnadnění LCA pomocí propojení s rozpočty a/nebo s BIM vyplynulo, že aplikací tohoto typu bylo vyvinuto velké množství, často ale zahrnují lokálně používané databáze a nástroje. Dále studium literatury ukázalo, že výzkumů zabývajících se připojením environmentálních dopadů přímo k prvkům knihoven

používaných v BIMu je zatím poměrně málo, jedná se však o velmi progresivní přístup [62], [85].

Výzkum propojení environmentálních dat se stavebními rozpočty se aktuálně soustředí zejména na metodické propojení LCA a LCC. Přímo propojením rozpočtářské databáze stavebních materiálů s environmentální databází se zabývá pouze jeden z prostudovaných zdrojů. Freire-guerrero [54] propojuje Andaluskou rozpočtářskou databázi s environmentálními daty z Ecoinventu. Tento výzkum potvrzuje, že propojení těchto dvou druhů databází je efektivní cestou, jak spočítat zabudované dopady budov. Metoda propojování však není aplikovatelná na české podmínky, protože Andaluská rozpočtářská databáze se svým rozsahem, strukturou i obsahem od české zcela odlišuje a není pro české podmínky použitelná.

### 3 METODY ŘEŠENÍ

Nejprve byla analyzována proveditelnost záměru propojit rozpočtářskou databázi ÚRS a environmentální data. Tato studie dala základní obrysy metodám propojení databází, stanovila možnosti okrajových podmínek pro propojení, zabývala se zdrojem environmentálních dat, dívala se též na předpokládanou pracnost. Výsledky studie byly publikovány v příspěvku na zahraniční konferenci [86]. Dalším krokem byla tvorba metodiky pro propojování rozpočtářských databází a její aplikace na předem definovanou část rozpočtářské databáze. Touto skupinou se stala sada položek využívaná pro stavební knihovnu a BIM produkty společnosti DEK. Metodiku však bylo třeba vytvářet tak, aby byla aplikovatelná na celou rozpočtářskou databázi, nejen kvůli rozšiřování a upgradu stavební knihovny, ale také aby bylo možné v budoucnu spočítat dopady pro celou rozpočtářskou databázi a ideálně je propojit se software Kros. K řešení byly využity tři projekty.

- Studie proveditelnosti rozšíření software na rozpočty stavebních děl o modul pro výpočet uhlíkové stopy budovy, dále jen studie proveditelnosti (projekt podpořený inovačními vouchery Hlavního Města Prahy).
- Knihovna svázaných environmentálních dopadů stavebních skladeb a systémů a její aplikace pro použití v BIM nástrojích Archicad a REVIT, dále je projekt zmiňován jako EnviBIM (akronym projektu a název hlavního výsledku projektu). Projekt byl financován Technologickou agenturou České Republiky v rámci programu Zéta.
- Metodika pro propojení environmentálních a rozpočtářských databází, projekt podpořený grantovou studentskou soutěží.

Na úvod jsou cíle těchto tří projektů stručně popsány. V dalších kapitolách jsou popisovány konkrétní metody vedoucí k naplnění cílů a realizaci výsledků této práce. V některých bodech se popisy metod odkazují na výše vyjmenované projekty, protože zvolené postupy mohou souviset s dílčími cíli jednotlivých projektů.

#### Předběžné ověření proveditelnosti záměru

Studie proveditelnosti rozšíření software na rozpočty stavebních děl o modul pro výpočet uhlíkové stopy budovy byla provedena ve spolupráci s ÚRS, a.s. mezi lety 2014 a 2015. Měla několik cílů:

1. Udělat souhrn současných norem, doporučení a nástrojů, zabývajících se LCA budov a tím ověřit potřebnost záměru navázání environmentálních dat na položky rozpočtářské databáze.
2. Vybrat vhodnou environmentální databázi.
3. Analyzovat možné okrajové podmínky, což znamená zejména hranice systému pro environmentální hodnocení a možné zahrnutí fáze životního cyklu.

4. Analyzovat strukturu rozpočtářské a environmentální databáze a najít rámcový způsob pro jejich propojení.
5. Analyzovat možnost propojení rozpočtářské a environmentální databáze s BIM nástroji.
6. Ověřit možnost propojení databází na jedné případové studii.

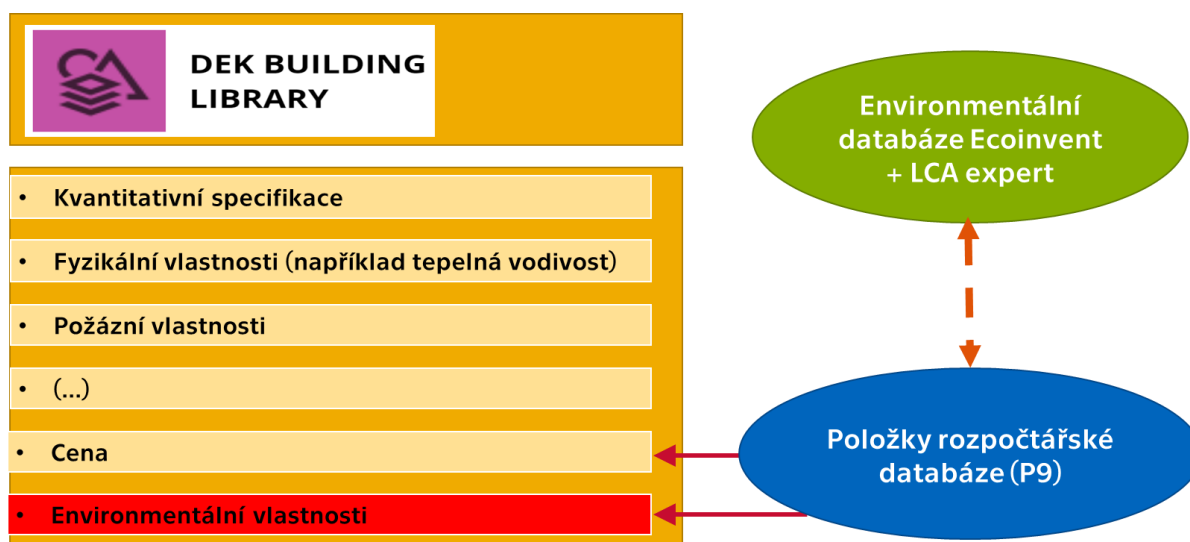
Studie proveditelnosti se zaměřovala pouze na jeden environmentální indikátor, a to na uhlíkovou stopu (potenciál globálního oteplování), ale počítá se s tím, že stejné principy jsou pak aplikovatelné na celou sadu indikátorů. Proveditelnost záměru se potvrdila, což umožnilo realizaci dalších dvou projektů.

#### Projekt EnviBIM - knihovna svázaných environmentálních dopadů

Cílem projektu bylo vytvořit knihovnu svázaných environmentálních dopadů stavebních skladeb a systémů a aplikovat ji v BIM nástrojích Archicad a REVIT. Jako související dílčí cíl bylo stanoveno sepsání podrobného metodického postupu pro uvedenou aplikaci.

Nový environmentální modul pro plugin do BIM nástrojů využívá existující databázi skladeb stavebních konstrukcí provozovanou společností DEK. Tato databáze obsahuje základní charakteristiky stavebních skladeb a jejich jednotlivých komponent a umožňuje využití těchto skladeb v BIM pomocí existujícího nástroje. Všechny informace je možné zobrazit také ve webovém rozhraní, takže je možné je využít i mimo prostředí BIM. Databáze skladeb je také provázaná s položkami používanými pro stavební rozpočty (Katalogy popisů a směrných cen stavebních prací), a plugin tak zároveň umožňuje i odhad ceny stavby.

Vývoj nového environmentálního modulu vyžaduje velmi detailní kvantitativní a kvalitativní informace o jednotlivých materiálech, což bývá také hlavní bariérou pro větší rozšíření výpočtů zabudovaných dopadů budov. Proto se pro vývoj environmentálního modulu použily prioritně rozpočtářské položky poskytující dostatečně detailní informace o každém jednotlivém materiálu. Možnost provázání rozpočtářských a environmentálních databází řešitelé v minulosti již zkoumali a potvrdili studií proveditelnosti. Tento přístup umožní v budoucnu propojit environmentální výpočty s klasickým rozpočtováním mimo BIM.



Obr. 9: Princip propojení stavební knihovny s rozpočtářskou environmentální databází

#### Projekt Metodika pro propojení environmentálních a rozpočtářských databází

Hlavním cílem projektu bylo zpracování komplexní metodiky pro propojení rozpočtářské a environmentální databáze.

### 3.1 PROPOJENÍ ROZPOČTÁŘSKÉ A ENVIRONMENTÁLNÍ DATABÁZE JAKO CESTA K JEDNOTNÉ A RYCHLÉ LCA BUDOV

LCA celé budovy je velmi časově náročná a složitá zejména kvůli množství potřebných dat. Pro LCA v hranicích Cradle-to-gate se jedná se o data dvojího typu:

- I. Podrobné kvalitativní a kvantitativní informace o hodnocené budově.
- II. Environmentální data o jednotlivých materiálech a prvcích.

Pro zahrnutí dalších fází životního cyklu jsou to navíc podrobné scénáře pro údržbu, rekonstrukci, provoz, pro konec životního cyklu a další podle zahrnutých fází.

Pak je důležitým a náročným krokem správné propojení všech těchto informací, pro LCA v hranicích cradle-to-gate propojení dat typu I. s daty typu II..

Rozpočty vytvářené pomocí cenových databází ÚRS jsou ideálním zdrojem dat typu I, zejména pro LCA omezující se pouze na fáze A, tedy fáze vzniku budovy. Obsahují totiž kvalitativní i kvantitativní specifikaci všech procesů, které musí proběhnout, aby budova vznikla. A všechny stavební procesy, které způsobují environmentální dopady započítávané do LCA jsou spojeny také s finančními náklady. Data typu II. se sdružují v různých environmentálních databázích, o kterých mluví v úvodní části kapitola 2.3.

Pokud by se propojení dat o budově s environmentálními daty provedlo již na úrovni databází, odpadla by velmi pracná část sestavování LCA budovy, kdy se pro každý materiál a prvek musí hledat odpovídající environmentální údaje. Tato fáze navíc generuje spoustu nepřesností a vnáší do LCA mnoho subjektivních aspektů závislejších na konkrétním zpracovateli.

Kromě fáze výroby materiálů, tedy hranic cradle-to-gate, byla analyzována též možnost zahrnout i další fáze životního cyklu, zejména dopravu na staveniště a proces výstavby, protože data i metody, jak počítat environmentální data těchto fází zatím chybí.

## 3.2 ROZBOR ROZPOČTÁŘSKÉ DATABÁZE

Hypotéza, že rozpočtářskou databází by bylo možné propojit s environmentálními daty byla vyřčena pouze s povrchní znalostí struktury a fungování této databáze. Nejprve tedy bylo třeba podrobně zmapovat rozsah a uspořádání cenové soustavy ÚRS, a to s ohledem na její použití pro environmentální výpočty.

Cenová soustava ÚRS umožňuje sestavovat rozpočty z několika různých databází podle úrovně podrobnosti. V předprojektové a projektové fázi budovy se stanovuje předběžná cena pomocí rozpočtových ukazatelů RUSO. Ve fázi nabídky se vytváří rozpočet, a to pomocí Katalogů popisů a směrných cen. Tyto směrné ceny se skládají z několika nákladových druhů – materiál, profese, stroje a ostatní přímé náklady. Pro další zpřesnění rozpočtu ve fázi realizace lze využít rozbor směrných cen stavebních prací na tyto nákladové druhy.

K dispozici je také soustava agregovaných položek pro rychlé rozpočtování. Jsou to položky výrazně agregované a rozpočet složený na základě těchto položek lze sestavit již v předprojektové fázi.

Pro sestavování rozpočtů pomocí cenové soustavy se využívá software KROS. Ten v sobě obsahuje všechny výše zmíněné soubory dat. Navíc dovoluje uživateli přidávat vlastní položky. Pokud tedy uživatel například ví, že využije konkrétní střešní krytinu od konkrétního výrobce, může ji zadat jako uživatelskou položku a uvést konkrétní cenu.

V rámci tohoto výzkumu je analyzována možnost přiřazení údajů o environmentálních dopadech k položkám Katalogu popisů a směrných cen a k nákladovým druhům, ze kterých se tyto směrné ceny skládají (materiál, profese, stroje a ostatní přímé náklady). Stručně též analyzuje možnost přiřazení environmentálních dopadů k položkám RYRO. Možnost skloubit environmentální dopady s rozpočtovými ukazateli RUSO je zatím nereálná, jelikož není v tuto chvíli dostatečné množství environmentálních studií, na jejichž základě by se provedla agregace vedoucí k potřebným agregovaným environmentálním datům.

### 3.2.1 KATALOG POPISŮ A SMĚRNÝCH CEN

Katalog směrných cen je rozdělen na části:

- Vedlejší rozpočtové náklady (800-0)
- Katalogy hlavní stavební výroby – obsahuje katalogy:
  - 800-1 až 800-6, kde jsou zahrnuty zemní práce, zvláštní zakládání, lešení, sanace a demolice.

- Katalogy 801-1 až 801-5, což jsou katalogy prací probíhajících na pozemních stavbách. Ty jsou tříděny podle typu konstrukce (zděné a monolitické, montované, zvláštní) a podle toho, zda se jedná o výstavbu, bourání či opravu.
- Katalogy 821-1 až 827-1, které obsahují práce na nadzemních a podzemních stavbách.
- Katalogy 831-1 až 832-1 s položkami prací na hydromelioracích, hrázích a úpravách toků.
- Katalogy přidružené stavební výroby (800-711 až 800-795), kde jsou zahrnuty všechny ostatní práce, od izolací proti vodě přes tesařské konstrukce a různé nátěry až po vytápění.
- Katalogy popisů a směrných cen montáží technologických zařízení (označení M)
- Sborník pořizovacích cen materiálů SPCM obsahuje informace o cenách nejčastěji používaných materiálů a výrobků. Kromě ceny je uveden i výrobce materiálu.

Jednotlivé směrné ceny jsou sestaveny z několika nákladových druhů, které jsou uvedeny v samostatných cenících a sazebnících. Směrná cena se z nákladových druhů sestavuje podle kalkulačního vzorce, který vyjadřuje potřebné množství jednotlivých druhů a je v popisu položek uveden. Ceny a sazby byly zjištěny výběrovými šetřeními. Nákladové druhy, ze kterých se ceny skládají, jsou:

- Náklady na přímý materiál, se zahrnutím dopravy na první překladiště v místě stavby
- Náklady na přímé mzdy, tedy mzdy výrobních dělníků
- Provoz stavebních strojů
- Ostatní přímé náklady (vliv změn nákladů na silniční a železniční dopravu, sociální a zdravotní pojištění)
- Režie
  - Režie výrobní:
    - Spotřeba režijního materiálu
    - Manipulační ztráty materiálu
    - Spotřeba paliva a energie (mimo pohonných hmot)
    - Jednoduché montážní náčrtky nebo plánky
    - Nákupy, opravy a údržba drobného hmotného majetku (hmotný majetek do 40 000Kč, nehmotný do 60 000Kč) s odpisy do 1 roku
    - Převážné (zaměstnanci)
    - Náklady na režijní pracovníky na stavbě (např. stavbyvedoucí)
    - Náklady na záruční opravy a reklamace



### 3 METODY ŘEŠENÍ

- Náklady související s použitím nových výrobků a technologií
- Náklady na operativní předělávky
- Poplatky (např. licence)
- Podíl zásobovací reže
- Základní úklid a údržba pracoviště
- Reže správní, což jsou reže, které vznikají ve správě firmy
- Zisk

Q	TC	Kód	Popis	MJ	Množství	J. cena	J. náklad / MJ
	pc	082113210	voda pitná pro ostatní odběratele	m3	0,01018	38,10	0,39
	pc	585948260	malta zdicí Hasit 950 0-4mm 30 kg bal.	t	0,04070	2 620,00	106,63
	pc	596133870	cihla děrovaná POROTHERM 30.AKU Z	tis ku	0,01632	81 700,00	1 333,34
	s1	712000-S2-T2	Dělník	Nh	0,13000	96,40	12,53
	s1	712000-S3-T2	Dělník	Nh	0,60500	108,00	65,34
	s1	712000-S3-T3	Dělník	Nh	0,07500	131,00	9,83
	s1	712000-S4-T1	Dělník	Nh	0,23000	96,40	22,17
	s1	401010012100	Míchačka stavební objem bubnu 150 l	Sh	0,07030	9,09	0,64

Mzdy	147,22
Stroje	0,64
Tarif	0,00
<b>PZN</b>	<b>147,86</b>
Materiál	1 440,37
Poddodávky	0,00
Nekalkulované	0,00
<b>PN</b>	<b>1 588,23</b>
Reže	82,80
Zisk	27,68
<b>Cena TOV</b>	<b>1 698,71</b>

Obr. 10: Příklad skladby ceny z ceníku prací. Barevně jsou odlišeny položky materiálů (modře), mezd (zeleně) a strojů (červeně). Složka reže a zisk je vidět v souhrnném rámečku vpravo.

Zastoupení jednotlivých nákladových druhů ve směrné ceně je možné uživatelsky měnit, a to jak kvalitativně, tak kvantitativně. Některé směrné ceny dokonce vyžadují, aby složka náklady na přímý materiál byla uživatelsky vybrána. Změnu lze provést buď výběrem jiné položky z dílčích databází jednotlivých nákladových druhů, nebo lze vytvořit zcela vlastní popis i cenu nákladového druhu. Blíže budou rozebrány ty části směrnych cen, které s sebou nesou nějaké environmentální dopady. To jsou tedy všechny položky, které znamenají spotřebu materiálu nebo energie a paliv, a dále také položky likvidace materiálů. Konkrétně se tedy jedná o náklady na přímý materiál, náklady na provoz strojů a některé části režijních nákladů.

#### 3.2.2 NÁKLADY NA PŘÍMÝ MATERIÁL

Náklady na přímý materiál jsou uspořádány ve sborníku pořizovacích cen materiálů SPCM. Ten obsahuje informace o cenách materiálů, které se při výstavbě

spotřebují ať už jejich zabudováním, či jinak. Dále jsou zde položky vyjadřující cenu za pronájem prvku, např. lešení, bednění atd. a také spotřeby těchto prvků opotřebením. Další speciální skupinou je odvoz a uložení odpadu na skládku. Ceny jsou stanoveny podle ceníku konkrétního výrobce, který je v popisu každé položky uveden. Položky v této databázi obsahují kromě vlastní pořizovací ceny také cenu dopravy materiálu na první skládku na staveništi. Přírážka na dopravu je stanovena podle nejobvyklejší dopravní vzdálenosti a nejobvyklejšího používaného auta. Většinou tedy 30 km nákladním autem do 8 t. V popisu položky je možné zjistit, jak velké náklady na dopravu jsou uvažovány, nelze však zjistit, jak byly spočítány (přesný počet km, druh dopravního prostředku atd.). Náklady na dopravu však lze uživatelsky měnit a stanovit je různými způsoby. Jedna z možností je i výpočet na základě výběru dopravního prostředku z databáze strojů a zadání vzdálenosti. Měrná jednotka se pro různé položky liší podle povahy materiálu.

### **3.2.3 PROVOZ STAVEBNÍCH STROJŮ**

Provoz stavebních strojů je vyčíslen množstvím času užití stroje a výší sazby strojohodiny, která se čerpá ze sborníku sazeb strojohodin. Ve sborníku jsou různé druhy stavebních strojů malých i velkých a také jsou zde dopravní prostředky. Ke každému stroji je uvedena specifikace, která ho jednoznačně určuje.

### **3.2.4 RYRO – KATALOG PRO RYCHLÉ ROZPOČTOVÁNÍ**

Tento katalog obsahuje agregované položky (na základě databáze směrných cen) a umožňuje tedy sestavit rozpočet v rané fázi projektu, kdy ještě není projekt dostatečně detailní, aby se dalo pracovat s katalogem směrných cen stavebních prací.

## **3.3 VÝBĚR ENVIRONMENTÁLNÍCH DAT**

### **3.3.1 GENERICKÁ A SPECIFICKÁ DATA**

Cenová soustava ÚRS obsahuje data generická i specifická. Sborník pořizovacích cen materiálů obsahuje ceny konkrétních výrobců, jedná se tedy o specifická data o cenách. Směrné ceny stavebních prací však k pořizovací ceně materiálu přidávají ceny práce strojů, lidí, režie a zisk. Tyto přidané položky už se nevztahují na konkrétního dodavatele, jedná se tedy o data generická.

Uživatel, který tvoří rozpočet a nepotřebuje, aby ceny odpovídaly cenám konkrétních jím vybraných výrobců, protože je třeba nemá vybrané, sestaví rozpočet z položek směrných cen stavebních prací a položek sborníku pořizovacích cen materiálů. Použil tedy informaci o ceně materiálu konkrétního výrobce jako obecnou cenu daného materiálu, tedy jako kdyby se jednalo generická data. Tento způsob použití databáze je velmi obvyklý. Pokud však uživatel vyžaduje ceny odpovídající konkrétním jím vybraným výrobcům, pravděpodobně si bude muset vytvořit vlastní položky, aby cena odpovídala ceníku požadovaného výrobce.

Podobně se postupuje, když je třeba sestavit environmentální profil budovy. Pokud mají environmentální dopady odpovídat konkrétním výrobkům, je třeba mít

k dispozici environmentální prohlášení o produktu (EPD) od všech použitých materiálů které mají být do hodnocení zahrnuty. Pokud však stačí data generická, tedy environmentální dopady obecného výrobku daného druhu, je možné použít databázi generických environmentálních dat, například Ecoinvent.

#### **3.3.2 INFORMACE O EPD V CENOVÉ SOUSTAVĚ**

Pokud má cenová databáze poskytovat údaj o environmentálních dopadech, jedním z prvních a nejjednodušších kroků může být rozšíření o informaci, zda je na daný materiál vypracováno environmentální prohlášení o produktu. Kromě toho, že EPD poskytuje velmi spolehlivou informaci o environmentálních dopadech produktu, může také přinést výhodu při hodnocení certifikátem SBToolCZ, BREEAM či LEED. Za použití výrobků, které mají EPD lze totiž získat body.

Přidání informace o tom, zda pro materiál existuje EPD či nikoliv, případně odkaz, kde EPD najít, by bylo jednoduchou a užitečnou funkcionalitou. Otázkou je, ke které části cenové databáze tuto informaci přiřadit. Je několik možností:

1. Přiřazení specifických environmentálních dat (EPD) ke specifickým cenovým datům. To znamená, že informace o existenci EPD by byla integrována v ceníku pořizovacích cen materiálů a vztahovala by se přímo na specifický výrobek od konkrétního výrobce, od kterého pochází i uvedená cena. Nevýhoda tohoto způsobu je, že EPD je v ČR zatím velmi málo a je otázka, která z nich by se mohla použít, jelikož pokud ve sborníku je cena z ceníku jiného výrobce, než který pro ten konkrétní produkt má zpracováno EPD, nedalo by se EPD využít.
2. Přiřazení specifických environmentálních dat (EPD) ke generickým cenovým datům. Byla by zobrazena informace, zda někteří z výrobců daného produktu mají na produkt zpracováno EPD. Pro informace o environmentálních datech by pak uživatel pravděpodobně šel za jiným výrobcem, než od kterého pochází cena. Pokud však používá informace o cenách jako generické (tedy je považuje za obecnou cenu daného materiálu či stavební práce bez ohledu na skutečného výrobce či dodavatele), je to v pořádku. Ve fázi, kdy jsou vybíráni výrobci materiálů, by informace o existujícím EPD mohla být zohledněna, například v případech, kdy je budova hodnocena SBToolem, BREEAMem nebo LEEDem a za materiály s EPD lze získat body. V tomto případě by informace o EPD měla být zobrazena nejen ve sborníku pořizovacích cen materiálů, ale také v databázi směrných cen stavebních prací, který ze sborníku materiálů čerpá. Tak bude mít tuto informaci i ten, kdo sestavuje rozpočet pouze ze směrných cen.

Pokud by již byla do databáze směrných integrována informace o existenci EPD, bylo by užitečné doplnit také informace o dalších existujících certifikátech environmentální kvality, jelikož i ty mohou být užitečné pro použití pro certifikace, například certifikát udržitelného lesnictví PEFC nebo FSC.

### 3.3.3 GENERICKÁ ENVIRONMENTÁLNÍ DATA IMPLEMENTOVÁNA DO CENOVÉ SOUSTAVY

Aby rozpočty mohly skutečně poskytovat vedle ceny též informaci o celkové uhlíkové stopě budovy, musí být dohledána data pro každou jednotlivou položku v cenové databázi. Jak by vypadala takto rozšířená cenová databáze je znázorněno na Obr. 11. Jak se to pak projeví v rozpočtu sestaveném pomocí cenové databáze znázorňuje Obr. 12.

Cenová databáze – ceník stavebních prací										Environmentální modul			
ID	Popis položky, jednotka		Cena 1	Cena 2			GWP	AP	PEI	(...)			
kg CO <sub>2</sub> eq	kg SO <sub>2</sub> eq	MJ											
011 A02 311231295	Zdivo nosné z cihel děrovaných CDm pevnosti P 10 až 25 na SMS	m3	4 310,00	667,22	3 143,75	4 310,00	1 166,25	3 143,75					
011 A02 311231296	Zdivo nosné z cihel děrovaných CDm pevnosti P 10 až 25 na MC	m3	3 300,00	567,25	2 307,13	3 300,00	992,87	2 307,13					
011 A02 311231297	Zdivo nosné z cihel děrovaných CDm pevnosti P 10 až 25 na SMS	m3	4 450,00	697,61	3 227,12	4 450,00	1 222,88	3 227,12					
011 A02 311231298	Zdivo nosné z cihel děrovaných CDm pevnosti P 10 až 25 na MC	m3	3 330,00	587,25	2 335,80	3 330,00	994,40	2 335,80					
011 A02 311232014	Zdivo nosné z cihel plných licových Klinker d 290 mm pevnosti P	m3	18 600,00	696,04	17 357,56	18 600,00	1 242,44	17 357,56					
011 A02 311232015	Zdivo nosné z cihel děrovaných licových Klinker d 290 mm	m3	15 700,00	696,47	14 490,34	15 700,00	1 209,66	14 490,34					
011 A02 311232024	Zdivo nosné z cihel plných licových Klinker d 250 mm pevnosti P	m3	14 800,00	874,02	13 297,50	14 800,00	1 502,50	13 297,50					
011 A02 311232025	Zdivo nosné z cihel děrovaných licových Klinker d 250 mm	m3	12 900,00	874,54	11 358,98	12 900,00	1 541,02	11 358,98					
011 A02 311232034	Zdivo nosné z cihel plných licových Klinker d 240 mm pevnosti P	m3	15 900,00	882,04	14 363,15	15 900,00	1 536,85	14 363,15					
011 A02 311232035	Zdivo nosné z cihel děrovaných licových Klinker d 240 mm	m3	13 900,00	882,55	11 930,83	13 900,00	1 565,17	11 930,83					
011 A02 311238111	Zdivo nosné vnitřní POROTHERM tl 175 mm pevnosti P 9 na MVC	m2	742,00	108,21	552,84	742,00	189,16	552,84					
011 A02 311238112	Zdivo nosné vnitřní POROTHERM tl 175 mm pevnosti P 10 na	m2	742,00	108,21	552,84	742,00	189,16	552,84					
011 A02 311238113	Zdivo nosné vnitřní POROTHERM tl 240 mm pevnosti P 10 na	m2	915,00	127,95	691,92	915,00	223,08	691,92					
011 A02 311238114	Zdivo nosné vnitřní POROTHERM tl 240 mm pevnosti P 15 na	m2	934,00	127,95	710,41	934,00	223,59	710,41					
011 A02 311238115	Zdivo nosné vnitřní POROTHERM tl 300 mm pevnosti P 10 na	m2	1 120,00	148,04	883,95	1 120,00	258,05	883,95					
011 A02 311238116	Zdivo nosné vnitřní POROTHERM tl 300 mm pevnosti P 15 na	m2	1 140,00	148,04	880,89	1 140,00	259,11	880,89	22047				
011 A02 311238130	Zdivo nosné vnitřní zvukově izolační POROTHERM tl 150 mm	m2	382,00	116,82	776,31	382,00	203,63	776,31					
011 A02 311238131	Zdivo nosné vnitřní zvukově izolační POROTHERM tl 250 mm	m2	1 420,00	135,00	1 184,92	1 420,00	235,09	1 184,92					
011 A02 311238132	Zdivo nosné												
011 A02 311238133	Zdivo nosné												
011 A02 311238134	Zdivo nosné												
011 A02 311238135	Zdivo nosné												
011 A02 311238136	Zdivo nosné												
011 A02 311238137	Zdivo nosné vnitřní zvukově izolační POROTHERM tl 300 mm	m2	1 730,00	147,86	1 471,38	1 730,00	258,62	1 471,38					

**Příklad: CO<sub>2</sub> eq položky "Zdivo nosné POROTHERM 300 pevnosti P15..."**

Obr. 11: Přidání environmentálních informací do cenové databáze

ID	Popis položky, jednotka	Cena	GWP	AP	PEI	(...)			
D	HSV	Práce a dodávky HSV							
D	1	Zemní práce							
1	K	174101101 Zásyp jam, šachet rýh nebo kolem objektů sypaninou se zhutněním	m3	15,700	1 188,49	XXXXX	XXXXX	XXXXX	XXXXX
2	K	175101201 Obsypání objektu nad přílehlým původním terémem sypa	m3	9,42	4 465,08	XXXXX	XXXXX	XXXXX	XXXXX
3	K	181951102 Úprava pláňe v hornině tř. 1 až 4 se zhutněním	m2	62,8	628	XXXXX	XXXXX	XXXXX	XXXXX
D	3	Svislé a kompletní konstrukce							
4	K	346244354 Obezdvíka koupelnových van ploch rovných tl 100 mm z pc	m2	6,51	4 576,53	XXXXX	XXXXX	XXXXX	XXXXX
D	6	Úpravy povrchů, podlahy a osazování výplní							
5	K	611111001 Ubroušení výstupků betonu vnitřních neomítaných stropů	m2	119,362	2 685,65	XXXXX	XXXXX	XXXXX	XXXXX
6	K	611131101 Cementový postřik vnitřních stropů nanášený celoplošně	m2	115,592	8 230,15	XXXXX	XXXXX	XXXXX	XXXXX
7	K	611321141 Vápenocementová omítka štuková dvourstvá vnitřních s	m2	115,592	26 932,94	XXXXX	XXXXX	XXXXX	XXXXX
8	K	612121111 Zatření spár cementovou maltou vnitřních stěn z tvárnice	m2	795,085	31 008,32	XXXXX	XXXXX	XXXXX	XXXXX
9	K	612121112 Zatření spár stěrkovou hmotou vnitřních stěn z pórobetonu	m2	5,04	147,67	XXXXX	XXXXX	XXXXX	XXXXX
10	K	612131101 Cementový postřik vnitřních stěn nanášený celoplošně ru	m2	741,885	46 293,62	XXXXX	XXXXX	XXXXX	XXXXX
11	K	612321121 Vápenocementová omítka hladká jednovrstvá vnitřních s	m2	85,28	14 753,44	XXXXX	XXXXX	XXXXX	XXXXX
12	K	612321141 Vápenocementová omítka štuková dvourstvá vnitřních s	m2	656,605	133 290,82	XXXXX	XXXXX	XXXXX	XXXXX
<b>Celkem budova</b>			<b>Σ</b>	<b>Σ</b>	<b>Σ</b>	<b>Σ</b>	<b>Σ</b>	<b>Σ</b>	<b>Σ</b>
			<b>Kč</b>	<b>kg CO<sub>2</sub>eq</b>	<b>kg SO<sub>2</sub>eq</b>	<b>MJ</b>	<b>(...)</b>		

Obr. 12: Rozpočet vyjadřující vedle ceny též environmentální dopady

Bohužel EPD ještě nejsou dostatečně rozšířena, takže zatím mohou spíše poskytovat environmentální informace o jednotlivých produktech, nemohou ale pokrýt celou škálu výrobků vyskytujících se v rozpočtářské databázi. Proto pokud má propojení rozpočtářské a environmentální databáze poskytnout informace o dopadech celé budovy, je třeba využít dat generických.

#### 3.3.4 VÝBĚR DATABÁZE ENVIRONMENTÁLNÍCH DAT

Byly vytipovány 3 potenciální zdroje informací použitelné pro získání informací o uhlíkové stopě:

- Ecoinvent
- GaBi
- ÖKOBAUDAT

Mezi těmito proběhl výběr na základě jednoduchého vyhodnocení těchto kritérií:

- Velikost databáze s ohledem na stavební produkty
- Relevance dat pro podmínky střední Evropy
- Podpora poskytování dat pro aplikace třetích stran
- Přesnost metodiky získávání dat
- Prestiž poskytovatele dat
- Technická podpora
- Aktualizace dat

Vyhodnocení vybraných třech nástrojů je v následující Tab. 5. Výběr databází proběhl již v roce 2015 a hodnocení tedy odpovídá tehdejšímu stavu databází.

Tab. 7: Vyhodnocení zdrojů dat o uhlíkové stopě.

Kritérium	Vyhodnocení		
	Ecoinvent	GaBi	ÖKOBAUDAT
Velikost databáze s ohledem na stavební produkty	***	***	*
Relevance dat pro podmínky střední Evropy	**	***	***
Podpora poskytování dat pro aplikace třetích stran	***	*	*
Přesnost metodiky získávání dat	***	**	*
Prestiž poskytovatele dat	***	**	**
Technická podpora	***	***	*
Aktualizace dat	***	***	**
Celkové hodnocení	20 *	17 *	11 *

Na základě vyhodnocení kandidátů na poskytovatele dat v Tab. 7 byla vybrána databáze Ecoinvent.

Z perspektivy stavu databází v roce 2021 by určitě bylo vhodné hlouběji se zabývat databází Ökobaudat, která se za uplynulá léta výrazně rozvinula. Německý stavební trh je velmi podobný českému, bohužel zůstává problém rozdílného energetického mixu.

Možností budoucnosti je vznikající databáze InData, což je platforma postavená na bázi Ökobaudatu, měla by však sdružovat EPD a další LCA data na mezinárodní úrovni s využitím společného datového formátu a softwaru s otevřeným zdrojovým kódem [87].

## 3.4 ROZBOR ENVIRONMENTÁLNÍ DATABÁZE ECOINVENT

Jako zdroj environmentálních dat byla vybrána databáze Ecoinvent verze 3.3. z roku 2016. Pro práci s databází je použit software SimaPro 8.

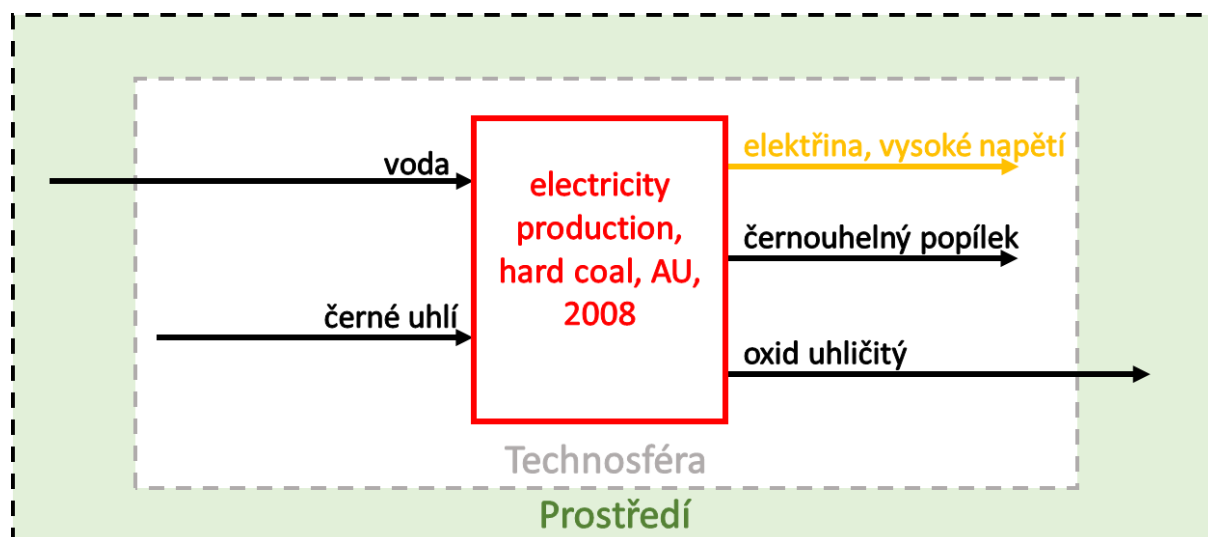
### 3.4.1 ZÁKLADNÍ INFORMACE

Ecoinvent byl založen švýcarskými institucemi v roce 1997 a databáze byla spuštěna v roce 2002. Je největší světovou databází LCI dat. Je to nezisková organizace. Od publikování Ecoinventu verze 3 je vydáván update každý rok.

Databáze Ecoinvent obsahuje velké množství dat z rozličných průmyslových odvětví. Informace o technických a fyzikálních vlastnostech materiálů a o postupu tvorby těchto dat jsou uživatelům k dispozici v reportech Ecoinventu.

Ecoinvent obsahuje data pro modelování různých fází životního cyklu: Výroby, dopravy, konstrukce, údržby, užívání a též fáze konce životního cyklu. Datasets však mají povahu jednotlivých procesů, případně řetězce procesů vstupujících do určité fáze životního cyklu. Neobsahuje datasets, které by reprezentovaly například celý životní cyklus určitého produktu.

Základním stavebním kamenem databáze jsou „aktivity“. Aktivita je jednotkový proces, který představuje určitý proces a jeho výměnu s prostředím a s produkty lidské činnosti (technosférou).[88] Procesy generují produkty a vedlejší produkty. Na Obr. 13 je příklad jednotkového procesu „produkce elektřiny z černého uhlí v Austrálii“. Tento proces dodává do technosféry produkt „elektřina o vysokém napětí“ a vedlejší produkt „černouhelný popílek“, z technosféry do něj vstupuje černé uhlí. Z prostředí čerpá tento proces vodu a vypouští do něj oxid uhličitý. Černé uhlí, přestože pochází z přírody, je považováno za vstup z technosféry, protože je již produktem lidské činnosti – těžby. Stejně produkty mohou být generovány různými procesy. Například elektřina o vysokém napětí může mít lokalizaci jiné země (například ČR), nebo může být použita jiná technologie (například vodní elektrárna). Díky tomuto způsobu modelování jsou v Ecoinventu dostupné různé druhy položek jako průměrná elektřina o vysokém napětí v určité zemi (kombinace více různých technologií podle situace v té které zemi) nebo naopak třeba elektřina vyrobená z černého uhlí pro širší lokalizaci (Evropa).



Obr. 13: Příklad jednotkového procesu (aktivity) v Ecoinventu. [88]

Speciálním druhem procesu je zpracování odpadu, jehož produkty mají záporné znaménko. Ty se mohou využít při modelování systémů zpracování a využití odpadu a umožňují zachovat rovnováhu hmotností.

Měrná jednotka, na kterou jsou environmentální dopady vztahovány, je většinou kilogram, v některých opodstatněných případech je vztažná jednotka jiná, například pro dřevo  $m^3$ , pro okenní rám a sklo  $m^2$ .

#### 3.4.2 ZATŘÍDĚNÍ A STRUKTURA POLOŽEK

Položky v Ecoinventu jsou členěny do těchto hlavních kategorií:

- Materiály
- Energie
- Doprava
- Zpracování
- Užívání
- Scénáře pro odpad
- Zpracování odpadu

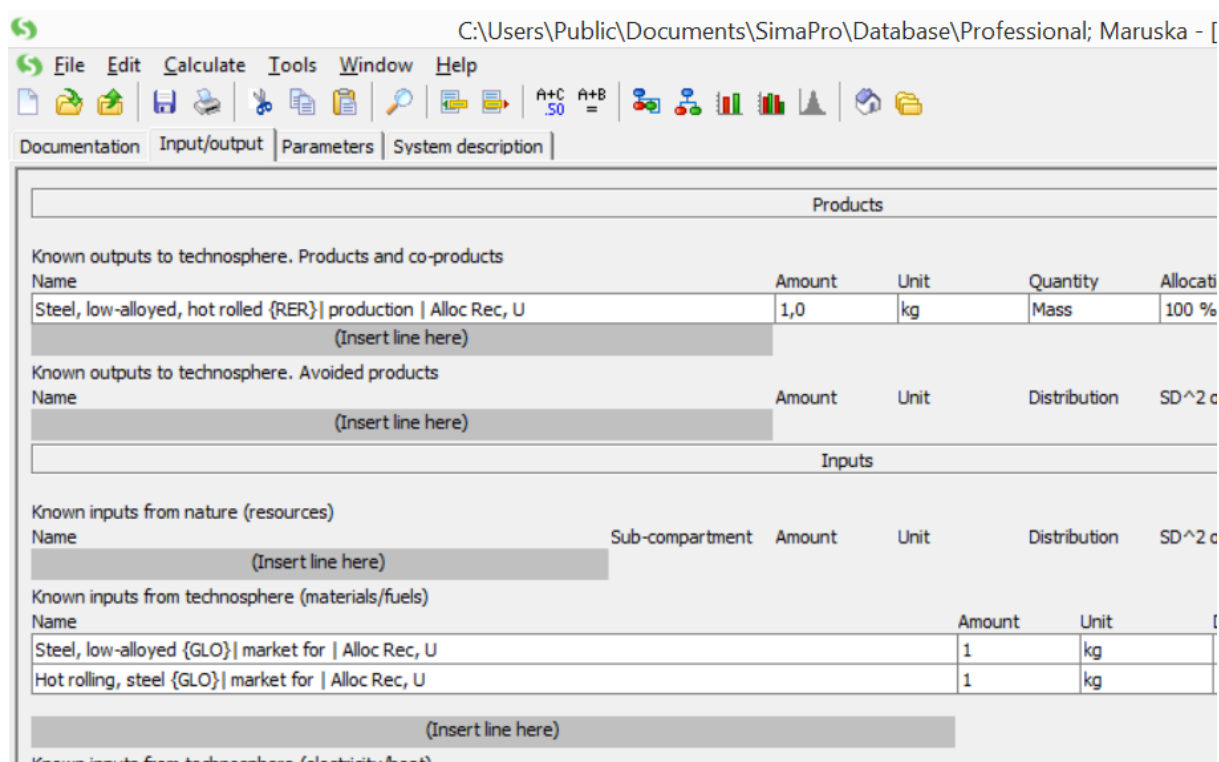
V těchto kategoriích jsou k dispozici jak jednotkové procesy pro vlastní modelování produktů, tak komplexnější produkty z těchto procesů namodelované. Z hlediska LCA budov nebo komplexnějších produktů v hranicích cradle-to-gate je primárně snaha hledat odpovídající produkty v sekci Materiály, která se dělí na tyto skupiny:

- |                |            |
|----------------|------------|
| • Zemědělství  | • Kovy     |
| • Keramika     | • Minerály |
| • Stavebnictví | • Papír    |
| • Elektronika  | • Plasty   |

### 3 METODY ŘEŠENÍ

- Paliva
- Sklo
- Chemikálie
- Textil
- Voda
- Dřevo

V těchto skupinách jsou nejen environmentální dopady výsledných materiálů, ale také jednotlivé procesy a všechny stupně polotovarů, které ke konečnému materiálu vedou. Výsledné produkty jsou pak sestaveny z těchto jednotlivých procesů. Na Obr. 16 je uveden příklad položky „nízkolegovaná ocel válcovaná za tepla“. Je vidět, že tato položka se skládá z položek „nízkolegovaná ocel“ a „válcování za tepla“.



The screenshot shows the SimaPro software interface with the following data tables:

Products					
Known outputs to technosphere. Products and co-products					
Name	Amount	Unit	Quantity	Allocation	
Steel, low-alloyed, hot rolled {RER}   production   Alloc Rec, U	1,0	kg	Mass	100 %	
(Insert line here)					
Known outputs to technosphere. Avoided products					
Name	Amount	Unit	Distribution	SD^2 c	
(Insert line here)					
Inputs					
Known inputs from nature (resources)					
Name	Sub-compartment	Amount	Unit	Distribution	SD^2 c
(Insert line here)					
Known inputs from technosphere (materials/fuels)					
Name	Amount	Unit			
Steel, low-alloyed {GLO}   market for   Alloc Rec, U	1	kg			
Hot rolling, steel {GLO}   market for   Alloc Rec, U	1	kg			
(Insert line here)					
Known inputs from technosphere (electricity/heat)					

Obr. 14: Rozbor položky „Nízkolegovaná ocel válcovaná za tepla“ z databáze Ecoinvent pomocí software SimaPro

Samotné dílčí položky oceli a válcování za tepla jsou opět složeny z mnoha dílčích položek a také výsledná položka nízkolegovaná ocel válcovaná za tepla je dílčím materiálem pro komplexnější materiály obsažené v databázi. Pro mnoho výrobků najdeme data pouze pro surovinu, od které vede ještě dlouhá cesta k finálnímu produktu, například u plastů. Uživatel však může pomocí dílčích materiálů a procesů ze sekce Procesy nebo energií ze sekce Energie namodelovat vlastní výrobek, pokud výrobní proces zná.

Přestože databáze obsahuje sekci stavebnictví, pro určení environmentálních dopadů budovy tato sekce nestačí. Je zapotřebí množství položek, které jsou zahrnuty v jiných sekcích. Jsou to třeba ocelové výrobky, které jsou v sekci kovy, dalším příkladem je okenní zasklení, které je v sekci sklo, nebo různé plastové výrobky.



### 3.4.3 VARIANTY POLOŽEK V ECOINVENTU

Položky odpovídající stejnému procesu jsou v Ecoinventu obsaženy v několika variantách. Varianty položek se zakládají na stejných primárních datech, ale liší se další práce s nimi vedoucí k výsledné variantě položky a také se liší i využití, pro které je ta která varianta vhodná.

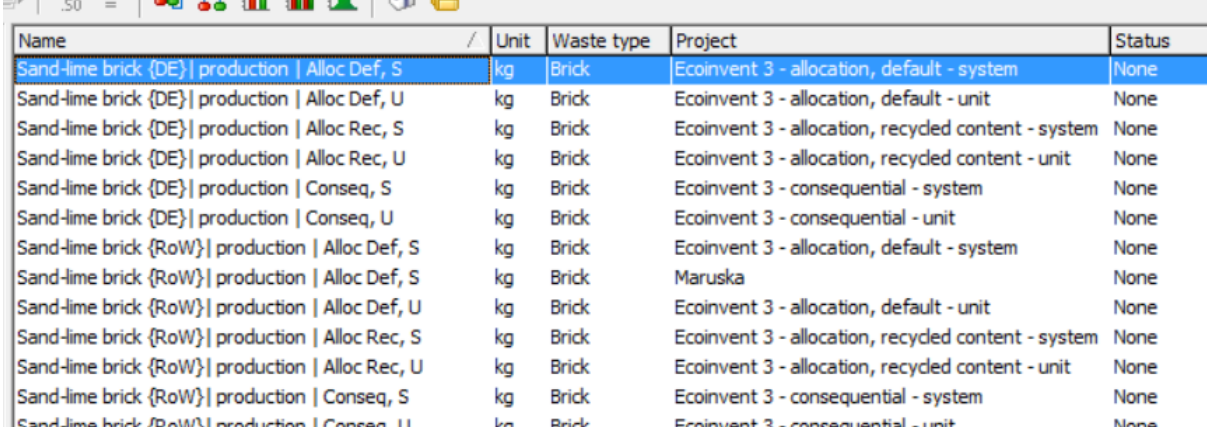
#### VARIANTA „SYSTEM“ A VARIANTA „UNIT“

Varianta položky „unit“ zobrazuje výsledné environmentální dopady jako soustavu environmentálních dopadů všech dílčích položek, ze kterých se výsledná položka skládá. Varianta „system“ zobrazuje pouze dopady výsledné položky. Kvantitativně je ale výsledek pro obě varianty stejný. Varianta „system“ je vhodná pro uživatelské modelování produktů, jelikož ve výsledné uživatelské položce pak budou vidět dopady jednotlivých dílčích položek, které byly použity, ne však už dílčí položky dílčích položek. Varianta „unit“ je naopak vhodná, pokud je třeba znát dopady jednotlivých procesů, ze kterých je položka složena, případně pokud chceme vytvořit uživatelskou položku změnou nebo odebráním některých procesů.

#### VARIANTY PODLE LOKALIZACE

Ke každé položce je uvedeno, pro jaké území je platná. Některé položky jsou lokalizovány přímo do konkrétního státu (DE, CZ, AT...), jiné vyjadřují průměr pro celou Evropu (RER), pro celý svět (GLO), nebo pro zbytek světa kromě zemí, pro které jsou k dispozici vlastní položky (RoW). Na Obr. 17 je vidět, že pro položku vápenopísková cihla existují data pro Německo a pro zbytek světa.

C:\Users\Public\Documents\SimaPro\Database\Professional; Maruska - [LCA



Name	Unit	Waste type	Project	Status
Sand-lime brick {DE}  production   Alloc Def, S	kg	Brick	Ecoinvent 3 - allocation, default - system	None
Sand-lime brick {DE}  production   Alloc Def, U	kg	Brick	Ecoinvent 3 - allocation, default - unit	None
Sand-lime brick {DE}  production   Alloc Rec, S	kg	Brick	Ecoinvent 3 - allocation, recycled content - system	None
Sand-lime brick {DE}  production   Alloc Rec, U	kg	Brick	Ecoinvent 3 - allocation, recycled content - unit	None
Sand-lime brick {DE}  production   Conseq, S	kg	Brick	Ecoinvent 3 - consequential - system	None
Sand-lime brick {DE}  production   Conseq, U	kg	Brick	Ecoinvent 3 - consequential - unit	None
Sand-lime brick {RoW}  production   Alloc Def, S	kg	Brick	Ecoinvent 3 - allocation, default - system	None
Sand-lime brick {RoW}  production   Alloc Def, S	kg	Brick	Maruska	None
Sand-lime brick {RoW}  production   Alloc Def, U	kg	Brick	Ecoinvent 3 - allocation, default - unit	None
Sand-lime brick {RoW}  production   Alloc Rec, S	kg	Brick	Ecoinvent 3 - allocation, recycled content - system	None
Sand-lime brick {RoW}  production   Alloc Rec, U	kg	Brick	Ecoinvent 3 - allocation, recycled content - unit	None
Sand-lime brick {RoW}  production   Conseq, S	kg	Brick	Ecoinvent 3 - consequential - system	None
Sand-lime brick {RoW}  production   Conseq, U	kg	Brick	Ecoinvent 3 - consequential - unit	None

Obr. 15: Jednotlivé varianty, které jsou k dispozici pro položku vápenopísková cihla (zobrazeno v software SimaPro)

#### VARIANTY PODLE TYPU MODELU

Ecoinvent poskytuje pro každý proces tři varianty, které se liší způsobem modelování těchto položek a výsledné dopady se pro jednotlivé varianty mohou lišit.

- Cut-off system model
- APOS system model
- Konsekvenční systémový model

Cut-off a APOS (allocation at the point of substitution) modely jsou oba modelovány atribučním přístupem, ale liší se způsobem alokace environmentálních výhod recyklace. Konsekvenční model je velmi odlišný celkovým přístupem k modelování.

#### ❖ *Cut-off system model*

Tento model je založen na tom, že dopady spojené s výrobou materiálu jsou vždy všechny alokovány prvnímu uživateli tohoto produktu. Znamená to, že opětovné využití tohoto materiálu již není spojeno s žádnými dopady. Materiály, které vstupují do recyklačního procesu také nenesou žádné dopady, takže dopady výsledného produktu recyklace jsou pouze ty spojené s recyklačním procesem. [89]

Tento přístup také znamená, že tomu, kdo produkuje odpad, jsou alokovány všechny dopady spojené s jeho likvidací, a to i když výsledkem „likvidace“ je využitelný produkt s tržní hodnotou. Například při spalování odpadu, které generuje teplo využívané pro vytápění domů, jsou všechny emise alokovány na zpracování odpadu (tedy z perspektivy celého životního cyklu výrobků, které jsou spalovány) a výsledné teplo je zcela bez environmentálních dopadů. [89]

#### ❖ *APOS system model*

Podstatou APOS modelu je, že produktu vzniklému z odpadu, například recyklací, je alokována část dopadů spojených s výrobou a dalším zpracováním původního produktu. Environmentální výhody plynoucí z recyklace jsou tak rozděleny mezi všechny procesy, které k recyklovanému výrobku vedou. Tento postup alokace by se dal vnímat jako spravedlivější, nicméně vzniklé systémy jsou pak velmi složité. [90]

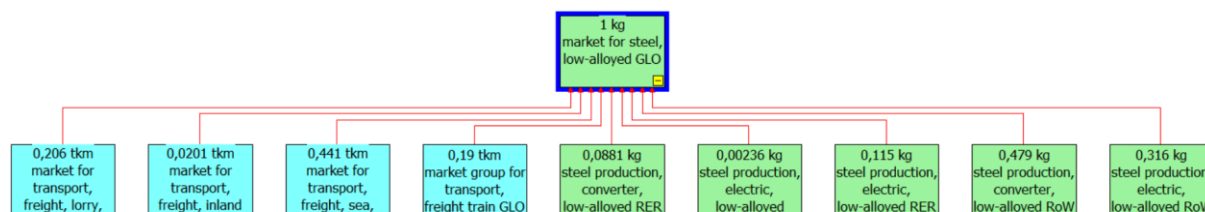
#### ❖ *Konsekvenční systémový modul*

Konsekvenční model se zaměřuje na posouzení změny stávajícího systému. Je vhodný pro výhledové studie a pro předvídaní a posouzení změn. Konsekvenční model se od atribučního liší ve vícero klíčových aspektech. [91]

### **MARKET PROCESY**

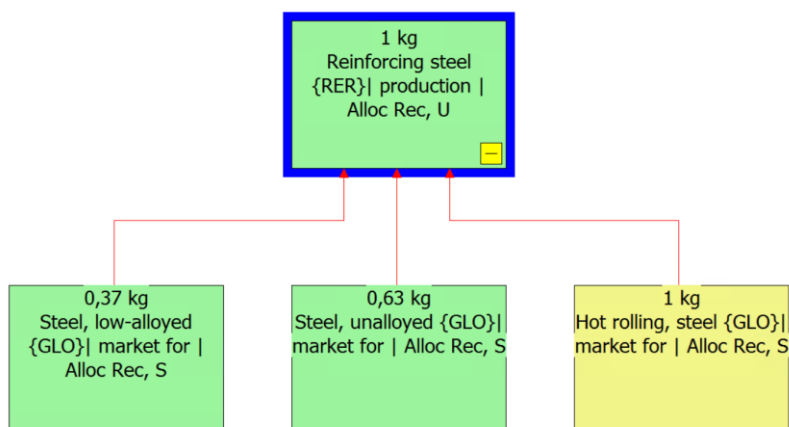
Pro každou položku existuje kromě její základní verze také verze MARKET. Market položky jsou takové, které nepřeměňují vstupy, ale pouze převádí meziprodukty z jedné transformační činnosti na jinou [92]. Princip MARKET procesu bude vysvětlen na příkladu procesu nízkolegované oceli. Tento proces s lokalizací GLO (celý svět) zahrnuje 5 různých procesů výroby oceli: Pro různé lokalizace, ale také pro dvě různé technologie – výroba v elektrické peci a v konvertoru – které jsou zastoupeny v přibližně 50 % poměru. Dále sem vstupuje několik druhů transportu, které mohou být relevantní pro dopravu nízkolegované oceli k dalšímu zpracování/jejímu spotřebování. Tento proces tedy vyjadřuje celosvětové „průměrné“ dopady nízkolegované oceli na vstupu do dalšího zpracování. Průměrné

je v uvozovkách, protože se nejedná o skutečný celosvětový průměr, ale o dostupná data k této položce extrapolovaná na celý svět.



Obr. 16: Schéma MARKET procesu pro nízkolegovanou ocel, vygenerováno ze software SimaPro

MARKET procesy tedy nejsou data v hranicích cradle-to-gate, ale v hranicích cradle-to-site: Od kolébky na místo použití – zahrnují kromě výroby také dopravu. Využívají se pro modelování dalších materiálů. Například položka reprezentující výrobu ocelové výztuže s evropskou lokalizací má na vstupu tři různé MARKET procesy, čímž je zahrnuto, že do výroby vstupuje nízkolegovaná i nelegovaná ocel, může být od různých výrobců z celého světa a je zahrnuta i doprava od výrobce suroviny (předvalků) na místo výroby samotné ocelové výztuže.



Obr. 17: Příklad využití MARKET procesu pro nízkolegovanou ocel z Obr. 16 jako jeden ze vstupních produktů pro výrobu ocelové výztuže. Vygenerováno ze software SimaPro.

#### 3.4.4 ROZLIŠENÍ DATABÁZE

Databáze materiálů Ecoinvent zdaleka nedosahuje takové diferenciaci, jako databáze směrných cen. Například environmentální dopady všech cihel z pálené hlíny kromě žáruvzdorných se určují pomocí položky Clay brick, která udává environmentální dopady výroby cihelného materiálu vztažené na 1 kg. Takovéto zjednodušení je možné, protože hlína na všechny výrobky se může těžit společně, takže je každému kilogramu jakéhokoli cihelného výrobku přiřazen podíl na environmentálních dopadech těžby. Jednotlivé procesy výroby budou také velmi podobné pro všechny keramické cihly. Spíš, než rozdíly mezi výrobou jednotlivých keramických cihelných výrobků budou rozdíly mezi jednotlivými továrnami. Pokud

však data o cihelných výrobcích mají být generická a nevázat se na konkrétního výrobce, je zjednodušení v pořádku.

Databáze dále neobsahuje komponenty, které jsou složeny z mnoha různých materiálů, jejichž poměr se může pro každý konkrétní prvek hodně měnit. Například v databázi neexistuje prvek okno. Jsou zde však prvky rám plastový, dřevěný i hliníkový, zasklení jednoduché, dvojitě i trojitě a několik druhů těsnění. Uživatel pak pomocí těchto prvků a případně dalších materiálů sestaví okno podle jeho konkrétních parametrů. Důvodem, proč Ecoinvent neobsahuje položky pro jednotlivé typy oken jako celky je, že poměr materiálů (například poměr rámu a zasklení) se může v každém konkrétním případě velice lišit.

#### **3.4.5 DOPRAVA**

Doprava materiálů z továrny k distributorovi a od distributora na stavbu se označuje v LCA pro budovy jako fáze A4. Není tedy zahrnuta v environmentálních dopadech materiálu samotného. Doprava má několik druhů dopadu:

- Spotřebu paliva
- Emise výfukových plynů
- Opotřebení vozidla (odpisy)
- Údržba vozidla
- Opotřebení dopravní cesty

Doprava má v databázi Ecoinvent vlastní sekci a položky v ní obsažené zohledňují všechny tyto aspekty. Sekce obsahuje environmentální dopady velkého množství různých dopravních prostředků. Měrné jednotky jsou různé. Pro nákladní dopravu automobilem, vlakem, letadlem i lodí je to tuno-kilometr (tkm), pro osobní dopravu kilometr nebo osobokilometr.

#### **3.4.6 PRÁCE STROJŮ**

V LCA pro budovy se práce strojů bude projevovat hlavně ve fázi A5 jako práce strojů stavebních. Samozřejmě se také uplatní při modelování vlastních položek fáze A1-A3, kde se projeví jako práce strojů pro výrobu případně těžbu materiálu.

Ecoinvent nabízí několik položek pro práci velkých stavebních strojů:

- Zemní práce pomocí nakladače
- Zemní práce pomocí hydraulického rypadla
- Obecný stavební stroj (průměrná hmotnost 10 t, spotřeba 17,4 kg nafty za hodinu)

Do environmentálních dopadů těchto strojů je započítána spotřeba paliva, opotřebení stroje, spotřeba oleje a emise výfukových plynů.

Pro malé stroje jako je vrtačka, míchačka nebo vibrátor nejsou Ecoinventu data. Práce těchto strojů lze tedy vyjádřit pouze jako spotřebu energie či paliva.

### 3.4.7 RÁMCOVÉ LICENČNÍ PODMÍNKY ECOINVENTU 3

Ecoinvent je placená databáze a poskytování dat třetím stranám tedy podléhá licenčním ujednáním. To by se tedy vztahovalo i na nástroj, který propojením environmentálních a rozpočtářských dat vznikne.

Na tento případ se vztahují licenční podmínky EcoDesign Tool Pricing, které jsou určeny pro vývojáře nástrojů, které:

- a) zobrazují přímo data z Ecoinventu, nebo data z nich odvozená;
- b) jsou založeny na databázi, která nějakým způsobem agreguje položky z Ecoinventu a výsledná data poskytuje uživatelům.

Ceny se stanovují na základě počtu poskytovaných indikátorů a počtu stažených/zobrazených datových sad. Jednotková cena za zobrazená data klesá s množstvím.

Nastavení cen a platby obecně probíhají takto:

- Vývojář sepíše, které datasey chce používat a kolik očekává uživatelů
- Ecoinvent zašle cenovou nabídku
- Vývojář zasílá Ecoinventu každé 3 měsíce report s aktuálním počtem uživatelů
- Ecoinvent na základě zaslání seznamu zašle vyúčtování a fakturu, která je splatná do 30 dnů.

Toto jsou rámcové podmínky, o konkrétním nastavení pro konkrétní případ by pak proběhla další jednání.

## Pricing Table Snapshot



BASE PRICE PER DATASET		ADDITIONAL INDICATORS	
Price for the next 25 datasets	€ 0.70	1st indicator	100%
Price for the further next 150 datasets	€ 0.30	2nd indicator	30%
Price for further datasets	€ 0.20	3rd indicator or more	15%

prices per user per year in €		INDICATORS														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
DATASETS	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	10	4	5	5	6	6	7	7	8	8	9	9	10	10	11	11
	20	11	14	15	17	18	20	22	23	25	26	28	29	31	33	34
	50	25	33	36	40	44	48	51	55	59	63	66	70	74	78	81
	80	34	44	49	54	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105	111
	100	40	52	58	64	70	76	82	88	94	100	106	112	118	124	130
	200	73	94	105	116	127	138	149	160	170	181	192	203	214	225	236
	300	93	120	134	148	162	176	190	204	217	231	245	259	273	287	301
	400	113	146	163	180	197	214	231	248	264	281	298	315	332	349	366
	500	133	172	192	212	232	252	272	292	311	331	351	371	391	411	431
	600	153	198	221	244	267	290	313	336	358	381	404	427	450	473	496
	700	173	224	250	276	302	328	354	380	405	431	457	483	509	535	561
	800	193	250	279	308	337	366	395	424	452	481	510	539	568	597	626
	900	213	276	308	340	372	404	436	468	499	531	563	595	627	659	691
1000	233	302	337	372	407	442	477	512	546	581	616	651	686	721	756	
1100	253	328	366	404	442	480	518	556	593	631	669	707	745	783	821	
1200	273	354	395	436	477	518	559	600	640	681	722	763	804	845	886	
	price max.	300	350	400	450	500	550	600	650	700	750	800	850	900	950	1000

Obr. 18: Cenová struktura pro data z Ecoinventu.

### 3.5 OKRAJOVÉ PODMÍNKY – ZAHRNUTÉ FÁZE ŽIVOTNÍHO CYKLU

Analýza environmentální a rozpočtářské databáze a možností jejich propojení se zaměřovala mimo jiné i na to, v jakém rozsahu z hlediska zahrnovaných životních fází lze umožnit environmentální výpočty pomocí soustavy směrných cen. Životní cyklus je zde rozdělen na moduly tak, jak je stanoveno v [16].

#### 3.5.1 „CRADLE-TO-GATE“ – FÁZE A1-A3

V současném stavu cenové i environmentální databáze je možné plnohodnotně pracovat s prvním blokem fází A1-A3, tedy hranicemi cradle-to-gate, kdy jsou k dispozici potřebná environmentální data stavebních materiálů a stavebních výrobků v rozsahu, který je běžně zahrnován v LCA. Pokud by se pracovalo pouze s modulem cradle-to-gate, propojování environmentální a rozpočtářské databáze by se týkalo pouze sborníku pořizovacích cen materiálů (samostatná část cenové databáze).

#### 3.5.2 „CRADLE-TO-SITE“ – FÁZE A1-A4

S určitými zjednodušeními by bylo možné pracovat i s fází dopravy materiálů na staveniště (A4). Environmentální data pro tuto fázi jsou dostupná, Ecoinvent obsahuje údaje o environmentálních dopadech mnoha různých dopravních prostředků. Také v rozpočtářské databázi doprava figuruje.

#### 3.5.3 „CRADLE-TO-HANDOVER“ – FÁZE A1-A5

Zahrnutí fáze A5 (výstavba) je komplikovanější. Cenová databáze obsahuje data velmi detailní, naopak v Ecoinventu jsou data velmi obecná. Podrobněji je tato problematika rozebrána v kapitole 3.10.2. Do fáze A5 patří také likvidace stavebního

odpadu, bude tedy třeba doplnit environmentální dopady k souboru „odvoz a uložení odpadu“. Jak bude popsáno níže, pro environmentální dopady odpadů je velmi důležitý druh jejich likvidace, cenová soustava však neposkytuje různé položky pro různé druhy nakládání s odpady. Pro účely stanovení environmentálních dopadů likvidace odpadu vzniklého při stavbě by však bylo možné v prvním kroku zjednodušeně uvažovat, že všechen odpad je skládkován a metodiku pro výpočet ostatních druhů likvidace dopracovat později.

#### **3.5.4 „CRADLE-TO-GRAVE“ – FÁZE A1-C4**

Pokud je třeba spočítat dopady fází B (užívání, údržba, rekonstrukce, výměny) a C (konec životního cyklu) již při plánování budovy, nastává problém s nutností predikovat tyto fáze, jelikož údaje o průběhu a ceně těchto fází nebývají součástí rozpočtu. V cenové databázi i v environmentální databázi jsou dostupná některá data z fází B, zejména B4 a B5 (výměny a rekonstrukce), která jsou obdobná jako data k výstavbě. Pokud budou položky cenové databáze, které se používají pro výpočet nákladů na novou nemovitost či na rekonstrukci, kompletně doplněné o environmentální dopady, bude možné vyjádřit bez problému i fázi B4 a B5, pokud bude mít uživatel sestaven scénář pro tyto fáze nebo pokud se jedná o rekonstrukci, na kterou je již zpracován rozpočet.

Cenové databáze zatím neumožňují spočítat provozní spotřebu energie (B6), ale výpočet environmentálních dopadů pro tuto fázi je k dispozici. Environmentální dopady provozní spotřeby energie se nejlépe spočítají na základě průkazu energetické náročnosti budovy.

Environmentální dopady fáze B7, která se zabývá provozní spotřebou vody, by zřejmě nebylo složité počítat, ale vyžadovalo by to rešerši literatury, porovnání okrajových podmínek s dostupnými daty v ČR a zavedení případných korekcí. V zásadě by ale bylo možné fázi B7 zpracovat. Problematice se detailně věnuje například anglická výzkumná zpráva Greenhouse gas emissions of water supply and demand management options [93].

Data k fázím C1-C4 jsou v cenové databázi pouze velmi obecná. Není zde možné specifikovat, zda je materiál skládkován, spalován, recyklován či opětovně využit, jelikož z hlediska ceny to není významné. Z hlediska environmentálního dopadu této fáze životního cyklu budovy je přitom způsob likvidace odpadu zásadní. Environmentální dopady k fázím C1 – C4 by tedy bylo možné doplnit se zjednodušujícím předpokladem, že všechen odpad skládkován, jak bylo popsáno výše pro účely likvidace odpadu vzniklého během stavby. Nelze ale doporučit, aby tento druh zjednodušení byl použit pro demoliční odpad, jelikož jeho množství je velké a nějaká část odpadu bude jistě recyklována. Do budoucna lze předpokládat, že čím dál více stavebního a demoličního odpadu bude recyklováno a opětovně využíváno. Aby bylo možné vyjádřit dostatečně vypovídajícím způsobem environmentální dopady likvidace budovy, bylo by třeba rozšířit příslušný soubor položek cenové soustavy o položky pro různý druh nakládání s odpadem. Další možností je zpracovat analýzu, jakým způsobem je který odpad likvidován a na

základě toho agregovat environmentální data. Tedy například pokud je prostý beton v české republice z 30 % recyklován a ze 70 % skládkován, bude mít 30 % z jednoho kilogramu likvidovaného betonu environmentální dopady spojené s jeho recyklací, 70 % bude odpovídat jeho skládkování. Další možností je rozšířit cenovou databázi o položky různých způsobů likvidace stavebního odpadu.

#### **3.6 OKRAJOVÉ PODMÍNKY – ZAHRNUTÉ ČÁSTI BUDOVY**

Vzhledem k pravděpodobnému využití nové environmentální funkcionality cenové databáze pro certifikační systémy by bylo vhodné zaměřit se především na pozemní stavby a umožnit výpočet environmentálních dopadů všech částí staveb, které se do LCA běžně zahrnují.

Z důležitých částí je třeba vynechat pouze systémy TZB. V tuto chvíli by bylo vhodné pokrýt položky pro systémy TZB částečně tak, aby bylo možné spočítat environmentální dopady potrubí a některých dalších jednodušších částí. Pro části jako kotle či čerpadla by však v tuto chvíli nebylo možné získat relevantní environmentální data a jejich vlastní výpočet je velice složitý. Nezahrnutí systémů TZB je v současné době poměrně běžné, přestože je známo, že může mít poměrně vysoké zabudované dopady [94]. Metoda pro stanovení dopadu TZB je však předmětem dalšího výzkumu. Dále bude vynechána část zeleň.

#### **3.7 KRITÉRIA PRO NEZAHRNUTÍ NĚKTERÝCH POLOŽEK**

Některé položky materiálů, které se v rozpočtech objevují, se do LCA nezahrnují, byť mají environmentální dopady. Důvodem je buď fakt, že nejsou pro hranice cradle-to-gate relevantní (například spotřeba elektrod při svařování spadá do fáze procesu výstavby), nebo je stanovení jejich dopadů velmi obtížné, a přitom se na celkovém dopadu podílejí zanedbatelně. Bude potřeba pečlivě stanovit pravidla pro výběr těchto položek. Na začátku každé studie LCA musí být určeny hranice systému. Tyto hranice přesně vymezují, co bude do výpočtu zahrnuto a co ne. Před tím, než začne být rozšíření sborníku pořizovacích cen o environmentální dopady realizováno, je třeba stanovit, jaké budou hranice systému pro poskytovaný environmentální výpočet. Pokud by měla být připravena možnost počítat pomocí cenové soustavy environmentální dopady fáze A1-A3, je vhodné zahrnout všechny materiály vyskytující se ve stavební části rozpočtu, vynechat ale veškeré systémy TZB, nebo případně zahrnout jenom jednoduché položky jako jsou potrubí, kabely a vzduchovody, nezahrnovat však přístroje, protože k těmto položkám nebude možné získat environmentální data. Toto rozhodnutí bude třeba podložit literaturou nebo existujícími LCA studii.

Dále by bylo vhodné nastavit pravidla pro vynechání některých položek, které bývají zastoupeny v malém množství a mají tedy zanedbatelný vliv na environmentální dopady. Jedná se o materiály, jako jsou hmoždinky, různá speciální těsnění, lepidla atd. Při zpracovávání konkrétních LCA studií se nastavují takzvaná omezující pravidla (cut-off kritéria), která určují minimální množství produktu, které se ještě započítává. Nicméně v tomto případě bude třeba stanovit omezující pravidla



obecně. Vhodným postupem bude vybrat materiály, které obvykle bývají zastoupeny v minimálním množství, a podložit tento výběr konkrétními případovými studii.

Je možné, že i po aplikování předchozích dvou opatření pro vynechání položek se během přiřazování narazí na takové položky, které do těchto skupin nepatří, ale přesto k nim environmentální data přiřadit nelze nebo, a to je pravděpodobnější, by to bylo vysoko nad rámec předpokládané pracnosti a nákladnosti. Průběžně bude tedy třeba tvořit seznam takových položek a ke každé uvést důvod, proč k ní environmentální data nejsou přiřazena. I po zprovoznění nového rozšíření cenové soustavy pak bude možné tato data postupně doplnit.

### 3.8 VÝBĚR ENVIRONMENTÁLNÍCH INDIKÁTORŮ

Pro vyjádření environmentálních dopadů se používají tzv. kategorie dopadu, vyjadřované pomocí příslušných indikátorů dopadu. Kategorie dopadu dělíme na „midpointové“ a „endpointové“:

- Midpointové kategorie dopadu jsou založeny na hodnocení měřitelných (fyzikálně-chemických) vlastností elementárních materiálových a energetických toků produktu.
- Endpointové kategorie dopadu jsou oproti tomu založeny na vyčíslování reálných škod způsobených elementárními toky v životním prostředí

#### 3.8.1 ENVIRONMENTÁLNÍ INDIKÁTORY

Volba environmentálních indikátorů, pro které budou práce na propojování environmentální a rozpočtářské databáze probíhat byla provedena pro účely nástroje EnviBIM. Díky tomu, že environmentální data jsou z Ecoinventu získávána prostřednictvím software SimaPro, může být škála indikátorů později snadno změněna či doplněna.

Pro účely případových studií je vybrán vždy jen jeden indikátor, protože postupy, které jsou na studiích testovány, jsou stejným způsobem aplikovatelné na jakoukoliv sadu indikátorů.

Hlavním podkladním dokumentem pro LCA data EnviBIMu byla zvolena norma ČSN EN 15804 a 15804+A1, protože podle této normy vznikají stavební EPD, což jsou dokumenty, se kterými mají již mnozí architekti a projektanti zkušenost. Volba environmentálních indikátorů byla tedy provedena na základě doporučení této normy. Vzhledem k nedostupnosti některých indikátorů v databázi Ecoinvent a propojeném software Simapro, nebylo možné výpočty provést pro všechny doporučené indikátory (například indikátory týkající se opětovného využití a recyklace). Seznam indikátorů vybraných pro EnviBIM je v Tab. 8.

Tab. 8 Parametry popisující environmentální dopady [25]

Indikátor	Jednotka
1 Potenciál úbytku surovin (ADP – prvky) pro nefosilní zdroje	kg Sb ekv

### 3 METODY ŘEŠENÍ

---

2	Potenciál úbytku surovin (ADP – fosilní paliva) pro fosilní zdroje	MJ, výhřevnost
3	Potenciál acidifikace půdy a vody (AP)	kg SO <sub>2</sub> ekv
4	Potenciál úbytku stratosferické ozónové vrstvy (ODP)	kg CFC 11 ekv.
5	Potenciál globálního oteplování (GWP)	kg CO <sub>2</sub> ekv.
6	Potenciál eutrofizace (EP)	kg (PO <sub>4</sub> ) <sup>3-</sup> ekv
7	Potenciál tvorby přízemního ozonu (POCP)	kg Ethene ekv.
8	Celková spotřeba obnovitelných zdrojů primární energie (primární energie a zdroje primární energie využité jako suroviny)	MJ, výhřevnost
9	Celková spotřeba neobnovitelných zdrojů primární energie (primární energie a zdroje primární energie využité jako suroviny)	MJ, výhřevnost
10	Potenciál nedostatku vody (WDP)	m <sup>3</sup> ekv.
11	Odstraněný nebezpečný odpad	kg
12	Odstraněný ostatní odpad	kg
13	Odstraněný radioaktivní odpad	kg

---

#### 3.8.2 ENDPOINTOVÝ INDIKÁTOR ReCiPe

V rámci projektu bylo také uvažováno o zahrnutí endpointových kategorií dopadu a normalizovaných a váhovaných výsledků pomocí single score indikátoru, protože vyjádření výsledků LCA celou škálou environmentálních indikátorů značně stěžuje interpretaci. Nejvíce využívanou a zároveň rozvíjenou metodou v této oblasti je ReCiPe [95]. Je určena pro nejširší využití jak z hlediska regionu, tak účelu prováděné LCA. Nicméně nakonec bylo rozhodnuto indikátor ReCiPe nepoužít, jelikož není všeobecně uznávaný na evropské úrovni a navíc jeho metodické zpracování není v souladu s použitými midpointovými indikátory, a tak by mohlo při jeho vyhodnocení dojít k zavádějícím a nejistým výsledkům.

#### 3.8.3 METODY LCIA

Kromě indikátorů je potřeba zvolit také zdroj charakterizačních faktorů. Ty jsou součástí různých metod LCIA, tedy metod stanovujících, jak se výsledky inventarizace přepočítají na midpointové kategorie dopadu.

#### **METODA CML-IA**

Pro indikátory 1-7 doporučuje norma charakterizační faktory z metody CML 2001 [96]. CML je nejvíce využívanou základní metodiku LCIA, která byla vyvíjena již od roku 1996 na Univerzitě v Leidenu v Nizozemí. Její nejnovější verze se nazývá CML 2001 a její zásady jsou obsaženy v publikaci Handbook on Life Cycle Assessment [97]. Aktuálně poskytuje CML nejnovější charakterizační faktory v databázi CML-IA. CML posuzuje environmentální dopady pomocí následujících základních midpointových kategorií dopadu:

- Acidifikace;
- Globální oteplování;
- Úbytek abiotických surovin;
- Ekotoxicita;
- Eutrofizace;
- Humánní toxicita;
- Úbytek stratosférického ozónu;
- Vznik fotooxidantů;

Každá midpointová kategorie dopadu je následně charakterizována midpointovým indikátorem, který ji kvantifikuje. Jedná se např. o kvantifikaci acidifikace pomocí „potenciálu acidifikace“, vyjádřeném v jednotkách [kg SO<sub>2</sub> ekv].

Z výše zmíněných kategorií dopadu jsou v rámci projektu EnviBIM vynechány ekotoxicita a humánní toxicita, a to především z toho důvodu, že neexistuje mezinárodní konsenzus na výpočet těchto kategorií dopadu a zároveň nejsou obsaženy v normě ČSN EN 15804.

#### **SPOTŘEBA OBNOVITELNÉ A NEOBNOVITELNÉ ENERGIE**

Pro indikátory celkové spotřeby obnovitelné a neobnovitelné energie (8 a 9) norma nestanovuje žádnou doporučenou metodu, a tak se v rámci projektu budou zjišťovat pomocí metody Cumulative Energy Demand (CED), která vychází přímo z databáze Ecoinvent 2.0 a je popsána v reportech k této verzi Ecoinventu [98]. CED vyjadřuje kumulativní spotřebu několika kategorií zdrojů:

- Neobnovitelné zdroje
  - fosilní zdroje: uhlí, ropa, zemní plyn a rašelina
  - nukleární zdroje: uran
  - biomasa: výhřevnost dřeva v pralesích (prales je uvažován jako neobnovitelný)
- Obnovitelné zdroje:
  - biomasa
  - slunce, vítr, geotermální energie

- o voda

Použité jednotky jsou megajoule, což je shodné s indikátory předepsanými normou. Pro EnviBIM jsou použity kumulativní hodnoty pro veškerou obnovitelnou a neobnovitelnou energii.

#### **SPOTŘEBA VODY: AVAILABLE WATER REMAINING (AWARE)**

Pro indikátor spotřeby vody (10) doporučovala norma ČSN EN 15804+A1 používat indikátor čisté spotřeby vody s jednotkou  $m^3$ . Nicméně již začátkem roku 2021, kdy se rozhodovalo o indikátorech pro EnviBIM doporučovala platforma Environdec používat indikátor Potenciál nedostatku vody podle metody AWARE platformy WULCA [99]. Indikátor udává ekvivalentní spotřebu vody v průběhu životního cyklu výrobku, která se stanoví vynásobením skutečné spotřeby vody charakterizačním faktorem  $CF_{aware}$ . Ten představuje dostupnou vodu zbývající v ploše povodí po odečtení potřeb vody pro společnost a ekosystémy, a to vzhledem ke světovému průměru. Kvantifikuje tak potenciál způsobit nedostatek vody dalšímu uživateli (člověku nebo ekosystému) při spotřebě vody v dané oblasti a předpokládá, že čím méně vody v dané oblasti zbývá, tím pravděpodobněji jí bude mít další uživatel nedostatek. Čím větší je spotřeba vody v poměru k dostupnému množství v dané oblasti, tím vyšší je  $CF_{aware}$  pro danou oblast.  $CF_{aware} = 1$  je světový průměr.  $CF_{aware} = 10$  znamená, že v dané oblasti je 10x méně dostupné zbývající vody, než je světový průměr.

#### **METODA EDIP**

Pro indikátory týkající se odpadu norma také nestanovuje žádnou metodu, protože při zpracovávání EPD se tyto hodnoty stanovují rovnou z inventarizační analýzy, ve které musí být produkce různých odpadů uvedena. Není třeba žádných charakterizačních faktorů. Při práci s generickými daty z databáze Ecoinvent je však vhodné tyto indikátory určit pomocí některé LCIA metody, protože z inventarizací, tak jak jsou uvedeny u jednotlivých položek databáze by se hodnoty produkce odpadů určovaly obtížně.

Jediná metoda dostupná v software SimaPro 8 zahrnující výpočet produkce odpadu je dánská metoda EDIP2003 [100]. Tato metoda zahrnuje i stejné midpointové indikátory, jako CML-IA (s vlastními charakterizačními faktory), pro EnviBIM jsou však použity pouze indikátory odpadu. Metoda pracuje se čtyřmi druhy odpadu:

- velkoobjemový odpad
- strusky/popílký
- nebezpečný odpad
- radioaktivní odpad

Použité jednotky jsou kilogramy, což je shodné s požadavkem normy. Pro EnviBIM se objem strusek/popílků a velkoobjemového odpadu sčítá do kategorie „Ostatní odpad“.

#### 3.9 MOŽNOSTI AGREGACE DAT

ÚRS provozuje katalog cen zvaný RYRO (rychlé rozpočtování). Tento katalog obsahuje agregované položky (na základě databáze směrných cen) a umožňuje tedy sestavit rozpočet ve fázi projektu, kdy ještě není projekt dostatečně detailní, aby se dalo pracovat s katalogem směrných cen stavebních prací. Environmentální dopady doplněné do tohoto katalogu by byly velice užitečné, protože míra detailnosti environmentální databáze lépe odpovídá databázi RYRO, ve které jsou obecnější položky než v soustavě směrných cen.

#### 3.10 DETAILNÍ ANALÝZA MOŽNÉHO POSTUPU PRÁCE S JEDNOTLIVÝMI PROPOJOVANÝMI POLOŽKAMI

Tato analýza je přípravnou fází pro tvorbu metodiky pro propojování databází, protože identifikuje, co všechno metodika musí postihovat. Analýza se zabývá hlavně možnostmi propojit environmentální a rozpočtářskou databázi v hranicích cradle-to-gate, ale okrajově též analyzuje možnost přidat dopravu na staveniště a alespoň zjednodušeně proces výstavby. Dále popisuje, jak by bylo možné pokrýt též dopady spojené s některými fázemi B (rekonstrukce, výměna).

Při přiřazování environmentálních dat k datům z cenové databáze je třeba udělat řadu rozhodnutí, která záleží na zvolené strategii. Například při volbě odpovídající položky je třeba vybrat z Ecoinventu tu, která dané položce z cenové soustavy nejvíce odpovídá, případně rozhodnout o vytvoření více odpovídající položky. Korektních cest, kudy se v takové situaci vydat, je více, a výsledky se mohou lišit. Proto je třeba vypracovat metodiku, která bude dávat návod na to, jak při přiřazování environmentálních dat do soustavy směrných cen postupovat.

Metodika bude obsahovat návod, jak postupovat ve všech případech, kde se postup od ostatních případů liší. Například pokud se ocelové válcované profily uživatelsky modelují v Ecoinventu a to tak, že výsledný proces obsahuje položku „Steel, low-alloyed {RER} (...)“ a položku „Section bar rolling, steel {RER} (...)“, v metodice bude toto uvedeno a odůvodněno. Bude zde také odkaz na zdroj, na základě kterého je tento postup zvolen, pokud je to relevantní. Například v případě ocelových válcovaných profilů je zdrojem článek „Adaptation of environmental data to national and sectorial context: application for reinforcing steel sold on the French market.“ [101]. Dále bude metodika určovat, pro které všechny položky se má takto postupovat.

V některých případech bude metodika stručnější. Například pokud je rozhodnuto, že pro všechny keramické tašky a obkladačky se z Ecoinventu má použít položka „Ceramic tile {RoW (...)“, stačí tento výběr odůvodnit a určit, pro které všechny položky z cenové soustavy se má takto postupovat. Případně také do metodiky zanést, že rozdílný druh a množství glazury se zanedbává.

U položek, kde je třeba převádět množství na jiné jednotky, by mělo být uvedeno, jaký zdroj pro informace potřebné pro převod jednotek (objemová hmotnost, kusová hmotnost...) je vhodné použít.

Metodika by měla takto postihnout všechny položky, protože u každého speciálního postupu bude uvedeno, pro které položky platí.

#### **3.10.1 VÝROBNÍ FÁZE STAVEBNÍCH MATERIÁLŮ (CRADLE-TO-GATE)**

Do výrobní fáze budovy se zahrnují všechny dopady spojené s výrobou stavebních materiálů až po okamžik, kdy opouští bránu výrobního podniku. Kromě samotných materiálů by tedy měla být započítána i výroba potřebných obalů.

Aby stavební rozpočet umožnil uživateli environmentální výpočet této fáze budovy, je třeba umožnit přiřazení environmentálních dopadů ke všem položkám ze sborníku pořizovacích cen materiálů s výjimkou těch, které se z principiálních důvodů do hodnocení nezahrnují. Toto přiřazení by mělo být uskutečnitelné, jelikož podobně jako cenová soustava se snaží poskytnout kompletní data, aby bylo možné stanovit celkovou cenu libovolné budovy, databáze Ecoinvent se snaží o kompletnost dat pro environmentální výpočty. Mezi databázemi je však mnoho rozdílů, a proto bude třeba provést několik typů úprav. Pro každý typ úprav musí být zpracována podrobná metodika, která bude obsahovat instrukce, jak při úpravách postupovat pro různé druhy položek. Při tvorbě metodiky tedy bude třeba zkoumat každý obor, případně i podobor pořizovacích cen materiálů zvlášť. Metodiky budou zajišťovat, že až dojde k samotnému přiřazování environmentálních dopadů k položkám sborníku pořizovacích cen materiálů, bude při všech rozhodovacích procesech postupováno konzistentně.

V následujících podkapitolách je popsáno, jaké jsou klíčové momenty při propojování databází, které bude potřeba v metodice propojování postihnout.

#### **VÝBĚR ODPOVÍDAJÍCÍ POLOŽKY**

Jak již bylo naznačeno v popisu struktur cenové a environmentální databáze, rozlišení obou databází je velmi rozdílné. Při tvorbě metodiky bude třeba pečlivě analyzovat všechny obory materiálů, aby metodika postihovala všechny rozhodovací procesy, ke kterým bude při hledání vhodných položek v databázi Ecoinvent docházet. Například v oboru výroby pilařské je mimo jiné obsaženo velké množství různých položek pro řezivo (Obr. 19). Liší se podle stromu, ze kterého pochází, podle rozměrů, stupně opracovanosti, jakosti a podle toho, zda je sušené, či nikoli. Všechny tyto parametry totiž ovlivňují cenu řeziva.

### 3 METODY ŘEŠENÍ

Obor	Kód položky	Zkrácený popis	MJ	Požizovací cena	Firemní cena	Firemní nákupní cena	Firemní doprava	Hmotnost
605	605110110	řezivo jehličnaté deskové neopracované střed jakost I	m3	4 840,00	4 840,00	4 500,00	340,00	0,55000
605	605110120	řezivo jehličnaté deskové neopracované střed jakost II	m3	4 840,00	4 840,00	4 500,00	340,00	0,55000
605	605110130	řezivo jehličnaté deskové neopracované střed jakost III	m3	4 840,00	4 840,00	4 500,00	340,00	0,55000
605	605110210	řezivo jehličnaté - středové SM tl. 33-100 mm, jakost II, 2 - 3.	m3	6 330,00	6 330,00	5 990,00	340,00	0,55000
605	605110220	řezivo jehličnaté - středové SM tl. 33-100 mm, jakost III, 2 - ...	m3	5 740,00	5 740,00	5 400,00	340,00	0,55000
605	605110410	řezivo jehličnaté - středové SM tl. 33-100 mm, jakost II, 4 - 5.	m3	6 330,00	6 330,00	5 990,00	340,00	0,55000
605	605110420	řezivo jehličnaté - středové SM tl. 33-100 mm, jakost III, 4 - ...	m3	5 740,00	5 740,00	5 400,00	340,00	0,55000
605	605110600	řezivo jehličnaté omítané střed jakost I	m3	4 840,00	4 840,00	4 500,00	340,00	0,55000
605	605110620	řezivo jehličnaté omítané střed jakost II	m3	4 840,00	4 840,00	4 500,00	340,00	0,55000
605	605110640	řezivo jehličnaté omítané střed jakost III	m3	4 840,00	4 840,00	4 500,00	340,00	0,55000
605	605110710	řezivo jehličnaté středové SM 2 - 3,5 m tl. 18-32 mm jakost II	m3	5 590,00	5 590,00	5 250,00	340,00	0,55000
605	605110720	řezivo jehličnaté středové SM 2 - 3,5 m tl. 18-32 mm jakost III	m3	5 190,00	5 190,00	4 850,00	340,00	0,55000
605	605110810	řezivo jehličnaté středové SM 4 - 5 m tl. 18-32 mm jakost II	m3	5 590,00	5 590,00	5 250,00	340,00	0,55000
605	605110820	řezivo jehličnaté středové SM 4 - 5 m tl. 18-32 mm jakost III	m3	5 190,00	5 190,00	4 850,00	340,00	0,55000
605	605111090	řezivo jehličnaté SM 2 - 3,5 m tl. 24 mm jakost II	m3	4 390,00	4 390,00	4 050,00	340,00	0,55000
605	605111100	řezivo jehličnaté SM 2 - 3,5 m tl. 24 mm jakost III	m3	3 840,00	3 840,00	3 500,00	340,00	0,55000
605	605111120	řezivo jehličnaté SM 4 - 5 m tl. 24 mm jakost II	m3	4 690,00	4 690,00	4 350,00	340,00	0,55000
605	605111130	řezivo jehličnaté SM 4 - 5 m tl. 24 mm jakost III	m3	4 090,00	4 090,00	3 750,00	340,00	0,55000
605	605111200	řezivo stavební prkna prismatická tloušťky 25 - 37 mm délky.	m3	5 940,00	5 940,00	5 600,00	340,00	0,55000
605	605111250	řezivo stavební fošny prismatické do šířky mm délky 2 - 5 m	m3	5 940,00	5 940,00	5 600,00	340,00	0,55000
605	605111300	řezivo stavební fošny prismatické šířky přes 220 mm délky ...	m3	6 140,00	6 140,00	5 800,00	340,00	0,55000
605	605111350	řezivo stavební fošny prismatické šířky přes 220 mm délky ...	m3	6 340,00	6 340,00	6 000,00	340,00	0,55000
605	605111400	řezivo stavební prkna omítaná tloušťky přes 25 mm šířky př.	m3	3 840,00	3 840,00	3 500,00	340,00	0,55000
605	605111450	řezivo stavební prkna omítaná tloušťky přes 25 mm šířky př.	m3	4 140,00	4 140,00	3 800,00	340,00	0,55000
605	605111500	řezivo stavební prkna omítaná tloušťky přes 25 mm šířky př.	m3	4 340,00	4 340,00	4 000,00	340,00	0,55000
605	605120010	řezivo jehličnaté hranol jakost I do 120 cm2	m3	4 840,00	4 840,00	4 500,00	340,00	0,55000
605	605120030	řezivo jehličnaté hranol jakost II do 120 cm2	m3	4 840,00	4 840,00	4 500,00	340,00	0,55000
605	605120110	řezivo jehličnaté hranol jakost I nad 120 cm2	m3	4 840,00	4 840,00	4 500,00	340,00	0,55000
605	605120130	řezivo jehličnaté hranol jakost II nad 120 cm2	m3	4 840,00	4 840,00	4 500,00	340,00	0,55000
605	605121110	řezivo jehličnaté hranol jakost I-II délka 2 - 3,5 m	m3	6 330,00	6 330,00	5 990,00	340,00	0,55000
605	605121130	řezivo jehličnaté hranol jakost II délka 2 - 3,5 m	m3	5 740,00	5 740,00	5 400,00	340,00	0,55000
605	605121210	řezivo jehličnaté hranol jakost I-II délka 4 - 5 m	m3	6 330,00	6 330,00	5 990,00	340,00	0,55000
605	605121230	řezivo jehličnaté hranol jakost II délka 4 - 5 m	m3	5 740,00	5 740,00	5 400,00	340,00	0,55000
605	605121250	řezivo stavební hranolek průřezu do 100 x 100 mm délka do.	m3	6 140,00	6 140,00	5 800,00	340,00	0,55000
605	605121300	řezivo stavební hranol průřezu 100 x 100 - 140 x 140 mm dé.	m3	5 840,00	5 840,00	5 500,00	340,00	0,55000
605	605121350	řezivo stavební hranol průřezu 160 x 160 - 180 x 180 mm dé.	m3	5 940,00	5 940,00	5 600,00	340,00	0,55000

ⓘ Potřebujete poradit? Použijte službu [Asistent rozpočtáře](#)

Obr. 19: Ukázka položek, které jsou k dispozici pro řezivo ve sborníku pořizovacích cen materiálů

V databázi Ecoinvent je položek pro řezivo mnohem méně. Co do druhu stromu, dělí se pouze na tvrdé a měkké dřevo. Při přiřazování se tedy položky ve sborníku pořizovacích cen musí rozdělit na skupinu kde je použito tvrdé a kde měkké dřevo. Dále Ecoinvent rozlišuje podle opracovanosti, dělí však řezivo pouze na hoblované a nehoblované. Opět je tedy třeba rozdělit položky ve sborníku pořizovacích cen materiálů na ty, které se blíží svou opracovaností spíš k hoblovanému nebo nehoblovanému řezivu. Dále Ecoinvent rozlišuje mezi řezivem uměle sušeným a sušeným na vzduchu a také zohledňuje jeho výslednou vlhkost. Tyto parametry totiž ovlivňují výsledné environmentální dopady. Sborník pořizovacích cen však takto materiály nerozlišuje. Bude tedy třeba rozhodnout, který druh sušení a jakou míru suchosti pro jednotlivé položky volit a proces tohoto rozhodování dobře popsat v metodice, nebo doplnit do sborníku pořizovacích cen položky pro dřevo, které budou mít stále stejnou cenu, ale různé vlhkosti a různý proces sušení (tento případný postup je na samostatný rozbor ve spolupráci s týmem ÚRS).

### 3 METODY ŘEŠENÍ

Name	Unit	Waste type	Project
Sawnwood, softwood, raw, kiln dried, 20% water on dry mass basis { m3			Ecoinvent 3 - consequential - unit
Sawnwood, softwood, raw, kiln dried, 20% water on dry mass basis { m3			Ecoinvent 3 - consequential - system
Sawnwood, softwood, raw, kiln dried, 20% water on dry mass basis { m3			Ecoinvent 3 - allocation, default - unit
Sawnwood, softwood, raw, kiln dried, 20% water on dry mass basis { m3			Ecoinvent 3 - allocation, default - system
Sawnwood, softwood, raw, kiln dried, 20% water on dry mass basis { m3			Ecoinvent 3 - consequential - unit
Sawnwood, softwood, raw, kiln dried, 20% water on dry mass basis { m3			Ecoinvent 3 - consequential - system
Sawnwood, softwood, raw, kiln dried, 20% water on dry mass basis { m3			Ecoinvent 3 - allocation, default - unit
Sawnwood, softwood, raw, kiln dried, 20% water on dry mass basis { m3			Ecoinvent 3 - allocation, default - system
Sawnwood, softwood, raw, kiln dried, 10% water on dry mass basis { m3			Ecoinvent 3 - allocation, default - unit
Sawnwood, softwood, raw, kiln dried, 10% water on dry mass basis { m3			Ecoinvent 3 - consequential - system
Sawnwood, softwood, raw, kiln dried, 10% water on dry mass basis { m3			Ecoinvent 3 - allocation, default - unit
Sawnwood, softwood, raw, kiln dried, 10% water on dry mass basis { m3			Ecoinvent 3 - allocation, default - system
Sawnwood, softwood, raw, kiln dried, 10% water on dry mass basis { m3			Ecoinvent 3 - consequential - unit
Sawnwood, softwood, raw, kiln dried, 10% water on dry mass basis { m3			Ecoinvent 3 - consequential - system
Sawnwood, softwood, raw, kiln dried, 10% water on dry mass basis { m3			Ecoinvent 3 - allocation, default - unit
Sawnwood, softwood, raw, kiln dried, 10% water on dry mass basis { m3			Ecoinvent 3 - allocation, default - system
Sawnwood, softwood, raw, kiln dried, 10% water on dry mass basis { m3			Ecoinvent 3 - consequential - unit
Sawnwood, softwood, raw, kiln dried, 10% water on dry mass basis { m3			Ecoinvent 3 - consequential - system
Sawnwood, softwood, raw, kiln dried, 10% water on dry mass basis { m3			Ecoinvent 3 - allocation, default - unit
Sawnwood, softwood, raw, kiln dried, 10% water on dry mass basis { m3			Ecoinvent 3 - allocation, default - system
Sawnwood, softwood, raw, debarked {GLO}  market for   Conseq, U m3			Ecoinvent 3 - consequential - unit
Sawnwood, softwood, raw, debarked {GLO}  market for   Conseq, S m3			Ecoinvent 3 - consequential - system
Sawnwood, softwood, raw, debarked {GLO}  market for   Alloc Def, L m3			Ecoinvent 3 - allocation, default - unit
Sawnwood, softwood, raw, debarked {GLO}  market for   Alloc Def, S m3			Ecoinvent 3 - allocation, default - system
Sawnwood, softwood, raw, air dried {RoW}  market for   Conseq, U m3			Ecoinvent 3 - consequential - unit
Sawnwood, softwood, raw, air dried {RoW}  market for   Conseq, S m3			Ecoinvent 3 - consequential - system
Sawnwood, softwood, raw, air dried {RoW}  market for   Alloc Def, U m3			Ecoinvent 3 - allocation, default - unit
Sawnwood, softwood, raw, air dried {RoW}  market for   Alloc Def, S m3			Ecoinvent 3 - allocation, default - system
Sawnwood, softwood, raw, air dried {RER}  market for   Conseq, U m3			Ecoinvent 3 - consequential - unit
Sawnwood, softwood, raw, air dried {RER}  market for   Conseq, S m3			Ecoinvent 3 - consequential - system
Sawnwood, softwood, raw, air dried {RER}  market for   Alloc Def, U m3			Ecoinvent 3 - allocation, default - unit
Sawnwood, softwood, raw, air dried {RER}  market for   Alloc Def, S m3			Ecoinvent 3 - allocation, default - system
Sawnwood, softwood, kiln dried, planed {RoW}  market for   Conseq, m3			Ecoinvent 3 - consequential - unit
Sawnwood, softwood, kiln dried, planed {RoW}  market for   Conseq, m3			Ecoinvent 3 - consequential - system
Sawnwood, softwood, kiln dried, planed {RoW}  market for   Alloc Def, m3			Ecoinvent 3 - allocation, default - unit
Sawnwood, softwood, kiln dried, planed {RoW}  market for   Alloc Def, m3			Ecoinvent 3 - allocation, default - system
Sawnwood, softwood, kiln dried, planed {RER}  market for   Conseq, m3			Ecoinvent 3 - consequential - unit
Sawnwood, softwood, kiln dried, planed {RER}  market for   Conseq, m3			Ecoinvent 3 - consequential - system
Sawnwood, softwood, kiln dried, planed {RER}  market for   Alloc Def, m3			Ecoinvent 3 - allocation, default - unit
Sawnwood, softwood, kiln dried, planed {RER}  market for   Alloc Def, m3			Ecoinvent 3 - allocation, default - system
Sawnwood, softwood, air dried, planed {RoW}  market for   Conseq, m3			Ecoinvent 3 - consequential - unit
Sawnwood, softwood, air dried, planed {RoW}  market for   Conseq, m3			Ecoinvent 3 - consequential - system
Sawnwood, softwood, air dried, planed {RoW}  market for   Alloc Def, m3			Ecoinvent 3 - allocation, default - unit

Obr. 20: Ukázka položek, které jsou k dispozici pro řezivo v databázi Ecoinvent.

#### PŘEPOČET JEDNOTEK

Přepočítání jednotek je potřeba tehdy, když cenová soustava používá jiné jednotky, než databáze environmentálních dat. Jsou tři základní typy převodů, se kterými se lze setkat:

1. Převod, kdy není třeba znát další charakteristiky prvku. Typicky se jedná o stejnou veličinu, ale uváděnou v různých jednotkách (např. převod z tun na kilogramy, tisíce kusů na kusy atd.).

2. Převod, kdy je nutné znát materiálové vlastnosti prvku či materiálu a použijí se ty, které náleží vybrané položce v databázi Ecoinvent (objemová hmotnost, plošná hmotnost, hmotnost kusu atd.). V takovém výpočtu se tedy nebere v úvahu fakt, že prvek v cenové databázi má jiné vlastnosti než prvek v environmentální databázi. Například pokud má okno v cenové databázi jednotku „kus“ a je třeba množství převést na m<sup>2</sup> rámu a skla, použije se plošná hmotnost uvedená v Ecoinventu, pak z hlediska environmentálního výpočtu nahrazujeme konkrétní okno z cenové databáze obecným oknem z Ecoinventu.



3. Převod, kdy je nutné znát materiálové vlastnosti prvku či materiálu a použijí se ty, které náleží položce z cenové databáze. To je příklad cihly. V Ecoinventu je položka výrobku z pálené hlíny s měrnou jednotkou kg. Dopady výroby cihly totiž závisí hlavně na hmotnosti a jen velmi málo na objemu, počtu kusů atd. Pokud je třeba zjistit dopady například konkrétní dutinové cihly z cenové databáze, kde je jako měrná jednotka použit počet kusů, převod na kilogramy se provede pomocí skutečné hmotnosti cihly například podle katalogu výrobce.

Mezi převody uvedenými v bodě 2 a 3 je třeba se rozhodnout na základě podstaty materiálů a výrobků. V metodice pro doplnění environmentálních dat do Ecoinventu musí být pro každou skupinu položek uvedeno, jaký typ převodu jednotek využít.

#### **MODELOVÁNÍ PRODUKTŮ**

Stavebních komponenty, které jsou složeny z více různých materiálů, často v databázi Ecoinvent nejsou uvedeny, jelikož poměr materiálů obsažených v produktu se může pro každý konkrétní produkt značně lišit. Takové položky je tedy potřeba uživatelsky vytvořit pomocí dílčích materiálů a procesů výroby v databázi obsažených. Příkladem takového komponentu je prefabrikovaný keramický překlad, který kromě keramického materiálu obsahuje také beton a ocelovou výztuž. Aby mohla být zjištěna uhlíková stopa takového komponentu, je nutné znát přesné množství jednotlivých materiálů a určit spotřeby energií a dopravu spojenou se vznikem takového komponentu. Podobným případem jsou také různé ocelové prvky. Například ohýbané pozinkované ocelové profily je nutné sestavit z položky ocelového předvalku, jeho případné dopravy na místo dalšího tváření, jednotlivých procesů tváření, které vedou ke vzniku plechu, procesu pozinkování, procesu ohýbání a případně dalších. Databáze Ecoinvent obsahuje položky tváření kovů a jiných typických výrobních procesů, takže z hlediska potřebných environmentálních dat nebude modelování nových položek problémem. Akorát bude potřeba si podrobně nastudovat výrobní procesy takovýchto komponent.

Aby každá položka cenové databáze ÚRS mohla být doplněna o údaj o environmentálních dopadech, bude třeba vytvořit velké množství vlastních položek způsobem popsáným výše. Je riziko, že nebude možné sehnat všechny potřebné informace. Je tedy nutné v metodice přesně stanovit hranice systému pro modelování nových položek. Musí být stanoveny tak, aby modelování nových položek nebylo neúnosně časově náročné. Například energie potřebná pro vlastní výrobu překladu obsahujícího beton, ocel a keramickou hmotu může být zanedbána, protože předpokládáme, že energie spojená se vznikem jednotlivých tří materiálů je nesrovnatelně větší.

#### **3.10.2 A1-A5: VÝROBA MATERIÁLŮ, DOPRAVA NA STAVENIŠTĚ A PROCES VÝSTAVBY (CRADLE-TO-HANDOVER)**

Pokud by nová funkcionality měla umožňovat environmentální výpočty nejen pro výrobní fázi, ale také pro fázi dopravy a fázi výstavby, nestačí se zabývat pouze

sborníkem pořizovacích cen materiálů. Je třeba zabývat se i dalšími složkami směrných cen stavebních prací.

#### **DOPRAVA MATERIÁLU NA STAVENIŠTĚ**

Doprava materiálu na staveniště je v cenové soustavě započítána již v ceně materiálu. Způsob stanovení ceny dopravy není v databázi zveřejněn. U většiny materiálů je však počítáno s dopravou 30 km nákladním autem do 8 t. Není však nijak zohledněna doprava od výrobce k dodavateli, jelikož ceny materiálů zjištěné od dodavatelů tuto dopravu již zahrnují. Z environmentálního hlediska však je tato část dopravy důležitá, jelikož se často jedná o delší vzdálenost. Při zohlednění dopravy do environmentálních dopadů stavebních prací by se tedy postupovalo tak, že by doprava byla rozdělena na část od výrobce k dodavateli a část od dodavatele na stavbu. Část dopravy od dodavatele na stavbu by byla určena stejně, jako její cena, tedy 30 km autem do 8 t. Bylo by třeba ověřit, zda byla takto určena doprava pro všechny položky a u položek kde byla uvažována jiná vzdálenost či dopravní prostředek postupovat stejně i při určení environmentálních dopadů. Tyto informace by musel zpracovatel získat z interních podkladů tvůrce cenové databáze. Pro dopravu od výrobce k dodavateli bude třeba vypracovat metodiku, která pro jednotlivé obory materiálů určí průměrnou dopravní vzdálenost nebo určí průměrnou dopravní vzdálenost pro všechny obory stejnou.




Další možností je dopravu materiálu na staveniště počítat zcela nezávisle na rozpočtářské databázi. To by znamenalo vyvinout separátní metodiku pro výpočet dopravy a tu volně navázat na obě propojené databáze.

#### **DOPADY PRÁCE STROJŮ**

Dopady práce strojů budou přiřazeny do sborníku sazeb strojohodin. Tento sborník obsahuje opravdu velké množství různých strojů. Naopak databáze Ecoinvent nabízí pro stavební práce pouze dva konkrétní stroje – nakladač a hydraulický bagr – a pak položku pro obecný stavební stroj. Všechny stavební stroje ve sborníku sazeb strojohodin, které nejsou nakladačem nebo hydraulickým bagrem, jsou poháněné naftou a jejich hmotnost je okolo 10 t můžeme považovat za obecný stavební stroj.

V sazebníku strojů je výkon strojů definován prostřednictvím strojohodin a těžný materiál se vyjadřuje v  $m^3$  nebo  $m^2$  s uvedením tloušťky vrstvy. Ecoinvent udává výkon strojů pomocí objemu materiálu v  $m^3$  odtěženého za hodinu. Přepočet je tedy jednoduchý a nevyžaduje žádné další informace. Výkon obecného stavebního stroje je definován spotřebou paliva na hodinu práce, což je pak převedeno na energii spotřebovanou za hodinu. Pro implementaci environmentálních dopadů do sborníku sazeb strojů je nutno provést přepočet pomocí předpokládaného výkonu strojů. Způsob přepočtu a stanovení předpokládaného výkonu stroje je nutno přesně stanovit v metodice.

Tab. 9: velké stavební stroje v databázi Ecoinvent [102] [103]

Building machine	Name of module	Average weight	Average excavation capacity	Average service-life
	Skid-steer loader	10 t	110 m <sup>3</sup> /h (*)	10'000 h
	Hydraulic digger	15 t	100 m <sup>3</sup> /h (*)	10'000 h
	Building machine	10 t	17.4 kg diesel / h (*)	10'000 h

(\*): Based on BUWAL (2000b)

Databáze malých stavebních strojů je bohužel v Ecoinventu velice omezená. Nejsou například dostupná data o vrtačce či o míchačce. Jsou však dostupné dopady spotřeby energie. Vhodným řešením by tedy bylo pro malé stavební stroje zahrnovat do environmentálních dopadů pouze spotřebu energie nebo paliv, opotřebení a emise vynechat. V takovém případě bude třeba přesně stanovit hranici například výkonovou nebo hmotnostní, která definuje, jaký stroj lze považovat za malý. Hranice musí být nastavena tak, aby stroj, který již nespadá do kategorie malých, mohl být považován za obecný stavební stroj. V dalším kroku pak může být provedena podrobnější analýza a vyvinuta metodika pro určení hodnot environmentálních dopadů nejběžněji používaných strojů a přístrojů.

#### LIKVIDACE STAVEBNÍHO ODPADU

Likvidace stavebního odpadu je nedílnou součástí fáze výstavby budovy. V cenové databázi existují položky pro odstranění různých druhů odpadu na skládce, neobsahuje položky pro jiný způsob likvidace stavebního odpadu. Doplnění položek odstranění odpadu o environmentální data je možné, jelikož potřebné údaje v Ecoinventu jsou. Nicméně aby tyto dopady byly do uhlíkové stopy započítány, musí být likvidace stavebního odpadu v rozpočtu zahrnuta, což často není.

#### 3.10.3 A1 – A5, B2 – B5: OPRAVA, VÝMĚNA A REKONSTRUKCE

Pokud by byla doplněna environmentální data do cenové soustavy v takovém rozsahu, aby mohla být spočítána LCA v hranicích cradle-to-handover a k položkám materiálů by se doplnila ještě informace o jejich životnosti, bylo by automaticky možné počítat alespoň částečně i dopad opravy, údržby a rekonstrukce (výroba, doprava a montáž vyměňovaných prvků, nikoliv však likvidace těch doslouživších). Tato fáze totiž využívá stejných položek materiálů a strojů, jako jsou potřeba pro fázi A1 – A5. Fáze opravy, údržby a rekonstrukce není tedy náročná na dostupnost dat, ale na predikci scénářů, scénáře by se tvořily pomocí rozpočtářské databáze. Pokud by byly doplněny environmentální údaje pouze pro rozsah cradle-to-gate, také fáze B3

– B5 se bude takto omezena (byla by započítána pouze výroba nového prvku, ne však jeho doprava, montáž a likvidace doslouživšího komponentu).

Protože reálně není obvyklé vytvářet pomocí rozpočtářské databáze scénáře pro opravy, údržbu, rekonstrukci apod., bylo by alespoň možné díky doplnění informace o životnosti každého materiálu umožnit částečné zahrnutí modulu B4 (výměna) a B2 (zde by byly zahrnuty pouze procesy jako výměna filtru vzduchotechniky, nové nátěry apod) do výpočtu založeném na klasickém stavebním rozpočtu. Při tvorbě rozpočtu by se zadala životnost celé budovy, násobnost výměn jednotlivých prvků by se spočítala automaticky jednoduchým algoritmem. Vzniká však potřeba dalšího zdroje dat, který velmi ovlivní výsledné environmentální parametry budovy, a tím jsou životnosti materiálů. V zásadě mohou být zdroje těchto dat dvojího druhu:

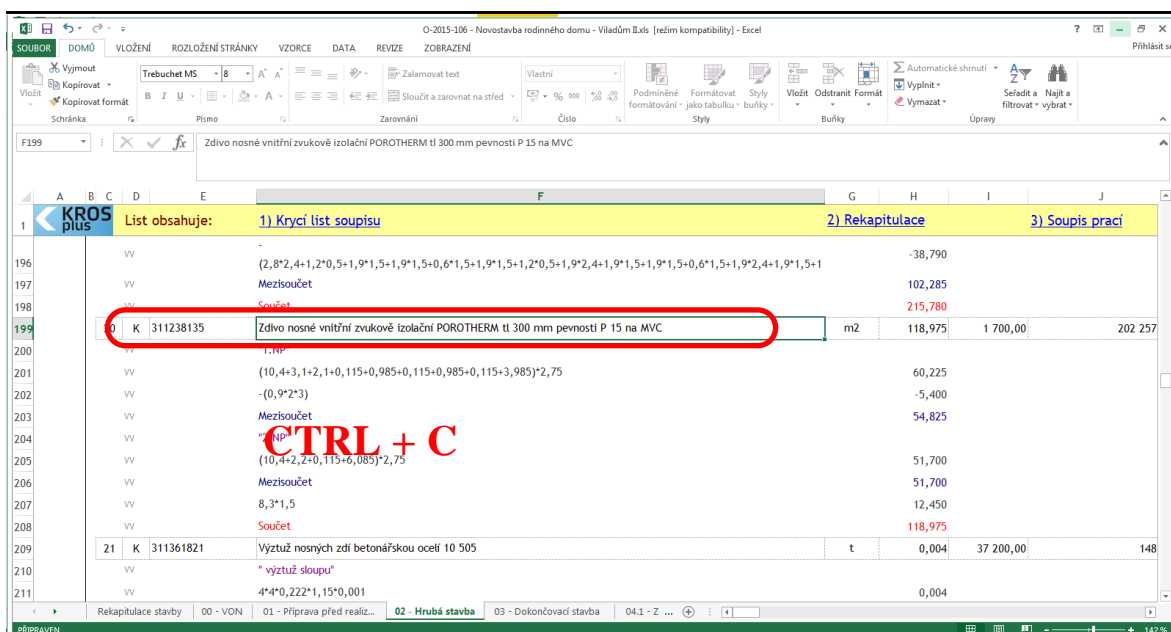
1. Některý z existujících zdrojů těchto dat pro LCA. Za velmi dobrý zdroj je možné považovat přílohu SbToolCz [104], kde jsou uvedeny minimální, průměrné a maximální životnosti stavebních materiálů a komponent. Dokument se pro LCA velmi osvědčuje, protože jako vodítko pro stanovení životnosti při LCA budov je dostatečně podrobný na jedné straně a flexibilní na straně druhé. Bohužel do životnosti v tomto dokumentu vstupují výrazně parametry, které rozpočtářská databáze nezahleňuje, například to, zda je konstrukce ve venkovním nebo vnitřním prostředí. Jednoznačně přiřadit životnost ke každému materiálu rozpočtářské databáze tedy není možné. Uživatelská možnost výběru životnosti podle určitého parametru by byla možná, ale proces stanovení environmentálních dopadů pomocí rozpočtu by to značně komplikovalo.
2. Zjištění předpokládaných životností od samotných výrobců materiálů a komponent. Tato data by byla velmi přínosná nejen pro propojení LCA a rozpočtů, ale také by mohla být použita pro aktualizaci či přepracování výše zmíněné přílohy SbToolCz. Shromáždění takových dat značně přesahuje rámec tohoto výzkumu.

#### **3.10.4 PŘÍKLAD 1 – ZDIVO NOSNÉ VNITŘNÍ POROTHERM TL. 300 MM PEVNOSTI P 15 NA MVC**

Pomocí obrázků a vysvětlivek je ukázáno, jakým způsobem byla stanovena uhlíková stopa pro tuto položku z ceníku stavebních prací.

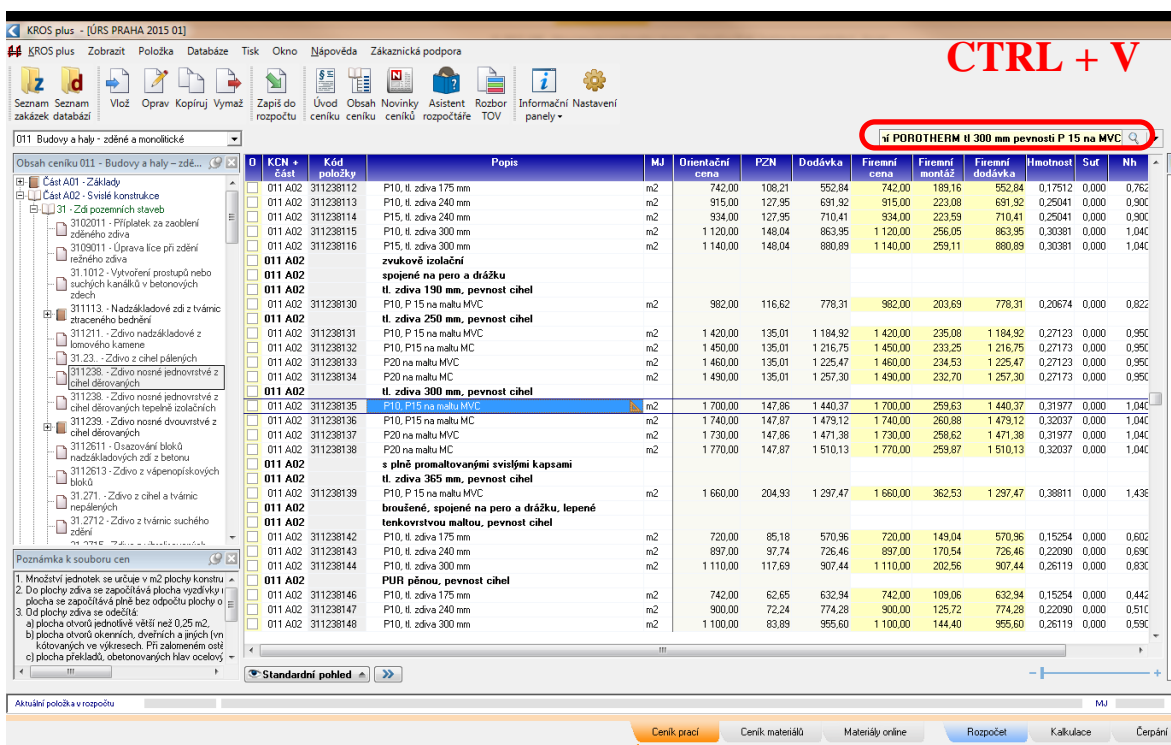
1. Zkopírování zkoumané položky z rozpočtu

### 3 METODY ŘEŠENÍ



Obr. 21: Zkopírování názvu položky rozpočtu v MS Excel (nebo čísla položky)

2. Vyhledání této položky v databázi prací pomocí software Kros



Obr. 22: Položka rozpočtu je vyhledána v databázi směrných cen, a to prostřednictvím software Kros, který umožňuje přístup do všech databází ÚRS.

3. Zobrazení jednotlivých složek pomocí funkce KROSu zvané rozbor TOV a identifikace těch složek, které jsou nositeli uhlíkové stopy

Rozbor TOV

**Identifikace nositelů uhlíkové stopy**

Obr. 23: Každá položka soustavy směrných cen stavebních prací se skládá z několika složek. Ty lze zobrazit pomocí funkce TOV a identifikovat, které ze složek jsou nositeli environmentálních dopadů.

4. Vyhledání odpovídajících položek pro materiály v databázi Ecoinvent:

- cihla děrovaná POROTHERM 30 AKU Z 30x24,7x23,8 cm P15 -> Brick {RER} production | Alloc Def,

*Položka v cenové databázi má měrnou jednotku tis. kusů, v Ecoinventu je měrná jednotka cihly kg. Je tedy třeba provést přepočít pomocí hmotnosti jedné cihly.*

- malta zdicí Hasit 950 0-4mm 30 kg bal. -> Cement mortar {RoW} production | Alloc Def, U
- voda pitná. -> Tap water, at user {Europe without Switzerland} tap water production and supply | Alloc Def, U

Name	Amount	Unit	Quantity	Allocation %	Waste type	Category	Comment
Brick {RER} production   Alloc Def, U	1,0	kg	Mass	100 %	Brick	Constructio...	Ordinary bricks constitute the largest fraction of total brick production. They have a porous body. If there are no special requirements with regard to

Obr. 24: Odpovídající položkou pro POROTHERM 30 AKU Z je položka Brick {RER} production | Alloc Def

### 3 METODY ŘEŠENÍ

C:\Documents and Settings\All Users\Documents\SimaPro\Database\Professional; aaaa - [Copy material process 'Cement mortar {RoW} production | Alloc Def, U']

File Edit Calculate Tools Window Help

Documentation Input/output Parameters System description

Products							
Known outputs to technosphere. Products and co-products							
Name	Amount	Unit	Quantity	Allocation %	Waste type	Category	Comment
Cement mortar {RoW} production   Alloc Def, U	1,0	kg	Mass	100 %	Cement	Constructio...Transformation	
(Insert line here)							
Known outputs to technosphere. Avoided products							
Name	Amount	Unit	Distribution	SD^2 or 2*SDMin	Max	Comment	
(Insert line here)							
Inputs							
Known inputs from nature (resources)							
Name	Sub-compartment	Amount	Unit	Distribution	SD^2 or 2*SDMin	Max	Comment
(Insert line here)							
Known inputs from technosphere (materials/fuels)							
Name	Amount	Unit	Distribution	SD^2 or 2*SDMin	Max	Comment	
Conveyor belt {GLO} market for   Alloc Def, U	3,33E-8	m	Lognormal	3,9859			(5,5,4,5,4,na) (5,5,1,1,4,5)
Packing, cement {GLO} market for   Alloc Def, U	1	kg	Lognormal	1,4661			(4,3,4,5,3,na) (4,3,1,1,3,3)
Silica sand {GLO} market for   Alloc Def, U	0,8	kg	Lognormal	1,6586			(4,5,4,5,3,na) (4,5,1,3,3,5)
Industrial machine, heavy, unspecified {GLO} market for   Alloc Def, U	6,67E-6	kg	Lognormal	3,9859			(5,5,4,5,4,na) (5,5,1,1,4,5)
Cement, Portland {Europe without Switzerland} market for   Alloc Def, U	0,020824720885E	kg	Lognormal	1,6586			(4,5,4,5,3,na)
Cement, Portland {US} market for   Alloc Def, U	0,0241148534711	kg	Lognormal	1,6586			(4,5,4,5,3,na)
Cement, Portland {RoW} market for   Alloc Def, U	0,1550604256431	kg	Lognormal	1,6586			(4,5,4,5,3,na)
(Insert line here)							
Known inputs from technosphere (electricity/heat)							
Name	Amount	Unit	Distribution	SD^2 or 2*SDMin	Max	Comment	
Electricity, medium voltage {ASCC} market for   Alloc Def, U	9,8267814622	kWh	Lognormal	1,4074			(2,3,4,5,3,na)
Electricity, medium voltage {AT} market for   Alloc Def, U	8,9658794549	kWh	Lognormal	1,4074			(2,3,4,5,3,na)
Electricity, medium voltage {AU} market for   Alloc Def, U	0,0003315406	kWh	Lognormal	1,4074			(2,3,4,5,3,na)
Electricity, medium voltage {BA} market for   Alloc Def, U	1,3013455625	kWh	Lognormal	1,4074			(2,3,4,5,3,na)
Electricity, medium voltage {BE} market for   Alloc Def, U	0,0001258520	kWh	Lognormal	1,4074			(2,3,4,5,3,na)
Electricity, medium voltage {BG} market for   Alloc Def, U	4,6466459149	kWh	Lognormal	1,4074			(2,3,4,5,3,na)
Electricity, medium voltage {BR} market for   Alloc Def, U	0,0006478138	kWh	Lognormal	1,4074			(2,3,4,5,3,na)
Electricity, medium voltage {CA-AB} market for   Alloc Def, U	4,6857930466	kWh	Lognormal	1,4074			(2,3,4,5,3,na)
Electricity, medium voltage {CA-BC} market for   Alloc Def, U	0,0001035026	kWh	Lognormal	1,4074			(2,3,4,5,3,na)
Electricity, medium voltage {CA-MB} market for   Alloc Def, U	6,67E-6	kWh	Lognormal	1,4074			(2,3,4,5,3,na)

Obr. 25: Odpovídající položkou pro zdicí maltu Hasit 950Z je položka Cement mortar {RoW} production | Alloc Def, U

Copy material process 'Tap water, at user {Europe without Switzerland} tap water production and supply | Alloc Def, U'

Documentation Input/output Parameters System description

Products							
Known outputs to technosphere. Products and co-products							
Name	Amount	Unit	Quantity	Allocation %	Waste type	Category	Comment
Tap water, at user {Europe without Switzerland} tap water production and supply   Alloc Def, U	1,0	kg	Mass	100 %	not defined	Water(Drin...Transformation	
(Insert line here)							
Known outputs to technosphere. Avoided products							
Name	Amount	Unit	Distribution	SD^2 or 2*SDMin	Max	Comment	
(Insert line here)							
Inputs							
Known inputs from nature (resources)							
Name	Sub-compartment	Amount	Unit	Distribution	SD^2 or 2*SDMin	Max	Comment
Water, well, in ground, Europe without Switzerland	in water	0,00041042	m3	Lognormal	1,497		(1,3,5,3,1,na) , Literature
Water, lake, Europe without Switzerland	in water	0,00020521	m3	Lognormal	1,497		(1,3,5,3,1,na) , Literature
Water, river, Europe without Switzerland	in water	0,00051303	m3	Lognormal	1,497		(1,3,5,3,1,na) , Literature
(Insert line here)							
Known inputs from technosphere (materials/fuels)							
Name	Amount	Unit	Distribution	SD^2 or 2*SDMin	Max	Comment	
Water supply network {GLO} market for   Alloc Def, U	3,1429E-10	km	Lognormal	3,272			(2,3,5,3,1,na) , Average for Switzerland
Wastewater, unpolluted {GLO} market for   Alloc Def, U	-1,7656E-5	m3	Lognormal	2,0034			(5,3,5,3,1,na) , Internal use Production Volume Amount: 308980000
Water works {GLO} market for   Alloc Def, U	1,1907E-11	p	Lognormal	3,272			(2,3,5,3,1,na) , Literature
Hydrogen peroxide, without water, in 50% solution state {GLO} market for   Alloc Def, U	8,8E-7	kg	Lognormal	1,573			(2,3,5,3,1,na) , Literature
Aluminium sulfate, powder {GLO} market for   Alloc Def, U	6,33E-6	kg	Lognormal	1,573			(2,3,5,3,1,na) , Average for Switzerland
Chlorine, gaseous {GLO} market for   Alloc Def, U	1,0E-7	kg	Lognormal	1,573			(2,3,5,3,1,na) , Literature
Water storage {GLO} market for   Alloc Def, U	2,0568E-11	p	Lognormal	3,272			(2,3,5,3,1,na) , Literature
Waste wood, untreated {GLO} market for   Alloc Def, U	-4,17E-6	kg	Lognormal	1,573			(2,3,5,3,1,na) , charcoal disposal Production Volume Amount: 729750000
Pump station {GLO} market for   Alloc Def, U	2,0568E-11	p	Lognormal	3,272			(2,3,5,3,1,na) , Literature

Obr. 26: Odpovídající položkou pro pitnou vodu je položka Tap water, at user {Europe without Switzerland} tap water production and supply | Alloc Def, U


#### 5. Rešerše údajů pro přepočet měrných jednotek

Na webu Wienerberger lze zjistit snadno hmotnost konkrétního cihelného bloku, takže je možné provést přepočet z počtu kusů uvedeného v rozpočtu na celkovou hmotnost cihelného materiálu.

- Zdivo
- Stropy, překlady
- Fasády, dlažby

- ▶ Cihla budoucnosti
- ▶ Novinky
- ▶ Ke stažení (Download)
- ▶ Kontakty
- ▶ Individuální stavebníci
- ▶ Projektanti
- ▶ Stavební firmy
- ▶ Prodejny stavebnin

## POROTHERM 30 AKU P D



**PRODEJ UKONČEN.**  
Svisle děrované cihly POROTHERM 30 AKU P D jsou určeny pro omlitané nosné zdivo tl. 300 mm. Cihly mají díky své vyšší objemové hmotnosti a novému systému děrování výborné akustické a tepelně akumulční vlastnosti. Tyto cihly jsou velmi vhodné pro mezibytové příčky tloušťky 300 mm, neboť splňují požadavky ČSN na akustický útlum a tepelné vlastnosti zdiva.

Porovnání produktů

**Technické údaje**

**Název**

Rozměry d/š/v [mm]	247/300/238
Třída objemové hmotnosti [kg/m <sup>3</sup> ]	980
Hmotnost [kg/ks]	cca 17,1
Pevnost v tlaku	P10/P15/P20
Tloušťka zdiva [mm]	300
Spotřeba [ks/m <sup>2</sup> ]	16
Hmotnost zdiva včetně omítek [kg/m <sup>2</sup> ]	362
Vážená laboratorní neprůzvučnost R <sub>w</sub> [dB]	56

Obr. 27: Vyhledání potřebných údajů pro přepočet jednotek tak, aby si položky cenové soustavy a databáze Kros navzájem odpovídaly

#### 6. vyhledání odpovídajících položek pro stroje v databázi Ecoinvent:

U strojů by měla být započítána uhlíková stopa spojená s jejich opotřebením (vyjadřuje se jako zlomek z uhlíkové stopy spojené s výrobou stroje) a se spotřebou paliv/energie. U menších strojů nejsou dostupná data o uhlíkové stopě jejich výroby, proto započítáváme pouze jejich spotřebu energie. Zde je míchačka považována za menší stroj.

Spotřeba energie míchačky s objemem bubny 150 l (specifikace položky KROS) se spočítá pomocí jejího výkonu, který je 0,5 kW (<http://www.dum-naradi.cz/stavebni-michacka-star-150>)

Přepočet:

$$\text{Celkový počet strojohodin: } 119 \text{ m}^2 \times 0,0703 \text{ Sh/m}^2 = 15,169 \text{ Sh}$$



### 3 METODY ŘEŠENÍ

Celková spotřeba energie:  $0,5 \text{ kW} \times 15,169 \text{ Sh} = 7,5847 \text{ kWh}$

#### 7. Výběr odpovídající položky z databáze Ecoinvent

V databázi Ecoinvent byla jako odpovídající položka ke spotřebě energie míchačkou zvolena položka Electricity, medium voltage {CZ}| market for | Alloc Def, U, jejíž měrná jednotka je kWh.

The screenshot shows the Ecoinvent software interface. The title bar indicates the file path: C:\Documents and Settings\W... Users\Documents\SimaPro\Database\Professional; aaaa [Copy energy process 'Electricity, medium voltage {CZ}| market for | Alloc]. The menu bar includes File, Edit, Calculate, Tools, Window, and Help. The main window displays the 'Products' table with the following data:

Products							
Known outputs to technosphere. Products and co-products							
Name	Amount	Unit	Quantity	Allocation %	Category		
Electricity, medium voltage {CZ}  market for   Alloc Def, U	1,0	kWh	Energy	100 %	Electricity country ... Market		
(Insert line here)							
Known outputs to technosphere. Avoided products							
Name	Amount	Unit	Distribution	SD^2 or 2*SDMin	Max	Comment	
(Insert line here)							
Inputs							
Known inputs from nature (resources)							
Name	Sub-compartment	Amount	Unit	Distribution	SD^2 or 2*SDMin	Max	Comment
(Insert line here)							
Known inputs from technosphere (materials/fuels)							
Name	Amount	Unit	Distribution	SD^2 or 2*SDMin	Max	Comment	
Sulfur hexafluoride, liquid (GLO)  market for   Alloc Def, U	1,13E-7	kg	Lognormal	1,0936		(1,1,3,1,1,na) Calculated value	
Transmission network, electricity, medium voltage (GLO)  market for   Alloc Def, U	1,8627767688761	km	Lognormal	1,9918		(3,2,4,4,3,na) Estimation. Data overtaken from Switzerland Swiss data are calculated values based on	

Obr. 28: Environmentální dopady míchání malty jsou spojeny se spotřebou energie míchačky, což je v Ecoinventu reprezentováno položkou Electricity, medium voltage {CZ}| market for | Alloc Def,

8. Výpočet uhlíkové stopy náležející k položce Zdivo nosné vnitřní POROTHERM tl 300 mm pevnosti P 15 na MVC

V tabulce je proveden rozpad položky zdiva (databáze prací) na jednotlivé složky (voda, malta, cihla, míchačka). Položky, na které se nevážou žádné environmentální dopady jsou vynechány. Dále jsou uvedeny odpovídající položky Ecoinventu. Jednotky jsou přepočítány tak, aby si položky množstvím odpovídaly. Je uvedena uhlíková stopa vztažená na měrnou jednotku a na konci řádku též celková uhlíková stopa rozpočtové položky.

PČ	Typ	Kód	Popis	MJ	Množství	Nositel uhlíkové stopy	jednotkové množství	jednotky	výsledné množství	jednotky	převod	nové jednotky	položka z Ecoinventu	jednotková uhlíková stopa	jednotky	předné množství	jednotky	výsledná uhlíková stopa	Sloupec
19	K	311238116	Zdivo nosné vnitřní POROTHERM tl 300 mm pevnosti P 15 na MVC	m2	215,78	voda pitná pro ostatní odběratele	0,0130	m3/m2	2,79	m3	2794,35	kg	Tap water, at user (Europe without Switzerland)	0,00	kg CO2 eq / kg			0,99	kg CO2 eq
						malta zdicí Hasit 950 0-4mm 30 kg bal.	0,0518	t/m2	11,18	t	11177,40	kg	Cement mortar (RoW)   production   Alloc Def, U	0,30	kg CO2 eq / kg			3386,75	kg CO2 eq
						cihla děrovaná POROTHERM 30 P+D 30x24,7x23,8 cm P1	0,0154	tis. Ks/	3323,01	ks	51174,38	kg	Brick (RER)   production   Alloc Def, U	0,25	kg CO2 eq / kg			12537,72	kg CO2 eq
						cihla děrovaná POROTHERM 30 1/2 P+D 30x12,5x23,8 cm	0,0140	tis. Ks/	3020,92	ks	24167,36	kg	Brick (RER)   production   Alloc Def, U	0,25	kg CO2 eq / kg			5921,00	kg CO2 eq
						cihla děrovaná POROTHERM 30 R P+D rohová 30x17,5x21	0,0003	tis. Ks/	69,05	ks	787,17	kg	Brick (RER)   production   Alloc Def, U	0,25	kg CO2 eq / kg			192,86	kg CO2 eq
						Míchačka stavební objem bubnu 150 l	0,0895	Sh/m2	19,31	Sh	9,66	kWh	Electricity, medium voltage (CZ)   market for	0,22	kg CO2 eq / MJ	0,79	CO2 eq / kWh	7,65	kg CO2 eq
20	K	311238135	Zdivo nosné vnitřní zvukově izolační POROTHERM tl 300 mm pevnosti P 15 na MVC	m2	118,98	voda pitná pro ostatní odběratele	0,0102	m3/m2	1,21	m3	1211,17	kg	Tap water, at user (Europe without Switzerland)	0,00	kg CO2 eq / kg			0,43	kg CO2 eq
						malta zdicí Hasit 950 0-4mm 30 kg bal.	0,0407	t/m2	4,84	t	4842,28	kg	Cement mortar (RoW)   production   Alloc Def, U	0,30	kg CO2 eq / kg			1467,21	kg CO2 eq
						cihla děrovaná POROTHERM 30 AKU Z 30x24,7x23,8 cm f	0,0163	tis. Ks/	1941,67	ks	33202,59	kg	Brick (RER)   production   Alloc Def, U	0,25	kg CO2 eq / kg			8134,63	kg CO2 eq
						Míchačka stavební objem bubnu 150 l	0,0703	Sh/m2	15,17	Sh	7,58	kWh	Electricity, medium voltage (CZ)   market for	0,22	kg CO2 eq / MJ	0,79	CO2 eq / kWh	6,01	kg CO2 eq

Obr. 29: Přřazení položek z databáze Ecoinvent k položkám cenové databáze (položkám rozpočtu) a přepočet jednotek a množství tak, aby si položky odpovídaly, je provedeno v MS Excel.

#### 3.10.5 PŘÍKLAD 2 - VÝZTUŽ DO ŽELEZOBETONU

1. Vyhledání položky v ceníku prací ÚRS
2. Zobrazení rozboru TOV na jednotlivé nákladové druhy a určení položek, které jsou nositeli uhlíkové stopy

Q	TC	Kód	Popis	MJ	Množství	J. cena	Náklad / MJ
	pc	130210110	tyč ocelová žebírková, výztuž do betonu	t	0,20600	21 600,00	4 449,60
	pc	130210130	tyč ocelová žebírková, výztuž do betonu	t	0,61800	21 100,00	13 039,80
	pc	130210150	tyč ocelová žebírková, výztuž do betonu	t	0,20600	20 700,00	4 264,20
	pc	156116140	drát vázací černý D 1,25 mm	kg	2,12610	26,60	56,55
	pc	156116220	drát vázací černý D 3,15 mm	kg	9,32400	24,70	230,30
	pc	312109130	elektroda E - B 121 ČSN 05 5027 D 2,5	tis.ku	0,08230	3 210,00	264,18
	pc	312109160	elektroda E - B 121 ČSN 05 5027 D 3,2	tis.ku	0,11715	5 000,00	585,75
	pc	314128580	hřebík stavební se zápustnou hlavou mř	kg	1,05000	32,00	33,60
	s1	712000-S2-T3	Dělník	Nh	7,39200	121,20	895,91
	s1	712000-S3-T2	Dělník	Nh	24,06900	108,00	2 599,45
	s1	712000-S4-T1	Dělník	Nh	1,20200	96,40	115,87
	s1	713000-S2-T3	Řemeslník	Nh	1,76800	121,20	214,28
	s1	833000-S2-T3	Strojník	Nh	2,30700	121,20	279,61
	s1	411010012500	Centrální ohýbárna oceli kompletní sest.	Sh	0,50140	3 620,00	1 815,07
	s1	412010033100	Pojízdná svářečka max. proud 200 A	Sh	12,04280	68,80	828,54

Mzdy	5 500,87
Stroje	2 643,61
Tarif	0,00
<b>PZN</b>	<b>8 144,48</b>
Materiál	22 923,99
Pododávky	0,00
Nekalkulované	0,00
<b>PN</b>	<b>31 068,47</b>
Režie	4 560,91
Zisk	1 524,65
<b>Cena TOV</b>	<b>37 154,03</b>

Obr. 30: Rozbor TOV v Krosu pro položku Výztuž nosných zdí betonářskou ocelí 10 505a vyznačení těch částí, které jsou nositeli uhlíkové stopy.

Nositelem uhlíkové stopy jsou tyto položky:

Tab. 10: Nositelé uhlíkové stopy a jejich množství zastoupení v položce Výztuž nosných zdí betonářskou ocelí 10 505

tyč ocelová žebírková, výztuž do betonu, zn. oceli BSt 500S, v tyčích, D 8 mm	0,103	t/t
tyč ocelová žebírková, výztuž do betonu, zn. oceli BSt 500S, v tyčích, D 12 mm	0,412	t/t
tyč ocelová žebírková, výztuž do betonu, zn. oceli BSt 500S, v tyčích, D 16 mm	0,412	t/t
tyč ocelová žebírková, výztuž do betonu, zn. oceli BSt 500S, v tyčích, D 20 mm	0,103	t/t
drát vázací černý D 1,25 mm	5,144	kg/t
drát vázací černý D 3,15 mm	10,691	kg/t
elektroda E - B 121 ČSN 05 5027 D 3,2 mm L 450 mm	0,0282	tis.Ks/t
elektroda E - B 121 ČSN 05 5027 D 4 mm L 450 mm	0,0339	tis.Ks/t
elektroda E - B 121 ČSN 05 5027 D 5 mm L 450 mm	0,925	tis.Ks/t
hřebík stavební se zápustnou hlavou mřížkovanou 02 2825 D 4 mm L 100 mm	1,05	kg/t

### 3 METODY ŘEŠENÍ

---

Centrální ohýbárna oceli kompletní sestava	0,4388	Sh
Pojízdná svářečka max. proud 200 A	8,4412	Sh

---

#### 3. Výběr odpovídajících položek z databáze Ecoinvent

- Pro všechny položky tyčové oceli i drátu je volena položka *Reinforcing steel {RER}| production | Alloc Def, U*
- Pro elektrody nebyla nalezena odpovídající položka.
- Hřebík je položkou, která je v Ecoinventu uživatelsky modelována. Skládá se z položek:
  - Steel, converter, unalloyed, at plant/RER U
  - Steel product manufacturing, average metal working/RER U
  - Transport, lorry 7.5-16t, EURO4/RER U

Je třeba ověřit správnost tohoto modelu.

- K položce „centrální ohýbárna“ v cenové databázi KROS chybí jakákoli specifikace, není tedy možné najít odpovídající položku v databázi Ecoinvent.
- Uhlíková stopa spojená s pojízdnou svářečkou je spočítaná na základě předpokládaného výkonu svářečky. Výkon svářečky je stanoven vyhledáním konkrétní svářečky odpovídající specifikaci uvedené v položce cenové databáze.

#### 4. Přepočet jednotek a výpočet uhlíkové stopy

Oranžově jsou vyznačeny položky, pro které nebylo možné najít v Ecoinventu relevantní data ani je namodelovat (elektrody do svářečky). V případě centrální ohýbačky se nepodařilo zjistit příkon a palivo odpovídajícího stroje tak, aby bylo možné spočítat dopady práce tohoto stroje.

PČ	Typ	Kód	Popis	MJ	Množství	Nositel uhlíkové stopy	jednotkové množství	jednotky	výsledné množství	jednotky	převod	nové jednotky	položka z Ecoinventu	jednotková uhlíková stopa	jednotky	předné množství	jednotky	výsledná uhlíková stopa	Sloupec
21	K	311361821	Výztuž nosných zdí betonářskou ocelí 10 505	t	0,00	tyč ocelová žebírková, výztuž do betonu, zn.oceli BSt 500	0,1030	t/t	0,00	t	0,41	kg	Reinforcing steel {RER}  production   Alloc Def	2,50	kg CO2 eq / kg			1,03	kg CO2 eq
						tyč ocelová žebírková, výztuž do betonu, zn.oceli BSt 500	0,4120	t/t	0,00	t	1,65	kg	Reinforcing steel {RER}  production   Alloc Def	2,50	kg CO2 eq / kg			4,12	kg CO2 eq
						tyč ocelová žebírková, výztuž do betonu, zn.oceli BSt 500	0,4120	t/t	0,00	t	1,65	kg	Reinforcing steel {RER}  production   Alloc Def	2,50	kg CO2 eq / kg			4,12	kg CO2 eq
						tyč ocelová žebírková, výztuž do betonu, zn.oceli BSt 500	0,1030	t/t	0,00	t	0,41	kg	Reinforcing steel {RER}  production   Alloc Def	2,50	kg CO2 eq / kg			1,03	kg CO2 eq
						drát vázací černý D 1,25 mm	5,1440	kg/t	0,02	kg			Reinforcing steel {RER}  production   Alloc Def	2,50	kg CO2 eq / kg			0,05	kg CO2 eq
						drát vázací černý D 3,15 mm	10,6910	kg/t	0,04	kg			Reinforcing steel {RER}  production   Alloc Def	2,50	kg CO2 eq / kg			0,11	kg CO2 eq
						elektroda E - B 121 ČSN 05 5027 D 3,2 mm L 450 mm	0,0282	tis.Ks/t	0,11	ks									
						elektroda E - B 121 ČSN 05 5027 D 4 mm L 450 mm	0,0339	tis.Ks/t	0,14	ks									
						elektroda E - B 121 ČSN 05 5027 D 5 mm L 450 mm	0,9250	tis.Ks/t	3,70	ks									
						hřebík stavební se zápusnou hlavou mřížkovanou 02 28	1,0500	kg/t	0,00	kg			anchors, screws	3,53	kg CO2 eq / kg			0,01	kg CO2 eq
						Centrální ohýbačka oceli kompletní sestava	0,4388	Sh	0,00	Sh									
						Pojízdná svářečka max. proud 200 A	8,4412	Sh	0,03	Sh	432,19	kWh	Electricity, medium voltage (CZ)  market for	0,22	kg CO2 eq / MJ	0,79	kg CO2 eq / kWh	342,29	kg CO2 eq

Obr. 31: Přřazení položek z databáze Ecoinvent k položkám cenové databáze (položkám rozpočtu) a přepočet jednotek a množství tak, aby si položky odpovídaly, je provedeno v MS Excel.



### 3.11 PŘÍPADOVÁ STUDIE PRO FÁZE A1-A5

Proveditelnost přiřazení environmentálních dat z databáze Ecoinvent k položkám cenové databáze ÚRS je třeba ověřit na vzorových položkách. Aby vybrané položky co nejvěrněji reprezentovaly celou databázi, byl vybrán typický projekt a data o uhlíkové stopě byla přiřazována k položkám rozpočtu pro tento projekt. Přiřazení položek bylo vypracováno v MS Excel.

#### 3.11.1 ZÁKLADNÍ ÚDAJE O PROJEKTU

Pro případovou studii byl zvolen projekt novostavby obytného domu ve Velkých Přílepech. Jedná se o dvoupodlažní nepodsklepený objekt se čtyřmi byty a celkovou užitnou plochou 260 m<sup>2</sup>. Svislé nosné konstrukce jsou zděné, stropní deska je železobetonová. Objekt má stanovou střechu tvořenou příhradovými nosníky.

Rozpočet stavby byl vytvořen v programu KROS a skládá z těchto částí:

- Příprava před realizací 3 položky
- Hrubá stavba 98 položek
- Dokončovací stavba 136 položek
- ZTI + plyn 35 položek
- ÚT 12 položek
- Elektroinstalace 28 položek
- Slaboproud 4 položky
- Příjezd. Komunikace 6 položek

Celková cena objektu je 6 713 800,63 Kč včetně DPH.

#### 3.11.2 METODIKA POSTUPU

Byly identifikovány databázové celky, které jsou nositelem uhlíkové stopy budovy. Jsou to:

- Materiály zabudované či jinak spotřebované (uživatelsky dostupná databáze materiálů)
- Práce strojů (databáze není uživatelsky dostupná)
- Režie, které sice zahrnují procesy spojené s environmentálním dopadem, bývají ale v LCA zanedbávány.

Bylo zjištěno, že položky cenové databáze ÚRS zahrnují vše, co je třeba započítat do celkové uhlíkové stopy: u materiálů jejich výrobu, obaly i transport, u strojů pak spotřebu paliva, opotřebení i jejich dopravu. Uživatel však nemá přístup k informaci, jakým způsobem byl materiál nebo stroj dopravován, jak daleko, jaké obalové materiály byly použity a nemá ani k dispozici informaci o tom, jakou část ceny transport a obaly zastupují. V environmentální databázi tvoří přitom transport a obaly

materiálů samostatné položky, takže pokud mají být zahrnuty, je třeba znát podrobnosti. V této případové studii tedy environmentální dopady transportu a obalů nejsou zahrnuty.

Rozpočet objektu byl vypracován v programu KROS a je složen zejména z položek ceníku prací. Jednotlivé položky lze tedy v programu KROS v příslušném ceníku vyhledat a pomocí funkce „rozbor TOV“ zobrazit jejich jednotlivé nákladové druhy. Jak již bylo zmíněno, jen některé složky jsou nositelem uhlíkové stopy. Jsou to položky přímého materiálu (M) a strojů (S), případně části reží. V tomto kroku lze také rozhodnout o zanedbání některé ze složek.

Ke každé položce přímého materiálu a strojů je nyní třeba vyhledat odpovídající položku v databázi Ecoinvent. Velmi často dochází k tomu, že položky nejsou vzájemně ekvivalentní. Nejčastěji kvůli měrným jednotkám, které jsou vzájemně odlišné. V takovém případě je třeba provést přepočítání. Někdy také bývá velmi nesnadné rozhodnout, která z obecných položek environmentální databáze nejlépe vystihuje velmi konkrétní položku cenové databáze ÚRS. V tom případě je třeba detailně prostudovat specifikace položek v obou databázích a poté rozhodnutí dobře odůvodnit. V podobných nerozhodných případech je pak důležité postupovat konzistentně. Běžný je také případ, kdy dané položce z cenové databáze neodpovídá žádná položka v Ecoinventu a je tedy třeba ji uživatelsky vytvořit pomocí existujících položek. To nastává zejména u stavebních prvků, které obsahují mnoho různých materiálů a jejich poměr a druh se může u různých konkrétních výrobků hodně lišit.

Přístup do databáze Ecoinvent může být přímý nebo prostřednictvím některého software. V tomto případě je databáze používána prostřednictvím software SimaPro. Po tom, co je vybrána a upravena, nebo případně vytvořena příslušná položka této databáze, je třeba vybrat metodu, kterou budou výsledné ekvivalentní emise CO<sub>2</sub> spočítány (LCIA fáze hodnocení). Vhodná je metoda CML-IA baseline. Výsledkem tohoto výpočtu je pak nejen uhlíková stopa (jinak zvaná také GWP nebo ekvivalentní emise CO<sub>2</sub>), ale i další dopady na životní prostředí, třeba potenciál okyselování prostředí nebo eutrofizace. Tyto údaje pak mohou být přiřazeny k položce cenové databáze. Pokud kdykoli během výše popsaného procesu došlo k nejednoznačnosti, je vhodné to zmínit v poznámce k položce.

#### **3.11.3 VÝSLEDKY PŘÍPADOVÉ STUDIE**

Analýza výsledků případové studie má následující cíle:

1. Zjistit procento položek rozpočtu, jejichž doplnění o environmentální údaje je velmi komplikované či nemožné.
2. Zjistit podíl dopadu fáze A5, tedy práce strojů, jelikož výpočet dopadů práce strojů je velmi nepřesný, a přitom je předpoklad, že dopady této fáze budou malé.
3. Zjistit podíl dopadů jednotlivých částí nákladů (zemní práce, svislé a kompletní konstrukce atd.).



### 3 METODY ŘEŠENÍ

4. Porovnat celkovou uhlíkovou stopu s běžnými hodnotami pro obdobné stavby.

Za „položku“ se v následujícím textu bude považovat vždy jednotlivý nákladový druh (materiál nebo práce stroje), nikoli celá položka stavební práce. Práce se v tomto rozpočtu většinou skládaly z více položek nákladových druhů, a tak je obvyklé, že pouze některý z nich je pro danou práci problematický z hlediska výpočtu uhlíkové stopy.

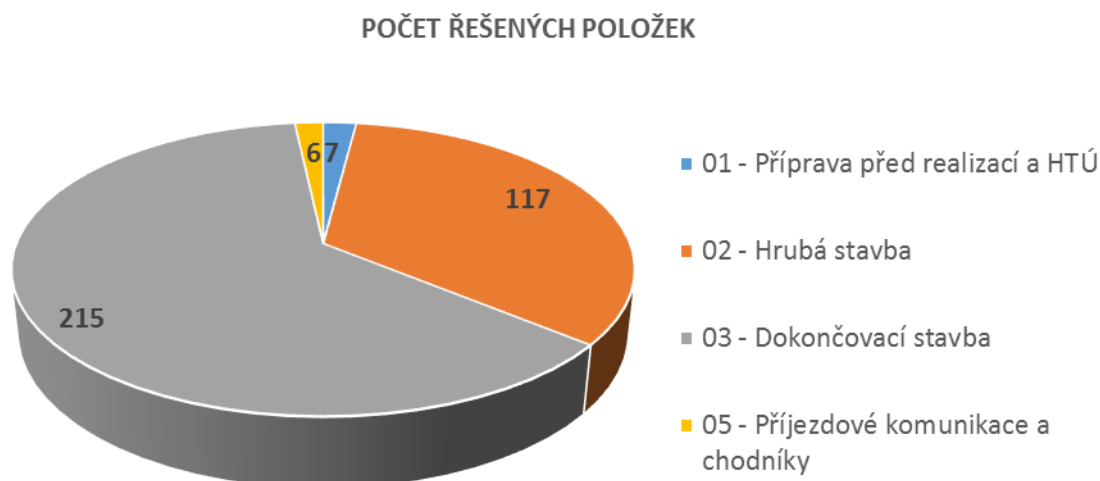
#### **POMĚR ZPRACOVANÝCH A NEZPRACOVANÝCH POLOŽEK**

V případové studii byla vypočítána uhlíková stopa následujících částí rozpočtu:

- 01 – Příprava před realizací, HTÚ
- 02 – Hrubá stavba
- 03 – Dokončovací stavba
- 05 – Příjezdové komunikace a chodníky

Ostatní části nebyly zpracovány, jelikož jsou mimo stanovené hranice systému.

Byly řešeny všechny položky, se kterými je spojena uhlíková stopa. V rámci stanovených hranic systému jsou to tedy všechny materiály a práce strojů. Celkový počet řešených položek v jednotlivých částech rozpočtu je vidět na Obr. 32. Je zřetelné, že co do počtu položek výrazně převažuje hrubá stavba a dokončovací stavba.

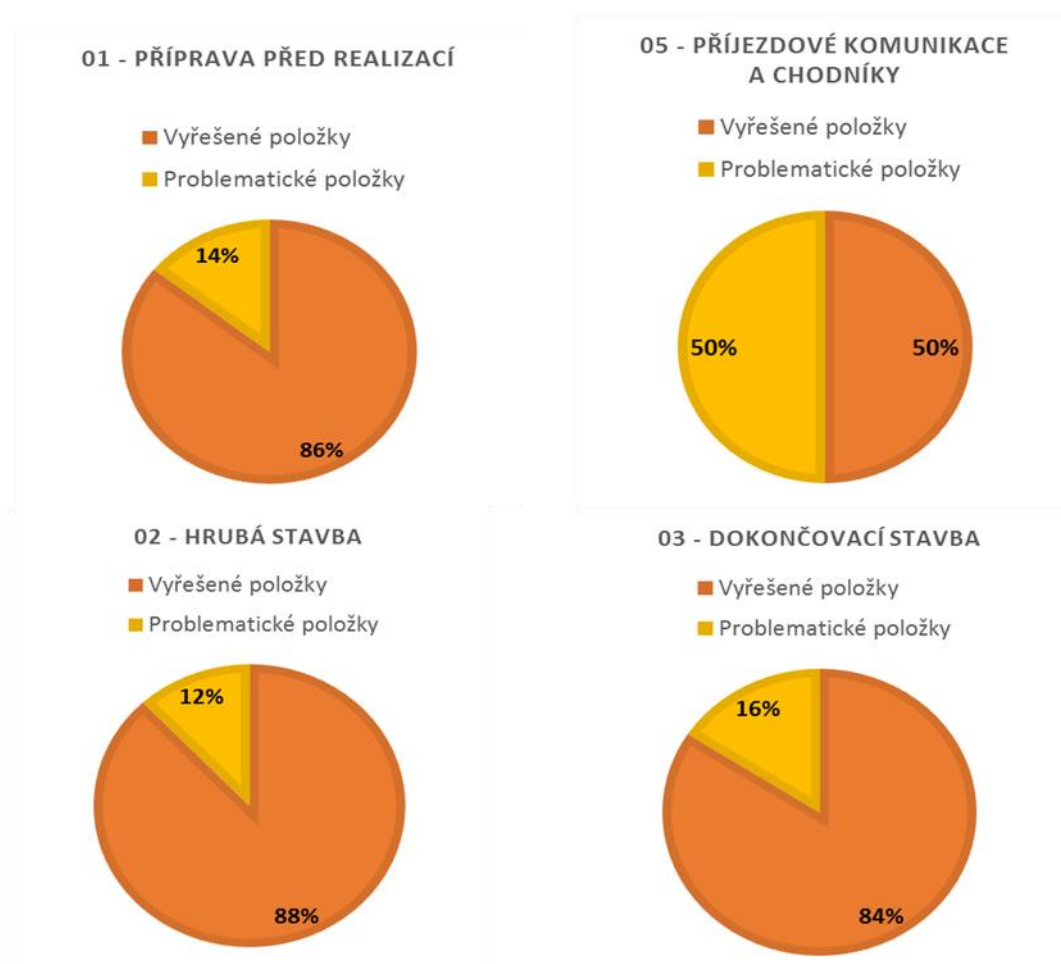


Obr. 32: Počty řešených položek v jednotlivých částech rozpočtu

Na Obr. 33 je vidět, pro jaký díl jednotlivých částí nákladů se podařilo spočítat uhlíkovou stopu. Pro přípravu před realizací, hrubou a dokončovací stavbu se podařilo stanovit uhlíkovou stopu pro 80–90% všech položek. Nemožnost uhlíkovou stopu pro některou z položek spočítat měla většinou jeden z těchto tří důvodů:

### 3 METODY ŘEŠENÍ

1. Nedostatek informací o materiálu či stroji ve veřejně dostupných podkladech. To je příklad keramického překladu, který se skládá z několika materiálů, jejichž poměr pro konkrétní velikost překladu se nepodařilo zjistit. Řešením je dotaz na výrobce.
2. Modelování položky v Ecoinventu, které jsou náročné na hlubší znalost procesu výroby daného prvku (čistící prostředky, plastové výrobky...). Řešením je zjištění potřebných informací od odborníků na dané obory, což je časově náročné, ale možné.
3. Položka stavební práce je vytvořena uživatelsky. V takovém případě není možný rozbor na jednotlivé nákladové druhy a chybí tedy informace umožňující spočítat environmentální dopady této stavební práce.
4. Položka patří do jiné databáze, než je cenová soustava ÚRS, v tomto případě je to databáze RTS.



Obr. 33: Procentuální podíl pokrytí položek pro části rozpočtu

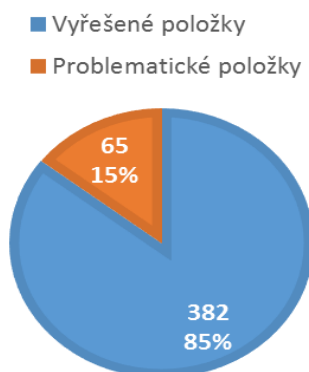
Největší podíl nevyřešených položek je v části 05 – Příjezdové komunikace a chodníky. To je však zároveň část, která je sestavena z položek databáze RTS, kterou se tato studie nezabývá. Specifikace některých těchto položek umožňovala spočítat uhlíkovou stopu (pouze materiály, bez práce strojů). Nicméně principiálně je jasné, že

### 3 METODY ŘEŠENÍ

pokud by byl výpočet uhlíkové stopy stavby prováděn automaticky, díky informaci o uhlíkové stopě v položkách cenové databáze ÚRS, nelze zahrnout položky z jiné databáze. Podobně nelze zahrnout uživatelské položky.

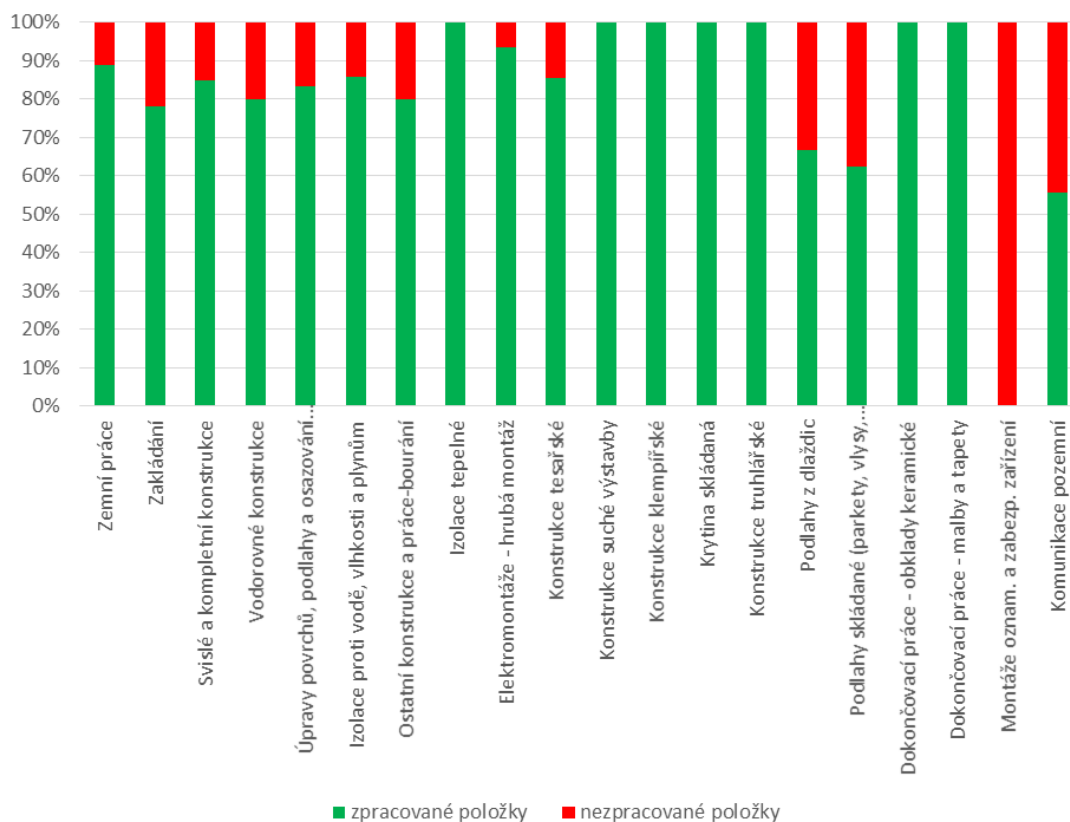
Na Obr. 34 je zobrazen celkový podíl a počet vyřešených a nevyřešených položek.

**CELKOVÝ PODÍL NEVYŘEŠENÝCH POLOŽEK**



Obr. 34: Celkový počet a podíl vyřešených a problematických položek.

**PODÍL ZPRACOVANÝCH A NEZPRACOVANÝCH POLOŽEK**



Obr. 35: Celkový počet a podíl vyřešených a problematických položek pro jednotlivé části stavby dle TSKP.

#### DOPADY JEDNOTLIVÝCH FÁZÍ ŽIVOTNÍHO CYKLU

V této části bude analyzováno, jaký dopad má fáze výstavby (v tomto případě zastoupená prací strojů) ve srovnání s fází výroby materiálů (A1-A3), která často jedinou uvažovanou fází v environmentálních výpočtech. Podíl práce strojů na celkové uhlíkové stopě je v tomto případě pouze 2% (Obr. 36). Toto rozdělení platí pro budovu jako celek. Například zemní práce se v tomto případě skládají pouze z položek práce strojů, uhlíková stopa této částí v porovnání s ostatními částmi je však zanedbatelná.

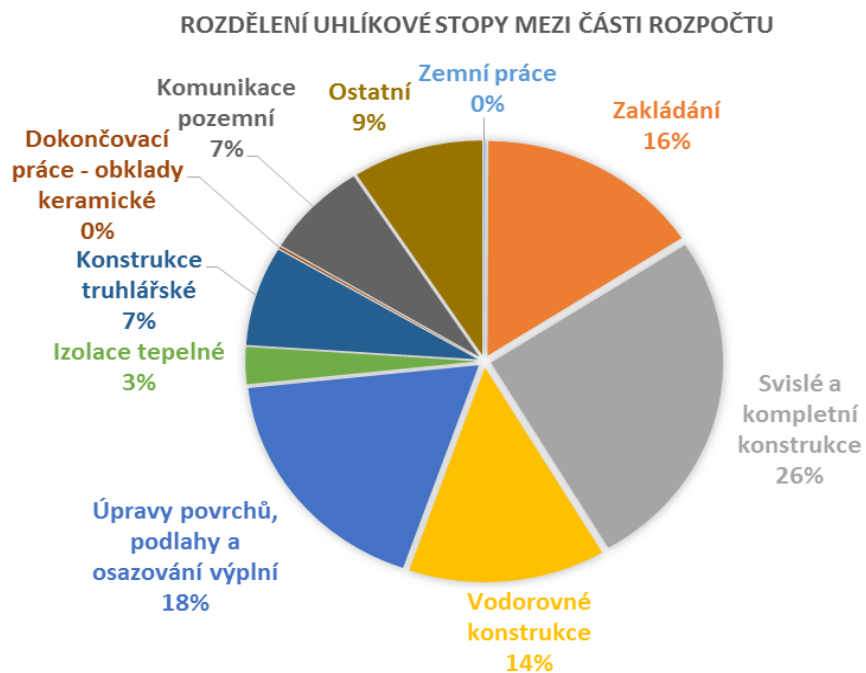


Obr. 36: Podíl materiálů a práce strojů na celkové uhlíkové stopě

#### PODÍL DOPADŮ JEDNOTLIVÝCH ČÁSTÍ BUDOVY

Analýza případové studie ukázala, že největší uhlíková stopa se váže ke svislým a kompletačním konstrukcím (26 %), úpravám povrchů podlah a osazování výplní (18 %), zakládání (16 %) a vodorovným konstrukcím (14 %) (viz Obr. 37). Zanedbatelný dopad mají zemní práce, dokončovací práce (obklady keramické) a další části, které jsou prezentovány pod názvem „ostatní“. Překvapivý je malý dopad tepelných izolací.

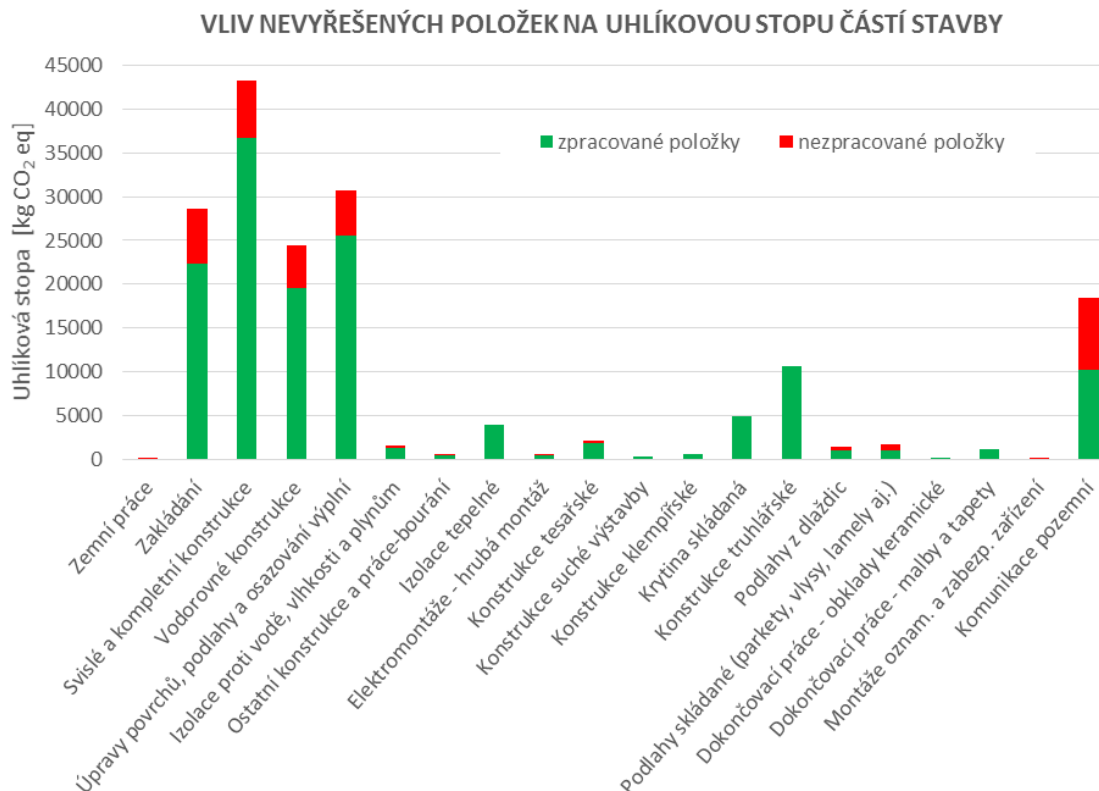
### 3 METODY ŘEŠENÍ



Obr. 37: Podíl jednotlivých částí stavby (dle TSKP) na celkové uhlíkové stopě

Na nezpracované položky zatím bylo pohlíženo pouze ve vztahu k celkovému počtu položek. Důležitější však je, jaký vliv má vynechání těchto položek na celkovou uhlíkovou stopu. Pro účely odhadu jejich vlivu byla zavedena průměrná uhlíková stopa položky pro každou část stavby (dle TSKP) a tato průměrná uhlíková stopa byla přiřknuta také nezpracovaným položkám. Výsledek této analýzy je zanesen v grafu na Obr. 38.

### 3 METODY ŘEŠENÍ

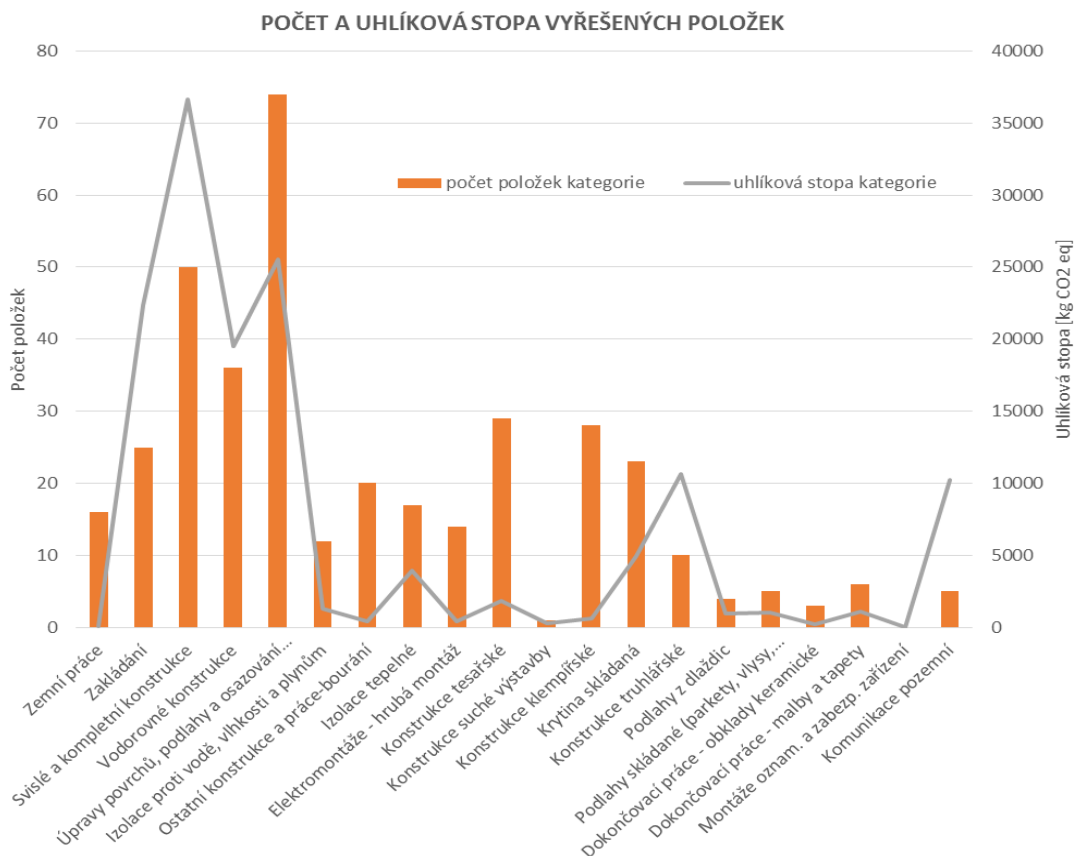


Obr. 38: Odhad vlivu nezpracovaných položek na uhlíkovou stopu

U částí budovy s velkou uhlíkovou stopou je zřetelné, že vliv nezahrnutých položek se pohybuje mezi 15 a 25% (s výjimkou pozemních komunikací). Vztaheno na celou budovu vychází, že nezpracované položky mají přibližně 23% podíl na celkové uhlíkové stopě, což je víc, než podíl vztahený pouze na počty položek, kde vycházelo 15 % nevyřešených položek. Na tento výsledek má velký vliv kategorie pozemní komunikace, která obsahuje pouhých šest položek (1% z celkového počtu položek), má však sedmiprocentní podíl na celkové uhlíkové stopě (s vynecháním nezpracovaných položek). Kategorie pozemní komunikace je tvořena pouze uživatelskými položkami, a ty nejsou zahrnutelné do automatizovaného výpočtu uhlíkové stopy. Proto byla analyzována i situace, kdy by část „pozemní komunikace“ do výpočtu nevstupovala. Odhadovaná uhlíková stopa nezpracovaných položek by pak byla asi 17 % z celkové uhlíkové stopy budovy. I tak je tedy vliv vyšší, než pokud byl vztahen pouze na počty položek.

Graf na Obr. 39 ukazuje počty položek v jednotlivých částech stavby (dle TSKP) a uhlíkovou stopu těchto částí. Nezpracované položky nejsou zahrnuty. Je zřetelné, že některé části stavby s malým počtem položek mohou mít vysokou uhlíkovou stopu a naopak. Z toho vyplývá, že není vhodné používat průměrnou uhlíkovou stopu kategorie pro doplnění chybějících položek. Té stejné položce totiž různé kategorie přiřadí velmi odlišnou průměrnou uhlíkovou stopu.

### 3 METODY ŘEŠENÍ



Obr. 39: Počty položek a uhlíková stopa jednotlivých částí budovy

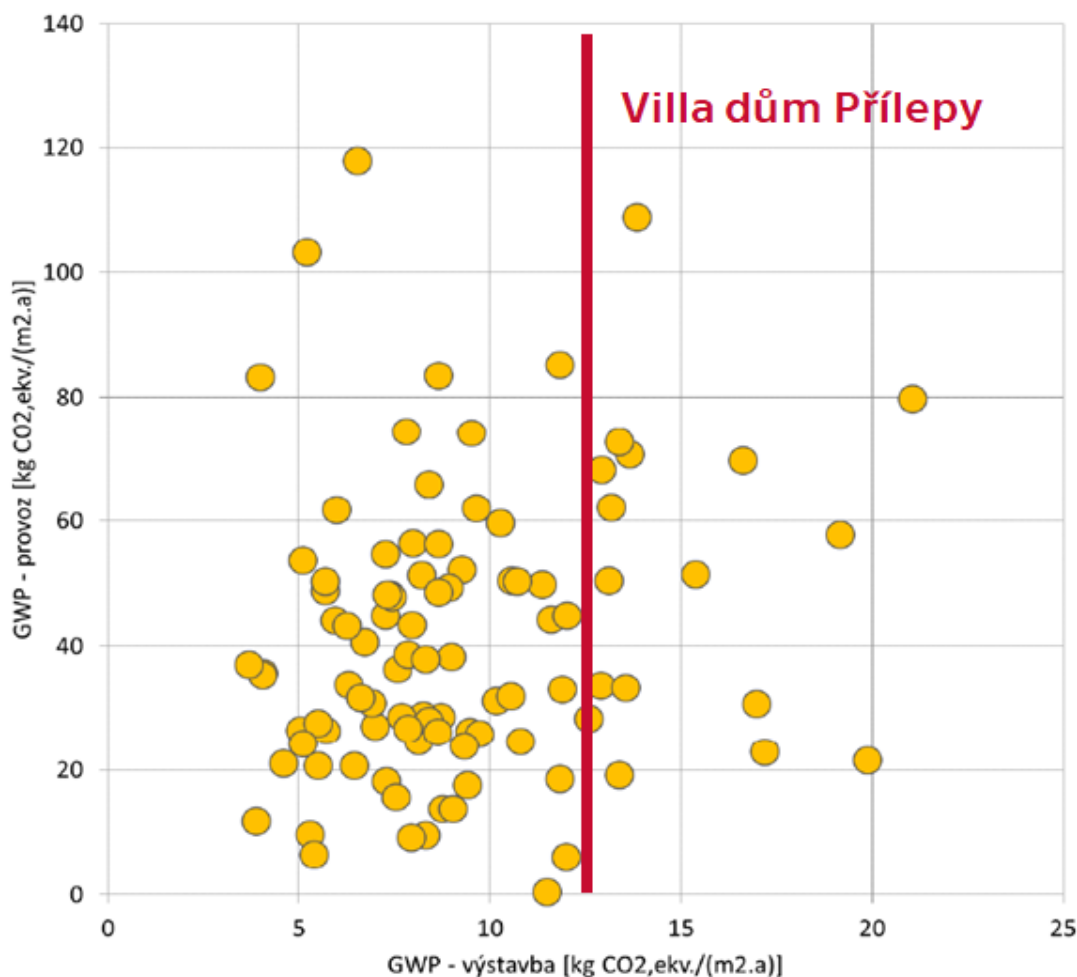
#### VÝSLEDNÁ UHLÍKOVÁ STOPA BUDOVY

Výsledná uhlíková stopa budovy obsahuje celé spektrum položek z fáze A1-A3 (výroba materiálů) bez jakéhokoli systematického omezení z hlediska množství, hmotnosti, důležitosti či ceny. Jsou tedy započítána i lepidla, nátěry či spojovací materiál, které bývají někdy zanedbávány. Výsledná uhlíková stopa neobsahuje některé položky, ke kterým nebylo možné spočítat uhlíkovou stopu, jak bylo popsáno výše.

Tab. 11: Celková uhlíková stopa analyzované budovy

Celková uhlíková stopa domu (životnost 50 let)	162 064 kg CO2 eq
Uhlíková stopa vztažená na 1 m <sup>2</sup> užité plochy	623 kg CO2 eq/m <sup>2</sup>
Uhlíková stopa vztažená na 1 m <sup>2</sup> a 1 rok	12,5 kg CO2 eq/m <sup>2</sup> .a

Uhlíková stopa byla porovnána se studií, která analyzuje vztah mezi zabudovanými a provozními dopady budov [105]. Villa dům v Přílepech řešený v této studii je na Obr. 40. Je znázorněn svislou linkou, jelikož u něj není známa provozní spotřeba energie a s ní spojené dopady. Hodnotou uhlíkové stopy villa domu řádově odpovídá běžným hodnotám.



Obr. 40: Uhlíková stopa budovy řešené v této případové studii v mezi delšími studii, které počítají uhlíkovou stopu budov

### 3.12 ZÁVĚRY ZE STUDIE PROVEDITELNOSTI A NAVÁZÁNÍ DALŠÍMI PROJEKTY

Studie proveditelnosti potvrdila, že propojení cenové databáze ÚRS a environmentální databáze Ecoinvent je možné a bude poskytovat relevantní výsledky LCA budovy v hranicích cradle-to-gate.

Aby propojování dat rozpočtářské a environmentální databáze probíhalo konzistentně, aby se umožnil upgrade při aktualizaci databází a v neposlední řadě, aby se snížila pracnost tohoto procesu, bude třeba zpracovat metodiku, která toto zajistí. Metodika bude mít dvě části:

1. Obecnou část, která popíše, podle jakých norem se při propojování databází postupuje, stanoví přesně hranice systému a celkově ukotví používané postupy v mezinárodně uznávaných pokynech pro LCA stavebních produktů a budov.
2. Specifická část, která stanoví přesné postupy pro jednotlivé skupiny položek tak, aby se u podobných položek vždy postupovalo konzistentně i v budoucnu.



Specifickou část metodiky by bylo vhodné softwarově automatizovat, takže by vznikl převodník, který by po zatřídění položky do určité kategorie vypočítal environmentální data automaticky.

Přiřazování environmentálních dat do cenové soustavy probíhá na úrovni sborníku pořizovacích cen materiálů. Do katalogu popisů a směrných cen se dopady dostanou až v programátorském prostředí softwaru Kros, kde se k jednotlivým stavebním pracím dostanou přes konkrétní množstevní zastoupení jednotlivých materiálů, analogicky, jako je tomu u ceny. Pro realizaci je tedy třeba úzká spolupráce s provozovatelem rozpočtářské databáze. Ten těžiště budoucího rozvoje vidí hlavně v propojení rozpočtů a BIM nástrojů a má již vyvinuté určité softwarové nástroje. Nabízí se tedy, přidat do těchto nástrojů také environmentální dopady. Vznikl tedy projekt EnviBIM, který využívá propojení rozpočtů s environmentálními daty, aby umožnil výpočet environmentálních dopadů v BIM prostředí.

#### **3.13 METODIKA PRO PROPOJOVÁNÍ DATABÁZÍ**

Obecná metodika je souborem poznatků a rozhodnutí, vyplývajících z rešerše a ze studie proveditelnosti, v této práci tedy obsaženy (a pro její účely výrazně rozšířeny) v kapitole 2 a v kapitolách 3.1 - 3.9. Tato část se zaměřuje na tvorbu specifické metodiky.

Specifické postupy pro propojování položek rozpočtářské a environmentální databáze byly nejprve vyvíjeny pro EnviBIM a následně rozšiřovány na celý sborník pořizovacích cen materiálů.

Cílem specifické části metodiky je uvést konkrétní postupy tvorby environmentálních dat pro různé skupiny položek rozpočtářské databáze (podle druhu materiálu, konstrukce, ve které je použit atd.)

Výsledkem je soubor návodů a poloautomatizovaný algoritmus (MS Excel) pro vytváření environmentálních dat (pro různé skupiny položek, kde jsou si položky podobné způsobem tvorby environmentálních dat). Tato metodika je tvořena souběžně s tvorbou environmentálních dat. Proto popis postupu její tvorby začíná popisem postupu tvorby environmentálních dat a pokračuje postupy používanými při práci s daty.

##### **3.13.1 POSTUP PROPOJOVÁNÍ DAT A SOUBĚŽNÝ VÝVOJ SPECIFICKÉ METODIKY PRO ENVI BIM**

Tvorba environmentálních dat pro položky rozpočtářské databáze probíhala po etapách. Nejprve byly spočteny položky pro dvě vzorové skladby ze stavební knihovny. Následně byla spočítána sada položek pro jeden vzorový dům – 196 položek. Ta byla následně rozšířena na celou sadu položek figurujících ve stavební knihovně, což je 760 položek stavebních materiálů. Rozšíření na celý katalog popisů a směrných cen stavebních prací se již nesoustředí přímo na specifické postupy, ale spíše na zatřídění položek podle druhu výrobku a postupu tvorby environmentálních dat.

### 3 METODY ŘEŠENÍ

---

Tato kapitola bude popisovat postup, jak se na sadu položek rozpočtářské databáze napojují environmentální data a jak u toho vzniká specifická metodika.

1. Vygenerování seznamu všech položek stavebních prací (katalog popisů a směrných cen stavebních prací) figurujících v řešené sadě.
2. Získání seznamu všech materiálových položek (sborník pořizovacích cen materiálů), které v seznamu z bodu 1 figurují. To bylo nejprve prováděno ručně pomocí software KROS a rozboru TOV, který je v KROSu k dispozici, posléze však byla navázána spolupráce přímo s provozovatelem databáze. Ten vygeneroval seznam materiálů figurujících v položkách stavebních prací automaticky, nicméně bez vazby na konkrétní práce, neboť se jedná o citlivé know-how.
3. Dohledání či vymodelování odpovídajících položek v databázi Ecoinvent pomocí některé z metod uvedených v následující kapitole 3.13.2, případné zjištění všech potřebných doplňujících informací o materiálu pro převod jednotek nebo další potřebné úpravy environmentálních položek.
4. Případné vytvoření automatizovaného algoritmu v MS Excel (sešit je nazván Envidatagenerator), aby bylo možné pro podobné položky (lišící se například jen rozměry nebo hmotnostním zastoupením) vyčíslit dopady automaticky.
5. Vyčíslení dopadů a jejich zadání do seznamu materiálů.
6. Implementace environmentálních dat materiálů do položek stavebních prací přes přepočtení konkrétních množstevních zastoupení. Původně bylo prováděno jednotlivě v MS Excel, později prováděl hromadně provozovatel rozpočtářské databáze.
7. Zavedení environmentálních dat položek stavebních prací do stavební knihovny, aby se zobrazovaly ve webovém rozhraní. Tento proces zajišťuje provozovatel stavební knihovny.

#### **3.13.2 POSTUPY POUŽITÉ PŘI PRÁCI S DATY**

Specifická metodika umožní další rozšiřování a aktualizace environmentálního modulu pro plugin do BIMu. Níže popsané metody byly autorkou prezentovány na mezinárodní konferenci [106].

Pro každou skupinu položek, pro kterou se používají stejná nebo podobná environmentální data je vytvořen zvlášť postup, případně speciální excelový list pro automatické vytváření dat. Obecně se ale využívají tyto tři metody, které jsou pak přizpůsobovány specifickým skupinám:

#### **METODA 1: SKUPINA ROZPOČTÁŘSKÝCH POLOŽEK – JEDNA ODPOVÍDAJÍCÍ POLOŽKA V ECOINVENT**

Popis metody: Metoda určuje jednu jedinou položku z Ecoinventu pro určitou skupinu materiálů v rozpočtářské databázi, které se mezi sebou liší pouze rozměry nebo hmotností. V některých případech metoda udává, odkud se mají čerpat údaje

### 3 METODY ŘEŠENÍ

---

nutné pro převody jednotek. Tato metoda se většinou používá na produkty, které obsahují pouze jeden jediný materiál (např. pálené cihly, polystyrénové desky apod.)

Automatizace procesu: Provádí se, je to list v MS Excel, kam stačí pro každý specifický produkt zadat pouze jeho rozměry, váhu, nebo jiný kvantifikační údaj (odlišné pro různé skupiny materiálů).

Omezení metody: V rámci skupiny produktů se může jejich výrobní proces lišit, ale je to pod rozlišovací úrovní databáze Ecoinvent, takže je tento fakt zanedbán.

#### **METODA 2: KOMBINACE NĚKOLIKA MATERIÁLŮ Z DATABÁZE ECOINVENT**

Popis metody: Pro skupinu produktů, které se skládají ze stejných materiálů a mění se pro jednotlivé produkty jejich poměr, metoda stanovuje odpovídající položky materiálů v Ecoinventu. Například okna či dutinové cihly s izolací uvnitř dutin. Stanovuje eventuální způsob převodu jednotek a zdroj informací pro převod, dále také doporučený zdroj informací o produktech.

Automatizace procesu: Automatizace je možná, v tomto projektu je zatím provedena jen pro početnější skupiny položek. Je vytvořen list v Excelu, kde se pro každý produkt pouze zadává množství jednotlivých materiálů, případně se se vybírá z nabídky možných materiálů. Je ale třeba nejprve zhodnotit manuálně, zda materiál odpovídá svým složením a lze tedy na něj automatický výpočet použít

Omezení metody: Proces kompletace produktu z jednotlivých materiálů se zanedbává. Pokud se pro určitou skupinu jeví tento proces jako příliš významný, než aby ho bylo možné z environmentálního hlediska zanedbat, a jsou k němu relevantní data, doporučuje se aplikovat metodu 3 "Kombinace materiálových a procesových položek z Ecoinventu".

#### **METODA 3: KOMBINACE MATERIÁLOVÝCH A PROCESOVÝCH POLOŽEK Z DATABÁZE ECOINVENT**

Popis metody: Metoda je analogická s metodou Kombinace několika materiálů z databáze Ecoinvent. Pro skupinu materiálů však určuje nejen odpovídající materiály v Ecoinventu, ale také procesy výroby. Typickým příkladem jsou třeba nosné profily pro sádrokartonové předstěny. Pokyny pro práci s daty jsou v těchto případech složitější. Musí zahrnovat určení způsobu výroby produktů, případně popisovat, jakou metodou se má způsob určit.

Automatizace procesu: Automatizace je možná, ale vzhledem k tomu, že práce s environmentálními položkami je docela složitá a skupiny, pro které platí shodný, a tedy automatizovatelný postup jsou často malé, zatím je automatizace provedena pouze pro některé skupiny materiálů.

Omezení metody: Zjišťování výrobních postupů je často obtížné a časově náročné. Je zde tedy velké riziko, že bude do metody vnesena chyba.

### 3.14 ROZŠÍŘENÍ METODIKY NA CELOU ROZPOČTÁŘSKOU DATABÁZI PRO POZEMNÍ STAVBY

V rámci projektu EnviBIM byla vytvořena metodika pro propojování rozpočtářských a environmentálních dat, avšak pouze pro ty skupiny položek ze sborníku pořizovacích cen materiálů, které jsou nyní zahrnuty ve stavební knihovně DEK. Rozsah rozpočtářské databáze (sborníku pořizovacích cen materiálů, který je relevantní pro hranice systému cradle-to-gate) je mnohonásobně větší.

Aby bylo možné zpracovat postupy pro tvorbu environmentálních dat pro tak velký rozsah položek (celkový počet všech položek je 37 000, zdaleka ne všechny jsou však relevantní pro pozemní stavby), je třeba postupovat od obecnějších postupů pro větší skupiny položek k postupům konkrétnějším. Bude tedy zpracován systém pro zatřídění každé konkrétní položky stavebního materiálu podle způsobu nalezení/tvorby odpovídajících environmentálních dat. Typické parametry, podle kterých se položka zatřídí, je například tvar nebo materiál. Tento systém byl nazván Enviclassifier.

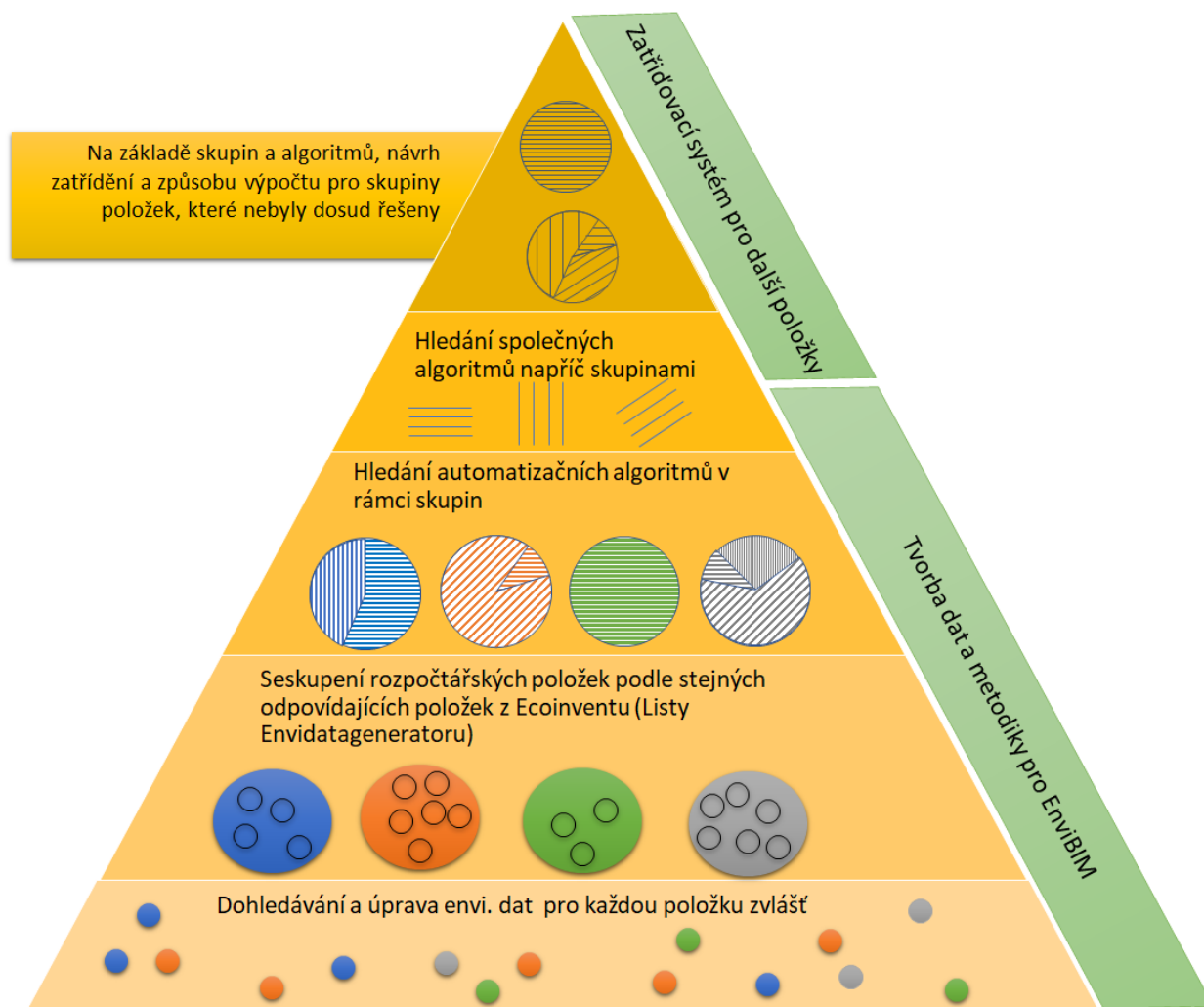
#### 3.14.1 VYMEZENÍ ROZSAHU

Prvotním cílem bylo vytvořit klasifikační systém, platný pro všechny položky sborníku pořizovacích cen materiálů, které se vyskytují v pozemních stavbách.

#### 3.14.2 POSTUP VYPRACOVÁNÍ SYSTÉMU PRO ZATŘÍDĚNÍ

Systém zatřídění Envidataclassifier vychází ze struktury navržené specifickou metodikou pro EnviBIM. Výhodou tohoto přístupu je, že při tvorbě metodiky bylo prioritou najít environmentální data pro každou položku řešené sady rozpočtářských položek, teprve na druhém místě bylo vnést do tvorby dat systém a vytvořit kategorie a výpočetní algoritmy, které lze v rámci různých skupin materiálů s většími či menšími modifikacemi upravovat. Z hlediska tvorby Envidataclassifieru se tedy jedná o bottom-up přístup. Proces od tvorby jednotlivých dat až ke vzniku klasifikačního systému je znázorněn na Obr. 41.

### 3 METODY ŘEŠENÍ

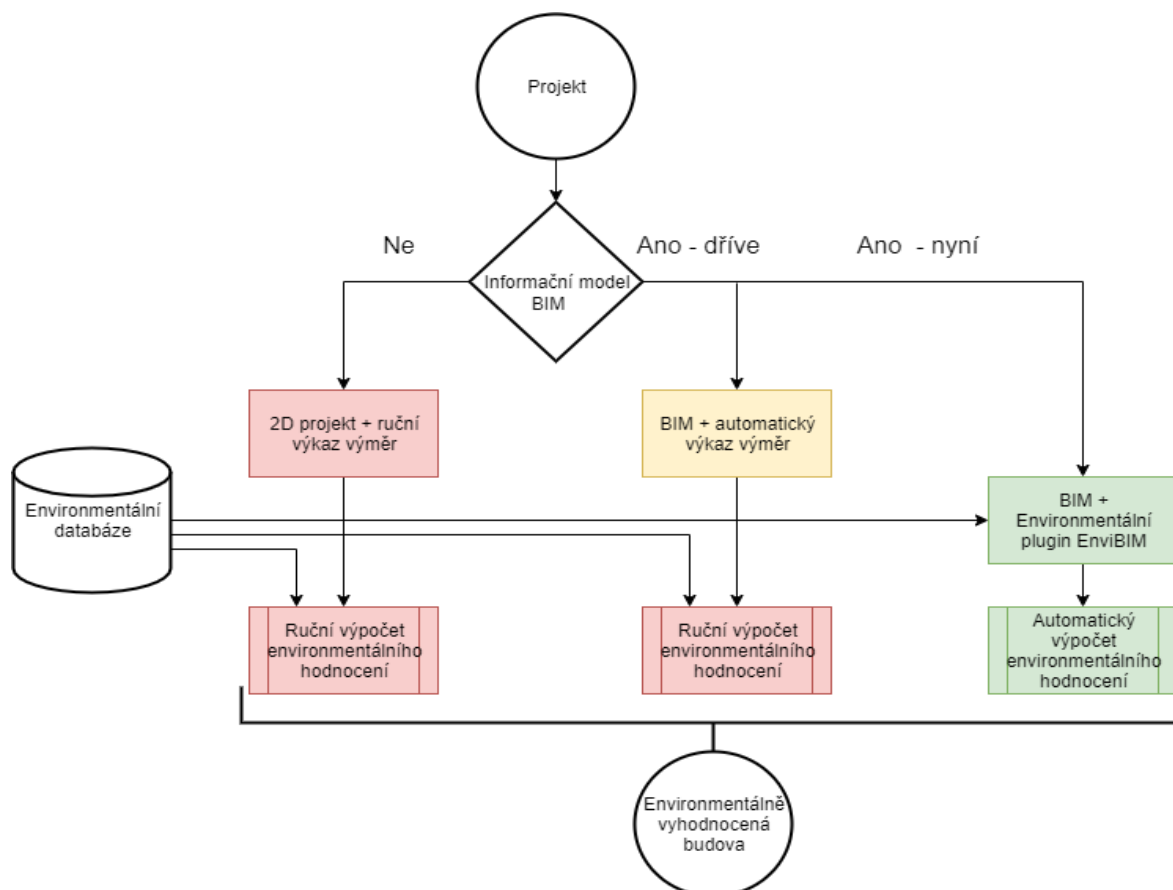


Obr. 41: Schéma procesu od hledání dat k jednotlivým položkám přes jejich postupnou organizaci až ke vzniku systému, do kterého bude možné další položky zatřídit.

Envidataclassifier je zpracován v MS Excel a pracuje s třemi úrovněmi kategorií. Hlavní kategorie jsou zkráceně nazývány eCAT (environmental category) a jsou členěny podle materiálů (z hlediska výběru dat v Ecoinventu). Další dvě podkategorie jsou nazvány eSCAT1 a eSCAT2 (environmental subcategory 1 a 2) a třídí položky podle dalších specifik, kterými se zpracování environmentálních dat pro různé typy položek liší. Může to být různý druh materiálu v rámci skupiny (například různé druhy plastů v rámci kategorie „plasty“), tvar výrobku (tekutý asfalt a asfaltové pásy v rámci kategorie asfalt), různé měrné jednotky a další odlišnosti. V rámci druhé podkategorie (tedy posledního stupně zatřídění) jsou u některých podkategorií definovány ještě různé šablony výpočtu. Pokud mezi výrobky ve stejné poslední podkategorii existují výpočtové odlišnosti a lze přitom najít v rámci této podkategorie položky se stejným principem výpočtu, může Envidatagenerator nabídnout šablony těchto výpočtů, jimiž je jednoznačně dáno, jaké údaje je třeba doplnit, aby výpočet environmentálních dat proběhl. Ten pak může díky šabloně proběhnout automaticky.

### 3.15 PŘÍPADOVÉ STUDIE PRO OVĚŘENÍ METODIKY A ENVI BIMU

Metodika propojování rozpočtářských a environmentálních databází byla testována v rámci projektu EnviBIM na dvou budovách a třech jejich modelech. Účelem případových studií bylo zkontrolovat, zda environmentální modul, který je postaven na propojení rozpočtářské a environmentální databáze poskytuje relevantní výsledky. U obou budov tedy proběhlo vyhodnocení LCA ve fázi životního cyklu „cradle-to-gate“ dvěma metodami: (a) tradiční – ruční metodou, to znamená ručním propojováním dat o budově s environmentálními daty; (b) novým systémem EnviBIM, který díky propojené environmentální a rozpočtářské databázi fungující na jeho pozadí spočítá dopady cradle-to-gate automaticky. Na Obr. 42. Jsou ukázány tři možnosti výpočtu environmentálních dopadů budovy: Výpočet s klasickou dokumentací, výpočet s BIM modelem, ale před vývojem EnviBIMu a výpočet, který bude umožněn modulem EnviBIM.



Obr. 42: Diagram znázorňující tři možnosti, jak vyhodnocovat environmentální dopady budov (Autor obrázku: Jakub Veselka).

Aby mohl být modul EnviBIM otestován, musely být použity takové projekty, ke kterým je dokumentace formou informačního modelu (BIM). U objektů, jejichž dokumentace je zpracována formou BIM je zbytečné informace duplikovat klasickou formou dokumentace a ta tedy není k dispozici. Proto případové studie nemohou

zahrnovat do porovnání zcela klasický postup při LCA vycházející z klasické dokumentace (na Obr. 42 je to možnost vlevo). Porovnávají tedy klasický ruční výpočet s podklady získanými z BIMu s automatickým výpočtem provedeným platformou EnviBIM (prostřední a pravá možnost na Obr. 42).

Neočekává se, že by se výsledky klasického výpočtu i EnviBIMu shodovaly zcela, za pozitivní výsledek by bylo považováno, kdyby se lišily do 15%. U metody LCA je všeobecně známo a doloženo mnoha studii, že výsledky stejné budovy se stejnými okrajovými podmínkami, stejnou databází ale jiným nástrojem nebo pouze jinou osobou se mohou velmi výrazně lišit [94].

#### **3.15.1 VÝBĚR PŘÍPADOVÝCH STUDIÍ**

Pro ověření metodiky vypracované v rámci projektu EnviBIM byly vybrány modelovací softwary Autodesk Revit 2021 a Graphisoft ArchiCAD 23.

Pro reprezentativnost byly vybrány rozdílné typologie objektů: rodinný dům a bytový dům. V rámci všech modelů byly pro plošné skladby konstrukcí (stěny, stropy, podlahy, střechy, podhledy) použity položky z BIM platformy [107] společnosti DEK. Tento proces probíhal pomocí pluginu softwarů informačního modelování. Díky těmto doplňkům se mohlo nahlížet přímo do knihovny databáze.

### 3 METODY ŘEŠENÍ

The screenshot shows the DEK software interface for material specification. The main title is 'DEK Obvodová stěna TI.1401A - EnviBIM'. Below the title, there is a section 'Specifikace skladyby' (Specification of assembly) with a list of materials and their thicknesses in mm:

№	Material Name	Thickness [mm]
1	weberpas - extraClean	2,0
2	weberpas podklad UNI - podkladní nátěr	
3	weber.tmel 700 + VERTEX R131	3,0 - 6,0
+	Ejotherm STR-U 2G	
4	EPS 70 F	120
5	weber.tmel 700	5,0 - 15
6	Porotherm 30 Profi	300
7	weberdur - podhoz	5,0
8	weberdur - klasik JRU	10
9	weberdur - štuk IN	2,0
10	DEKPRIMER NANO	0
11	DEKFINISH Bílá malba speciál	0

On the right side, there is a table of environmental impact indicators under the heading 'Další zdroje' (Further sources):

Indicator	Value
Kategorie DEK	Stěny > Kompletované - Obvodové stěny
Status	Nová
Požárně dělicí konstrukce	Ne
Nosná konstrukce	Ano
Kód produktu	DEK 320-01-15
Typ fasádního systému	Kontaktní
Technologie provedení	Zděná
Material tepelné izolace	Expandovaný polystyren (EPS)
Uhlíková stopa	31.3 g CO <sub>2</sub> eq. / m <sup>2</sup>
Potenciál úbytku surovin (nefosilní)	0.000111 g Sb eq. / m <sup>2</sup>
Potenciál úbytku surovin (fosilní)	474 MJ / m <sup>2</sup>
Ničení ozonové vrstvy	0.00193 g CFC-11 eq. / m <sup>2</sup>
Tvorba přízemního ozonu	0.0229 g C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> eq. / m <sup>2</sup>
Okyselování prostředí	0.159 g SO <sub>2</sub> eq. / m <sup>2</sup>
Eutrofizace prostředí	0.0408 g PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> eq. / m <sup>2</sup>
Neobnovitelná primární energie	505 MJ / m <sup>2</sup>
Obnovitelná primární energie	22.1 MJ / m <sup>2</sup>
Nebezpečný odpad (během výroby)	0.00439 kg / m <sup>2</sup>
Ostatní odpad (během výroby)	3.96 kg / m <sup>2</sup>
Radioaktivní odpad (během výroby)	0.0011 kg / m <sup>2</sup>
Vodní stopa (AWARE)	28.8 m <sup>3</sup> eq. / m <sup>2</sup>

Obr. 43: Náhled z modelovacího prostředí do knihovny databáze DEK

Pro ostatní prvky (výplně otvorů, sloupy atd.) byly použity standardní knihovní prvky aplikací Revit, resp. ArchiCAD, které byly doplněny o generické materiály (dřevo, železobeton atd.).

Pro přenos dat mezi softwary byl použitý otevřený výměnný formát IFC (Industry Foundation Classes), specifikovaný v normě ISO 16739 [108]. Tento formát vyvíjený mezinárodní organizací Building Smart [109] umožňuje také přímé uchování hodnot environmentálních parametrů (Environmental Impact Indicators) [110]. Tento formát se tak jeví jako vhodný pro pozdější uchování environmentálních dat v modelu.

#### 3.15.2 MODELOVÁNÍ PŘÍPADOVÝCH STUDIÍ

Modely byly zpracovány v úrovni podrobnosti (Level of Development) LOD300 [111], což přibližně odpovídá úrovni projektové dokumentace pro stavební povolení. V této fázi projektu jsou jasná konstrukční a materiálová řešení a tím pádem je možné model považovat za relativně přesný. Model obsahuje dvě „úrovně“: grafickou a databázovou (negrafickou). Databázová část je v tomto projektu díky DEK knihovně velmi obsáhlá, což usnadňuje práci LCA specialistovi.



### 3 METODY ŘEŠENÍ

---

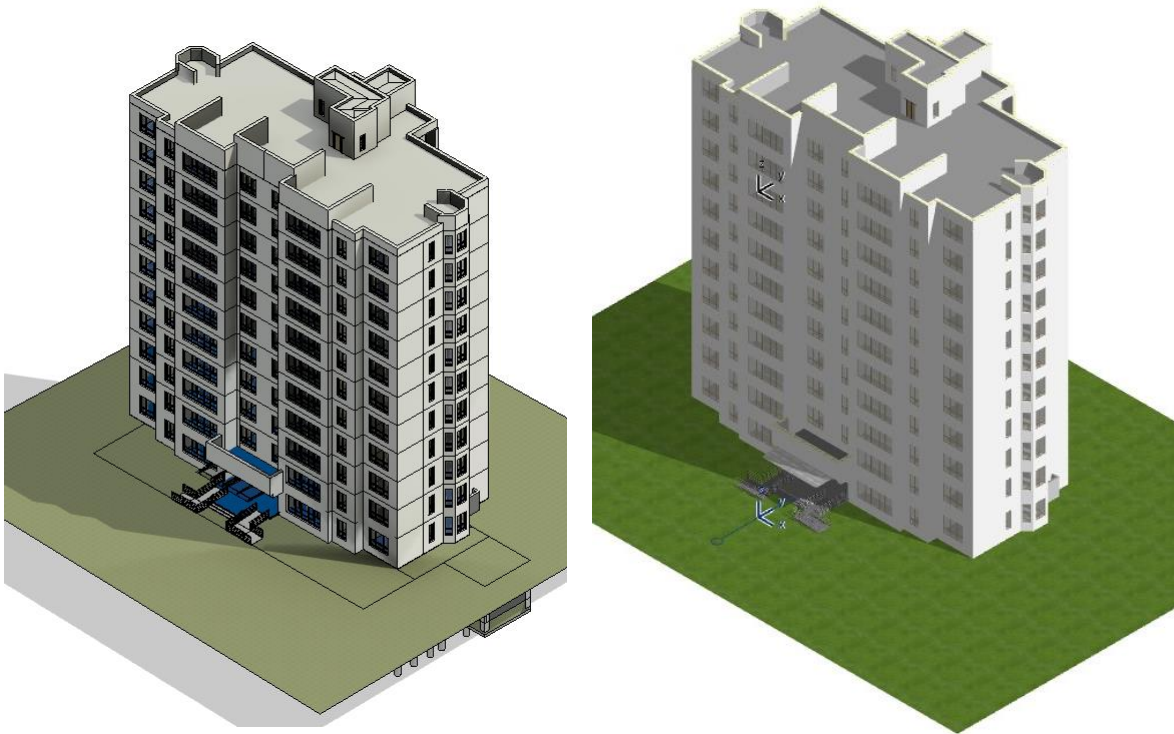
Součástí modelu jsou základy, nosný systém (vertikální a horizontální), nenosné dělicí konstrukce (příčky, podhledy), vertikální komunikace, výplně otvorů, střešní konstrukce.

Negrafické informace týkající se environmentálních dopadů je do modelů možné vkládat dvěma způsoby. První možností je přímo z doplňku DEKSOFT, kde vybranou skladbu aplikujeme přímo na vybraný prvek včetně negrafických informací. Druhou možností je, pokud je k prvku přiřazený konkrétní sendvič se správným názvem, vybrat možnost v rozbalovací nabídce DEKSOFT „Doplnit negrafické informace“. Tato možnost je vhodná v případě, že mohly být některé informace, ať neúmyslně odstraněny. Informace jsou vkládány jako IFC parametry prvku, které mohou být dále exportovány spolu s IFC modelem. Přiřazení informací je na základě názvu sendvičové konstrukce a jsou přiřazeny pouze k sendvičům.

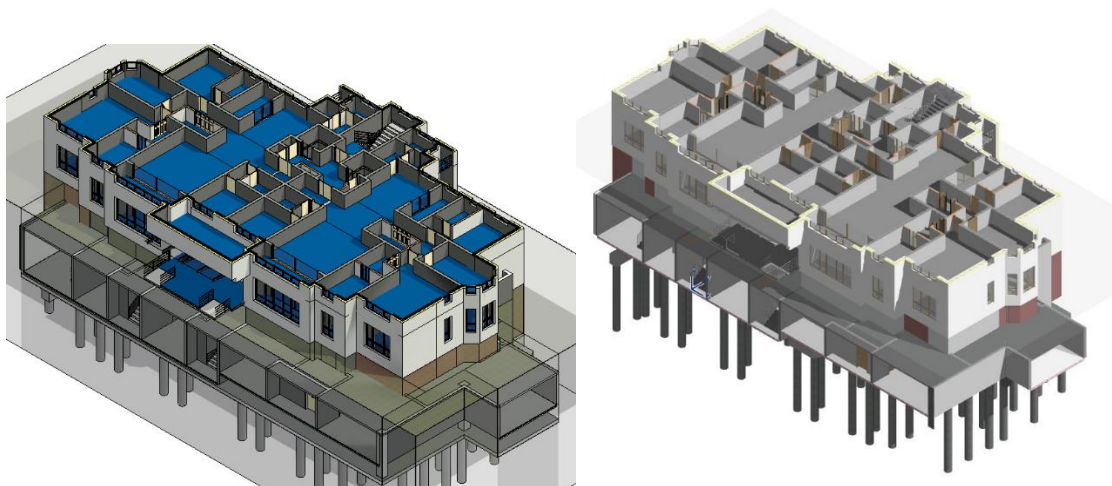
Pro klasický ruční výpočet environmentálních dopadů byly z BIM jednotlivých softwarů exportovány tabulky stavebních materiálů s jejich rozměry ve formátu \*.xls a poté dále zpracovány (podrobněji zpracováno v kapitole 3.15.3 Metoda výpočtu). Dále byl exportován výměnný formát \*.IFC a prověřen v online IFC prohlížeči – například BIM Platforma. Pro export byl zvolen standard IFC2x3. Geometrie modelu byla při exportu nastavena jako „boundary representation“ (BREP) a prvky skládající se z jednotlivých komponentů jako jsou například sendviče, jsou rozděleny na jednotlivé vrstvy tvořící samostatné komponenty prvků. Parametrická geometrie IFC nebyla zvolena z důvodu nepřesného vykazování objemů. Při nastavení exportu bylo přihlédnuto i k doporučením pro export v manuálu k BIM Platformě. Původní sendviče stažené do projektu z doplňku jsou automaticky rozpoznány a BIM Platforma nabídne odkaz na informace do Stavební knihovny DEK. Prvky s upravenými sendviči a samostatnými stavebními materiály nejsou rozpoznány.

#### **BYTOVÝ DŮM**

Jedná se o typický bytový dům stavěný převážně v Asii, který byl vybrán pro svou jednoduchost. Projekt z Tianjinu v severovýchodní Číně je samostatně stojící dům s plochou střechou. Objekt má 2 podzemní a 12 nadzemních podlaží. Půdorysné rozměry jsou 36,9 x 20,2 m. Hlavní konstrukční systém je železobetonová stěnová konstrukce po obvodě s vyzdívkou s vápenopískových cihel.



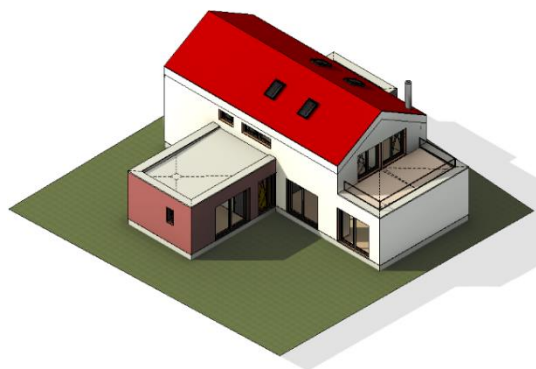
*Obr. 44: Axonometrické pohledy na modely*



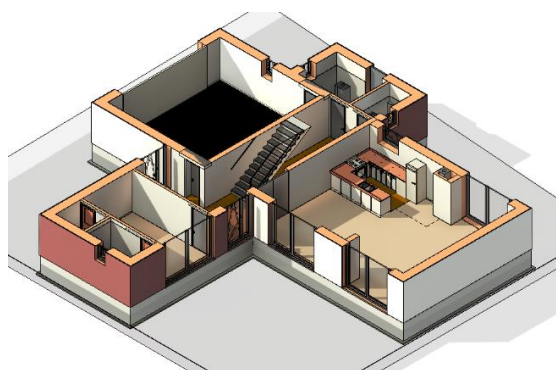
*Obr. 45: Řezopohledy typickým podlažím*

#### **RODINNÝ DŮM „COLORADO“**

Projekt Colorado je samostatně stojící nepodsklepený rodinný dům. Jedná se stěnový konstrukční systém z keramických tvarovek s keramickými stropy MIAKO. Hlavní hmota objektu je tvořena dvěma na sebe kolnými kvádry. Hlavní část je dvoupodlažní se sedlovou střechou a pochozí terasou. Kolmo na ní navazuje jednopodlažní přístavba s plochou střechou. V objektu je umístěna i garáž. Informační model rodinného domu Colorado je vzorovým příkladem BIM platformy společnosti DEK.



Obr. 46: Axonometrický pohled na model



Obr. 47: Řezopohled přízemím

#### **3.15.3 METODA VÝPOČTU LCA RUČNÍ METODOU**

Výstupy poskytnuté LCA specialistovi z modelovacích programů byly .csv soubory či rovnou tabulky v MS excel. Jednalo se o výkazy výměr (skladeb i ostatních konstrukcí) a tabulky oken a dveří. I přesto, že výkazy byly poměrně detailní nebylo vždy možné pouze z vyexportovaných tabulek poznat, o jaký prvek v modelu se jedná (např. kategorie Speciality Equipment). Z toho důvodu byl LCA specialistovi poskytnut i celý model.

Tabulky obsahovaly seznam použitých materiálů rozdělených dle jednotlivých konstrukcí. Díky propojení s podrobnou DEK knihovnou tabulka obsahovala široké spektrum informací: kategorie, název, popis, komentář, výrobce, URL, objem, plochu a jednotkovou hmotnost. Díky detailnímu popisu, jednotkové hmotnosti a odkazu na webové stránky daného produktu bylo možné rychle a jednoduše získat detailnější informace o výrobku – např. složení, objemovou či plošnou hmotnost.

### 3 METODY ŘEŠENÍ

Kategorie	Název	Objem	Plocha	Popis	Komentáře	Výrobce	URL	Jednotková hmotnost
Ceilings	DEKFINISH Bílá malba speciál		4 653	Interiérová bílá matná barva, vodou ředitelná, oteruvzdorná.	Disperzní nátěr s organickými pojivy, vápencovým plnivem, voda. Propustnost vodních par 0,18 m, krycí schopnost štípa 2 při vydatnosti cca 3,3 m <sup>2</sup> .kg <sup>-1</sup> .		<a href="https://www.dek.cz/documents/1532488340">https://www.dek.cz/documents/1532488340</a>	0,0 kN/m <sup>3</sup>
Ceilings	DEKFINISH Finální tmel		4 653	Pastovitá stěrková hmota pro tenkovrstvou finální povrchovou úpravu stavebních konstrukcí.	Pastovitá stěrková hmota pro okamžitě použitelnou úpravu pro tenkovrstvou finální povrchovou úpravu stavebních konstrukcí. Reakce na oheň A1, pevnost v tahu za ohybu min. 250 N.		<a href="https://www.dek.cz/documents/1455778305">https://www.dek.cz/documents/1455778305</a>	0,0 kN/m <sup>3</sup>
Ceilings	DEKPRIMER NANO		4 653	nátěr na akrylátové bázi	Hluboková penetrace na akrylátové bázi, vhodná do interiéru i exteriéru, vydatnost 5-10 m <sup>2</sup> /kg/nátěr.			0,0 kN/m <sup>3</sup>
Ceilings	DEKWOOL G035 r	279	4 653	Pásky ze skleněných vláken. Deklarovaná hodnota součinitele tepelné vodivosti 0,035 W.m <sup>-1</sup> .K <sup>-1</sup> . Třída reakce na oheň A1. Charakteristická hodnota zatížení 0,21 kN.m <sup>-3</sup> .	Pásky ze skleněných vláken určené jako tepelně izolační a akusticky tlumící výplň lehkých montovaných příček a podhledů, nezařazené tepelné izolace střech, stropů, podhledů a podlah. Deklarovaná hodnota součinitele tepelné vodivosti 0,035 W.m <sup>-1</sup> .K <sup>-1</sup> . Faktor difuzního odporu 1. Třída reakce na oheň A1. Charakteristická hodnota zatížení 0,21 kN.m <sup>-3</sup> .		<a href="https://www.dek.cz/documents/1240278856">https://www.dek.cz/documents/1240278856</a>	0,2 kN/m <sup>3</sup>
Ceilings	Profily UD, CD, akustický závěs	302	4 653	Jednosměrný rošt z ocelových pozinkovaných profilů UD a CD, spálený s nosnou konstrukcí akustickými závěsy.	Celkový jednosměrný rošt spálený s nosnou konstrukcí. Rošt tvořen ocelovým akustickým závěsem (stavebním členem) délky 35, 65, 95 mm, na kterém jsou zavěšeny ocelové pozinkované CD profily rozměru 60 x 27 x 0,6 mm. Vodící profily UD rozměru 28 x 27 x 0,6 mm.	METAL TRADE		0,0 kN/m <sup>3</sup>
Ceilings	RIGIPS Modrá akustická protipožární deska MA (DF) Activ Air + Samolepicí tkaninová bandáž + DEKFINISH Spárovací tmel	58	4 653	Modrá akustická protipožární deska MA (DF) Activ Air* je sádrokartonová deska dle ČSN EN 520 typu DF. Lícový karton je barvy modré. Pro snadnou identifikaci je potisk hrany desek proveden červeně. Deska obsahuje unikátní technologii Activ Air* pro rozklad emisí formaldehydu, který je obsažen např.: v nábytku, koberech, lepidlech, osvětlovacích vzhledu, cigaretovém kouři, atd. Tato patentovaná technologie dokáže snížit během několika dnů koncentraci formaldehydu v místnosti o více jak 70 % a to po dobu delší než 50 let.	Modrá akustická protipožární deska MA (DF) Activ Air* je sádrokartonová deska s kontrolovanou objemovou hmotností a speciálně upraveným jádrem určená do konstrukcí se zvýšeným požadavkem na vzduchovou neprůzvučnost a požární odolnost. Deska s technologií Activ Air* je vhodná jako trvalé řešení pro žijavějším ovzduší doma, ve školách či v kancelářích. Tato technologie neutralizuje formaldehyd. Výsledkem je čistý vzduch v interiéru.	RIGIPS	<a href="https://www.rigips.cz/files/sadrovakartone-a-sadrovakartone-desky/TL-MADF1.pdf">https://www.rigips.cz/files/sadrovakartone-a-sadrovakartone-desky/TL-MADF1.pdf</a>	2,4 kN/m <sup>3</sup>

Obr. 48: Ukázka z výkazu výměr

Poté bylo nutné položku po položce detailně prozkoumat, většinou pomocí dostupných dat převést na hmotnost a přiřadit ji jednotková data z environmentální databáze. Modely obsahují řadu zjednodušení, se kterými bylo třeba počítat. Mezi nejčastější zjednodušení patří:

- Zjednodušené modelování nehomogenních konstrukcí (chybějící výztuž v železobetonu, u terasy na rektifikačních podložkách je vytvořena vrstva o daném objemu a popisem "plastové rektifikační podložky", ale ve skutečnosti se jedná o bodové objekty, a nikoliv souvislou vrstvu plastu atd.).
- Chybějící spojovací materiál (hřebíky, vruty, kotvy).
- Zjednodušené modelování výplní otvorů. (Okna a dveře se modelují specificky. Obvykle se nemodelují profily a jednotlivé vrstvy zasklení. Plocha zadaná ve výkazu výměr odpovídá ploše povrchu vymodelovaného objektu. Započítávají se plochy všech stran. Plocha dveří ve výkazu výměr je tedy více než 2násobná oproti realitě. V těchto případech bylo nutné pracovat s výkazem otvorů.
- Zjednodušené modelování řady detailů stavební konstrukce (věnec, ztužidla).
- Modelování plošných konstrukcí po vrstvách a zanedbání části konstrukce (rektifikační terče).

Další překážkou byla specifika jednotlivých softwarů, které se často chovají jinak, než by uživatel očekával. To může být spojeno s jinými zvyklostmi v zemi, kde je software vyvíjen, neodborným překladem softwaru do češtiny apod. Problematické mohou být zejména:

- Hodnoty uvedené jako Plocha jsou často Plocha povrchu. Je tedy třeba maximálně obezřetně používat exportované hodnoty.
- Některé specifické elementy se obtížně vykazují do výkazu materiálu, například zábradlí, okapy, hrany střechy apod.

Z toho důvodu byl jako stěžejní parametr uvažován objem. U materiálů s minimální tloušťkou jako jsou nátěry či fólie, nebyl objem uveden a počítalo se s plochou.

#### **OKRAJOVÉ PODMÍNKY LCA**

Studie vznikaly za účelem porovnání s platformou EnviBIM. Okrajové podmínky studií jsou platformě přizpůsobeny.

Započítávají se pouze tzv. svázané dopady zabudovaných materiálů bez zohledňování životnosti jednotlivých materiálů. Jedná se tedy o výrobní fázi dle ČSN EN 15978 [16], která obsahuje:

- A1 Získávání surovin
- A2 Doprava
- A3 Výroba

Platforma EnviBIM umí zobrazit 13 indikátorů. Případové studie porovnávají odlišnosti ve způsobu výpočtu, to se projeví u všech indikátorů stejně, takže lze pracovat pouze s příkladem jednoho indikátoru. Pro tento účel byl vybrán environmentální indikátor GWP s jednotkou kg CO<sub>2</sub> ekvivalentní. Jedná se o často používaný indikátor, který vyjadřuje uhlíkovou stopu. Environmentální data pro ruční výpočet jsou čerpána z webového rozhraní databáze Ecoinvent verze 3.3 (2016).

### 4 VÝSLEDKY

V následujících kapitolách jsou popsány výsledky práce, kterými jsou:

- Obecná a specifická metodika pro propojování rozpočtářské a environmentální databáze.
- Environmentální plugin EnviBIM pro BIM nástroje.
- Výsledky případových studií, ověřujících metodiku a EnviBIM.

#### 4.1 OBECNÁ METODIKA PRO PROPOJOVÁNÍ ROZPOČTÁŘSKÉ A ENVIRONMENTÁLNÍ DATABÁZE

Metodika má dvě části. První část zahrnuje rešerši informací o posuzování životního cyklu LCA a souvisejících indikátorech a databázích, souvisejících evropských a mezinárodních normách a legislativě, dostupné literatuře, existujících nástrojích pro posuzování environmentálních dopadů stavebních materiálů, konstrukcí a budov a souvisejících nástrojích BIM. Informace z této části jsou využity, rozšířeny a prezentovány v kapitole 2 LCA ve stavebnictví a zde tuto část tedy neuvádíme.

V druhé části je již přímo uveden obecný rámec tvorby dat pro rozpočtářské položky a EnviBIM a je uveden v následujících podkapitolách. Vzhledem k tomu, že postup, jak byl obecný rámec metodiky stanoven je popsán v sekci 3 Metody, zde jsou jen shrnuty závěry platné jako pravidla pro propojování databází.

##### 4.1.1 Úvod

Obecná metodika byla vyvinuta pro propojení LCA dat s nástroji BIM pomocí knihovny DEK, nicméně toto propojení probíhá prostřednictvím rozpočtářských položek, a metodika je tak platná nejen pro řešenou sadu rozpočtářských položek zahrnutých v EnviBIM, ale pro celou rozpočtářskou databázi. Na základě dostupných zdrojů byly stanoveny hranice systému. Dále byla zvolena nejvhodnější metoda LCIA a soubor environmentálních indikátorů, podle doporučení ČSN EN 15804+A1 a na základě jejich dostupnosti v použité podkladní mezinárodní databázi Ecoinvent [112]. V dalším kroku byly v LCA softwaru SimaPro [38] a MS Excel modelovány jednotlivé položky.

##### 4.1.2 OKRAJOVÉ PODMÍNKY PRO LCA DATA

Jako základ pro tvorbu environmentálních dat byl zvolen soulad s požadavky stávajících evropských norem, na prvním místě s normou ČSN EN 15804+A1 a ČSN EN 15978 [16]. Jedná se totiž o zásadní dokumenty sjednocující environmentální posuzování stavebních materiálů i budov, vypracované na základě vědeckého konsenzu na evropské úrovni. Národní certifikační nástroj pro budovy SBToolCZ [113] (pro který bude mimo jiné environmentální knihovna použitelná) i jiné zahraniční certifikační nástroje mají soulad s těmito normami zakotvený ve své metodice.

## 4 VÝSLEDKY

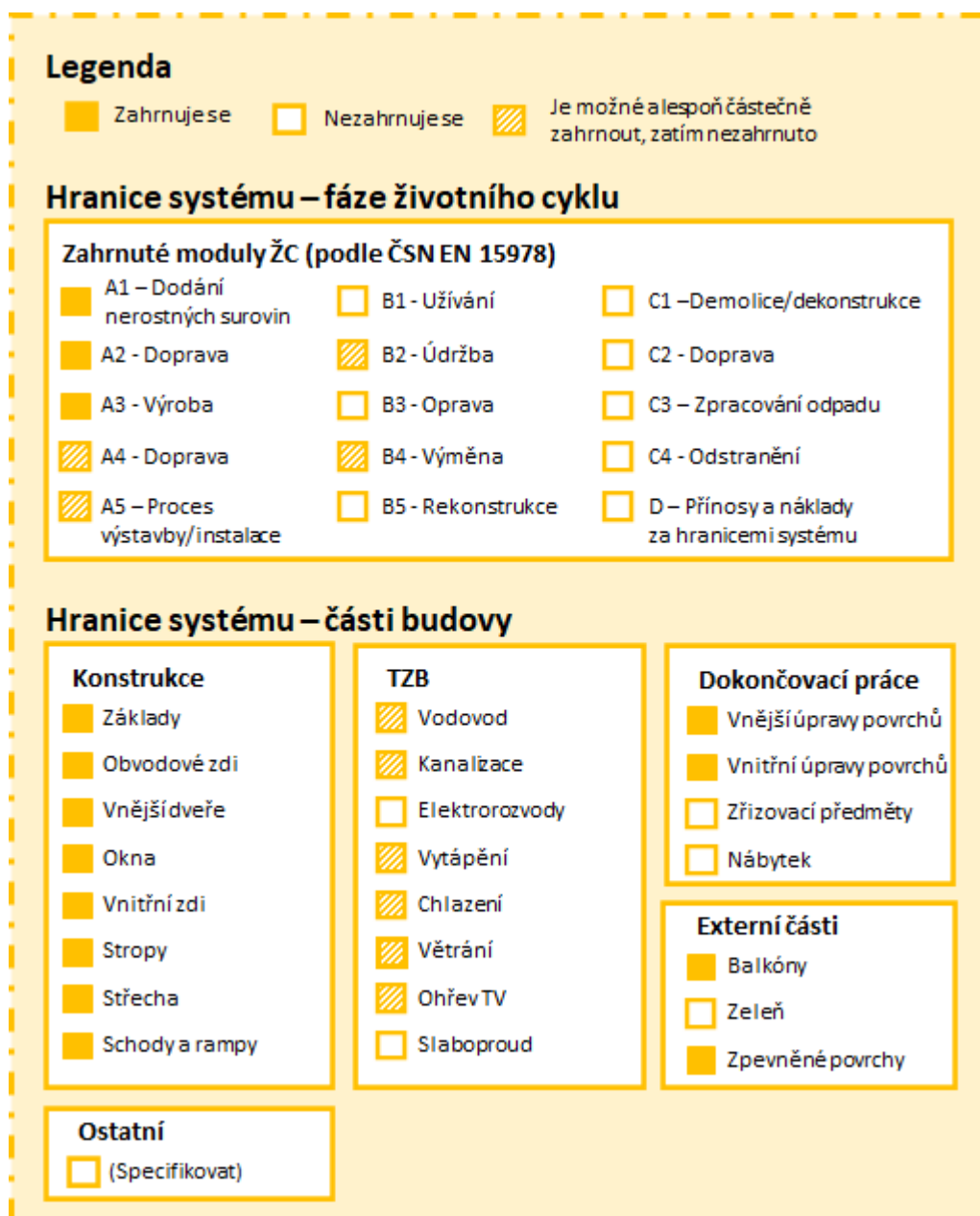
---

V rámci metodiky nebylo nutné definovat cíl a rozsah LCA studie, jelikož bylo předem stanoveno, že LCA data se budou využívat pro výpočet environmentálních parametrů jednotlivých materiálů a produktů figurujících v rozpočtářské databázi. Funkční jednotky se liší dle typu materiálu či produktu. Cílem bylo nezávisle na jednotné funkční nebo deklarované jednotce získat environmentální data pro veškeré materiály a produkty figurující v rozpočtářských položkách zastoupených ve stavební knihovně DEK, se zřetelem na aplikovatelnost stejných pravidel a postupů na celou rozpočtářskou databázi.

### 4.1.3 HRANICE SYSTÉMU

Na Obr. 49 jsou formou checklistu vyjádřeny hranice systému zvolené pro propojení environmentálních a rozpočtářských položek zpracované v této práci. Naznačeno je také možné rozšíření o další fáze (dopravu, výstavbu, výměnu a údržbu) a další části budovy (systémy TZB). Byly zvoleny hranice systému cradle-to-gate (A1 – A3), zahrnující těžbu surovin, jejich dopravu do továrny a následnou výrobu finálního produktu. Další fáze životního cyklu zatím nebyly zahrnuty z důvodu složitosti jejich výpočtu a nedostupnosti v podkladní databázi Ecoinvent. Jak vyplývá z podrobné analýzy v kapitole 3, pokud by tyto fáze měly být zahrnuty, vyžadovalo by to velmi rozsáhlý a časově náročný sběr dat a jejich modelování, který by v aktuální situaci mohl vést spíše k zavádějícím výsledkům než k jejich zpřesnění. Fáze A1-A3 jsou zároveň vyžadovány v certifikaci SBToolCZ.

Jsou zahrnuty všechny stavební části budovy, které se běžně zahrnují do stavebních rozpočtů. Zatím není zahrnuto TZB. Přestože jeho zabudovaný dopad je velký, jeho dostatečně podrobné zahrnutí do rozpočtů a dohledání odpovídajících dat v Ecoinventu je poměrně problematické, mimo jiné i kvůli nedostatku dat v Ecoinventu. Spočítat zabudované dopady TZB pomocí Ecoinventu je možné (zabývá se jím například Hoxha [94] nebo konferenční příspěvek autorky této práce [106]), pro propojení dat s rozpočtářskými položkami však bude třeba vyvinout speciální metodiky a uplatnit odlišná pravidla, než je tomu u stavebních materiálů. Jedná se tedy o téma pro další výzkum.



Obr. 49: Hranice systému, jak je určuje metodika pro dosavadní zpracovávanou sadu dat, s naznačeným možným rozšířením o další fáze a části budovy.

### 4.1.4 ŽIVOTNOST VÝROBKŮ

Životnost výrobků se stanovuje kvůli fázi B3-B5, a to kvůli zahrnutí výměny doslouživších komponent (včetně oprav nátěrů apod.). Počet výměn prvků má samozřejmě velký vliv na celkové dopady životního cyklu budov, nicméně v rámci tohoto výzkumu nebyl do propojování environmentálních a rozpočtářských dat zahrnut.

Zásadním důvodem nezahrnutí životnosti do metodiky je skutečnost, že zjišťování životností pro všechny rozpočtářské položky (byť jen pro sadu řešenou v rámci EnviBIMu) by bylo značně časově náročné, vzhledem k jejich velkému množství a různým výrobcům. Navíc automatické přiřazování životnosti



## 4 VÝSLEDKY

k jednotlivým položkám knihovny by bylo velmi problematické z důvodu jejich využití v různých konstrukcích – tj. jejich různého zabudování, které může také značně ovlivnit výslednou životnost položky (stavebního materiálu). Například se může jednat o rozdílnou životnost tepelné izolace v kontaktním zateplovacím systému versus životnost tepelné izolace zabudované v dutinách cihelných tvarovek.

V praxi se však nejedná o neřešitelný problém, jelikož při využití výsledků z EnviBIM například pro certifikaci systémem SBToolCZ tento systém sám uvádí referenční životnosti jednotlivých stavebních materiálů a konstrukcí, které se na úrovni posuzování budovy použijí.

V budoucnu, pokud budou výpočty pluginu EnviBIM používány i na úrovni budovy, budou muset být informace o životnosti jednotlivých skladeb doplněny.

### 4.1.5 CUT-OFF KRITÉRIA

Původně nebyla stanovena žádná cut-off kritéria (kritéria pro nezahrnutí vstupů a výstupů), snahou je zahrnout všechny položky figurující v rozpočtářské databázi. Nicméně v rozpočtářské databázi se nachází položky, ke kterým je extrémně náročné environmentální dopady pomocí Ecoinventu stanovit. Pokud jsou to takové položky, jejichž hmotnost se obvykle podílí na celkové hmotnosti stvby jen málo, je možné je vynechat, což znamená, že jsou k takové položce přiřazeny nulové dopady. Jedná se o tyto skupiny materiálů:

- Nátěry
- Lepidla
- Velmi drobné plastové prvky (např. hmoždinky)
- Vegetace

Samozřejmě je preferováno v budoucnu stanovit dopady i k těmto materiálům.

### 4.1.6 LOKALIZACE DAT

Na základě literatury a dle dostupných datových zdrojů není doposud možné provést dostatečně kvalitní lokalizaci dat pro národní podmínky ČR. Bylo by možné použít položky Ecoinventu a u nich změnit energetický mix tak, aby odpovídal energetickému mixu ČR, ale to není dostačující podklad pro získání kvalitnějších výsledků. Naopak by tento postup mohl zanechat do výpočtů větší chybu, jelikož uvažuje pouze změnu konverzních faktorů finální spotřeby elektřiny, ale nezahrnuje žádné změny v upstreamových procesech, a to včetně např. potřebné adaptace technologie výroby daného materiálu.

Pro účely projektu byla prioritně použita generická data pro Evropskou unii (v databázi Ecoinvent označena přívlástkem RER). V případě jejich nedostupnosti pak byla druhou volbou data německá (GER) nebo švýcarská (CH), jejichž trh s výrobky je blízký českému trhu. Další úrovní byla data "rest of the world" (ROW), což značí data z celého světa vyjma Švýcarsko. Poslední volbou pak byla data globální, celosvětová (GLO). V ojedinělých případech, kdy nebyla v databázi Ecoinvent dostupná žádná data

## 4 VÝSLEDKY

ani pro podobný materiál, byly hledány jiné zdroje dat – např. EPD z německé databáze Ökobaudat.

### 4.1.7 VOLBA TYPU MODELU DATASETŮ

V Ecoinventu lze zvolit několik typů modelů: Cut.off model, APOS model a konsekvenční model, detailněji jsou popsány v kapitole 3.4.3. Původně byl jako nejvhodnější vybrán APOS model (u verze Ecoinventu 3.3 je v Simapro označován u datasetů zkratkou Def) a tyto datasety byly ve většině této práce použity. Později se však ukázalo, že cut-off model (u verze Ecoinventu 3.3 je v Simapro označován u datasetů zkratkou Rec) je pro tuto aplikaci daleko vhodnější. Bylo tedy rozhodnuto dále pracovat s cut-off modelem a v některých částech práce jsou již uvedena nová data podle tohoto modelu. Při příštím upgrade EnviBIMu a Envidatageneratoru budou všechna APOS data nahrazena cut-off daty. Hodnoty dopadů podle těchto dvou modelů se liší, avšak pouze v řádu desetin procent.

### 4.1.8 ADAPTACE DAT

Vzhledem k všeobecně omezenému množství dostupných LCA dat může při modelování položek nastat situace, kdy nejsou k dispozici žádná data pro požadovaný materiál. Pokud se jedná o data materiálu, který je považován za významný, tj. nelze na něj aplikovat cut-off kritéria, je nutné nějaká data použít. Nejprve se zjistí, jaké technologie a materiály vstupují do dané výroby a následně se hledá materiál s podobnými vstupy. Pokud je to možné, adaptují se data modelováním v software SimaPro (např. změna některých jednotkových vstupních procesů). Tato data se následně použijí pro danou položku z knihovny. Informace o tomto postupu je vždy zaznamenána z důvodu transparentnosti.

### 4.1.9 VOLBA INDIKÁTORŮ

Postup volby indikátorů je popsán v kapitole 3.8. Zde je uvedena pouze tabulka shrnující zvolené indikátory a jednotky.

Tab. 12: Indikátory dopadu vybrané pro EnviBIM.

Indikátor	Jednotka
1 Potenciál úbytku surovin (ADP – prvky) pro nefosilní zdroje	kg Sb ekv
2 Potenciál úbytku surovin (ADP – fosilní paliva) pro fosilní zdroje	MJ, výhřevnost
3 Potenciál acidifikace půdy a vody (AP)	kg SO <sub>2</sub> ekv
4 Potenciál úbytku stratosferické ozónové vrstvy (ODP)	kg CFC 11 ekv.
5 Potenciál globálního oteplování	kg CO <sub>2</sub> ekv.
6 Potenciál eutrofizace (EP)	kg (PO <sub>4</sub> ) <sup>3-</sup> ekv

## 4 VÝSLEDKY

---

7	Potenciál tvorby přízemního ozonu (POCP)	kg Ethene ekv.
8	Celková spotřeba obnovitelných zdrojů primární energie (primární energie a zdroje primární energie využité jako suroviny)	MJ, výhřevnost
9	Celková spotřeba neobnovitelných zdrojů primární energie (primární energie a zdroje primární energie využité jako suroviny)	MJ, výhřevnost
10	Potenciál nedostatku vody (WDP)	m <sup>3</sup> ekv.
11	Odstraněný nebezpečný odpad	kg
12	Odstraněný ostatní odpad	kg
13	Odstraněný radioaktivní odpad	kg

---

### 4.2 SPECIFICKÁ METODIKA PRO ENVIBIM

Specifická metodika má za úkol přesně a jednoznačně definovat postupy zpracování dat pro jednotlivé položky rozpočtářské databáze. Metodika se zabývá striktně položkami sborníku pořizovacích cen materiálů.

Hlavním podkladem pro specifickou část metodiky je poloautomatizovaný algoritmus v MS Excel, dále nazývaný Envidatagenerator, ve kterém jsou environmentální data z databáze Ecoinvent upravována a propojována s položkami sborníku pořizovacích cen materiálů (dále jen „položkami cenové databáze“). Vývoj Envidatageneratoru, všechny operace s daty a dokumentace těchto procesů musí probíhat tak, aby splňovaly následující požadavky:

1. Konzistentnost postupů pro podobné materiály (stejně materiálové charakteristiky pro převod jednotek, shodné použité datasety z Ecoinventu, stejná metoda výpočtu množství...).
2. Bezproblémový a jednotný upgrade při aktualizaci některé ze zapojených databází.
3. Možnost plošné změny v případě zpřesnění nebo oprav postupu stanovení environmentálních dat pro určitý typ výrobků (bude využito při výměně APOS dat za cut-off data).
4. Možnost doplnit další indikátory environmentálních dopadů nebo změnit LCIA metody pro výpočet stávajících indikátorů (toto je zajištěno zejména díky využití software SimaPro).
5. Maximální snížení nároků na expertízu v oblasti LCA (potřebná expertíza je však stále poměrně vysoká).

## 4 VÝSLEDKY

---

V této části metodiky budou nejprve popsány něčasti (listy) Envidatageneratoru, které jsou společné pro všechna řešená data. V další části budou popsány některé příklady listů, kde se vyvíjí data pro specifické skupiny položek.

### 4.2.1 SPOLEČNÉ LISTY PRO VŠECHNA DATA

#### HLAVNÍ VÝVOJOVÝ LIST

Do hlavního vývojového listu (Obr. 50) se vkládají zatím nespočtené položky ze sborníku pořizovacích cen materiálů a po jejich spočtení se zde zobrazují jejich environmentální dopady. Jsou to finální hodnoty, které jsou následně implementovány kodováním stavebním pracím buď prostřednictvím správce rozpočtářské databáze, nebo v separátním excelovém dokumentu pomocí rozborů TOV exportovaných z Krosu. Na tomto listě vývoj environmentálních dat začíná a končí. Postup je následující:

Na konec seznamu položek se vloží nespočtené položky, tedy do sloupce A – C kód, název a jednotky (případně do sloupce D hmotnost uváděná v Krosu).

Následně jsou označeny položky, které buď nejsou relevantní (tedy nepatří do hranic systému, typicky když spadají do fáze A4 doprava nebo A5 proces výstavby), nebo jsou zanedbávány z výše uvedených důvodů. U takových položek se pak ve sloupcích pro vyčíslení environmentálních dopadů automaticky zobrazí nula.

Pro relevantní nezanedbávané položky se ve sloupci nazvaném „skupina“ z rozevíracího seznamu vybere skupina, do které položka patří. Pokud je položka již zatříděna v Envidataclassifieru, vybírá se odpovídající list podle tohoto zatřídění.

Pro správný výběr skupiny je nutná jistá zkušenost s propojováním databáze Ecoinvent a sborníkem pořizovacích cen materiálů, protože skupiny jsou utvářeny podle společného způsobu práce s daty. Ten je ovlivněn mnoha parametry, jako je materiál, tvar, množství zastoupených materiálů atd. Třídění položek v Envidatageneratoru nesleduje žádný z používaných třídění stavebních prvků, protože by tak nemohlo plnit svůj účel maximálního sjednocení a zjednodušení tvorby environmentálních dat. Účel třídění by měl plnit Envidataclassifier.

Pokud se po výběru skupiny automaticky zobrazí vyčíslené environmentální dopady v oranžových polích (sloupce nadepsané jednotlivými kategoriemi dopadu), byla už konkrétní položka v minulosti spočítána a není třeba dalších kroků. Pokud spočítána nebyla, je v oranžových polích zobrazen text „chybí“. V takovém případě je třeba položku přidat do odpovídající skupiny (listu) a environmentální dopady stanovit pomocí postupu daného pro tuto skupinu

V hlavním vývojovém listě je řada sloupců s šedivou hlavičkou, které slouží ke sdílení informací o průběhu práce na vývoji dat a také k uchování informací nutných k výpočtu dopadů u položek, které zatím nejsou zařazeny do žádné skupiny (nebo pro skupinu zatím nebyl vytvořen žádný list). Informace v těchto šedivých sloupcích mají čistě pracovní charakter.

## 4 VÝSLEDKY

Výběr skupiny (listu) z rozbalovací nabídky

Kód	Popis	MJ	Hmotnost [t] Kros	stav	Relevanc e, rozdělení práce	Návrh na zdroje dat	Instru kce a tak	Převod jednotek	odkaz	detail	jedno Ecoin	skupina	Potenciál úbytku rovin pro fosilní uhle [kg CO <sub>2</sub> e]	Potenciál úbytku surovin pro fosilní zdroje [MJ]	Uhlíková stopa [kg CO <sub>2</sub> e]	Potenciál nížení ozonové vrstvy [t CFC-11 eq]	Pří st ní [t CO <sub>2</sub> e]
28376362	deska perimetrická spodních staveb, podlah a plochých střeš 200kPa $\lambda=0,034$ tl 180mm2019/II19	m2	0,006		Maruška		Přidat na list perimetrické desky a přepočítat					Desky perimetrické	98E-05	6,17E+02	2,93E+01	7,30E-04	
28376363	deska perimetrická spodních staveb, podlah a plochých střeš 200kPa $\lambda=0,034$ tl 200mm2019/II18	m2	0,007		Maruška		Přidat na list perimetrické desky a přepočítat					Desky perimetrické	76E-05	6,85E+02	3,25E+01	8,11E-04	
28375931	deska EPS 70 fasádní $\lambda=0,039$ tl 30mm	m2	0,001		Maruška							Desky EPS	98E-07	5,20E+01	2,42E+00	6,32E-05	
28376418		m2	0,001		Maruška							Desky XPS	72E-06	1,86E+02	8,34E+00	2,80E-04	
28375932		m2	0,001		Maruška							Desky EPS	31E-07	6,94E+01	3,23E+00	8,42E-05	
28376013		m2	0,001		Maruška							Desky perimetrické					
28376014	tl 60mm	m2	0,001		Maruška							Desky perimetrické					
28376016	deska perimetrická fasádní soklová 150kPa $\lambda=0,035$ tl 80mm	m2	0,001		Maruška							Desky perimetrické					
28376020	deska perimetrická fasádní soklová 150kPa $\lambda=0,035$ tl 150mm	m2	0,001		Maruška							Desky perimetrické					
28376444	deska z polystyrenu XPS, hrana rovná a strukturovaný povrch 300kPa tl 120mm	m2	0,001	nám	Maruška		Přidat na list XPS a přepočítat přes správnou					Desky XPS					
28376445	deska z polystyrenu XPS, hrana rovná a strukturovaný povrch 300kPa tl 140mm	m2	0,001	nám	Maruška		<a href="https://v.tl 140 mm; obj.">https://v.tl 140 mm; obj.</a>					Desky XPS					
28376447	deska z polystyrenu XPS, hrana rovná a strukturovaný povrch 300kPa tl 160mm	m2	3,000	nám	Maruška		<a href="https://v.tl 160 mm; obj.">https://v.tl 160 mm; obj.</a>					Desky XPS					
28376450	deska z polystyrenu XPS, hrana polodrážková a hladký povrch 300kPa tl 180mm2019/II1	m2	0,005	nám	Maruška		Přidat na list XPS a přepočítat přes správnou					Desky XPS					
28376451	deska z polystyrenu XPS, hrana polodrážková a hladký povrch 300kPa tl 200mm2019/II1	m2	0,006	nám	Maruška		Přidat na list XPS a přepočítat přes správnou					Desky XPS					
28376534	deska izolační PIR s oboustrannou kompozitní fólií s hliníkovou vložkou 1200x2400x140mm2019/II7	m2	0,004	míme	Maruška							PIR, PUR izolace,					
28376535	deska izolační PIR s oboustrannou kompozitní fólií s hliníkovou vložkou 1200x2400x160mm2019/II7	m2	0,004	nám	Maruška							PIR, PUR izolace,					
28376810	deska fenolická tepelně izolační fasádní $\lambda=0,021$ tl 140mm2019/II2	m2	0,004	??	Maruška							fenolické desky	91E-05	5,65E+02	2,27E+01	1,14E-03	
28376811	deska fenolická tepelně izolační fasádní $\lambda=0,021$ tl 160mm2019/II2	m2	0,004	??	Maruška							fenolické desky	04E-05	6,45E+02	2,60E+01	1,31E-03	
28376812	deska fenolická tepelně izolační fasádní $\lambda=0,021$ tl 180mm2019/II2	m2	0,005	??	Maruška							fenolické desky	02E-04	7,26E+02	2,92E+01	1,47E-03	
28376813	deska fenolická tepelně izolační fasádní $\lambda=0,021$ tl 200mm2019/II2	m2	0,006	??	Maruška							fenolické desky	35E-04	8,07E+02	3,35E+01	1,63E-03	

Sloupce pro pracovní poznámky

Rozpočtářské položky materiálů

Automaticky spočtené env. dopady, pokud je vybrána skupina (list) a položka je ve skupině spočtena

Dalsích 9 env. indikátorů

Hlavní list - prace na datech    navigace mezi listy    asfalt    asfalt. pásy    betonové tvárnice    Betony    Betony\_    Cement. postřik    Cementové po

Obr. 50: Ukázka hlavního vývojového listu

## 4 VÝSLEDKY

Kód	Popis	MJ	skupina	Potenciál úbytku surovín pro nefosilní zdroje [kg Sb eq]	Potenciál úbytku surovín pro fosilní zdroje [MJ]	Uhlíková stopa kg [CO <sub>2</sub> eq]	Potenciál ničení ozonové vrstvy [g CFC-11 eq]	Potenciál tvorby přízemního ozonu [kg C2H4 eq]	Potenciál oxyselování prostředí [kg SO <sub>2</sub> eq]	Potenciál eutrofizace prostředí [kg PO <sub>4</sub> -eq]
	substrát vegetačních střech intenzivní									
10854300	propan-butan 33kg	kus		0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
11111310	benzín technický čistící	litr		0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
11101340	asfalt oxidovaný stavební izolací	t	asfalt	0,12E-04	3,05E+04	4,10E+02	0,12E-01	2,30E-01	3,05E+00	3,70E-01
1	<b>Nerelevantní položky</b>									
13010160	tyč ocelová plochá jakost 11 375 20x4mm	t	asfalt	8,98E-04	2,50E+01	3,73E-01	2,57E-04	1,93E-04	2,41E+00	5,47E-04
13021017	tyč ocelová žebírková jakost BST 500S výztuž do betonu D 20mm	t	ocel. výztuž apod	9,87E-03	2,02E+04	2,09E+03	1,12E-01	1,18E+00	9,06E+00	4,44E+00
13021052	tyč ocelová ohýbaná žebírková jakost BST 500S (10 5	t	ocel. výztuž apod	9,87E-03	2,02E+04	2,09E+03	1,12E-01	1,18E+00	9,06E+00	4,44E+00
13021054	tyč ocelová ohýbaná žebírková jakost BST 500S (10 5	t	ocel. výztuž apod	9,87E-03	2,02E+04	2,09E+03	1,12E-01	1,18E+00	9,06E+00	4,44E+00
13021058	tyč ocelová ohýbaná žebírková jakost BST 500S (10 5	t	ocel. výztuž apod	9,87E-03	2,02E+04	2,09E+03	1,12E-01	1,18E+00	9,06E+00	4,44E+00
13814183	plech hladký Pz jakost EN 10143 tl 0,55mm tabule	t	Pozink. drát a plec	3,33E+00	5,77E+04	5,42E+03	3,69E-01	2,26E+00	4,06E+01	1,76E+01
15441031	profil nosného roštu Z50 dl 3,05 m pozink	m	Pozink. drát a plec	9,05E-04	3,13E+01	2,80E+00	2,15E-04	1,20E-03	5,02E-02	1,56E-02
15441033	profil nosného roštu J50 dl 3,05 m pozink	m	Pozink. drát a plec	1,06E-03	3,69E+01	3,30E+00	2,53E-04	1,41E-03	5,91E-02	1,83E-02
15441034	profil nosného roštu J80 RAL, dl 3,05 m RAL	m	Pozink. drát a plec	1,35E-03	4,67E+01	4,18E+00	3,21E-04	1,79E-03	7,48E-02	2,32E-02
15441035	profil nosného roštu OM50/30 dl 3,05 m pozink	m	Pozink. drát a plec	1,71E-03	5,92E+01	5,29E+00	4,07E-04	2,26E-03	9,49E-02	2,94E-02
15441036	profil nosného roštu OM50/30 dl 3,05 m pozink	m	Pozink. drát a plec	1,00E-03	3,00E+01	3,13E+00	2,35E-04	1,35E-03	5,15E-02	1,62E-02
15441061	konzola nosného roštu L70 pozink	kus	Pozink. drát a plec	chybí	chybí	chybí	chybí	chybí	chybí	chybí
15484353	0,75mm2019/1110	m2	Pozink. drát a plec	1,63E-02	4,30E+02	3,87E+01	3,05E-03	1,65E-02	8,58E-01	2,53E-01
15485148	profil trapézový 20/130/mm2019/114									70E-01
15485184	profil trapézový 20/130/1040 PE 50µm přec	m2	Pozink. drát a plec	1,11E-02	2,54E+02	2,23E+01	1,85E-03	9,07E-03	5,65E-01	1,59E-01
15485207	šroub samovrtný s povrchovou úpravou 5,5x38mm do železa tl 12mm	kus	ocel (pozink) spoj	1,15E-05	1,07E+00	1,03E-01	5,90E-06	4,15E-05	5,71E-04	2,80E-04
15485220	páska těsnící butylkauč						6,44E-06	7,29E-06	1,35E-04	3,64E-05
15614135	drát kruhový Pz měkký j	kg	Pozink. drát a plec	1,50E-03	4,14E+01	3,80E+00	3,84E-04	1,92E-03	1,21E-01	3,40E-02
15615155	drát kruhový Pz měkký jakost 11 343 D 1,6mm	kg	Pozink. drát a plec	1,50E-03	4,14E+01	3,80E+00	2,92E-04	1,60E-03	7,94E-02	2,38E-02
15615175	drát kruhový Pz měkký jakost 11 343 D 2,50mm	kg	Pozink. drát a plec	9,68E-04	3,46E+01	3,29E+00	2,36E-04	1,40E-03	5,45E-02	1,76E-02
20443000	hydrorepelentní nátěr CM 50	kg	Pozink. drát a plec	1,55E-03	3,58E+01	3,33E+00	2,58E-04	1,35E-03	3,05E-02	2,38E-02
23531182	hmota nátěrová epoxidová 2-složková penetrační lité podlahy	kg		chybí	chybí	chybí	chybí	chybí	chybí	chybí

Obr. 51: Detail hlavního vývojového listu s ukázkou rozpracovaných položek, kterým je teprve třeba přiřadit odpovídající dopady

### ECOINVENT POLOŽKY

Tento list obsahuje seznam všech datasetů z Ecoinventu, které jsou v Envidatageneratoru použité a jejich jednotkové dopady (vztažené na měrnou jednotku, kterou mají v Ecoinventu). Další práce s daty v jednotlivých listech je vždy provázána na tento list. Eventuální změny v jednotkových datech (opravy, změny indikátorů, výměna datasetů, aktualizace verze Ecoinventu) lze tedy provést na tomto listě a projeví se všude, kde jsou data použita. Envidatagenerator nyní pracuje se 160 položkami z databáze Ecoinvent.

Environmentální data z Ecoinventu se získávají pomocí software SimaPro. Výhoda tohoto přístupu je možnost modelování vlastních položek, velmi snadné nahlížení do struktury položek a také velmi široká paleta indikátorů dopadu. Pokud by byla potřeba paletu indikátorů změnit či rozšířit, nebude to složité.



## 4 VÝSLEDKY

Vstupní data z databáze Ecoinvent	Mj	Potenciál	Potenciál	Jednotková	Ničení	Potenciál	Potenciál	Potenciál	Neobnovitel	Obnovitelná	Nebezpečný	Ostatní	Radioaktivní	Vodní stopy
		úbytku	úbytku											
		survoin (ADP	survoin (ADP	stopy	vrstvy	přízemního	prostředí	prostředí	energie	energie	odpad	odpad	odpad	
		prvky) pro	- fosilní	kg CO2 eq	g CFC-11 eq	kg C2H4 eq	kg SO2 eq	kg PO4-- eq	MJ	MJ	kg	kg	kg	m3 eq
		nefosilní	paliva) pro											
		zdroje	fosilní zdroje											
Polyvinylchloride, bulk polymerised [RER]   polyvinylchloride production	kg	2,5098E-07	4,8857E+01	2,0787E+00	1,4696E-05	3,3427E-04	5,7457E-03	9,7257E-04	6,0883E+01	9,5601E-01	1,0059E-06	1,0378E-01	8,1405E-06	1,3789E+01
Polyvinylchloride, bulk polymerised [RER]   polyvinylchloride production	kg	2,5280E-07	4,8876E+01	2,0796E+00	1,4567E-05	3,3458E-04	5,7480E-03	9,7300E-04	6,0905E+01	9,5571E-01	1,0133E-06	1,0352E-01	8,1344E-06	1,3793E+01
Aluminium sheet	kg	1,4623E-05	1,7519E+02	1,9622E+01	6,5415E-04	7,2377E-03	1,1755E-01	2,7531E-02	1,8218E+02	2,4243E+01	4,8920E-03	2,1312E+00	2,5137E-04	4,5351E+00
Polystyrene foam slab [REN]   production   Alloc Def, S	kg	7,5798E-07	9,9109E+01	4,6130E+00	1,2029E-06	1,2029E-06	1,6854E-02	2,7468E-03	1,0481E+02	1,7823E+00	1,2598E-05	1,2115E-01	4,2913E-05	5,3490E+00
Tap water (Europe without Switzerland)   market for   Alloc Def, S	kg	1,2933E-09	4,3831E-03	3,7719E-04	3,9843E-08	1,1800E-07	1,9222E-06	9,3155E-07	6,4837E-03	7,5395E-04	1,4768E-08	6,6497E-05	3,4743E-08	3,6843E-02
Acrylic varnish, without water, in 87.5% solution state [RER]   acrylic va	kg	2,0495E-05	3,5495E+01	2,2007E+00	2,4706E-04	1,5748E-03	2,4784E-02	4,5339E-03	4,0365E+01	3,1314E+00	3,8998E-05	9,9567E-01	1,2323E-04	3,4234E+00
Cement mortar [RoW]   production   Alloc Def, S	kg	1,5188E-07	1,4752E+00	2,5019E-01	9,9935E-06	3,3608E-05	7,7132E-04	2,0038E-04	1,5782E+00	2,2236E-01	2,2165E-06	1,7589E-02	5,9327E-06	1,2862E-01
Adhesive mortar [RoW]   production   Alloc Def, S	kg	6,8455E-06	1,8901E+01	1,3140E+00	1,2285E-04	6,7871E-04	9,1104E-03	2,3238E-03	2,0578E+01	1,3185E+00	3,0449E-04	3,6535E-01	4,7219E-05	1,6167E+00
Glass fibre [RER]   production   Alloc Def, S	kg	1,1700E-05	2,5522E+01	1,9714E+00	2,0991E-04	5,4371E-04	1,4578E-02	3,9406E-03	3,2932E+01	2,6120E+00	3,0019E-06	2,4120E-01	1,2994E-04	1,0211E+00
Stucco [RoW]   production   Alloc Def, S	kg	4,7928E-08	1,0272E+00	8,1245E-02	5,9406E-06	2,0295E-05	4,4918E-04	9,6013E-05	1,0859E+00	5,4377E-02	1,3447E-06	6,7709E-03	2,3718E-06	1,4459E-02
Glass fibre [GLO]   market for   Alloc Def, S	kg	1,1894E-05	3,0569E+01	2,4428E+00	1,8333E-04	6,7694E-04	1,7744E-02	4,0563E-03	3,4682E+01	2,2740E+00	3,9038E-05	2,8629E-01	9,3187E-05	1,2872E+00
Polystyrene foam slab [RER]   production   Alloc Def, S	kg	7,5798E-07	9,9109E+01	4,6130E+00	1,2029E-06	1,2029E-06	1,6854E-02	2,7468E-03	1,0481E+02	1,7823E+00	4,4093E-06	1,2115E-01	4,2913E-05	5,3490E+00
Clay brick [GLO]   market for   Alloc Def, S	kg	7,2728E-07	3,4764E+00	3,1889E-01	2,8389E-05	6,9538E-05	1,1204E-03	2,8181E-04	3,6165E+00	1,9504E-01	7,3417E-06	6,0477E-02	1,2584E-05	4,7508E-02
Stone wool [GLO]   market for stone wool   Alloc Def, S	kg	2,6984E-06	1,5090E+01	1,3699E+00	8,0054E-05	6,1157E-04	1,0655E-02	1,9947E-03	1,5949E+01	8,5271E-01	1,4303E-05	7,6413E-02	2,5761E-05	6,6268E-01
Sand-lime brick [RoW]   production   Alloc Def, S	kg	2,9998E-07	1,2312E+00	1,6809E-01	1,0177E-05	3,7836E-05	5,4838E-04	1,2444E-04	1,2923E+00	1,4596E-01	1,7000E-06	1,1829E-02	5,5209E-06	1,2940E-01
Reinforcing steel [RER]   production   Alloc Def, S	kg	9,8725E-06	2,0228E+01	2,0872E+00	1,1216E-04	1,1827E-03	4,4447E-03	2,1370E+01	1,2986E+00	1,4134E-04	5,1985E-01	4,6862E-05	1,4439E+00	
Autoclaved aerated concrete block [RoW]   production   Alloc Def, S	kg	7,5149E-07	2,8601E+00	4,6170E-01	2,2699E-05	6,4244E-05	1,1499E-03	3,0659E-04	3,0658E+00	2,4232E-01	3,9890E-06	5,9368E-02	1,1802E-05	1,1853E-01
Gravel, crushed [RoW]   production   Alloc Def, S	kg	8,9767E-08	1,2114E-01	1,0688E-02	7,6317E-07	3,5425E-06	6,0753E-05	2,0850E-05	1,3809E-01	1,1849E-02	2,2628E-07	1,7120E-03	4,9291E-07	2,7511E-02
Gravel, round [RoW]   gravel and sand quarry operation   Alloc Def, S	kg	2,3192E-08	5,2502E-02	4,3310E-03	4,1327E-07	1,6298E-06	2,6496E-05	8,3894E-06	5,7744E-02	3,9645E-03	7,2285E-08	4,6591E-04	2,4868E-07	1,1054E-01
Thermal plaster, outdoor [RoW]   production   Alloc Def, S	kg	3,2552E-07	7,6150E+00	8,6378E-01	2,9141E-05	3,5487E-04	2,2596E-03	5,1779E-04	8,0371E+00	3,9148E-01	4,2088E-06	3,1831E-02	1,5491E-05	3,6218E-01
Concrete, for de-icing salt contact [RoW]   concrete production, for drilli	m3	3,1268E-04	1,7227E+03	3,2421E+02	1,3322E-02	3,5384E-02	8,3314E-01	2,1363E-01	1,8133E+03	9,3400E-01	2,6184E-03	2,6201E+01	7,3576E-03	2,6710E+02
Concrete, for de-icing salt contact [RoW]   concrete production, for drilli	m3	3,8753E-04	1,6405E+03	3,0237E+02	1,2717E-02	3,4069E-02	7,9367E-01	2,0025E-01	1,7245E+03	8,9746E+01	2,6515E-03	2,5977E+01	6,9928E-03	2,6412E+02
Concrete, for de-icing salt contact [RoW]   concrete production, for drilli	m3	4,7039E-04	1,4903E+03	2,5987E+02	1,1874E-02	3,1156E-02	7,1415E-01	1,8245E-01	1,5695E+03	8,2886E+01	2,6735E-03	2,5589E+01	6,3963E-03	2,5993E+02
Concrete, high exacting requirements [RoW]   concrete production, for	m3	3,4552E-04	1,4707E+03	2,8054E+02	1,1583E-02	3,1143E-02	7,3161E-01	1,8493E-01	1,5451E+03	8,2089E+01	2,4975E-03	2,5111E+01	6,5325E-03	2,5993E+02
Concrete, high exacting requirements [RoW]   concrete production, for	m3	4,2304E-04	1,3303E+03	2,4078E+02	1,0907E-02	2,8417E-02	6,5722E-01	1,6828E-01	1,4001E+03	7,5671E+01	2,5180E-03	2,4749E+01	5,9745E-03	2,5901E+02
Concrete, normal [RoW]   unreinforced concrete production, with cem	m3	2,9188E-04	1,1523E+03	2,0340E+02	9,3402E-03	2,4616E-02	6,5729E-01	1,4589E-01	1,2148E+03	6,4960E+01	2,1651E-03	2,2843E+01	5,2765E-03	2,5551E+02
Concrete, normal [RoW]   unreinforced concrete production, with cem	m3	3,4534E-04	1,0554E+03	1,7604E+02	8,6990E-03	2,2736E-02	5,1598E-01	1,3440E-01	1,1148E+03	6,0534E+01	2,1793E-03	2,2593E+01	4,8917E-03	2,5280E+02
Concrete, sole plate and foundation [RoW]   concrete production, for	m3	2,9598E-04	1,7925E+03	3,6112E+02	1,3831E-02	3,7192E-02	6,9306E-01	2,2892E-01	1,8852E+03	9,9530E+01	2,6793E-03	2,6625E+01	7,8321E-03	2,5997E+02

Obr. 52: Ukázka Listu s jednotkovými dopady použitých položek v Ecoinventu.

## NAVIGACE V ENVIDATAGENERATORU

Tento list obsahuje seznam všech listů Envidatageneratoru. Kliknutím na název v seznamu se přejde na daný list, což velmi usnadňuje přesouvání se mezi velmi četnými listy Envidatageneratoru. Část tohoto seznamu je ukázána na Obr. 53.

Seznam listů (pro přechod na list klikněte na odkaz)	
<a href="#">navigace mezi listy</a>	
<a href="#">asfalt</a>	
<a href="#">asfalt. pásy</a>	
<a href="#">betonové tvárnice</a>	
<a href="#">Betony</a>	
<a href="#">Betony</a>	
<a href="#">Cement. postřik</a>	
<a href="#">Cementové postřiky konstrukce</a>	
<a href="#">Desky EPS</a>	
<a href="#">Desky foam glass</a>	
<a href="#">Desky MW</a>	
<a href="#">Desky perimetrické</a>	
<a href="#">Desky XPS</a>	
<a href="#">Disperze proti alk. vodě - EPD</a>	
<a href="#">dřevěné desky a prkna</a>	
<a href="#">dřevovláknitá deska</a>	
<a href="#">EJOT epd</a>	
<a href="#">fenolické desky</a>	
<a href="#">Geotextilie</a>	
<a href="#">hliníkový spoj.mat</a>	
<a href="#">Laminatova podlaha</a>	
<a href="#">hotové P9</a>	
<a href="#">hotové P9 2</a>	
<a href="#">ocel. spoj. mat</a>	
<a href="#">ocel. výtuž apod</a>	

Obr. 53: Ukázka listu s proklikávacími odkazy na všechny listy Envidatageneratoru (zde jen malá část celkového seznamu)

### 4.2.2 POPIS SPECIFICKÝCH POSTUPŮ PRO JEDNOTLIVÉ SKUPINY POLOŽEK

V Envidatageneratoru jsou v tuto chvíli zpracovány poloautomatizované postupy pro následující skupiny položek

- Asfalt – asfaltové nátěry a laky
- Asfaltové izolační pásy
- Betonové tvárnice
- Betony
- Cementové postřiky
- Desky EPs
- Desky z pěnového skla
- Desky MW
- Desky perimetrické
- Desky XPS
- Dřevěné desky a prkna
- Dřevovláknité desky
- EJOT kotvy zateplovacího systému
- Fenolické desky
- Geotextilie
- Hliníkový spojovací materiál a profily
- Keramické cihly
- Keramické dlaždice a tašky
- Laminátová podlaha
- Ocelová výztuž a podobné ocelové výrobky
- Ocelový (též pozinkovaný) spojovací materiál
- Ocelový pozinkovaný drát a plech
- Omítky, malty, potěry, lepidla
- PIR, PUR izolace, panely
- Plastové výrobky – většina plastových výrobků
- Pórobeton
- Rohovník Al + tkanina
- Sádrokarton, sádrovlákno, CETRIS
- Sendvičové desky (XPS+MW)
- Stropní nosníky a vložky, překlady cihla+beton+ocel
- Substráty
- Vápenopískové výrobky



## 4 VÝSLEDKY

Pro stavební knihovnu DEK byla vyvíjena data i pro další položky, nicméně pokud se jedná o jednoduchou práci s daty (například vynásobení jednotkových dat určitým množstvím) a pokud se jedná pouze o několik (1-5) položek takové jednoduché skupiny, nebyl pro tuto skupinu zatím vytvořen speciální list. Výpočet probíhá přímo propojením listu Ecoinvent položky a Hlavní vývojový list. Při rozšiřování Envidatageneratoru se však počítá se speciálním listem pro všechny skupiny položek.

V následujících podkapitolách jsou uvedeny příklady některých typických skupin s pokyny, u některých též s ukázkou algoritmu v Envidatageneratoru.

### **ASFALT**

Popis skupiny: Do této skupiny spadají asfaltové laky a nátěry

Metoda: Nemodeluje se, vybíráno pouze z existujících datasetů.

Odpovídající položky z databáze Ecoinvent:

*Bitumen adhesive compound, hot {RER} | production | Alloc Def, S* kg

*Bitumen adhesive compound, cold {RER} | production | Alloc Def, S* kg

Popis práce s daty: U jednotlivých položek se řeší, zda jsou aplikovány za tepla či za studena a podle toho se vybere jedna z uvedených Ecoinvent položek. Upravují se pouze jednotky, protože některé nátěry mají v cenové databázi objemové jednotky (litr) a je tedy třeba přepočítat přes objemovou hmotnost konkrétního nátěru. Údaje pro převod jednotek se čerpají z podkladů výrobců, je nutné uvést v takovém případě referenční výrobek.

### **ASFALTOVÉ PÁSY**

Popis skupiny: Hydroizolační a parotěsné pásy z asfaltu a modifikovaného asfaltu

Metoda: Modeluje se, pokud by jinak byl vynechán environmentálně významný materiál.

Odpovídající položky Ecoinvent:

*Bitumen seal, V60 {RER} | production | Alloc Def, U* kg

- Považován za průměrný, má vložku ze skelné tkaniny, posyp a spalitelnou PE folii

*Bitumen seal, polymer EP4 flame retardant {RER} | production | Alloc Def, U* kg

- Asfalt je modifikován polymery (třeba SBS), výztuž z polyesterové rohože

*Bitumen seal, VA4 {RER} | production | Alloc Def, U* kg

- Hliník je nastříkán na PE folii, která je součástí pásu

*Bitumen seal, Alu80 {RER} | production | Alloc Def, U* kg

- Oproti V60 je zde místo skelné tkaniny hliníková folie

*Bitumen seal, SBS, alu+polyester (modelováno pro EnviBIM)* kg

## 4 VÝSLEDKY

- Pás modifikovaný SBS, výztuží je kromě polyesteru též hliníková folie

Popis práce s daty: Ecoinvent položky popisují čtyři nejpoužívanější typy pásů. Pro jednotlivé položky cenové databáze vybíráme tu z nich, která nejlépe odpovídá svým složením. Pokud je složení výrazně jiné, než je nabídka Ecoinvent položek, je možné vymodelovat položku vlastní, na základě již existujících (viz *Bitumen seal*, *SBS*, *alu+polyester*, kde oproti modifikovanému pásu EP4 je ještě hliník, který je z hlediska environmentálních dopadů významný.)

**ENVIDATAGENERATOR**

**Legenda**

- jednotková data z Ecoinventu - provazba na list Ecoinvent položky
- Plošautomatický výpočet dat odpovídajících konkrétní položce
- technická data nutná pro funkčnost kódu
- výber z rouzevřacího seznamu
- data k doplnění podle instrukce v hlavičce
- volné využití polí - informace, jejich zdroje atd.

**Jednotková Ecoinvent data z listu Ecoinvent položky (zdroj pro rozvírací seznam)**

Název položky	MJ Ecoin	Potenciál úb kg Sb eq	Potenciál úb MJ	jednotková úničení kg CO2 eq	úničení g CFC
Bitumen seal, V60 [RER]   production   Alloc Def, U	1 kg	4,86876E-06	3,89457E+01	5,79112E-01	4,650
Bitumen seal, polymer EP4 flame retardant [RER]   production   Alloc Def, U	2 kg	1,1459E-05	40,0121419	0,79827013	0,00
Bitumen seal, VA4 [RER]   production   Alloc Def, U	3 kg	6,15761E-06	4,45049E+01	9,77211E-01	5,130
Bitumen seal, Alu80 [RER]   production   Alloc Def, U	4 kg	6,07242E-06	5,13320E+01	2,22713E+00	4,900
Bitumen seal, SBS, alu+polyester	5 kg	1,22404E-05	5,42347E+01	2,44304E+00	4,880

**Výběr odpovídající Ecoinvent položky z rozvíracího seznamu**

**Manuálně vložené rozpočtářské položky**

**Manuálně vložený údaj pro přepočet jednotek**

**Automaticky spočítané env. dopady vztahené na m<sup>2</sup>**

**Dalších 9 env. indikátorů**

Obr. 54: List pro stanovení dopadů asfaltových pásů.

## BETONY

Popis skupiny: Do této skupiny patří všechny betony různých konzistencí, s výjimkou betonových tvárnic.

Metoda: Nemodelujeme, vybíráme pouze z existujících datasetů.

Odpovídající položky Ecoinvent:

*Concrete, for de-icing salt contact {RoW} | concrete production, for drilled piles, with cement CEM I | Alloc Def, S* m<sup>3</sup>

*Concrete, for de-icing salt contact {RoW} | concrete production, for drilled piles, with cement CEM II/A | Alloc Def, S* m<sup>3</sup>

## 4 VÝSLEDKY

---

<i>Concrete, for de-icing salt contact {RoW}  concrete production, for drilled piles, with cement CEM II/B   Alloc Def, S</i>	<i>m<sup>3</sup></i>
<i>Concrete, high exacting requirements {RoW}  concrete production, for building construction, with cement CEM II/A   Alloc Def, S</i>	<i>m<sup>3</sup></i>
<i>Concrete, high exacting requirements {RoW}  concrete production, for building construction, with cement CEM II/B   Alloc Def, S</i>	<i>m<sup>3</sup></i>
<i>Concrete, normal {RoW}  unreinforced concrete production, with cement CEM II/A   Alloc Def, S</i>	<i>m<sup>3</sup></i>
<i>Concrete, normal {RoW}  unreinforced concrete production, with cement CEM II/B   Alloc Def, S</i>	<i>m<sup>3</sup></i>
<i>Concrete, sole plate and foundation {RoW}  concrete production, for civil engineering, with cement CEM I   Alloc Def, S</i>	<i>m<sup>3</sup></i>
<i>Concrete, sole plate and foundation {RoW}  concrete production, for civil engineering, with cement CEM II/A   Alloc Def, S</i>	<i>m<sup>3</sup></i>
<i>Concrete, sole plate and foundation {RoW}  concrete production, for civil engineering, with cement CEM II/B   Alloc Def, S</i>	<i>m<sup>3</sup></i>
<i>Lean concrete {RoW}  production, with cement CEM II/A   Alloc Def, S</i>	<i>m<sup>3</sup></i>
<i>Lean concrete {RoW}  production, with cement CEM II/B   Alloc Def, S</i>	<i>m<sup>3</sup></i>
Betony s hmotnostními jednotkami:	
<i>Lightweight concrete block, polystyrene {RoW}  production   Alloc Def, S</i>	<i>kg</i>
<i>Lightweight concrete block, expanded clay {RoW}  production   Alloc Def, S</i>	<i>kg</i>
<i>Autoclaved aerated concrete block {RoW}  production   Alloc Def, S</i>	<i>kg</i>

Popis práce s daty: V cenové databázi je velké množství různých betonů. Liší se zejména pevností, která je závislá na druhu a množstvím použitého cementu. Čím více a kvalitnějšího cementu je použito, tím vyšší má výsledný beton pevnost. V Ecoinventu je betonů méně a cement nejvíce ovlivňuje jeho uhlíkovou stopu: Čím více a čím kvalitnějšího je v betonu cementu ve vztahu k množství vody, tím vyšší je uhlíková stopa betonu.

Nejkvalitnější cement je cement s nejméně příměsemi. Při volbě odpovídající položky se snažíme volit beton z Ecoinventu, který složením cementu i jeho množstevním zastoupením ve směsi přibližně odpovídá. Pomoci mohou popisy využití jednotlivých betonů, převzatých z dokumentace Ecoinvent databáze a vložených do příslušného listu.

## 4 VÝSLEDKY

Popis Ecoinvent položky	Ecoinvent položky - jednotkové dopady		Potenciál úbytk	Potenciál úby	jednotkov
	Název položky	MJ Ecoi	kg Sb eq	MJ	kg CO2 eq
piloty vystavené mrazu, kondenzaci, vodím s obsahem c	Concrete, for de-icing salt contact [RoW]	concrete produc	0,000312683	1722,66252	324,2144
piloty vystavené mrazu, kondenzaci, vodím s obsahem c	Concrete, for de-icing salt contact [RoW]	concrete produc	0,00038753	1640,48907	302,3737
piloty vystavené mrazu, kondenzaci, vodím s obsahem c	Concrete, for de-icing salt contact [RoW]	concrete produc	0,000470391	1490,34252	259,872
beton pro nosné konstrukce, obvykle pro železoveton, sr	Concrete, high exacting requirements [RoW]	concrete pro m3	0,000345525	1470,71532	280,5427
beton pro nosné konstrukce, obvykle pro železoveton, sr	Concrete, high exacting requirements [RoW]	concrete pro m3	0,00042304	1330,25532	240,7836
obyčejný beton, pro železobeton možno využít jen ve ve	Concrete, normal [RoW]	unreinforced concrete production	0,000291883	1152,29836	203,4636
obyčejný beton, pro železobeton možno využít jen ve ve	Concrete, normal [RoW]	unreinforced concrete production	0,000345342	1055,42944	176,0437
Využití na piloty (v suchém i mokřém prostředí)	Concrete, sole plate and foundation [RoW]	concrete prod.	0,000295982	1792,51693	361,1192
Využití na piloty (v suchém i mokřém prostředí)	Concrete, sole plate and foundation [RoW]	concrete prod.	0,000381693	1698,41523	336,1088
Využití na piloty (v suchém i mokřém prostředí)	Concrete, sole plate and foundation [RoW]	concrete prod.	0,000476582	1526,47322	287,4378
chudý beton	Lean concrete [RoW]	production, with cement CEM II/A	0,000260434	968,554291	160,2099
chudý beton	Lean concrete [RoW]	production, with cement CEM II/B	0,000300528	895,902482	139,644
chudý beton	Lightweight concrete block, polystyrene [RoW]	productio	6,62576E-07	11,1829301	1,217806
chudý beton	Lightweight concrete block, expanded clay [RoW]	product	0	0	0
chudý beton	Autoclaved aerated concrete block [RoW]	production	7,51495E-07	2,86013306	0,461795

P9	Název	MJ kros	Vyber typ betonu	MJ Ecoi	Info k výpočtu, odkazy a	Potenciál úbytk	Potenciál úby	jednotkov
						kg Sb eq	MJ	kg CO2 eq
58931266	beton C-5 kamenivo frakce 0/16	m3	Lean concrete [RoW] production, with cement CEM II/B	m3	další info viz 58931263	0,000300528	895,902482	139,644
58931270	beton C-5 kamenivo frakce 0/22	m3	Lean concrete [RoW] production, with cement CEM II/B	m3	další info viz 58931263	0,000300528	895,902482	139,644
58931663	beton C-7,5 kamenivo frakce 0/8	m3	Lean concrete [RoW] production, with cement CEM II/B	m3	další info viz 58931263	0,000300528	895,902482	139,644
58931666	beton C-7,5 kamenivo frakce 0/16	m3	Lean concrete [RoW] production, with cement CEM II/B	m3	další info viz 58931263	0,000300528	895,902482	139,644
58931670	beton C-7,5 kamenivo frakce 0/22	m3	Lean concrete [RoW] production, with cement CEM II/B	m3	další info viz 58931263	0,000300528	895,902482	139,644
58931963	beton C 8/10 kamenivo frakce 0/8	m3	Lean concrete [RoW] production, with cement CEM II/B	m3	další info viz 58931263	0,000300528	895,902482	139,644
58931966	beton C 8/10 kamenivo frakce 0/16	m3	Lean concrete [RoW] production, with cement CEM II/B	m3	další info viz 58931263	0,000300528	895,902482	139,644
58931970	beton C 8/10 kamenivo frakce 0/22	m3	Lean concrete [RoW] production, with cement CEM II/B	m3	další info viz 58931263	0,000300528	895,902482	139,644
58932310	beton C 12/15 kamenivo frakce 0/8	m3	Concrete, normal [RoW] unreinforced concrete production		Tato třída Podle normy	0,000345342	1055,42944	176,0437
58932312	beton C 12/15 kamenivo frakce 0/16		Concrete, normal [RoW] unreinforced concrete production		Tato třída betonu se již	0,000345342	1055,42944	176,0437
58932314	beton C 12/15 kamenivo frakce 0/22		Concrete, sole plate and foundation [RoW] concrete production, for civil engineering, with ce		Tato třída betonu se již	0,000345342	1055,42944	176,0437
58932563	beton C 16/20 X0, XC1 kamenivo frakce 0/		Concrete, sole plate and foundation [RoW] concrete production, for civil engineering, with ce		Tato třída betonu se již	0,000345342	1055,42944	176,0437
58932571	beton C 16/20 X0, XC1 kamenivo frakce 0/		Lean concrete [RoW] production, with cement CEM II/A   Alloc Def S		Tato třída betonu se již	0,000345342	1055,42944	176,0437
58932576	beton C 16/20 X0, XC1 kamenivo frakce 0/		Lean concrete [RoW] production, with cement CEM II/B   Alloc Def S		Tato třída betonu se již	0,000345342	1055,42944	176,0437
58932908	beton C 20/25 X0 XC2 kamenivo frakce 0/		Lightweight concrete block, polystyrene [RoW] production   Alloc Def S		Podle zdroje https://ww	0,00042304	1330,25532	240,7836
58932909	beton C 20/25 X0 XC2 kamenivo frakce 0/16	m3	Concrete, high exacting requirements [RoW] concrete pro	m3	Podle zdroje https://ww	0,00042304	1330,25532	240,7836
58932910	beton C 20/25 X0 XC2 kamenivo frakce 0/22	m3	Concrete, high exacting requirements [RoW] concrete pro	m3	Podle zdroje https://ww	0,00042304	1330,25532	240,7836
58932931	beton C 25/30 X0 kamenivo frakce 0/8	m3	Concrete, high exacting requirements [RoW] concrete pro	m3		0,000345525	1470,71532	280,5427
58932932	beton C 25/30 X0 kamenivo frakce 0/16	m3	Concrete, high exacting requirements [RoW] concrete pro	m3		0,000345525	1470,71532	280,5427
58932933	beton C 25/30 X0 kamenivo frakce 0/22	m3	Concrete, high exacting requirements [RoW] concrete pro	m3		0,000345525	1470,71532	280,5427
58932935	beton C 25/30 XF1 XA1 kamenivo frakce 0/8	m3	Concrete, high exacting requirements [RoW] concrete pro	m3	U tohoto betonu norma	0,000345525	1470,71532	280,5427
58932936	beton C 25/30 XF1 XA1 kamenivo frakce 0/16	m3	Concrete, high exacting requirements [RoW] concrete pro	m3		0,000345525	1470,71532	280,5427
58932937	beton C 25/30 XF1 XA1 kamenivo frakce 0/22	m3	Concrete, high exacting requirements [RoW] concrete pro	m3		0,000345525	1470,71532	280,5427
58932940	beton C 25/30 XF3 kamenivo frakce 0/8	m3	Concrete, for de-icing salt contact [RoW] concrete produc	m3	Norma uvádí minimální	0,000470391	1490,34252	259,872
58932941	beton C 25/30 XF3 kamenivo frakce 0/16	m3	Concrete, for de-icing salt contact [RoW] concrete produc	m3	Norma uvádí minimální	0,000470391	1490,34252	259,872

Dalších 10 env. indikátorů

Obr. 55: Envidatagenerator pro stanovení dopadů různých betonů.

### BETONOVÉ TVÁRNICE

Popis skupiny: Do této skupiny patří všechny betonové prefabrikáty (bez výztuže a dalších materiálů) malého rozměru (do 60 kg).

Metoda: Nemodelujeme, vybíráme pouze z existujících datasetů.

Odpovídající položky Ecoinvent:

*Concrete block {RoW} production | Alloc Def, S* kg

Popis práce s daty: Výrobky v cenové databázi jsou v jednotkách „kus“. Pro výpočet environmentálních dopadů je třeba zadat hmotnost jednoho kusu a uvést zdroj informací o hmotnosti.

### DESKY Z MINERÁLNÍ VLNY

Popis skupiny: Desky (event. výrobky jiných tvarů) z kamenné nebo skelné vlny

Metoda: Nemodelujeme, vybíráme pouze z existujících datasetů

Odpovídající položky Ecoinvent:

*Glass wool mat {RoW} production | Alloc Def, S* kg

*Stone wool {RoW} stone wool production | Alloc Def, S* kg

## 4 VÝSLEDKY

---

Popis práce s daty: Desky z minerální vlny mají v cenové databázi jednotku m<sup>2</sup>, zatímco v Ecoinventu kg. Při zadání nových položek se proto kromě kódu, názvu a jednotek zadává též tloušťka desky a objemová hmotnost. Objemová hmotnost se nemusí zadávat pro každý výrobek zvlášť: Z rozevíracího seznamu se volí některý z referenčních výrobků, který nejlépe odpovídá dané položce, jediné hledisko je zde objemová hmotnost. Pokud žádný z nabídky neodpovídá, doplní se další položka do tabulky referenčních výrobků, je třeba vyplnit všechny kolonky!



## 4 VÝSLEDKY

ENVIDATAGENERATOR									
Legenda									
jednotková data z Ecoinventu - provazba na list Ecoinvent položky									
Ploloautomatický výpočet dat odpovídajících konkrétní poloze									
technická data nutná pro funkčnost kódu									
výber z rozevíracího seznamu									
data k doplnění podle instrukce v hlavičce									
volné využití polí - informace, jejich zdroje atd.									
<b>Druhy materiálu s charakteristikou pro převod jednotek (zde kg/m3)</b>									
<b>TABULKA REFERENČNÍCH VÝROBKŮ</b>									
název referenčního výrobku	objemové hmotnosti některých typů materiálů	kg/m3	Zdroj informací						
TF Thermo	Obj. hm. Deska tepelně izolační minerální kontaktních fasád podélné vlákno C	90	info z technického listu Isover TF Thermo - 80-100 kg/m3						
TF Profi	Obj. hm. Deska tepelně izolační minerální kontaktních fasád podélné vlákno C	115	info z technického listu Isover TF Profi - 80-150 kg/m3						
Isover UNI	Obj. hm. Deska tepelně izolační minerální univerzální 0,033; 0,035 / provětráv	40	info z technického listu Isover UNI - 40 kg/m3						
Isover MULTIMAX	Obj. hm. Deska tepelně izolační minerální provětrávané fasády 0,030 - skelná	40	info z technického listu Isover MULTIMAX 30 - 40 kg/m3						
Isover T-P	Obj. hm. Deska tepelně izolační plovcových podlah	150	info z technického listu Isover T-P - 145-155 kg/m3						
Isover T-F	Obj. hm. Deska tepelně izolační minerální univerzální 0,038	140	info z technického listu Isover TF - 110-170 kg/m3						
Isover T	Obj. hm. Deska tepelně izolační minerální plochých střešch spodní vrstva 50kPa	142,5	info z technického listu Isover T - 125-160 kg/m3						
Isover S	Obj. hm. Deska tepelně izolační minerální plochých střešch vrchní vrstva 70kPa	161	info z technického listu Isover S - 147-175 kg/m3						
Isover Unirool Plus	Obj. hm. Pás tepelně izolační mezi krokve 0,036	15,5	info z technického listu Isover UNIROOL PLUS 15,5 kg/m3						
Isover Piano	Obj. hm. Pás tepelně izolační příčkový akustický 0,037	15	info z technického listu Isover PIANO 15 kg/m3						
Isover Fassil	Obj. hm. Deska tepelně izolační minerální provětrávané fasády 0,034 - kamen	50	info z technického listu Isover FASSIL 50 kg/m3						
Isover Orsik	Obj. hm. deska tepelně izolační minerální univerzální λ=0,038-0,039	30	info z technické listu Isover ORSIK 30 kg/m3						
Isover Domo Plus	Obj. hm. pás tepelně izolační pro všechny nezatížené izolací λ=0,038-0	13	info z technického listu Isover DOMO PLUS 13 kg/m3						
				Potenciál úbytku	Potenciál ú	jednotková	ničení ozono		
				kg Sb eq	MJ	kg CO2 eq	g CFC-11 eq		
Název položky Ecoinvent				MJ Ecoinvent					
Glass wool mat [RoW]   production   Alloc Def, S				kg	5,76E-06	3,83E+01	2,77E+00	2,50E-0	
Stone wool [RoW]   stone wool production   Alloc Def, S				kg	2,66E-06	1,49E+01	1,36E+00	7,78E-0	
<b>Manuálně vložené rozpočtářské položky</b>									
			výber typ podle obj. hm	Další info	hmotn ost	Potenciál úbytku surovin (ADP - prvky) pro nefosilní	Potenciál úbytku surovin (ADP - fosilní)	jednotková uhlíková stopa	ničení ozono vrstvy
						kg Sb eq	MJ	kg CO2 eq	g CFC-11 eq
63141416	deska tepelně izolační minerální kontaktních fasád podélné vlákno ?=0,035 tl	m2	TF Thermo		10,8	2,88E-05	1,61E+02	1,47E+01	8,41E-0
63141417	deska tepelně izolační minerální kontaktních fasád podélné vlákno ?=0,035 tl	m2	TF Thermo		12,6	3,36E-05	1,88E+02	1,71E+01	9,81E-0
63141424	deska tepelně izolační minerální kontaktních fasád podélné vlákno ?=0,035 tl	m2	TF Thermo		14,4	3,84E-05	2,15E+02	1,96E+01	1,12E-0
63141425	deska tepelně izolační minerální kontaktních fasád podélné vlákno ?=0,035 tl	m2	TF Thermo		16,2	4,32E-05	2,42E+02	2,20E+01	1,26E-0
63141426	deska tepelně izolační minerální kontaktních fasád podélné vlákno ?=0,035 tl	m2	TF Thermo		18	4,80E-05	2,69E+02	2,45E+01	1,40E-0
63148100	deska tepelně izolační minerální univerzální ?=0,038-0,039 tl 40mm2019/111	m2	Isover UNI		5,6	1,49E-05	8,36E+01	7,61E+00	4,36E-0
63148103	deska tepelně izolační minerální univerzální ?=0,038-0,039 tl 80mm201	m2	Isover UNI		2,2	2,88E-06	3,27E+01	3,02E+00	1,62E-0
63148150	deska tepelně izolační minerální univerzální ?=0,033-0,035 tl 40mm201	m2	Isover UNI		1,6	4,17E-06	4,80E+01	4,53E+00	2,42E-0
63148154	deska tepelně izolační minerální univerzální ?=0,035 tl 100mm2019/111	m2	Isover UNI		4	1,04E-05	1,19E+02	1,12E+01	6,02E-0
63148158	deska tepelně izolační minerální provětrávaných fasád ?=0,033-0,035 tl	m2	Isover UNI		2	5,29E-06	6,05E+01	5,69E+00	3,01E-0
63148159	deska tepelně izolační minerální provětrávaných fasád ?=0,033-0,035 tl 60mm m2	m2	Isover UNI		2,4	6,34E-06	7,22E+01	6,79E+00	3,61E-0
63148210	deska tepelně izolační minerální provětrávaných fasád ?=0,030-0,32 tl 100mm m2	m2	Isover UNI		4	1,04E-05	1,19E+02	1,12E+01	6,02E-0
63151466	deska tepelně izolační minerální plochých střešch spodní vrstva 50kPa ?=0,038- m2	m2	Isover T		8,55	2,18E-05	2,49E+02	2,31E+01	1,25E-0
63151468	deska tepelně izolační minerální plochých střešch spodní vrstva 50kPa ?=0,038- m2	m2	Isover T		11,4	3,06E-05	3,43E+02	3,22E+01	1,71E-0
63151470	deska tepelně izolační minerální plochých střešch spodní vrstva 50kPa ?=0,038- m2	m2	Isover T		14,25	3,80E-05	2,13E+02	1,94E+01	1,11E-0
63151472	deska tepelně izolační minerální plochých střešch spodní vrstva 50kPa ?=0,038- m2	m2	Isover T		17,1	4,56E-05	2,55E+02	2,33E+01	1,33E-0
63151473	deska tepelně izolační minerální plochých střešch spodní vrstva 50kPa ?=0,038- m2	m2	Isover T		19,95	5,32E-05	2,98E+02	2,71E+01	1,55E-0
63151480	deska tepelně izolační minerální plovcových podlah ?=0,038-0,039 tl 25mm201 m2	m2	Isover T-P		3,75	9,99E-06	5,60E+01	5,10E+00	2,92E-0
63151481	deska tepelně izolační minerální plovcových podlah ?=0,038-0,039 tl 30mm201 m2	m2	Isover T-P		4,5	1,20E-05	6,72E+01	6,12E+00	3,50E-0
63151482	deska tepelně izolační minerální plovcových podlah ?=0,038-0,039 tl 40mm201 m2	m2	Isover T-P		6	1,60E-05	8,95E+01	8,16E+00	4,67E-0
63151502	deska tepelně izolační minerální plochých střešch vrchní vrstva 70kPa ?=0,038-1 m2	m2	Isover S		16,1	4,29E-05	2,40E+02	2,19E+01	1,25E-0
63151504	deska tepelně izolační minerální plochých střešch vrchní vrstva 70kPa ?=0,038-1 m2	m2	Isover S		19,32	5,15E-05	2,88E+02	2,63E+01	1,50E-0
63151518	deska tepelně izolační minerální kontaktních fasád podélné vlákno ?=0,036 tl	m2	TF Profi		4,6	1,23E-05	6,86E+01	6,26E+00	3,58E-0
63151519	deska tepelně izolační minerální kontaktních fasád podélné vlákno ?=0,036 tl	m2	TF Profi		5,75	1,53E-05	8,58E+01	7,82E+00	4,48E-0
63151520	deska tepelně izolační minerální kontaktních fasád podélné vlákno ?=0,036 tl	m2	TF Profi		6,9	1,84E-05	1,03E+02	9,38E+00	5,37E-0
63151525	deska tepelně izolační minerální kontaktních fasád podélné vlákno ?=0,036 tl	m2	TF Profi		8,05	2,15E-05	1,20E+02	1,09E+01	6,27E-0
63151526	deska tepelně izolační minerální kontaktních fasád podélné vlákno ?=0,036 tl	m2	TF Profi		9,2	2,45E-05	1,37E+02	1,25E+01	7,16E-0
63151527	deska tepelně izolační minerální kontaktních fasád podélné vlákno ?=0,036 tl	m2	TF Profi		11,5	3,06E-05	1,72E+02	1,56E+01	8,95E-0
63151529	deska tepelně izolační minerální kontaktních fasád podélné vlákno ?=0,036 tl	m2	TF Profi		13,8	3,68E-05	2,06E+02	1,88E+01	1,07E-0
63151531	deska tepelně izolační minerální kontaktních fasád podélné vlákno ?=0,036 tl	m2	TF Profi		16,1	4,29E-05	2,40E+02	2,19E+01	1,25E-0
63151538	deska tepelně izolační minerální kontaktních fasád podélné vlákno ?=0,036 tl	m2	TF Profi		18,4	4,90E-05	2,75E+02	2,50E+01	1,43E-0
					20,7				

Obr. 56: List pro stanovení dopadů desek z minerální vlny.

### DESKY Z EXPANDOVANÉHO POLYSTYRENU

Popis skupiny: Desky (event. výrobky jiných tvarů) z expandovaného polystyrenu.

Metoda: Nemodelujeme, vybíráme pouze z existujících datasetů.

Odpovídající položky Ecoinvent:

## 4 VÝSLEDKY

---

*Polystyrene foam slab {RER}| production | Alloc Def, S* *kg*

*Polystyrene foam slab with graphite, 6% recycled {GLO}| market for | Alloc Def, S* *kg*

Popis práce s daty: Práce s daty a uspořádání listu jsou analogické s deskami z minerální vlny. Pokud jednotky výrobku jsou jiné než m<sup>2</sup>, je třeba přímo zadat hmotnost do příslušného sloupce (který se jinak počítá automaticky) a do buněk k tomu určených zadat informace, podle kterých bude možné hmotnost zkontrolovat.

### **DESKY PERIMETRICKÉ IZOLAČNÍ**

Popis skupiny: Desky (event. výrobky jiných tvarů) z expandovaného polystyrenu.

Metoda: Nemodelujeme, vybíráme pouze z existujících datasetů.

Odpovídající položky Ecoinvent:

*Polystyrene foam slab for perimeter insulation {RoW}| processing | Alloc Def, S* *kg*

Popis práce s daty: Práce s daty a uspořádání listu jsou analogická s listem Desky z minerální vlny. Pokud jednotky výrobku jsou jiné než m<sup>2</sup>, je třeba přímo zadat hmotnost do příslušného sloupce (který se jinak počítá automaticky) a do buněk k tomu určených zadat informace, podle kterých bude možné hmotnost zkontrolovat.

### **DESKY Z EXTRUDOVANÉHO POLYSTYRENU (XPS)**

Popis skupiny: Desky pro perimetrickou izolaci základů.

Metoda: Nemodelujeme, vybíráme pouze z existujících datasetů.

Odpovídající položky Ecoinvent:

*Polystyrene, extruded {RER}| polystyrene production,*  
*extruded, CO2blown|Alloc Def, S* *kg*

Popis práce s daty: Práce s daty a uspořádání listu jsou analogická s listem Desky z minerální vlny. Pokud jednotky výrobku jsou jiné než m<sup>2</sup>, je třeba přímo zadat hmotnost do příslušného sloupce (který se jinak počítá automaticky) a do buněk k tomu určených zadat informace, podle kterých bude možné hmotnost zkontrolovat.

### **DESKY Z PĚNOVÉHO SKLA**

Metoda: Nemodelujeme, vybíráme pouze z existujících datasetů.

Odpovídající položky Ecoinvent:

*Foam glass {GLO}| production | Alloc Def, S* *kg*

Popis práce s daty: Práce s daty a uspořádání listu jsou analogická s listem Desky z minerální vlny. Pokud jednotky výrobku jsou jiné než m<sup>2</sup>, je třeba přímo zadat hmotnost do příslušného sloupce (který se jinak počítá automaticky) a do buněk k tomu určených zadat informace, podle kterých bude možné hmotnost zkontrolovat.

### **DESKY FENOLICKÉ**

Popis skupiny: Desky z fenolformaldehydových pryskyřic

## 4 VÝSLEDKY

Metoda: Nemodelujeme, vybíráme pouze z existujících datasetů.

Odpovídající položky Ecoinvent:

*Phenolic resin {RER}| production | Alloc Def, S* kg

Popis práce s daty: Na základě objemové hmotnosti a tloušťky desky se spočítají celkové dopady fenolické desky

### **DŘEVĚNÉ DESKY, PRKNA A DALŠÍ VÝROBKY (TÉŽ OSB)**

Popis skupiny: Cenová databáze obsahuje položky různých druhů dřevěných výrobků. Vesměs lze výrobky rozdělit na výrobky z masivu a dále zpracovávané výrobky. Masivní výrobky se dělí zejména na měkké a tvrdé dřevo, na uměle a přirozeně sušené dřevo a na hoblované a nehoblované dřevo.

Uvádíme zde datasety dosud použité ve stavební knihovně, ale u každého dalšího výrobku, který bude zpracováván, je třeba kromě zde uvedených dat hledat též v Ecoinventu a seznam dřevěných výrobků v Envidatageneratoru eventuelně rozšířit.

Metoda: Nemodelujeme, vybíráme pouze z existujících datasetů.

Odpovídající položky Ecoinvent:

*Sawnwood, softwood, dried (u=10%), planed {RER}| production | Alloc Def, S* m<sup>3</sup>

*Oriented strand board {RER}| production | Alloc Def, S* m<sup>3</sup>

*Sawnwood, hardwood, dried (u=10%), planed {RER}| production | Alloc Def, S* m<sup>3</sup>

*Sawnwood, softwood, raw, dried (u=10%) {RER}| production | Alloc Def, S* m<sup>3</sup>

*Glued laminated timber, for outdoor use {RER}| production | Alloc Def, S* m<sup>3</sup>

*Sawnwood, hardwood, dried (u=10%), planed {RER}| production | Alloc Def, S* m<sup>3</sup>

Popis práce s daty:

Pro každou položku je třeba vybrat odpovídající data z Ecoinventu. Je třeba vzít v úvahu též nabídku datasetů, které zatím nejsou v Envidatageneratoru.

Pokud je výrobek z masivu, hodnotíme, zda je dřevo měkké či tvrdé, uměle či přirozeně sušené (nevíme-li, volíme umělé sušení), sušené na 10% nebo 20% vlhkosti (nevíme-li, volíme 10%), hoblované či nehoblované a eventuelně můžeme vzít v úvahu též tvar.

Pokud není z masivu, vybereme některý z dalších dřevěných výrobků:

KVH a BSH hranoly: *Glued laminated timber, for outdoor use {RER}| production | Alloc Def, S* m<sup>3</sup>

OSB desky: *Oriented strand board {RER}| production | Alloc Def, S* m<sup>3</sup>

Překližka: *Plywood, for indoor use {RER}| production | Alloc Def, S* m<sup>3</sup>

Dřevotříska: *Particle board, for indoor use {RoW}| particle board production, for indoor use, from virgin wood | Alloc Def, U* m<sup>3</sup>




## 4 VÝSLEDKY

Dřevovláknité desky, hobra a sololit zařazujeme do skupiny „Dřevovláknité desky“.

V Ecoinventu mají dřevěné výrobky objemové jednotky (m<sup>3</sup>). Pokud výrobky v cenové databázi mají jednotky jiné (nejčastěji plošné, či kusové), přepočítáváme jednotky zadáním rozměrů.

Některé výrobky patřící do této skupiny zahrnují též spojovací materiál. V takovém případě je třeba kromě množství dřeva stanovit též množství spojovacího materiálu, výpočet popsat a provázat s odpovídajícím listem pro spojovací materiál.

ENVIDATAGENERATOR						Potenciál úh	Potenciál úh	jednotková	niče		
Ecoinvent						kg Sb eq	MJ	kg CO2 eq	g CFP		
Název položky						MJ Ecoin					
7	Sawnwood, softwood, dried (u=10%), planed (RER)   production   Alloc Def, S					m3	4,32111E-04	1,56221E+03	1,19218E+02	1,38	
8	Oriented strand board (RER)   production   Alloc Def, S					m3	5,73748E-04	4,57809E+03	2,63311E+02	2,08	
9	Sawnwood, hardwood, dried (u=10%), planed (RER)   production   Alloc Def, S					m3	4,93977E-04	1,96090E+03	1,49619E+02	1,73	
10	Sawnwood, softwood, raw, dried (u=10%) (RER)   production   Alloc Def, S					m3	1,96847E-04	1,31509E+03	9,71002E+01	1,23	
11	Glued laminated timber, for outdoor use (RER)   production   Alloc Def, S					m3	7,27313E-04	3,26386E+03	2,29086E+02	3,14	
12	Sawnwood, hardwood, dried (u=10%), planed (RER)   production   Alloc Def, S					m3	4,93977E-04	1,96090E+03	1,49619E+02	1,73	
P9	Název					MJ kros	Potenciál úh	Potenciál úh	jednotková	niče	
							kg Sb eq	MJ	kg CO2 eq	g CFP	
36	masivní dřevěný panel bez vzduchotěsné úpravy pro vnitřní příčky tl. 81mm2019/II16					m2	1,12591E-04	1,33753E+02	1,03521E+01	1,16	
37											
45	2 vruty /(0,17*0,17):					17					
46	Uvažujeme vrut 5x80 pozink <a href="https://shop.fasteners-cz.cz/01-13-01-din-97-vrut-do-d-oeva-se-z-ipustnou-hlavou/6">https://shop.fasteners-cz.cz/01-13-01-din-97-vrut-do-d-oeva-se-z-ipustnou-hlavou/6</a>					0,99					
48						0,0099	kg/100 ks				
49	Vrut 5x80 pro masivní panel						0,0099	kg/ks	4,5641E-06	0,42436441	0,04090991
51	Dřevo							0,081	3,50010E-05	1,26539E+02	9,65666E+00
53	masivní dřevěný panel včetně vzduchotěsné úpravy pro obvodové střeňy, vysoká požární odolnost tl. 108mm2019/II6					m2	1,59849E-04	1,93972E+02	1,44160E+01	1,56	
55	2 vruty /(0,17*0,17):					17					
56	Uvažujeme vrut 5x100 pozink <a href="https://shop.fasteners-cz.cz/01-13-01-din-97-vrut-do-d-oeva-se-z-ipustnou-hlavou/6">https://shop.fasteners-cz.cz/01-13-01-din-97-vrut-do-d-oeva-se-z-ipustnou-hlavou/6</a>					1,43					
58						0,0143	kg/100 ks				
59	Vrut 5x100 pro masivní panel						0,0143	kg/ks	6,5926E-06	0,61297081	0,05909209
61	Dřevo							0,108	4,66680E-05	1,68718E+02	1,28756E+01
62	Protěsná PE folie pro masivní dřevěný panel						0,185	kg/m2	1,1067E-06	14,8333632	0,5358685

Dalších 10 envir. indikátorů

Obr. 57: Ukázka zpracování dat dřevěných výrobků, které obsahují kromě dřeva též spojovací materiál

### DŘEVOVLÁKNITÉ DESKY

Popis skupiny: Skupina obsahuje dřevovláknité desky od sololitu až po lehoučké tepelně izolační desky. Desky z dřevovláknitého materiálu obsažené ve stavební knihovně odpovídají Ecoinvent datasetu pro desky s nízkou hustotou (low density fibreboard, viz následující tabulka). Nicméně Ecoinvent obsahuje též data pro hmotnější desky,

## 4 VÝSLEDKY

kteřá se mohou využít v případě, že se takové materiály ve stavební knihovně vyskytnou.

Tab. 13: Data pro dřevovláknité desky v Ecoinventu [103]

Name	low density fibreboard	medium density fibreboard	high density fibreboard
	Softboard	MDF	Hardboard
Density [kg/m <sup>3</sup> ]	< 350	350 - 800	>800

Odpovídající položky Ecoinvent:

*Fibreboard, soft {Europe without Switzerland} | fibreboard production, soft, from wet & dry processes | Alloc Def, S* *m<sup>3</sup>*

Popis práce s daty: V cenové databázi se množství dosud řešených výrobků z dřevovláknité desky vyjadřuje v plošných jednotkách (m<sup>2</sup>). Je tedy třeba přepočítat přes objemovou hmotnost. Ovšem nejlehčí desky z Ecoinventu mají uvedenou objemovou hmotnost 140 kg/m<sup>3</sup>, zatímco v EnviBIMu řešené desky tepelné izolace mají objemovou hmotnost pouze 50 kg/m<sup>3</sup>. Z porovnání dopadů fibreboard soft a fibreboard hard vyplývá, že rozdíl uhlíkové stopy je přímo úměrný rozdílu objemových hmotností. U jiných dopadů však úměra je trochu jiná, což znamená, že u nich hrají nezanedbatelnou roli i další procesy po výrobě samotných vláken. Kdybychom však k desce s hustotou 50 kg/m<sup>3</sup> přiřadili data o desce s hustotou 140, došlo by téměř ke ztrojnásobení pravděpodobné uhlíkové stopy. Proto budeme počítat se střední hustotou mezi 50 a 140, tedy 95 kg/m<sup>3</sup>.

### **OCELOVÝ, POZINKOVANÝ A NEREZOVÝ SPOJOVACÍ MATERIÁL**

Popis skupiny: Do tohoto listu patří veškerý ocelový, ocelový pozinkovaný a nerezový spojovací materiál. Pokud se však jedná o ohýbané plechy či dráty, jsou tyto položky zařazeny do „ocel (pozink) drát a plech“.

Metoda: Modelujeme. Modelováno jako průměrné zpracování oceli, možno modelovat detailněji.

Odpovídající položky Ecoinvent: Pro spojovací materiál byly namodelovány v SimaPro položky, kombinující použitý materiál (ocel nebo nerez ocel) a průměrné zpracování oceli. Výsledkem jsou následující položky:

*Fasteners – steel (modelováno pro EnviBIM)* *kg*

*Fasteners - steel - stainless (modelováno pro EnviBIM)* *kg*

Pro pozinkovou vrstvu využíváme položku z Ecoinventu:

*Zinc coat, pieces {RER} | zinc coating, pieces | Alloc Def, S* *m<sup>2</sup>*

Popis práce s daty:

## 4 VÝSLEDKY

1. Určit hmotnost položky
2. Pokud pozink, určit plochu pozink. Je vyjádřen v m<sup>2</sup>. Z Ecoinvent dokumentace víme, že na 1 tunu oceli se uvažuje 60 m<sup>2</sup> pozinku. Podle toho provést výpočet pozink. vrstvy.

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	<b>ENVIDATAGENERATOR</b>									
2	Ecoinvent							Potenciál úbyt	Potenciál úbt	jednotkov
3	Název položky							kg Sb eq	MJ	kg CO2 eq
4	Fasteners - steel							3,28833E-05	3,85048E+01	3,72543E+01
5	Zinc coat, pieces (RER)   zinc coating, pieces   Alloc Def, S							0,00713563	72,67177065	6,781385E+01
6	Fasteners - steel - stainless							1,32781E-04	6,87807E+01	6,65466E+01
8										
9	P9	Název	MJ Kros	množství oceli (kg)			množství zinku (m2)	Potenciál úbyt kg Sb eq	Potenciál úbt MJ	jednotkov kg CO2 eq
52	59660032	vrut šroubovýtý s podložkou 5x115mm	100 kus	0,97			0,0582	4,47190E-04	4,15791E+01	4,00834E+01
53	Ref. Produkt: Vrut s těsnící podložkou 5 x 115 mm, wienerberger									
54	Našli jsme podobný (Vrut fasádní s těsnící podložkou MFASr ART 14100 nerez A2 4.5 x 120) pro určení hmotnosti. Materiál podložky zanedbán.									
55	<a href="https://shop.fasteners-cz.cz/?s_norm=&amp;s_material=&amp;s_surface=&amp;s_shape=&amp;s_diameter=&amp;s_length=&amp;s_catnum=&amp;s_keywords=Vrut+fas%C3%A1dn%C3%A9">https://shop.fasteners-cz.cz/?s_norm=&amp;s_material=&amp;s_surface=&amp;s_shape=&amp;s_diameter=&amp;s_length=&amp;s_catnum=&amp;s_keywords=Vrut+fas%C3%A1dn%C3%A9</a>									
56										
57	59040213	160mm2019/II1	kus	0,098646009			0,0059188	4,54779E-05	4,22847E+00	4,07636E+00
58	nedostatek specifikací. Předpokládáme tedy pozinkovaný válec o průměru 1 cm a délce 16 cm									
59	objem: 1,25664E-05									
60	Vrut 5x80 pro masivní panel ks 0,0099 0,000594 4,56411E-06 4,24364E-01 4,09099E+00									
61										
62	Vrut 5x100 pro masivní panel ks 0,0143 0,000858 6,59260E-06 6,12971E-01 5,90921E+00									
63	<a href="https://shop.fasteners-cz.cz/01-13-01-din-97-vrut-do-d-oeva-se-z-ipustnou-hlavou/6">https://shop.fasteners-cz.cz/01-13-01-din-97-vrut-do-d-oeva-se-z-ipustnou-hlavou/6</a>									
64										
65										
66										
70	59030050	hřeb stropní pro připevnění závěsů 6x35m 100 kus		0,26	kg		0,0156	1,19865E-04	1,11449E+01	1,07440E+01
71	<a href="https://shop.fasteners-cz.cz/?s_norm=&amp;s_material=&amp;s_surface=&amp;s_shape=&amp;s_diameter=&amp;s_length=&amp;s_catnum=&amp;s_keywords=Kotva+stropn%C3%AD+M">https://shop.fasteners-cz.cz/?s_norm=&amp;s_material=&amp;s_surface=&amp;s_shape=&amp;s_diameter=&amp;s_length=&amp;s_catnum=&amp;s_keywords=Kotva+stropn%C3%AD+M</a>									
72	pozink									
73										
74										
75										
76										
77										
78										
79										
80	59030081	šrouby rychlořezné 3,9x22mm	100 kus	0,2			0,012	9,22042E-05	8,57302E+00	8,26463E+00
81	<a href="https://shop.fasteners-cz.cz/?s_norm=&amp;s_material=&amp;s_surface=&amp;s_shape=&amp;s_diameter=&amp;s_length=&amp;s_catnum=&amp;s_keywords=do+s%C3%A1droka+rtonu+s+hrub%C3%BDm+z%C3%A1vitem+DIN18182&amp;s_start=Vyhledat&amp;catid=0&amp;page=search">https://shop.fasteners-cz.cz/?s_norm=&amp;s_material=&amp;s_surface=&amp;s_shape=&amp;s_diameter=&amp;s_length=&amp;s_catnum=&amp;s_keywords=do+s%C3%A1droka+rtonu+s+hrub%C3%BDm+z%C3%A1vitem+DIN18182&amp;s_start=Vyhledat&amp;catid=0&amp;page=search</a>									
82	šroub samovrtný s povrchovou úpravou									
83	15485207	5,5x38mm do železa tl 12mm	kus	balení 2,5	0,025		0,0015	1,15255E-05	1,07163E+00	1,03308E+00
84	hotové P9 2 ocel. spoj. mat ocel. výtěž apod ocel (pozink) spojovací mat omítky, malty, potěry, lepidla papírové výrobky plastové									

Dalších 10 envir. indikátorů

Obr. 58: Ukázka zpracování dat ocel, pozink. a nerez spojovacího materiálu

### OMÍTKY, MALTY, POTĚRY, LEPIDLA

Popis skupiny: Do této skupiny patří materiály, jejichž množství a zabudované environmentální dopady se týkají každé budovy bez ohledu na typ konstrukce. Jedná se o všechny malty, omítky, stěrky, potěry a lepidla, jejichž složení jsme schopni alespoň přibližně určit.

Metoda: Modelujeme, pokud je třeba.

Odpovídající položky Ecoinvent:

Cement mortar {RoW}| production | Alloc Def, S

kg

## 4 VÝSLEDKY

<i>Thermal plaster, outdoor {RoW} production Alloc Def, S</i>	<i>kg</i>
<i>cement-lime mortar_user created item  production   Alloc Def, U (modelováno pro EnviBIM)</i>	<i>kg</i>
<i>Cover plaster, organic {RoW}  production   Alloc Def, S</i>	<i>kg</i>
<i>Base plaster {RoW}  production   Alloc Def, S</i>	<i>kg</i>
<i>Cover plaster,silicon  production   Alloc Def, U</i>	<i>kg</i>
<i>Adhesive mortar {RoW}  production   Alloc Def, S</i>	<i>kg</i>
<i>Cover plaster, mineral {RoW}  production   Alloc Def, S</i>	<i>kg</i>
<i>Tap water {Europe without Switzerland}  market for   Alloc Def, S</i>	<i>kg</i>
<i>Epoxy resin, liquid {RER}  production   Alloc Def, S</i>	<i>kg</i>

Popis práce s daty: Pro každou položku z cenové databáze se provede jeden z následujících kroků:

- a. Vybere se z rozevíracího seznamu materiál, který nejlépe odpovídá konkrétní položce. Pomoci mohou tabulky, které prezentují využití a materiálové složení Ecoinvent položek z rozevíracího seznamu.

Tab. 14: Typy omítek a malt v Ecoinventu podle využití [102]

Type of mortar or plaster	Field of application / specification
Cement mortar	Normal mortar for masonry constructions
Lime mortar	Base and finishing coat for indoor and outdoor use
Light mortar	Mortar with expanded clay for lightweight masonries
Base plaster	Base and finishing coat, dado, for indoor and outdoor use
Organic cover coat	Finishing coat
Mineral cover coat	Finishing coat for indoor use
Thermal plaster	Plaster for outdoor use
Clay plaster	Ready mixed plaster
Acrylic filler	Knifing filler, for flattening unevenness on base coats, concrete or wood, for indoor and outdoor use
Anhydrite floor	Anhydrite floor can be used in the whole indoor area including damp rooms and heated floor pavement. It is not suitable for damp rooms with gradient and floor drain. Further it is not suitable for areas with medium and high load requirements.
Adhesive mortar	Adhesive mortar is used for laying of tiles, plates, small mosaics, lightweight and high resistance foam slab for indoor and outdoor use. It glues to concrete, plaster, floor pavement, anhydrite floor, masonry, gypsum plaster board, lightweight and autoclaved aerated concrete.

## 4 VÝSLEDKY

Tab. 15: Typy omítek a malt v Ecoinventu podle složení [102]

Type of mortar or plaster	Raw materials (weight kg product)	Minimum amount of water needed for mixing [kg]
Cement mortar	Sand (0.800 kg) and cement, (0.200 kg)	0.080
Lime mortar	Sand (0.290 kg), cement (0.560 kg), lime hydraulic (0.105 kg), lime hydrated (0.043 kg) and additives (0.002 kg)	0.037
Light mortar	Sand (0.187 kg), cement (0.342 kg), lime hydrated (0.026 kg), expanded clay (0.444 kg) and additives (0.001 kg)	0.137
Base plaster	Sand (0.772 kg), cement (0.205 kg), lime hydrated (0.023 kg) and additives (0.0002 kg)	0.082
Organic cover coat	Sand (0.888 kg), organic binder (0.110 kg), solvent (0.001 kg) and additives (0.001 kg)	Not needed
Mineral cover coat	Sand (0.244 kg), stucco (0.743 kg), lime hydrated (0.013 kg) and additives (0.00008 kg)	0.138
Thermal plaster	Sand (0.285 kg), cement (0.523 kg), lime hydraulic (0.107 kg), lime hydrated (0.033 kg), expanded polystyrene (0.048 kg) and additives (0.004 kg)	0.246
Clay plaster	Sand (0.550 kg), clay, (0.250 kg) and water (0.200 kg)	Included in mixture
Acrylic filler	Sand (0.690 kg), acrylic binder, (0.150 kg), water (0.100 kg), pigment (0.020 kg) and ancillary products (0.040 kg)	Included in mixture
Anhydrite floor	Sand (0.732 kg), binding agent (0.260 kg), different reagents (0.006 kg) and an additive (0.002 kg)	0.048
Adhesive mortar	Limestone powder (0.473 kg), cement (0.106 kg), water (0.047 kg), acrylate dispersion (0.310 kg) and diverse other products (0.064 kg)	Included in mixture

- b. Odpovídající položka se namodeluje v SimaPro
- c. Vyhledá se alespoň přibližně odpovídající položka

Dále je třeba do sloupce s hlavičkou MJEcoin/MJKros vepsat hodnotu pro převod jednotek.



## 4 VÝSLEDKY

A	B	C	D	E	I	J	K
<b>Legenda</b>							
	jednotková data z Ecoinventu - provázka na list Ecoinvent položky						
	automatický výpočet dat odpovídajících konkrétní položce						
	technická data nutná pro funkčnost kódu						
	vyber z rozevíracího seznamu						
	data k doplnění podle instrukce v hlavičce						
<b>ENVIDATAGENERATOR</b>							
	Ecoinvent				Potenciál úh	Potenciál úbytk	jednotková uhlí
	Název položky	MJ Ecoin			kg Sb eq	MJ	kg CO2 eq
0	Cement mortar {RoW}   production   Alloc Def, S	kg			1,51876E-07	1,47522E+00	2,50186E-01
2	Thermal plaster, outdoor {RoW}   production   Alloc Def, S	kg			3,25524E-07	7,614957799	0,863783043
3	cement-lime mortar_user created item   production   Alloc Def, S	kg			1,41910E-07	1,37455E+00	2,21806E-01
4	Cover plaster, organic {RoW}   production   Alloc Def, S	kg			1,07687E-06	4,84567E+00	2,43787E-01
5	Base plaster {RoW}   production   Alloc Def, S	kg			1,57755E-07	1,61541E+00	2,76340E-01
6	Cover plaster,silicon   production   Alloc Def, U	kg			1,79935E-06	1,48433E+01	6,51766E-01
7	Adhesive mortar {RoW}   production   Alloc Def, S	kg			6,84553E-06	1,89010E+01	1,31396E+00
8	Cover plaster, mineral {RoW}   production   Alloc Def, S	kg			1,04362E-07	1,43957E+00	1,23814E-01
9	Tap water [Europe without Switzerland]   market for   Alloc Def, S	kg			1,29328E-09	4,38312E-03	3,77193E-04
0	Epoxy resin, liquid {RER}   production   Alloc Def, S	kg			2,04953E-05	3,54949E+01	2,20069E+00
1	EPD na silikonsilikátovou omítku weber	kg			3,24400E-06	1,52800E+01	1,03600E+00
3		MJ	MJEcoin/		Potenciál úh	Potenciál úbytk	jednotková uhlí
4	P9	cen	MJKros	Vyber typ omítky	kg Sb eq	MJ	kg CO2 eq
5	58562001 omítky silikonová tenkovrstvá pastovitá probarvená zrnitost	t	1000	Cover plaster,silicon   production   Alloc	0,0017994	14843,3138102	651,7660115
6	58562002 omítky silikonová tenkovrstvá pastovitá probarvená zrnitost 2	t	1000	Base plaster {RoW}   production   Alloc Def, S	0,0017994	14843,3138102	651,7660115
7	58562003 omítky silikonová tenkovrstvá pastovitá probarvená zrnitost 3	t	1000	Cover plaster,silicon   production   Alloc Def, S	0,0017994	14843,3138102	651,7660115
8	58562008 směs suchá omítková tepelněizolační	litr	0,55	Cover plaster, mineral {RoW}   production   Alloc	0,0000002	4,1882268	0,4758007
9	58562011 směs suchá lepicí a stěrková cementová	kg	1	Tap water [Europe without Switzerland]   market	0,0000068	18,9010468	1,3139612
0	58562015 malta opravná cementová modifikovaná polymerem s	kg	1	Epoxy resin, liquid {RER}   production   Alloc Def,	0,0000002	1,6154103	0,2763396
1	58562162 omítky silikonová tenkovrstvá pastovitá probarvená regulující	t	1000	EPD na silikonsilikátovou omítku weber	0,0017994	14843,3138102	651,7660115
2	58562163 omítky silikonová tenkovrstvá pastovitá probarvená regulující	t	1000	Cover plaster,silicon   production   Alloc	0,0017994	14843,3138102	651,7660115
3	58562202 omítky silikonová tenkovrstvá pastovitá probarvená zrnitost 1	t	1000	Cover plaster,silicon   production   Alloc	0,0017994	14843,3138102	651,7660115
4	58562218 omítky silikonsilikátová tenkovrstvá pastovitá probarvená	t	1000	EPD na silikonsilikátovou omítku weber	0,0032440	15280,0000000	1036,0000000
5	58562219 omítky silikonsilikátová tenkovrstvá pastovitá probarvená	t	1000	EPD na silikonsilikátovou omítku weber	0,0032440	15280,0000000	1036,0000000
6	58562220 omítky silikonsilikátová tenkovrstvá pastovitá probarvená	t	1000	EPD na silikonsilikátovou omítku weber	0,0032440	15280,0000000	1036,0000000
7	58562221 omítky silikonsilikátová tenkovrstvá pastovitá probarvená	t	1000	EPD na silikonsilikátovou omítku weber	0,0032440	15280,0000000	1036,0000000
9	58562241 směs suchá lepicí a stěrková disperzní	kg	1	Adhesive mortar {RoW}   production   All	0,0000068	18,9010468	1,3139612
0	58562354 směs suchá omítková vápenocementová jednovrstvá	t	1000	cement-lime mortar_user created item	0,0001419	1374,5548693	221,8060346
2	58564002 směs suchá maltová základací pro pórobetonové zdivo	t	1000	cement-lime mortar_user created item	0,0001419	1374,5548693	221,8060346
3	58564003 směs suchá maltová základací pro broušené zdivo	t	1000	cement-lime mortar_user created item	0,0001419	1374,5548693	221,8060346
4	58564004 směs suchá maltová zdící vápenocementová M5	t	1000	cement-lime mortar_user created item	0,0001419	1374,5548693	221,8060346
5	58564005 směs suchá maltová zdící cementová M10	t	1000	Cement mortar {RoW}   production   Allo	0,0001519	1475,2225707	250,1857618
6	58581284 stěrka cementová s pryskyřicí opravná podlahová vyztužená	kg	1	Adhesive mortar {RoW}   production   All	0,0000068	18,9010468	1,3139612
7	58581289 stěrka cementová samonivelační vyrovnávací pod povlakové	kg	1	Adhesive mortar {RoW}   production   All	0,0000068	18,9010468	1,3139612

Dalších 10 envír. indikátorů

Obr. 59: Ukázka zpracování dat pro omítky, malty, potěry, lepidla

### GEOTEXTILIE

Metoda: Modelujeme.

Odpovídající položky Ecoinvent:

Geotextilii uvažujeme jako polypropylenový produkt vyrobený vytlačováním. Položka je namodelována v SimaPro. Jedná se o zjednodušení, nicméně vzhledem k nízké hmotnosti nebude mít velký vliv.

PP- product by extrusion (as film)

kg

Popis práce s daty: Položky geotextilie jsou v cenové soustavě vztaženy k ploše (m<sup>2</sup>), proto je třeba zadat plošnou hmotnost (a odkazy na zdroj informací)

### HLINÍKOVÉ PROFILY A SPOJOVACÍ MATERIÁL

Popis skupiny: V této skupině jsou modelovány všechny hliníkové výrobky, které se ve stavební knihovně vyskytují.

Metoda: Modelujeme.

## 4 VÝSLEDKY

---

Odpovídající položky Ecoinvent: Používají se data pro hliníkovou slitinu, v kombinaci s daty o lisování hliníku (extrusion).

Pro výrobky z plechu či folie jsou namodelována data v Simapro. Dále do této skupiny vstupuje polyester a polyvinylchlorid, materiály používané pro povrchovou úpravu hliníku.

<i>Aluminium, wrought alloy {GLO}  market for   Alloc Def, S</i>	<i>kg</i>
<i>Impact extrusion of aluminium, 3 strokes {RER}  processing   Alloc Def, S</i>	<i>kg</i>
<i>Aluminium sheet (modelováno pro EnviBIM)</i>	<i>kg</i>
<i>Aluminium foil (modelováno pro EnviBIM)</i>	<i>kg</i>
<i>Polyester resin, unsaturated {RER}  production   Alloc Def, S</i>	<i>kg</i>
<i>Polyvinylchloride, bulk polymerised {RER}  polyvinylchloride production, bulk polymerisation   Alloc Def, S</i>	<i>kg</i>

Popis práce s daty: Pro každou položku je třeba stanovit její hmotnost, nejčastěji vyhledáním informace u výrobce, případně výpočtem z rozměrů a objemové hmotnosti. Taktéž je třeba stanovit hmotnost a materiál nátěru (PVC, PES...). Dále je třeba určit, zda je produkt vytvářen vytlačováním, ohýbáním plechu či jinak a podle toho vybrat odpovídající položky. Envidatagenerator poskytuje šablony pro dva nejobvyklejší typy hliníkových výrobků: Výrobek z hliníkového plechu a vytlačovaný výrobek. U obou případů lze zadat hmotnost buď přes tloušťku a plochu, nebo přímo. Dále se vybírá z rozvíracího seznamu materiál pro nátěr, pokud je to relevantní a hmotnost nátěru. Po zadání těchto údajů se environmentální parametry spočítají automaticky.

## 4 VÝSLEDKY

P9	Název		hmotnost hliníku			
<b>ŠABLONA 1</b>						
š1	výrobek z Al plechu	m	0,00711504			
	referenční výrobek					
	transpartní výpočet hmotnosti:					
	<b>1. Přes tloušťku a plochu plechu a hustotu</b>					
	tloušťka (mm)	1				
	Plocha (m2) - odečíst díry	0,003				
	<b>2. Hmotnost zadaná rovnou (uvést zdroj, výpočet...)</b>					
	hmotnost (kg)					
	<b>NÁTĚR</b>					
5	POLYESTER					
	hmotnost nátěru:	3E-04				
<b>ŠABLONA 2</b>						
š2	výrobek lisovaný	ks	0,891			
	referenční výrobek					
	transpartní výpočet hmotnosti:					
	<b>1. Přes tloušťku a plochu výrobku a hustotu</b>					
	tloušťka (mm)	1				
	Plocha (m2) - odečíst díry	0,33				
	<b>2. Hmotnost zadaná rovnou (uvést zdroj, výpočet...)</b>					
	hmotnost (kg)					
	<b>NÁTĚR</b>					
5	POLYESTER					
	hmotnost nátěru:					
<b>ŠABLONA 3</b>						
š1	výrobek z AlMg plechu	m				

Obr. 60: Předdefinované šablony pro hliníkové prvky



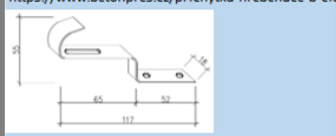
## 4 VÝSLEDKY

**Jednotková Ecoinvent data z listu Ecoinvent položky**

Ecoinvent	Jednotka	Potenciál úbytku	Potenciál úbytku	jednotková úhlní	
Název položky		kg Sb eq	MJ	kg CO2 eq	
Aluminium, wrought alloy {GLO}   market for   Alloc Def, S	1	kg	1,36210E-05	1,67189E+02	1,89097E+01
Impact extrusion of aluminium, 3 strokes {RER}   processing   Alloc Def, S	2	kg	4,60971E-06	1,98356E+01	1,77498E+00
Aluminium sheet	3	kg	1,46232E-05	1,75188E+02	1,96223E+01
Aluminium foil	4	kg	1,56255E-05	1,83186E+02	2,03349E+01
Polyester resin, unsaturated {RER}   production   Alloc Def, S	5	kg	1,88869E-05	1,02581E+02	7,27983E+00
Polyvinylchloride, bulk polymerised {RER}   polyvinylchloride production, bu	6	kg	2,50979E-07	4,88568E+01	2,07868E+00
Aluminium alloy, AlMg3 {RER}   production   Alloc Def, S		kg	0,00000E+00	0,00000E+00	0,00000E+00

**ENVIDATAGENERATOR**

P9	Manuálně vložené rozpočtářské položky	hmotnost hliníku (kg)	Potenciál úbytku kg Sb eq	Potenciál úbytku s MJ	jednotková úhlní kg CO2 eq
ŠABLONA 1					
59244031	příchytka hřebenáče	0,00711504	1,08853E-07	1,27258E+00	1,41467E-01
	referenční výrobek				
	KM Beta příchytka hřebenáče cihlová <a href="https://www.kmbeta.cz/CZ/catalogue/product/8596132001">https://www.kmbeta.cz/CZ/catalogue/product/8596132001</a>				
	 <p>Al + PES Píšou se rozměry 100x20x1, předpokládáme, že jsou to cca parametry plíšku. Tomu přibližně odpovídá příchytka od Betnpres, u níž je nákrěs rozměrů: <a href="https://www.betonpres.cz/prichytka-hrebenace-b-classic">https://www.betonpres.cz/prichytka-hrebenace-b-classic</a></p> <p>Informace o příponce (referenční výrobek, rozměry....</p>				
	transparentní výpočet hmotnosti:				
	1. Přes tloušťku a plochu plechu a hustotu	1			
	tloušťka (mm)	0,003			
	Plocha (m2) - odečíst díry				
	20% díry				
	2. Hmotnost zadaná rovnou (uvést zdroj, výpočet...)				
	hmotnost (kg)				
	NÁTĚR				
	POLYESTER				
	hmotnost nátěru:	3E-04			
	1. Přes tloušťku nátěru a hustotu				
	tloušťka (µm)	35			
	Plocha (m2) - odečíst díry	0,005			
	2. Hmotnost zadaná rovnou (uvést zdroj, výpočet...)				
	hmotnost (kg)				

**Výběr druhu nátěru z rozvíracího seznamu**

**Automatický výpočet hmotnosti hliníku**

**Automatický výpočet environmentálních dopadů**

**Zadání tloušťky a plochy plechu pro výpočet hmotnosti příponky**

**Automatický výpočet hmotnosti nátěru**

**Zadání tloušťky a plochy nátěru pro výpočet jeho hmotnosti**

Dalších 10 envír. indikátorů

Obr. 61: Zpracování dat pro hliníkové výrobky za použití předdefinovaných šablon

### 4.3 ROZŠÍŘENÍ SPECIFICKÉ METODIKY NA VĚTŠÍ ČÁST CENOVÉ SOUSTAVY

Klasifikační systém Envidataclassifier umožňuje kteroukoliv položku z rozpočtářského sborníku pořizovacích cen materiálů zařadit podle způsobu stanovení a zpracování environmentálních dat. Na základě tohoto zařazení je pak možné buď položku přidat do konkrétní skupiny dat v Envidatageneratoru a pomocí pokynů a předdefinovaných algoritmů spočítat environmentální dopady, nebo, pokud odpovídající skupina nebo podskupina neexistuje, v tuto skupinu v Envidatageneratoru vytvořit a dopady poté spočítat.

#### 4.3.1 SCHÉMA TŘÍDNÍKU

Hlavní kategorie eCAT vychází z listů Envidatageneratoru, které jsou popsány v kapitole 4.2 a jsou doplněny o některé další kategorie. Seznam není konečný, pro zařazení dalších materiálů ze sborníku pořizovacích cen by se podle potřeby další kategorie přidávaly. Podkategorie eSCAT1 a eSCAT2 vycházejí ze způsobu, jakým jsou různým druhům položek z hlavní kategorie eCAT přiřazována a zpracovávána

## 4 VÝSLEDKY

environmentální data. U kategorie, které nejsou zatím zahrnuty v Envidatageneratoru je budoucí způsob výpočtu, a tedy i zařídění v rámci Envidataclassifieru odhadnuto na základě zkušeností s podobnými položkami, ale je možné, že při samotné tvorbě algoritmů do Envidatageneratoru bude třeba klasifikaci pozměnit. Envidatagenerator (bez uvedení zaříděných položek) je ve svém současném rozsahu uveden v Tab. 16: Dosud zavedené kategorie a dvě úrovně podkategorií v Envidataclassifieru. Tab. 16.

Tab. 16: Dosud zavedené kategorie a dvě úrovně podkategorií v Envidataclassifieru.

eCAT	eSCAT1	eSCAT2	
Asfalt	Tekutina		
	Silniční (s plnivem)		
	Pásky	m <sup>2</sup> m	
Betony	Lité	m <sup>3</sup>	
	Tvárnice	Plné Pórobetony	
Bentonit			
Minerální vlna	Desky (m <sup>2</sup> )		
	Jiné (m <sup>3</sup> )		
EPS	Desky (m <sup>2</sup> )		
	Jiné (m <sup>3</sup> )		
Pěnové sklo	Desky (m <sup>2</sup> )		
Dřevěné výrobky	Masiv	m <sup>3</sup> m <sup>2</sup>	
	Jiné než masiv	m <sup>3</sup> m <sup>2</sup>	
Dřevovlákn	m <sup>2</sup>	High density Medium density Low density	
	m <sup>3</sup>	Low density	
Tmely a nátěry	Silikony	kg litr	
		Kaučuk	
		Akryláty	ks kg litr
	Bitumen	ks kg litr	
		Epoxid	kg litr
		PUR	ks kg litr
	Jiné	ks kg	

## 4 VÝSLEDKY

		litr
Plastové výrobky	Geotextilie	PP PES (HP)PE
	Folie a desky	Pryž Plexisklo (PMMA) Pryž recyklovaná
	Mříže	
	Pásky	Pryž
	Těsnění, pásky a pod z různých Napěných plastů	
	Ostatní	PVAc PP Pryž
	Hadice	Pryž Pryž recyklovaná
Ocel	Výztuž do betonu	
	Svařované trubky	Pozink Nepozink
	Obráběné ocelové výrobky	Pozink i nepozink
	Spojovací materiál	Pozink i nepozink Nýty
	Plech a drát	Drát nepozink Drát pozink Plech nepozink Plech pozink (eventuelně i s nátěrem) Plech nerez Tahokov
	Válcované profily/tyče/pásky	
	Bezešvé trubky Odlitky z oceli	
Hliníkové prvky	Al výrobek z plechu	
	AlMg plech	
	Al odlévaný výrobek	
	Hliníková folie	
Ostatní kovy (kromě oceli a hliníku)	Mosaz	Obráběná mosaz
	Metalizační drát	
	Titanzinek	Plech
	Měď	
Papír		

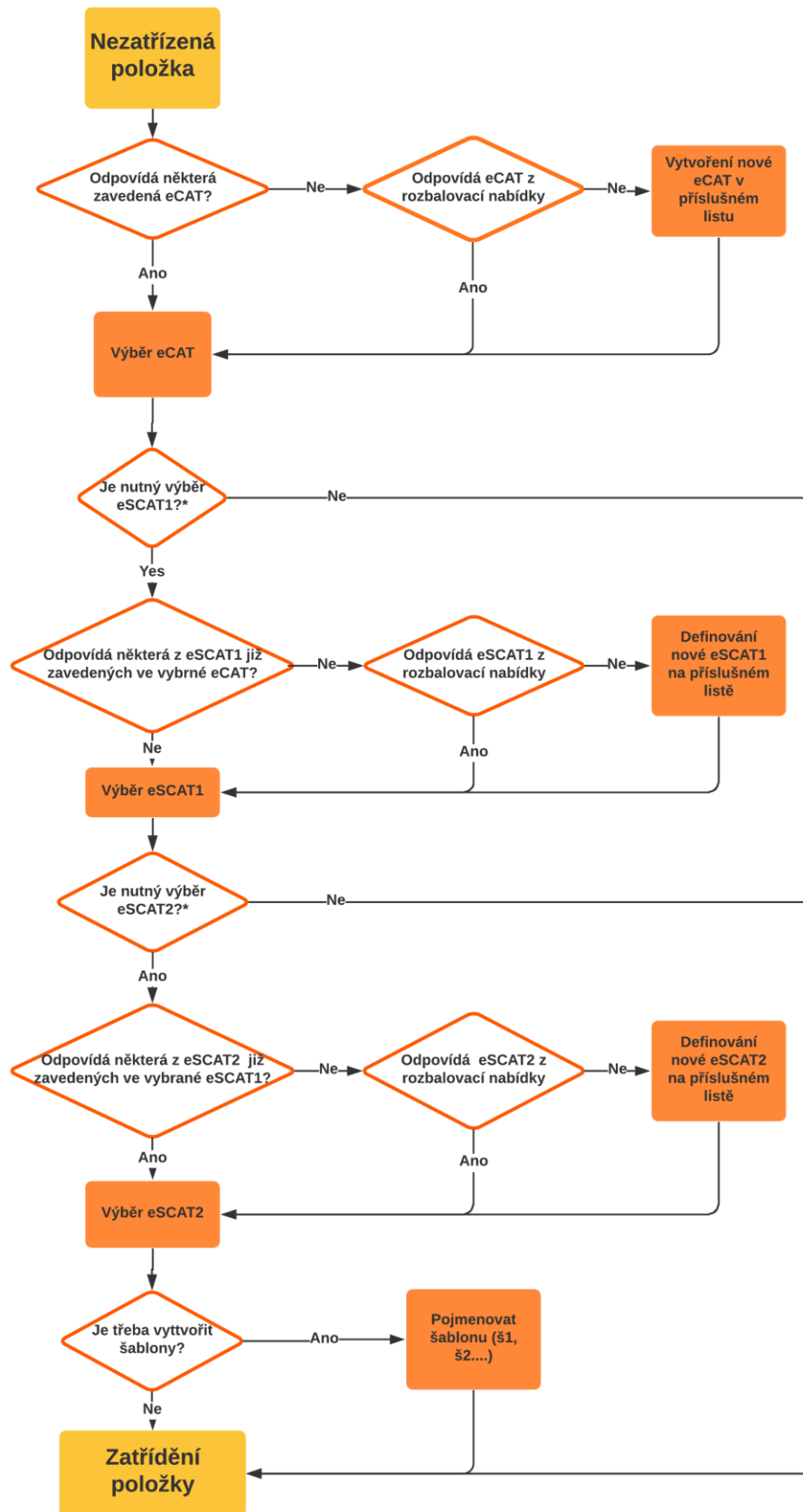
## 4 VÝSLEDKY

Omítky, potěry, malty, (lepidla)	Akryl	
	Epoxid	
	PUR	
	Cementová	
	Ostatní	
PIR a PUR izolace a panely	Desky	
	Hmota	
Keramické výrobky	Cihly (dutinové i plné, plněné i neplněné)	m <sup>2</sup> bez pojiva
		m <sup>2</sup> s pojivem
		ks
	Střešní tašky	ks
	Dlaždice, obkladačky	
Vápenopískové výrobky	m <sup>2</sup> s pojivem	
	m <sup>2</sup> s bez pojiva	
		ks
výrobky ocel+keramika+beton	Překlady	
	Stropní panely	
	Stropní nosníky	
Gabiony		
Fenolické desky		
Sádrové tvárnice		
Substráty		m <sup>3</sup>
		litr
		kus
Štěrk, písky, kameniva, posypy		
Různé (chemické)		
Mulčovací kůra		
Texilie přírodní		
Beton+plast		

### 4.3.2 POSTUP ZATŘÍDĚNÍ ROZPOČTÁŘSKÉ POLOŽKY

Na schématu na Obr. 62 je znázorněn postup pro zatřídění dosud nezatříděných položek. Kategorie eCAT a podkategorie eSCAT1 a eSCAT2 se vybírají v příslušných sloupcích z rozevíracích seznamů. Pokud seznam potřebnou kategorii či podkategorii neobsahuje, je možné ji přidat na příslušných listech, které slouží jako zdroj pro rozevírací seznamy. Každá položka nemusí mít přiřazené podkategorie, pokud výpočet je jednotný pro celou kategorii.

## 4 VÝSLEDKY



Obr. 62: Použití Envidataclassifieru – zatřídění dosud nezpracované položk.

### 4.3.3 PŘÍKLADY KATEGORIE

Je uveden příklad eCAT Plastové výrobky a jakým způsobem jsou do ní zatřeny položky sborníku pořizovacích cen materiálů.

V kategorii plastové výrobky je zatřeno mnoho stavebních plastových výrobků, včetně fólií, geotextilie a gumy. V první podkategorii eSCAT1 jsou výrobky rozděleny podle tvaru a také podle technologie výroby. Jsou tu tedy podkategorie fólie, geotextilie, pásy, granuláty, hadice apod. V druhé podkategorii eSCAT2 jsou pak rozděleny podle materiálů, takže jsou tu podkategorie jako polypropylen, polyetylen, syntetický kaučuk, PVC apod. Toto rozdělení umožňuje přehledně zatřídit například fólie z různých materiálů, různé granuláty apod. Pro některé výrobky jsou v Envidatageneratoru vytvořeny šablony.

Kategorie Plastové výrobky je na Obr. 63 a Obr. 64. Jsou ale uvedeny jen příklady zatříděných výrobků (celkem je v kategorii zatřeno nyní 188 plastových výrobků).



## 4 VÝSLEDKY

eCAT	eSCAT1	eSCAT1	list envidatagenerat or	šablona	kód P9 Kros	Název položky Kros	jedn otky Kros
<b>Plastové výrobky</b>	<b>geotextilie</b>	<b>PP</b>					
Plastové výrobky	geotextilie	PP	"geotextilie"	š1	69334310	geotextilie netkaná separační, ochrana	m2
Plastové výrobky	geotextilie	PP	"geotextilie"	š1	013419.URS	geoNetex A PP šíře 600cm, 100g/m2	m2
Plastové výrobky	geotextilie	PP	"geotextilie"	š1	X.69366215	textilie netkaná MOKRUTEX HQ PP 10	m2
Plastové výrobky	geotextilie	PP	"geotextilie"	š1	69311020	geotextilie netkaná separační, ochrana	m2
<b>Plastové výrobky</b>	<b>geotextilie</b>	<b>PES</b>					
Plastové výrobky	geotextilie	PES	"geotextilie"	š2	69311225	geotextilie netkaná separační, ochrana	m2
Plastové výrobky	geotextilie	PES	"geotextilie"	š2	X.69366205	textilie netkaná MOKRUTEX HQ PES 10	m2
Plastové výrobky	geotextilie	PES	"geotextilie"	š2	69311226	geotextilie netkaná separační, ochrana	m2
Plastové výrobky	geotextilie	PES	"geotextilie"	š2	X.69366206	textilie netkaná MOKRUTEX HQ PES 10	m2
<b>Plastové výrobky</b>	<b>geotextilie</b>	<b>PES+PP</b>					
Plastové výrobky	geotextilie	PES+PP	"geotextilie"	š3	69311196	geotextilie netkaná separační, ochrana	m2
Plastové výrobky	geotextilie	PES+PP	"geotextilie"	š3	M.69366059	textilie GEOFILTEX 73 Z 73/15 150g/m2	m2
Plastové výrobky	geotextilie	PES+PP	"geotextilie"	š3	69311197	geotextilie netkaná separační, ochrana	m2
Plastové výrobky	geotextilie	PES+PP	"geotextilie"	š3	M.69366049	textilie GEOFILTEX 73 Z 73/20 200g/m2	m2
<b>Plastové výrobky</b>	<b>geotextilie</b>	<b>(HP)PE</b>					
Plastové výrobky	geotextilie	(HP)PE	"geotextilie"	š4	69311312	textilie netkaná HPPE 70g/m2	m2
Plastové výrobky	geotextilie	(HP)PE	"geotextilie"	š4	A.67390848	textilie jutařská PETEX 70g/m2 š 150cm	m2
Plastové výrobky	geotextilie	(HP)PE	"geotextilie"	š4	69311313	textilie netkaná HPPE 80g/m2	m2
Plastové výrobky	geotextilie	(HP)PE	"geotextilie"	š4	A.67390851	textilie jutařská PETEX 80g/m2 š 150cm	m2
<b>Plastové výrobky</b>	<b>folie a desky</b>						
Plastové výrobky	folie a desky		"plastové různé"	š5	69341011	geomembrána hydroizolační hladká tl	m2
Plastové výrobky	folie a desky		"plastové různé"	š5	69341012	geomembrána hydroizolační hladká tl	m2
Plastové výrobky	folie a desky		"plastové různé"	š5	69341013	geomembrána hydroizolační hladká tl	m2
Plastové výrobky	folie a desky		"plastové různé"	š5	69341014	geomembrána hydroizolační hladká tl	m2
<b>Plastové výrobky</b>	<b>folie a desky</b>	<b>Pryž</b>					
Plastové výrobky	folie a desky	Pryž	"plastové různé"		27241012	deska těsnící vláknotopryžová tl 0,5mm	m2
Plastové výrobky	folie a desky	Pryž	"plastové různé"		27241013	deska těsnící vláknotopryžová tl 1mm	m2
Plastové výrobky	folie a desky	Pryž	"plastové různé"		27241015	deska těsnící vláknotopryžová tl 2mm	m2
Plastové výrobky	folie a desky	Pryž	"plastové různé"		27241016	deska těsnící vláknotopryžová tl 2,5mm	m2
<b>Plastové výrobky</b>	<b>folie a desky</b>	<b>Plexisklo (PMMA)</b>					
Plastové výrobky	folie a desky	Plexisklo (PMMA)	"plastové různé"	š5	28315000	deska PMMA čirá tl 3mm	m2
Plastové výrobky	folie a desky	Plexisklo (PMMA)	"plastové různé"	š5	FRT.19	AKRYLOVÉ PMMA SKLO XT 3 Čirá 205	m2
Plastové výrobky	folie a desky	Plexisklo (PMMA)	"plastové různé"	š5	28315001	deska PMMA opál tl 3mm	m2
<b>Plastové výrobky</b>	<b>folie a desky</b>	<b>Pryž recyklovaná</b>					
Plastové výrobky	folie a desky	Pryž recyklovaná	"plastové různé"		27245001	deska hladká recyklovaná pryž tl 7,5mm	m2
Plastové výrobky	folie a desky	Pryž recyklovaná	"plastové různé"		P.HD407030000850	deska hladká recyklovaná pryž MULTIFLEX	m2
<b>Plastové výrobky</b>	<b>folie a desky</b>	<b>(HP)PE</b>					
Plastové výrobky	folie a desky	(HP)PE	"plastové různé"				
<b>Plastové výrobky</b>	<b>granuláty a j</b>	<b>Pryž</b>					
Plastové výrobky	granuláty a j	Pryž	"plastové různé"		27344000	Granulát EPDM pro zásyp umělých trávníků	m2
Plastové výrobky	granuláty a j	Pryž	"plastové různé"		A.88890001000000	Granulát EPDM pro zásyp umělých trávníků	m2
Plastové výrobky	granuláty a j	Pryž	"plastové různé"		27344001	Podložka elastická litá pod umělý trávník	m2
<b>Plastové výrobky</b>	<b>folie a desky</b>	<b>PVC</b>					
Plastové výrobky	folie a desky	PVC	"plastové různé"		28312130	deska z tvrzeného PVC tl 2mm	m2
Plastové výrobky	folie a desky	PVC	"plastové různé"		28318001	deska prosvětlovací PVC vlna 2x0,9mm	m2
Plastové výrobky	folie a desky	PVC	"plastové různé"		GTA.2510253	Guttagliss PVC vlna 2x0,9mm čirá	m2
Plastové výrobky	folie a desky	PVC	"plastové různé"		28318002	deska prosvětlovací PVC vlna 2,5x0,9mm	m2
<b>Plastové výrobky</b>	<b>mříže</b>						
Plastové výrobky	mříže		"Plastové různé"	š6	69331002	geokompozit drenážní - geosít z HDPE	m2
Plastové výrobky	mříže		"Plastové různé"	š6	026164.URS	Drenážní geokompozit – Interdrain G	m2
Plastové výrobky	mříže		"Plastové různé"	š6	69331012	geokompozit drenážní - geosít z HDPE	m2
Plastové výrobky	mříže		"Plastové různé"	š6	026165.URS	Drenážní geokompozit – Interdrain G	m2

Obr. 63: Příklad kategorie „plastové výrobky“, část 1.

## 4 VÝSLEDKY

eCAT	eSCAT1	eSCAT1	list envidatagenerato r	šablona	kód P9 Kros	Název položky Kros	jedn otky Kros
Plastové výrobky	Pásy	pryž					
Plastové výrobky	Pásy	pryž	"Plastové různé"	§7	15485220	páska těsnící butylkaučuková 1x15mm	m
Plastové výrobky	Pásy	pryž	"Plastové různé"	§7	STJ.TPBUT15	páska těsnící butylkaučuková TP-BUT1	m
Plastové výrobky	Pásy	pryž	"Plastové různé"	§7	23241000	pás varovný z elastomeru pro orientac	kus
Plastové výrobky	Pásy	pryž	"Plastové různé"	§7	23241001	pás varovný z elastomeru pro orientac	kus
Plastové výrobky	Pásy	PE					
Plastové výrobky	Pásy	PE	"Plastové různé"	§7	24551523	profil spárový výplňový D 20mm	m
Plastové výrobky	Pásy	PE	"Plastové různé"	§7	SKA.65114	Sika Rundschnur PE/Bagstop 350 M	m
Plastové výrobky	Pásy	PE	"Plastové různé"	§7	24551525	profil spárový výplňový D 40mm	m
Plastové výrobky	Pásy	PE	"Plastové různé"	§7	SKA.65113	Sika Rundschnur PE/Bagstop 150 M	m
Plastové výrobky	Pásy	LDPE					
Plastové výrobky	Pásy	LDPE	"Plastové různé"		24771221	páska pružná těsnící hydroizolační š d	m
Plastové výrobky	Těsnění, pásy a pod z různých napě-ných plastů						
Plastové výrobky	Těsnění, pásy a pod z rů.	"Plastové různé"			15486050	těsnění spodní/horní plechové krytiny	m
Plastové výrobky	Těsnění, pásy a pod z rů.	"Plastové různé"		STJ.TSROOFTHROOF		těsnění ROOF, spodní, horní	m
Plastové výrobky	Těsnění, pásy a pod z rů.	"Plastové různé"			15486053	těsnění spodní/horní trapézového plec	m
Plastové výrobky	Těsnění, pásy a pod z rů.	"Plastové různé"		STJ.TSSAT18THSAT18		těsnění SAT18, spodní, horní	m
Plastové výrobky	ostatní						
Plastové výrobky	ostatní		"Plastové různé"		15619210	krytka plastová D 38/48mm	kus
Plastové výrobky	ostatní	PVAc					
Plastové výrobky	ostatní	PVAc	"Plastové různé"		23531002	vložky barevné z PVAc pro dekorativní	kg
Plastové výrobky	ostatní	PVAc	"Plastové různé"		STO.01283003	podlaha litá polymer, dekorativní chip	kg
Plastové výrobky	ostatní	PVAc	"Plastové různé"		23531003	vložky barevné z PVAc pro dekorativní	kg
Plastové výrobky	ostatní	PVAc	"Plastové různé"		SKA.156127K	Sikafloor Colorchips N 0,4 KG	kus
Plastové výrobky	ostatní	PP					
Plastové výrobky	ostatní	PP	"Plastové různé"		24551004	makrovlákna PP do betonu a malt D 1	kg
Plastové výrobky	ostatní	PP	"Plastové různé"		24551710	makrovlákna polymerová do betonu a	kg
Plastové výrobky	ostatní	PP	"Plastové různé"		24551720	makrovlákna PP do betonu a malt D 5r	kg
Plastové výrobky	ostatní	Pryž					
Plastové výrobky	ostatní	Pryž	"Plastové různé"		27322009	kroužek pryžový těsnící 80x140x3mm	kus
Plastové výrobky	ostatní	Pryž	"Plastové různé"		27322100	kroužek pryžový těsnící 40x150x1mm	kus
Plastové výrobky	ostatní	Pryž	"Plastové různé"		27322130	kroužek pryžový těsnící 200x700x1,6m	kus
Plastové výrobky	ostatní	Pryž	"Plastové různé"		27322312	kroužek pryžový těsnící 100x160x3mm	kus
Plastové výrobky	hadice	pryž					
Plastové výrobky	hadice	pryž	"Plastové různé"		27231217	hadice pryžové tlakové pro acetylén pi	m
Plastové výrobky	hadice	pryž	"Plastové různé"		27231219	hadice pryžové tlakové pro acetylén pi	m
Plastové výrobky	hadice	pryž	"Plastové různé"		27231221	hadice pryžové tlakové pro acetylén pi	m
Plastové výrobky	hadice	pryž	"Plastové různé"		27231240	hadice pryžové tlakové pro kyslík přeti	m
Plastové výrobky	hadice	Pryž recyklovaná					
Plastové výrobky	hadice	Pryž recyklo	"Plastové různé"		28318009	podložka pod vrut+záklonná hlava PC, 100 k	balení
Plastové výrobky	hadice	Pryž recyklo	"Plastové různé"		GTA.3410191	Podložka se záklonnou hlavou/20ks	balení
Plastové výrobky	kus	PVC					
Plastové výrobky	kus						

Obr. 64: Příklad kategorie „plastové výrobky“, část 2.

## 4.4 ENVIRONMENTÁLNÍ PLUGIN DO BIM NÁSTROJŮ

### 4.4.1 STRUČNÁ CHARAKTERISTIKA

Nový environmentální modul EnviBIM pro uživatele BIM prostředí. K vybraným stavebním skladbám, které obsahují minirozpočty na 1 m<sup>2</sup> skladby, jsou na základě obsažených cenových položek přiřazena i environmentální data zobrazená v modulu EnviBIM. Na BIM Platformě je díky EnviBIMu možné zobrazovat environmentální dopady jednotlivých skladeb i celé budovy.

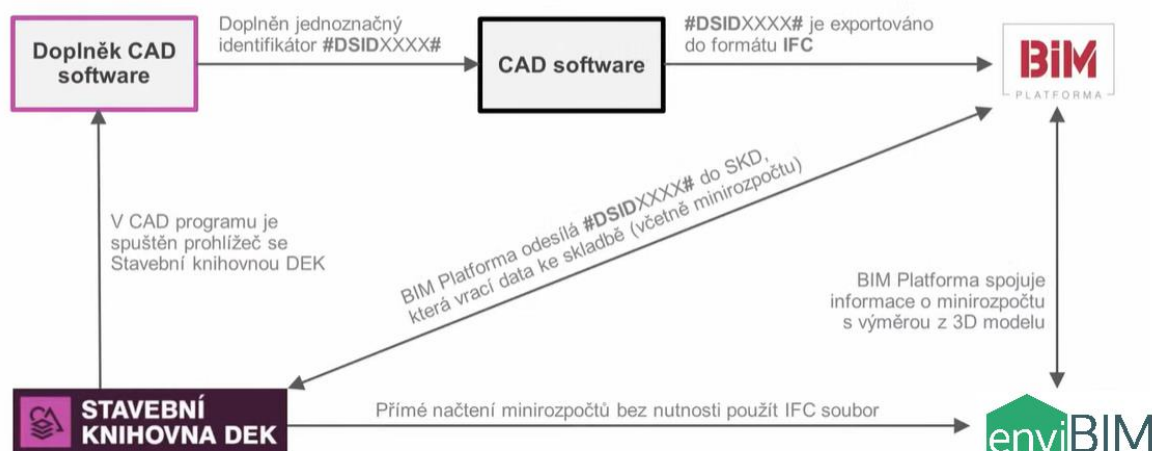


### 4.4.2 TECHNICKÉ PARAMETRY

V tomto modulu jsou ke skladbám, které mají minirozpočet, přiřazeny environmentální data, které si nesou s sebou do BIM prostředí a do webového prostředí. Funkce porovnání skladeb BIM zobrazuje orientační dopady jednotlivých stavebních konstrukcí i celé budovy.

Nový modul je implementován do webového prostředí programu STAVEBNÍ KNIHOVNA DEK a do prostředí BIM platformy. Oba tyto programy jsou dostupné zdarma po registraci u DEKSOFT (softwarová divize společnosti DEKPROJEKT). Oba programy jsou spustitelné z hlavičky webové stránky [www.deksoft.eu](http://www.deksoft.eu).

Přehledně to znázorňuje následující graf:



Obr. 65: Schéma propojení EnviBIMu s BIM platformou, stavební knihovnou a BIM nástroji. (Autor: Ing. Jan Stašek, DEKSOFT)

### 4.4.3 UMÍSTĚNÍ

<https://deksoft.eu/www/bimplugin/> - popis programu STAVEBNÍ KNIHOVNA DEK

<https://app.bimplatforma.cz/> - popis programu BIM platforma

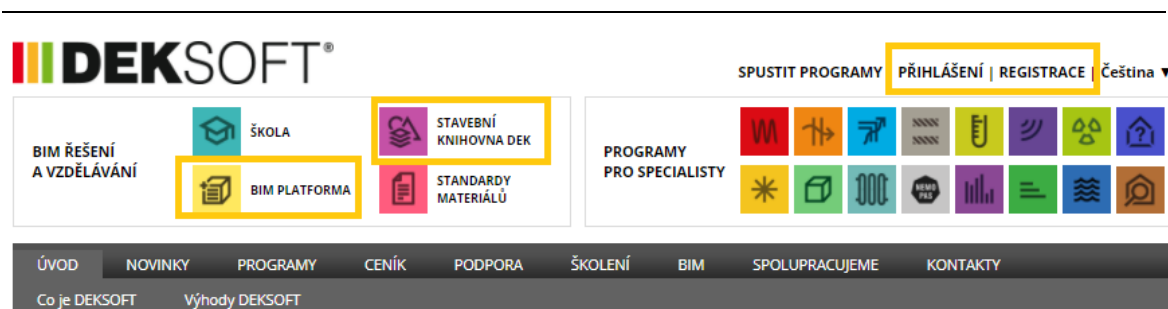
<https://deksoft.eu/programy/envibim> – popis modulu EnviBIM

Uživatelé se registrují nebo přihlásí na <http://www.deksoft.eu>

Pokud již účet mají, přihlásit se mohou více způsoby přihlášení – DEKSOFT, DEKPARTNER, URS, ESHOP DEK, BIM PLATFORMA.

Programy STAVEBNÍ KNIHOVNA DEK a BIM PLATFORMA jsou spustitelné z hlavičky webových stránek.

## 4 VÝSLEDKY



Obr. 66: Přihlášení do BIM platformy a stavební knihovny

### 4.4.4 DETAILNÍ CHARAKTERISTIKA

Nový environmentální modul EnviBIM umožňuje zobrazení a porovnávání zabudovaných environmentálních parametrů (dopadů spojených s výrobou materiálů) jednotlivých konstrukcí.

Pro tvorbu BIM modelů v nástroji Autodesk REVIT (dále jen REVIT) a Archicad je pomocí speciálního pluginu možné využít prvky, konstrukce a skladby obsažené ve Stavební knihovně DEK. Model ve formátu ifc je pak možné nahrát na BIM platformu, která umožňuje zobrazení environmentálních vlastností všech prvků a celé budovy. Umožňuje též porovnávání různých variant.

EnviBIM velmi usnadní optimalizaci a prokazování environmentálních dopadů budov a sdílení environmentálních parametrů mezi jednotlivými účastníky projektu.



Obr. 67: Základní schéma fungování EnviBIMu jako součásti Stavební knihovny DEK a BIM řešení.

Environmentální dopady jsou vyčísleny 13 indikátory. Výběr indikátorů je založen na normě ČSN EN 15804+A1, která popisuje konkrétní postup pro LCA stavebních výrobků.

#### 4.4.5 ENVI BIM VE WEBOVÉM ROZHRANÍ STAVEBNÍ KNIHOVNY DEK

Ve webovém rozhraní katalogu skladeb stavebních konstrukcí a jejich vlastností (Stavební knihovna DEK) jsou environmentální data k dispozici všem uživatelům této knihovny (Stavební knihovna DEK je k dispozici zdarma po registraci). Pomocí filtru je možné zobrazit pouze skladby konstrukcí doplněné o environmentální data. Po vybrání konkrétní skladby se zobrazí přesné environmentální dopady na jeden metr čtvereční. Tloušťky některých vrstev skladeb lze měnit (u skladby ukázané na obrázku 5 je to tloušťka krokví, nadkrokvní izolace a OSB desky) a sledovat změnu environmentálních parametrů.

Obr. 68: STAVEBNÍ KNIHOVNA DEK – filtr

## 4 VÝSLEDKY

← Zpět na filtrování Materiály a výrobky Skladby a systémy Projektů lupiskova.petra ? ≡

**Nejpoužívanější**

**DEK Střecha ST.8001A (DEKROOF 11-A) - EnviBIM**  
dvoupříšňová, se skládanou krytinou, DHV z AP, kotvená, nosná konstrukce

Vnější obklad OD E4H 100A (Terca) - kopie  
z obkladových pásků, Číslo TS: 12781

DEK Obvodová stěna T1.1401A - EnviBIM  
ze zdících prvků keramických, na zdicí maltu, s ETICS, EPS, vnější povrch

Základ ZS E4H.201A - kopie  
ze ztraceného bednění, pas, Číslo TS: 12783

**Další**

Základ ZD E4H 202A - kopie  
z prostého betonu, pas, Číslo TS: 13927

DEK Základací facda zdiva SN 4008B - kopie  
ze zdících prvků keramických Porotherm 38 TS Profi, na zakládací maltu, Č

DEK Obvodová stěna SN 4007A - kopie  
ze zdících prvků keramických Porotherm 44 T Profi, na zdicí maltu, Číslo TS

DEK Vnitřní nosná stěna SN 4009A - kopie  
ze zdících prvků keramických Porotherm 24 Profi, na zdicí maltu, Číslo TS:

DEK Příčka SN 4010A - kopie  
ze zdících prvků keramických Porotherm 11,5 AKU Profi Dryfix, na zdicí pěr

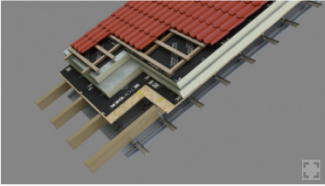
DEK Vnější omítka OM.4001A - kopie  
minerální tenkovrstvá, probarvená, Číslo TS: 13935

DEK Vnitřní omítka stěn OM.1003A - kopie  
sádrová Baumit Rato Glat, s vnitřní malbou, Číslo TS: 13936

DEK Vnitřní obklad OD.1403B - kopie  
keramický s hydroizolační stěrkou, Číslo TS: 13937

DEK Sokl SL.4003A - kopie  
ETICS, mechanicky kotvený s doplňkovým lepením, XPS, dekorativní omítka

DEK Střecha ST.2012A - kopie



**DEK Střecha ST.8001A (DEKROOF 11-A) - EnviBIM**

**Specifikace skladby**

použité produkty

1	MAXIDEK	tloušťka [mm]	0,5 / 0,53
2	DEKWOOD lat 60x40 mm		
3	DEKWOOD lat 60x40 mm		
4	TOPDEK COVER PRO		
5	TOPDEK 022 PIR		
6	TOPDEKAL BARRIER		
7	OSB EUROSTRAND 3		
8	DEKWOOD krokvě		
9	profily UD, 2 x CD, systém		
10	RIGIPS Sádrokartonová		
11	RIGIPS Sádrokartonová		
	samolepicí tkaninová bar		
	DEKFINISH Spérovací tr		
	DEKFINISH Finální tme		
12	DEKPRIMER NANO		
13	DEKFINISH Bílá malba s		

**Další zdroje**

Standardy materiálů Katalogový list

Tepečná technika 1D Video

Kalkulace Poznámky

**Popis**

Krátký popis  
dvoupříšňová, se skládanou krytinou, DHV z AP, kotvená, nosná konstrukce krov s podhledem, s ověřenou požární odolností

**Parametry**

Cena za materiál a práci	3 916 Kč/m <sup>2</sup>
Autor skladby/systému	DEK
Typ objektu	Rodinný dům, Bytový dům
CELKOVÁ TLouŠTKA	513 mm

**Environmentální hodnocení**

Uhlíková stopa	83.9 g CO <sub>2</sub> eq. / m <sup>2</sup>
Potenciál úbytku surovin (nefosilní)	0.014 g Sb eq. / m <sup>2</sup>
Potenciál úbytku surovin (fosilní)	1340 MJ / m <sup>2</sup>
Ničení ozonové vrstvy	0.00656 g CFC-11 eq. / m <sup>2</sup>
Tvorba přízemního ozonu	0.0371 g C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> eq. / m <sup>2</sup>
Okyselení prostředí	0.999 g SO <sub>2</sub> eq. / m <sup>2</sup>
Eutrofizace prostředí	0.28 g PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> eq. / m <sup>2</sup>
Neobnovitelná primární energie	1490 MJ / m <sup>2</sup>
Obnovitelná primární energie	1220 MJ / m <sup>2</sup>
Nebezpečný odpad (během výroby)	0.0141 kg / m <sup>2</sup>
Ostatní odpad (během výroby)	11.8 kg / m <sup>2</sup>
Radioaktivní odpad (během výroby)	0.00356 kg / m <sup>2</sup>
Vodní stopa (AWARE)	82.5 m <sup>3</sup> eq. / m <sup>2</sup>

Obr. 69: STAVEBNÍ KNIHOVNA DEK – podrobné zobrazení environmentálních dopadů k vybrané skladbě

## 4 VÝSLEDKY

### Skladby v katalogu EnviBIM

Zobrazení katalogu Tabulkové Stromové Statistiky

ID	Název	Kategorie	Správce	Zobrazení v katalogu
12781	Vnější obklad OD.E4H.100A (Tercia) - kopie	EnviBIM	Vit Dabych	[Icons]
12783	Základ ZS.E4H.201A - kopie	EnviBIM	Vit Dabych	[Icons]
12782	Außenputz OM.E4H.401A (Baumit NanoporTop) - kopie	EnviBIM	Vit Dabych	[Icons]
12784	Umfassungswand SN.E4H.415A (Flotherm 44 T Profi) - kopie	EnviBIM	Vit Dabych	[Icons]
13932	DEK Obvodová stěna SN.4007A - kopie	EnviBIM DEK	Vit Dabych	[Icons]
13931	DEK Zakládací řada zdiva SN.4008B - kopie	EnviBIM DEK	Vit Dabych	[Icons]
13933	DEK Vnější nosná stěna SN.4009A - kopie	EnviBIM DEK	Vit Dabych	[Icons]
13934	DEK Příloha SN.4010A - kopie	EnviBIM DEK	Vit Dabych	[Icons]
13942	DEK Vánc VNI.3001A - kopie	EnviBIM DEK	Vit Dabych	[Icons]
13939	DEK Střecha ST.2012A - kopie	EnviBIM DEK	Vit Dabych	[Icons]

### Editace skladby - DEK Střecha ST.8001A (DEKROOF 11-A) - EnviBIM

Typ: Skladba

Název: DEK Střecha ST.8001A (DEKROOF 11-A) - EnviBIM

Stavební systémy: Konstrukce rodinných domů Wienerberger, Silka House, Katalog Skladby a systémy DEK, TOPDEK, DEK THERM, DEK PANEL, E4H affordable, E4H smart, E4H premium

Skladba konstrukce | Standardy materiálů | TT10 | Akustika | BIM | Obrázek | Dokumenty | Detaily | Katalogový list | Rozpočty

Environmentální hodnocení

Zobrazovat environmentální hodnocení: Ano

Podrobnosti environmentálního hodnocení

V této sekci jsou vyčísleny tzv. zabudované dopady výrobku či materiálu na životní prostředí, jinak také svázané dopady, tedy dopady spojené s výrobou skladby nebo prvku. Mohou být použity pro environmentální optimalizaci budovy výběrem environmentálně příznivě skladby či prvku.

Výpočet těchto dopadů vychází z metody LCA (life cycle assessment, hodnocení životního cyklu), která se pro komplexní posuzování environmentální kvality budov nejčastěji využívá. Podle této metody lze hodnotit až celý životní cyklus (tedy i fázi využívání budovy a její likvidaci či opětovné využití) na konci životního cyklu. Zabudované dopady stavebních materiálů však přispívají k dopadům životního cyklu budovy významným způsobem, tvoří druhý nejvýznamnější příspěvek po dopadech spojených s provozní spotřebou energie, běžně hodnocenou v průřezu.

Potenciál úbytku surovin (nefosilní) [g Sb eq. / m<sup>2</sup>]: 0.014041397442275

Potenciál úbytku surovin (fosilní) [MJ / m<sup>2</sup>]: 1338.4782712219

Uhlíková stopa [g CO<sub>2</sub> eq. / m<sup>2</sup>]: 83.92071371928

Nuženi ozonové vrstvy [g CFC-11 eq. / m<sup>2</sup>]: 0.0055556028644993

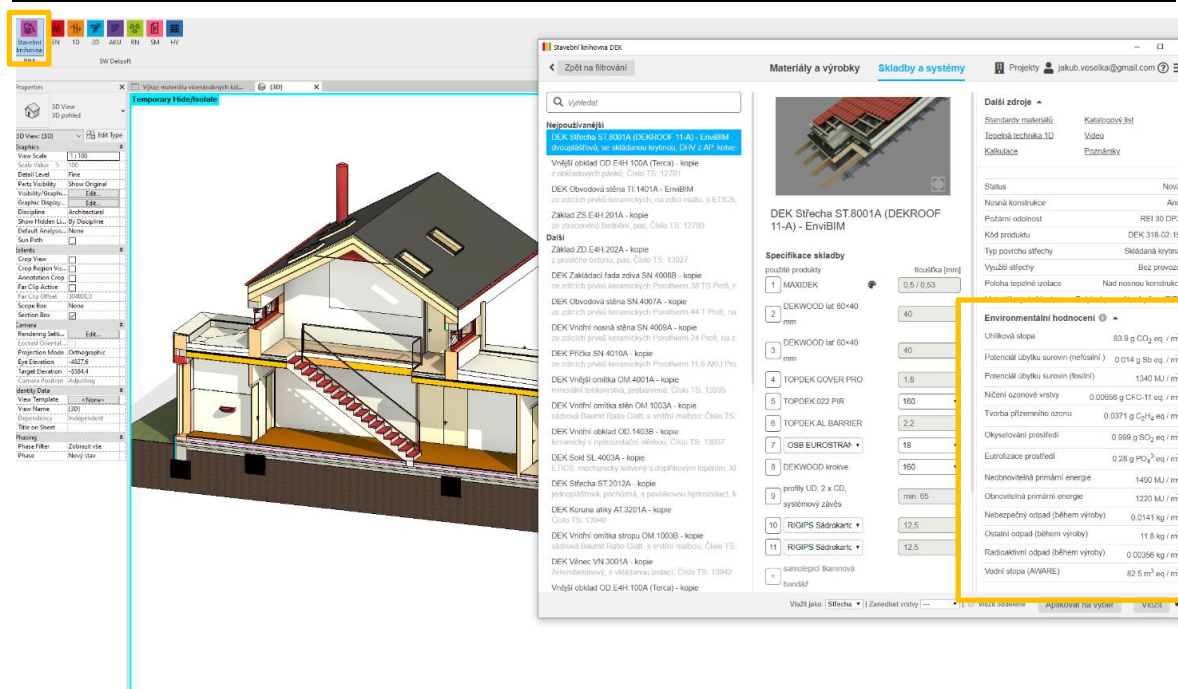
Uložek | Zavřít

Obr. 70: Nový environmentální modul EnviBIM ve vývojovém prostředí stavební knihovny.

## BIM PLUGIN PRO ARCHICAD A REVIT

BIM plugin (ke stažení zdarma na stránkách DEKSOFT) umožňuje pomocí Stavební knihovny DEK přiřazení stavební skladby konkrétnímu prvku v modelu budovy v programu REVIT nebo Archicad. Každé takové skladbě je přiřazen jednoznačný identifikátor #DSIDxxxx#, který s sebou nese veškeré (i negrafické) informace zadané ve Stavební knihovně DEK. Přes tento identifikátor systém komunikuje i s BIM Platformou.

## 4 VÝSLEDKY

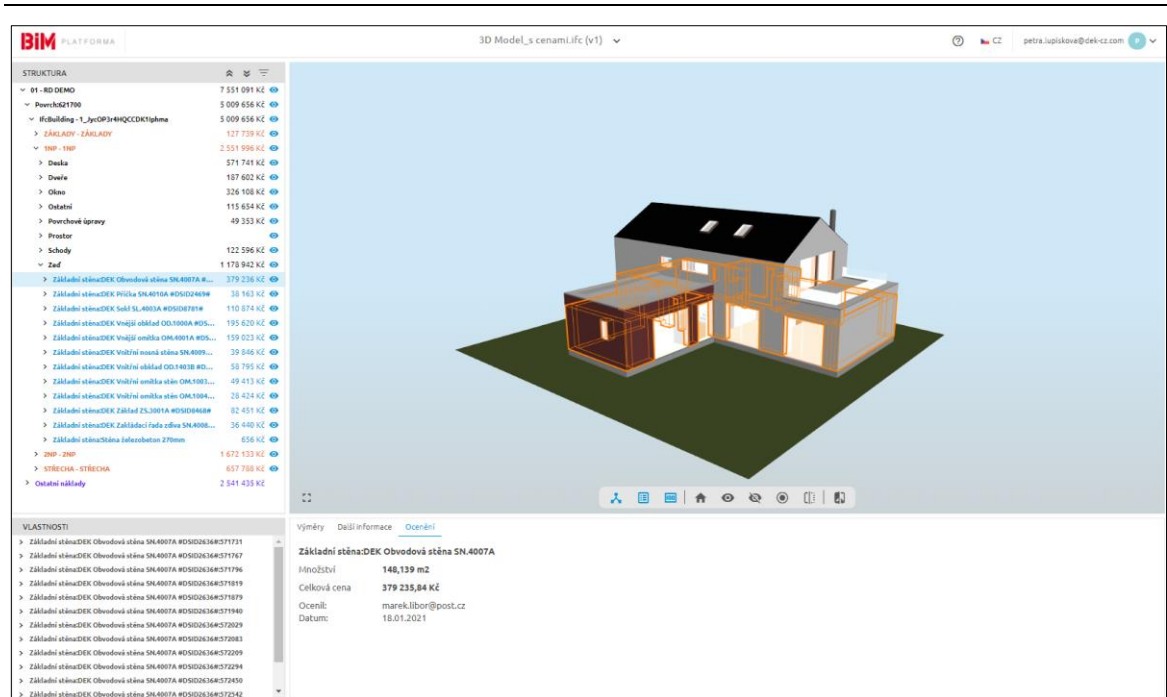


Obr. 71: Zobrazení environmentálních dopadů při přiřazení sklady DEK k prvku modelu

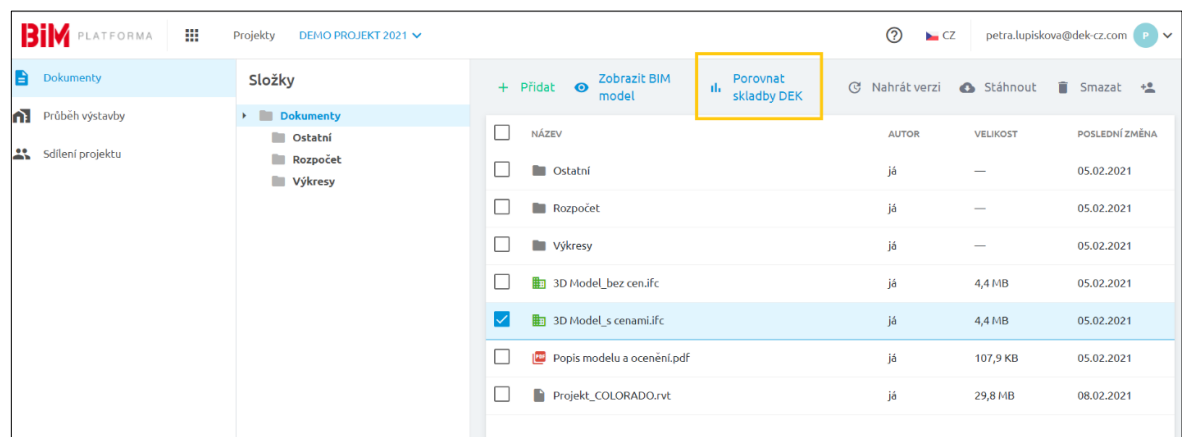
### BIM PLATFORMA A ENVI BIM

Uživatelé, kteří nepoužívají BIM plugin a nevlastní 3D program mohou porovnání skladeb použít webové rozhraní BIM platformy, která je stejně jako Stavební knihovna DEK zdarma. Pro komunikaci se Stavební knihovnou DEK je opět využít jedinečný identifikátor #DSIDxxxx#. BIM platforma umožňuje zobrazení 3D objektu i ostatních informací, které není možné v rýsovacích programech zaznamenat. Tyto ostatní informace zahrnují například rozpočet nebo všech 13 environmentálních parametrů. Na uvedené BIM platformě je možné porovnávat varianty konstrukcí mimo jiné i z hlediska environmentálních vlastností, zobrazit detailní vyčíslení zabudovaných environmentálních dopadů nebo zobrazit jejich součet pro celý objekt. Pro každého uživatele BIM platformy je připraven DEMO projekt, který je obohacen o rozpočty a nově i o environmentální data z modulu EnviBIM.

## 4 VÝSLEDKY



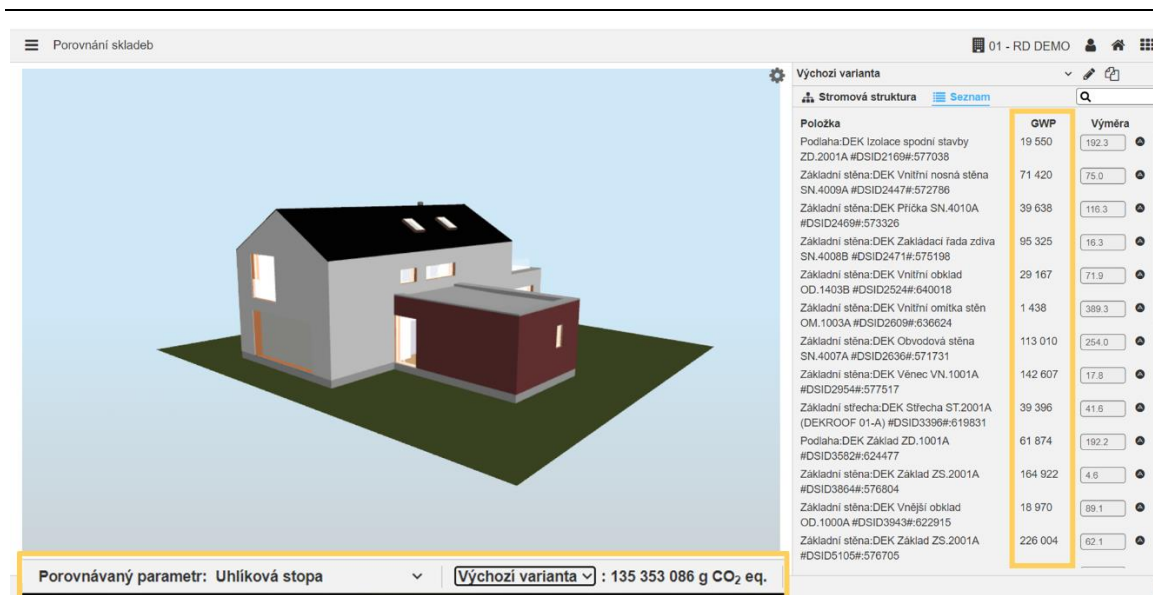
Obr. 72 BIM platforma a její prostředí – celkový pohled



Obr. 73: BIM platforma a Porovnání skladeb DEK



## 4 VÝSLEDKY



Obr. 74: Porovnání skladeb DEK – zobrazení ceny nebo environmentálních parametrů za jednotlivé stavební konstrukce a za celý objekt

### AKTUALIZACE A DALŠÍ ROZVOJ ENVI BIM

Stavební knihovna DEK počítá s neustálým rozšiřováním a aktualizací dat. Modul EnviBIM je na to připraven. Za účelem možných budoucích úprav byla vyvinuta komplexní metodika a poloautomatizovaný algoritmus v prostředí MS Excel, umožňující konzistentní a nenáročný rozvoj a aktualizaci environmentálních dat.

### 4.5 VÝSLEDKY PŘÍPADOVÝCH STUDIÍ

Byl proveden výpočet zabudované uhlíkové stopy v hranicích cradle-to-gate pro bytový a rodinný dům. Výpočet byl proveden klasickou ruční metodou, tedy propojováním informací o budově s environmentálními daty. Výpočet byl prováděn v MS Excel, data čerpána z Ecoinventu 3.3, ke kterému byl pro tento účel použit přístup přes webové rozhraní. Výsledná uhlíková stopa je porovnána s automatickým výpočtem pomocí modulu EnviBIM. Pracuje se se třemi modely – bytový dům v Revit a ArchiCAD, rodinný dům pouze v Revitu. Ukázka ručního výpočtu je na Obr. 75.



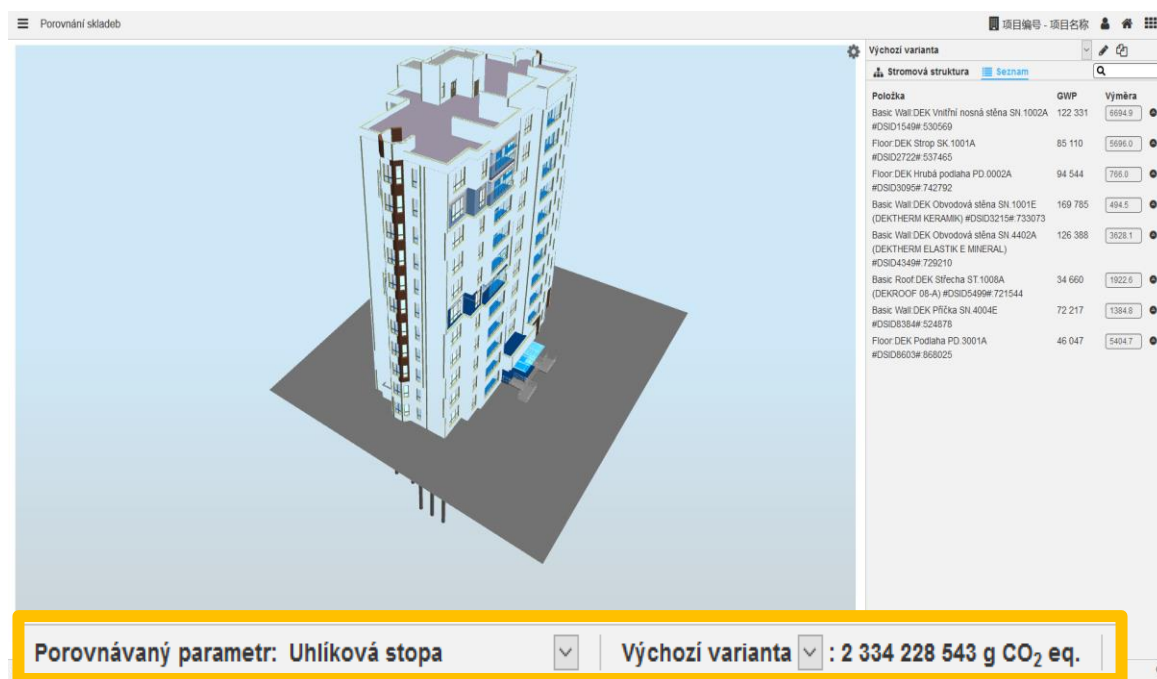


## 4 VÝSLEDKY

### 4.5.1 POROVNÁNÍ S AUTOMATICKÝM VÝPOČTEM POMOCÍ MODULU ENVI BIM

Modely čtyř případových studií byly ve formátu ifc nahrány na BIM platformu DEKSOFT. Na platformě je možné díky modulu EnviBIM zobrazit environmentální dopady celé budovy, jednotlivých skladeb a porovnávat různé verze návrhu.

Na Obr. 22 je Revit model bytového domu zobrazený v BIM platformě, s vyčíslenými jednotnou uhlíkovou stopou.



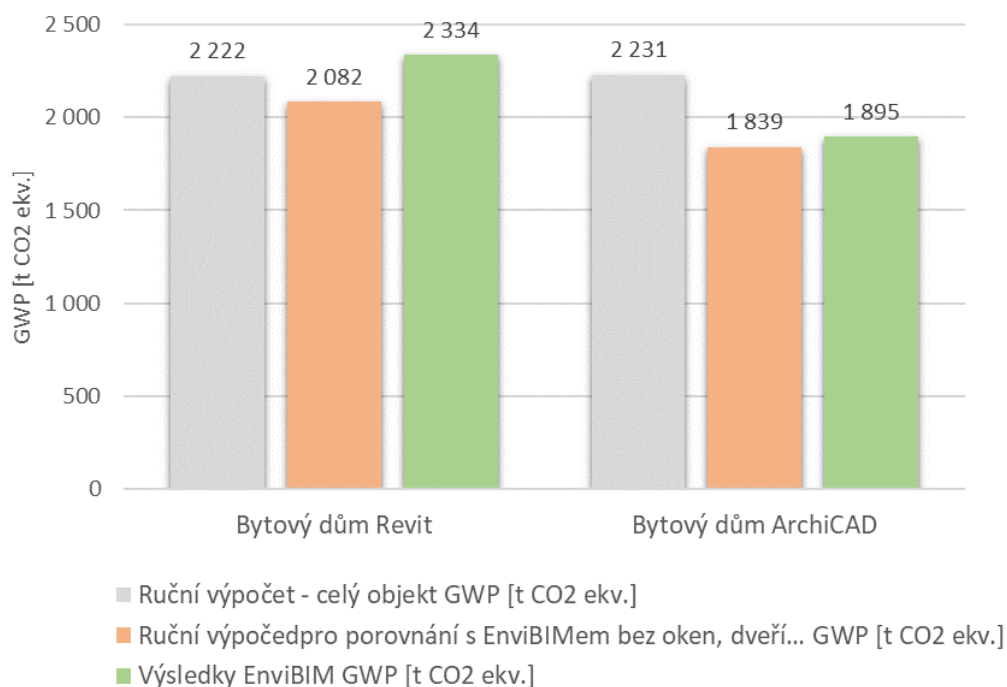
Obr. 76: Revit model bytového domu na BIM platformě

Výsledky pro 3 modely jsou zobrazeny v následující tabulce, graficky pak na Obr. 77 a Obr. 84.

Tab. 18: Tabulka výsledků z ručního výpočtu a automatického výpočtu pomocí nástroje EnviBIM.

Případové studie		Celý objekt	Pro porovnání s EnviBIMem (bez oken, dveří...)	Výsledky EnviBIM
			GWP	GWP
			[t CO <sub>2</sub> ek.]	[t CO <sub>2</sub> ek.]
Bytový dům	Revit	2 221,50	2 081,80	2 334,23
	ArchiCAD	2 230,50	1 838,90	1 895,40
Rodinný dům „Colorado“	Revit	157,1	146,6	137,427

## 4 VÝSLEDKY



Obr. 77: Srovnání výsledků uhlíkové stopy pro dva modely bytového domu

Srovnání výsledků bytového domu jak v Revitu, tak v Archicadu ukazuje, že pokud jsou z ručního výpočtu vyloučeny prvky, které nezapočítává v současné verzi ani EnviBIM, jsou výsledky z EnviBIMu mírně vyšší. U Modelu v Revitu asi o 12 %, u modelu v Archicadu pouze o 3 %. Tento výsledek je považován za potvrzení, že výsledky z EnviBIMu jsou relevantní. Jedna se totiž o dva výpočty dvěma různými nástroji a nelze očekávat stoprocentní shodu. Přesně jsou důvody, proč je uhlíková stopa spočítaná EnviBIMem vyšší než ručním výpočtem, jsou analyzovány v následujících bodech:

1. V době, kdy se stanovovaly základní hranice systému pro propojení rozpočtářské a environmentální databáze, bylo rozhodnuto používat APOS variantu datasetů z Ecoinventu (viz kapitola 3.4.3). V průběhu práce na tomto výzkumu se ukázalo, že pro účely EnviBIMu a celkově pro české stavebnictví je vhodnější používat variantu cut-off a pro případové studie byla tedy využita tato data. Hodnota uhlíkové stopy podle APOS a cut-off modelu se může mírně lišit (jedná se však spíše o desetiny procent) a tento rozdíl pak ovlivňuje srovnání.
2. Při zpracování dat pro EnviBIM byl často pro stejný materiál vybrán jiný odpovídající dataset než při ručním výpočtu (ten probíhal zjednodušeným způsobem a zcela nezávisle na tvorbě dat pro EnviBIM). Často byla data pro EnviBIM také modelována, aby lépe odpovídala konkrétní položce rozpočtářské databáze. Jako příklad je uvedena skladba střešního pláště pro bytový dům v Tab. 19. V nejlevějším sloupci jsou jednotlivé vrstvy skladby, následuje položka Ecoinvent zvolená jako odpovídající v ručním výpočtu, dále

## 4 VÝSLEDKY

---

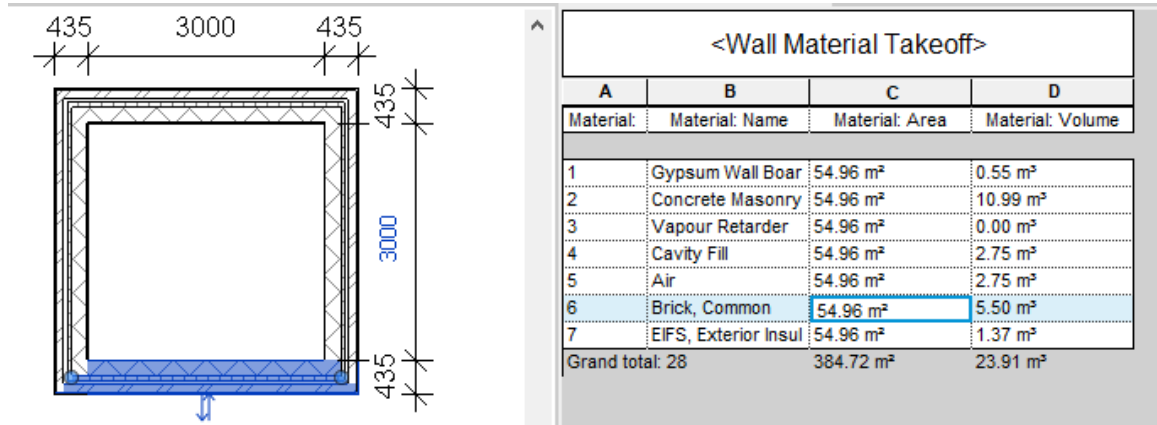
množství tohoto materiálu, které vychází z výkazu výměr a pak jednotková a celková uhlíková stopa. V pravé části tabulky je pak znázorněn výpočet v EnviBIMu: položka rozpočtářské databáze, která je konkrétní vrstvě ve stavební knihovně přiřazena, odpovídající Ecoinvent položka, která byla při tvorbě dat pro EnviBIM zvolena jako odpovídající, dále pak množství, vztažené na plochu skladby a následně přepočítané na hmotnost a celkovou plochu střechy. Dále je stejně jako pro ruční výpočet uvedena jednotková a celková uhlíková stopa. Z tabulky je vidět, že volba odpovídající položky se shoduje pouze v případě praného kameniva. U položek folie (DEKPLAN 77) a geotextilií (FILTEK 300 a 500) EnviBIM používá modelované položky zohledňující nejen množství PVC resp. PP použitého pro tyto produkty, ale také výrobní proces, kterým produkty vznikly. Jednotková uhlíková stopa je tedy u těchto položek nezanedbatelně vyšší, než při ručním výpočtu (viditelné v zelených sloupcích Tab. 18). V případě asfaltového pásu byl v Ecoinventu zvolen odlišný typ pásu, v tomto případě je jednotková uhlíková stopa v EnviBIMu nižší než v ručním výpočtu. Také u polystyrenu je odlišnost ve zvolené odpovídající položce. EnviBIM navíc zahrnuje též střešní vtok, který ruční výpočet zanedbává.

3. Výrazným fenoménem podílejícím se na odlišnosti výsledků obou výpočtů je rozdílná započítaná hmotnost materiálů. Tyto rozdíly znázorňují v Tab. 19 žluté sloupce. Na tomto rozdílu se podílí několik vlivů:
  - a. V EnviBIMu je u mnohých materiálů počítáno například s překryvy a prořezy, toto je systematicky dáno rozpočtářskou databází. 1m<sup>2</sup> skladby obsažené v modelu tak číselně odpovídá 1,1 m<sup>2</sup> geotextilie, 1,05 m<sup>2</sup> polystyrenové desky atd. S tímto ruční výpočet ale nepočítá, protože tyto aspekty v modelu nejsou zaneseny a výkaz výměr je tedy nepostihne. Množství materiálu v EnviBIMu vychází tedy větší.
  - b. V případě přepočtu jednotek mohou být zvoleny různé převodní hodnoty (objemová či plošná hmotnost prvků nemusí být jednoznačná). Rozdíly v množstvích mohou být na obě strany.
  - c. Nejvýraznější vliv má na množství materiálů způsob, jak je vytvořen model v BIMu, jedná se však také o složitou problematiku. Jinak vyjde vykázané množství materiálu, když jsou vrstvy modelovány jednotlivě a jinak, kdež jsou modelovány jako souvrství. Další nepřesnosti vznikají při různém způsobu napojování konstrukcí například v rozích. Všechny varianty jsou na Obr. 79 - Obr. 83. Ve tabulkách vykázaného množství je vidět, že se hodnoty mohou velmi lišit, a to zejména co do plochy. Zatímco pro ruční výpočet se z modelu exportují do výkazu výměr objemy materiálů, EnviBIM pracuje s plochami. Zde tedy dochází v EnviBIMu k velkým nepřesnostem, objemy reprezentují skutečné množství materiálů mnohem přesněji.

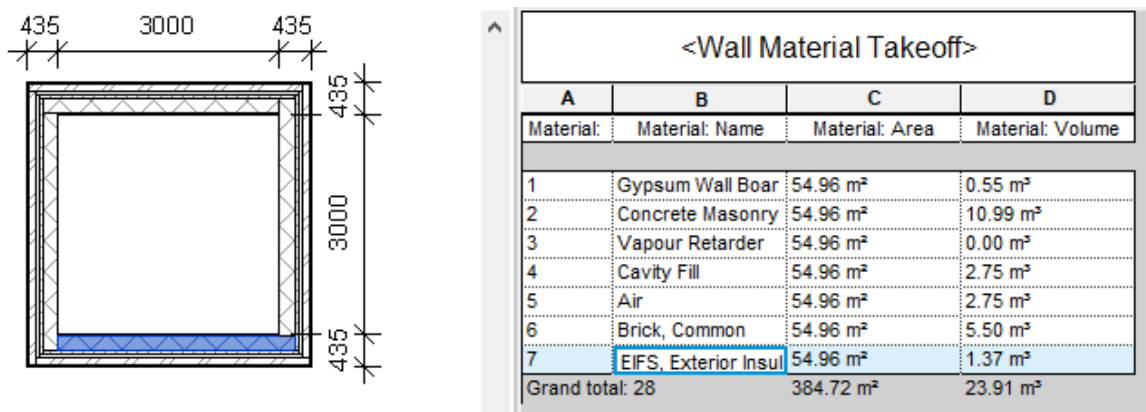
Vrstva	RUČNÍ VÝPOČET					VÝPOČET ENVIBIM								
	Položka Ecoinvent	Hmotnost na celou střechu		jednotková uhlíková stopa [kg CO <sub>2</sub> eq]	Celkem uhlíková stopa [kg CO <sub>2</sub> eq]	Rozpočtářská položka	Množství ve skladbě		Převodní číslo	Položka Ecoinvent	Hmotnost na celou střechu (484m <sup>2</sup> )		Jednotková uhlíková stopa [kg CO <sub>2</sub> eq]	Celkem uhlíková stopa [kg CO <sub>2</sub> eq]
<b>DEKPLAN 77</b>	polyvinylchloride, bulk polymerised, Cut-off, RER	869	kg	2,067	1795,60	fólie hydroizolační střešní mPVC určená ke stabilizaci přitížením a do vegetačních střech tl 1,8mm	1,15	m2	2,15	PVC film + glass fibre, APOS, GLO	1195,924	kg	2,72	3252,86
<b>EPS 100</b>	polystyrene foam slab for perimeter insulation, Cut-off, RER	1 546	kg	4,502	6958,29	deska EPS 100 pro konstrukce s běžným zatížením λ=0,037 tl 160mm	1,02	m2	3,6	Polystyrene foam slab, APOS, RER	1776,11	kg	4,61	8193,15
<b>FILTEK 300</b>	polypropylene, granulate, Cut-off, RER	140	kg	1,983	277,62	geotextilie netkaná separační, ochranná, filtrační, drenážní PP 300g/m2	1,1	m2	0,3	PP- product by extrusion (as film), APOS, GLO	159,6177	kg	2,74	438,08
<b>FILTEK 500</b>	polypropylene, granulate, Cut-off, RER	241	kg	1,983	478,40	geotextilie netkaná separační, ochranná, filtrační, drenážní PP 500g/m2	1,1	m2	0,5	PP- product by extrusion (as film), APOS, RER	266,0295	kg	2,74	730,14
<b>GLASTEK 40 SPECIAL MINERAL</b>	bitumen seal production Cut-off, RER	2 644	kg	1,019	2694,34	pás asfaltový natavitelný modifikovaný SBS tl 4,0mm s vložkou ze skleněné tkaniny a spalitelnou PE fólií nebo jemnozrným minerálním posypem na horním povrchu	1,15	m2	4,54	Bitumen seal, polymer EP4 flame retardant APOS, RER	2525,345	kg	0,80	2015,91
<b>prané říční kamenivo frakce 16–32</b>	gravel, round, Cut-off, RoW	33 688	kg	0,004	134,75	kamenivo dekorační (kačírek) frakce 16/32	0,083	t	1000	Gravel, round APOS, RoW	40146,27	kg	0,0043	173,87
<b>spádové klíny EPS 100</b>	polystyrene foam slab for perimeter insulation, Cut-off, RER	30	kg	4,502	133,73	klín izolační z pěnového polystyrenu EPS 100 spád do 5%	0,082	m3	22,5	Polystyrene foam slab, APOS, RER	888,0548	kg	4,61	4096,58
						koleno kanalizační s hrdlem PP 125x87° SN10	1	kus	0,62	PP- product by extrusion (as pipe), APOS, GLO	0,62		2,63	1,63
						vtok střešní svislý s manžetou pro PVC-P hydroizolaci plochých střech DN 125	1	kus	0,46	Nylon 6-6, APOS, RER	0,46	kg	8,23	3,79
<b>CELKEM</b>				<b>16,06</b>	<b>12473</b>								<b>29,10</b>	<b>18906</b>

Tab. 19: Výpočet uhlíkové stopy skladby střechy, jak probíhal ruční metodou v porovnání s tím, jak je výpočet sestaven v EnviBIMu

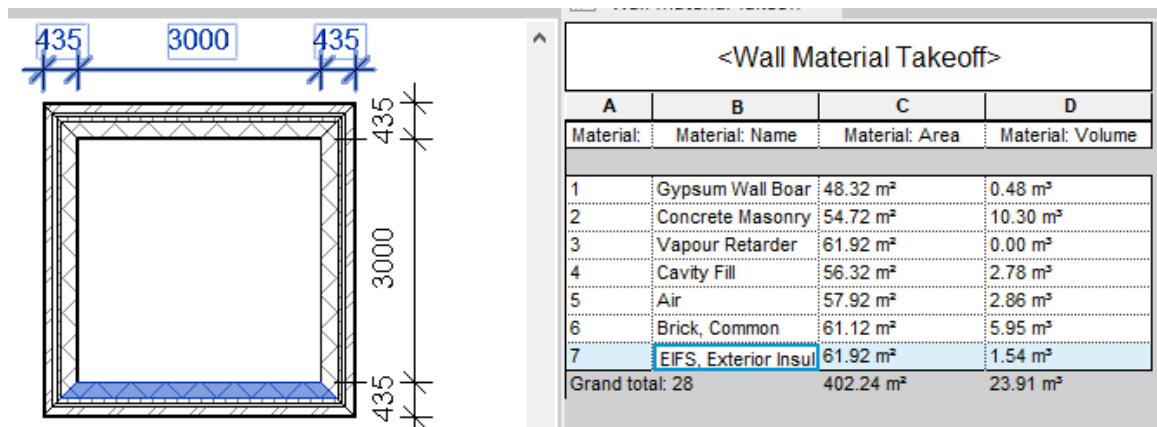
## 4 VÝSLEDKY



Obr. 78: Modelování stěny jako souvrství s tupým napojením (Revit)

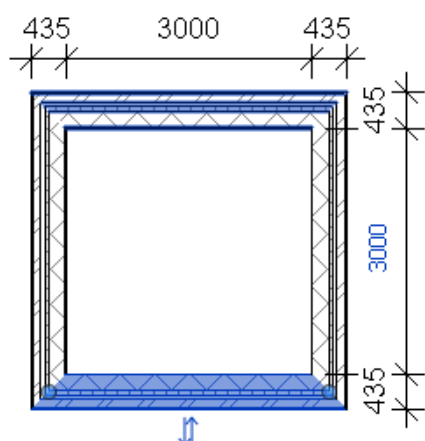


Obr. 79: Modelování stěny po jednotlivých vrstvách s tupým napojením (Revit)



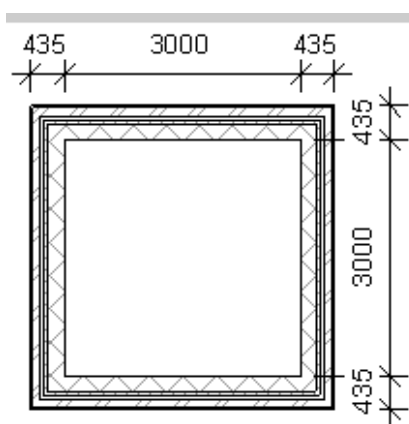
Obr. 80: Modelování stěny jako souvrství s napojením na pokos (Revit)

## 4 VÝSLEDKY



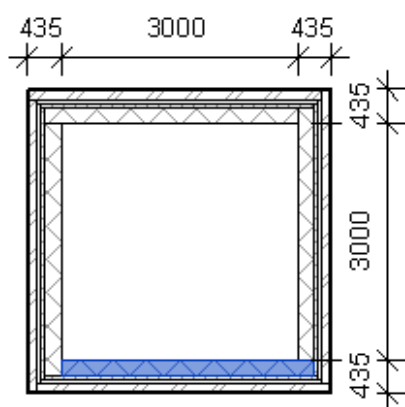
<Wall Material Takeoff>			
A	B	C	D
Material:	Material: Name	Material: Area	Material: Volume
1	Gypsum Wall Boar	48.32 m <sup>2</sup>	0.48 m <sup>3</sup>
2	Concrete Masonry	54.72 m <sup>2</sup>	10.30 m <sup>3</sup>
3	Vapour Retarder	61.92 m <sup>2</sup>	0.00 m <sup>3</sup>
4	Cavity Fill	56.32 m <sup>2</sup>	2.78 m <sup>3</sup>
5	Air	57.92 m <sup>2</sup>	2.86 m <sup>3</sup>
6	Brick, Common	61.12 m <sup>2</sup>	5.95 m <sup>3</sup>
7	EIFS, Exterior Insul	61.92 m <sup>2</sup>	1.54 m <sup>3</sup>
Grand total: 28		402.24 m <sup>2</sup>	23.91 m <sup>3</sup>

Obr. 81: Modelování stěny po jednotlivých vrstvách s napojením na pokos (Revit)



<Wall Material Takeoff>			
A	B	C	D
Material:	Material: Name	Material: Area	Material: Volume
1	Gypsum Wall Boar	54.96 m <sup>2</sup>	0.55 m <sup>3</sup>
2	Concrete Masonry	54.96 m <sup>2</sup>	10.99 m <sup>3</sup>
3	Vapour Retarder	54.96 m <sup>2</sup>	0.00 m <sup>3</sup>
4	Cavity Fill	54.96 m <sup>2</sup>	2.75 m <sup>3</sup>
5	Air	54.96 m <sup>2</sup>	2.75 m <sup>3</sup>
6	Brick, Common	54.96 m <sup>2</sup>	5.50 m <sup>3</sup>
7	EIFS, Exterior Insul	54.96 m <sup>2</sup>	1.37 m <sup>3</sup>
Grand total: 28		384.72 m <sup>2</sup>	23.91 m <sup>3</sup>

Obr. 82: Modelování stěny jako souvrství s pravoúhlým seříznutím (Revit)



<Wall Material Takeoff>			
A	B	C	D
Material:	Material: Name	Material: Area	Material: Volume
1	Gypsum Wall Boar	54.96 m <sup>2</sup>	0.55 m <sup>3</sup>
2	Concrete Masonry	54.96 m <sup>2</sup>	10.99 m <sup>3</sup>
3	Vapour Retarder	54.96 m <sup>2</sup>	0.00 m <sup>3</sup>
4	Cavity Fill	54.96 m <sup>2</sup>	2.75 m <sup>3</sup>
5	Air	54.96 m <sup>2</sup>	2.75 m <sup>3</sup>
6	Brick, Common	54.96 m <sup>2</sup>	5.50 m <sup>3</sup>
7	EIFS, Exterior Insul	54.96 m <sup>2</sup>	1.37 m <sup>3</sup>
Grand total: 28		384.72 m <sup>2</sup>	23.91 m <sup>3</sup>

Obr. 83: Modelování stěny po jednotlivých vrstvách s pravoúhlým seříznutím (Revit)

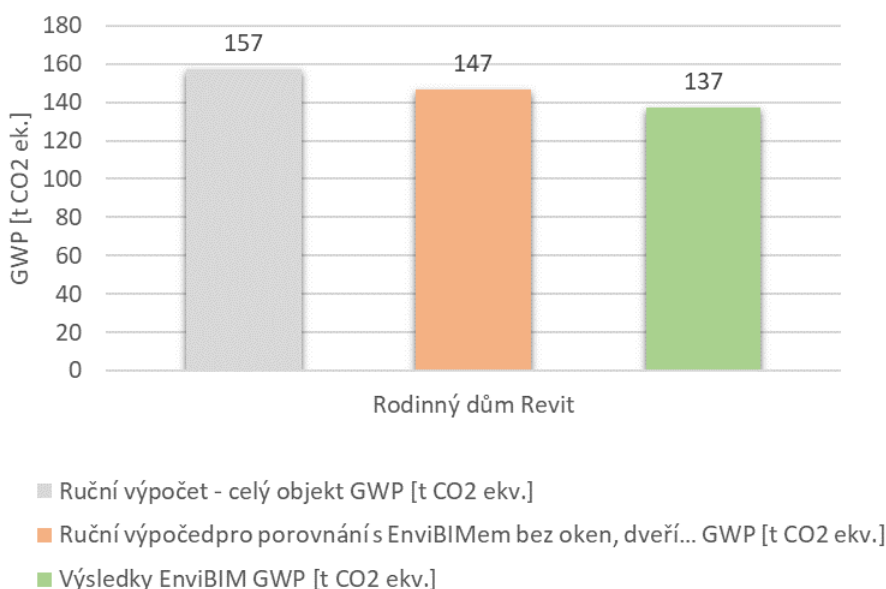
Při porovnání výpočtů uhlíkové stopy na Obr. 77 vyvstává otázka, proč se výsledek EnviBIMu pro Revit a Archicad liší, a to přibližně o 25 %, zatímco ruční výpočet dvou modelů stejného domu se téměř neliší. Během práce s výkazy výměr se ukázalo, že Revit vyjadřuje množství materiálů nepřesněji a výrazně nepřehledněji než ArchiCAD. Tento fakt může ovlivnit velikost chyby EnviBIMu způsobené použitím



## 4 VÝSLEDKY

ploch na místo objemů. Bude však třeba dalších analýz, aby se stanovilo, kde přesně nesrovnalosti v množstvích vznikají a jaké je možné řešení.

Na Obr. 84 jsou výsledky pro rodinný dům modelovaný v Revitu. Oproti výsledkům bytového domu zde vychází uhlíková stopa z EnviBIMu nižší než z ručního výpočtu. Vlivy na odlišnost výsledků popsané výše v analýze bytového domu vedou přitom spíše na vyšší dopady spočtené EnviBIMem (zahrnutí výrobních procesů, zahrnutí překryvů a prořezů). Po hlubší analýze se ukázalo, že chyba je v ručním výpočtu. Výkaz výměr z Revitu je poměrně špatně organizovaný, materiály totiž nejsou vykázány po vrstvách a skladbách, takže se obtížně určuje, do jaké konstrukce každá z položek patří. Rodinný dům obsahoval poměrně hodně prvků, které nejsou v EnviBIMu zahrnuty, nicméně kvůli nepřehlednosti výkazu výměr nebylo možné je z ručního výpočtu ze 100 % oddělit. Jejich podíl na uhlíkové stopě spočtené ručně je reálně vyšší (rozdíl mezi šedým a oranžovým sloupcem).



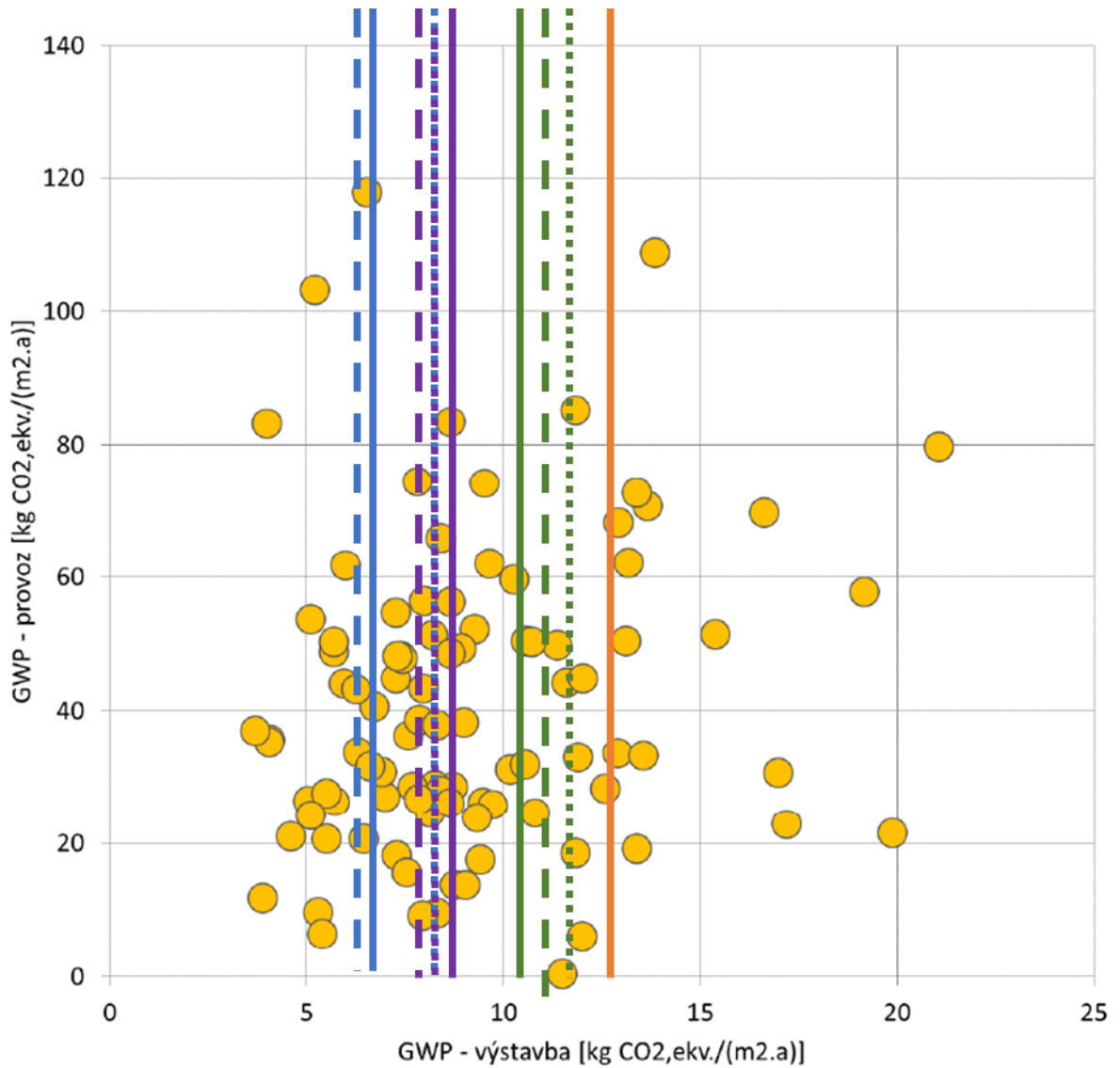
Obr. 84: Srovnání výsledků uhlíkové stopy pro dva modely rodinného domu











### 4.5.2 POSOUZENÍ RELEVANCE VÝSLEDKŮ

Výsledky všech případových studií byly přepočteny na m<sup>2</sup> a rok (uvažována životnost 50 let), aby mohly být srovnány s výsledky pro různé typy domů různých velikostí ze studie [114]. Studie znázorňovala jak provozní, tak zabudovanou uhlíkovou stopu, takže případové studie zpracované v této práci jsou na Obr. 85 znázorněny svislou linkou, neboť u nich není provozní uhlíková stopa spočtena. Všechny výsledky spočítané v případových studiích v rámci této práce nabývají hodnoty mezi 7 a 12 kg CO<sub>2</sub> ekv./m<sup>2</sup>.a, což je také rozmezí nejčastějšího výskytu výsledků ze studie použité pro tuto hrubou validaci.



## 4 VÝSLEDKY



BD ArchiCAD	8,3 kg CO <sub>2</sub> ekv./m <sup>2</sup> .a	
BD ArchiCAD bez oken apod.	6,8 kg CO <sub>2</sub> ekv./m <sup>2</sup> .a	
BD ArchiCAD EnviBIM	7,0 kg CO <sub>2</sub> ekv./m <sup>2</sup> .a	
BD Revit	8,2 kg CO <sub>2</sub> ekv./m <sup>2</sup> .a	
BD Revit bez oken apod.	7,7 kg CO <sub>2</sub> ekv./m <sup>2</sup> .a	
BD Revit EnviBIM	8,6 kg CO <sub>2</sub> ekv./m <sup>2</sup> .a	
RD Revit	11,9 kg CO <sub>2</sub> ekv./m <sup>2</sup> .a	
RD Revit bez oken apod.	11,1 kg CO <sub>2</sub> ekv./m <sup>2</sup> .a	
RD Revit EnviBIM	10,4 kg CO <sub>2</sub> ekv./m <sup>2</sup> .a	
Villa dům Přílepy	12,5 kg CO <sub>2</sub> ekv./m <sup>2</sup> .a	

Obr 85: Porovnání výsledků případových studií v této práci s výsledky ze studie [114]

### 5 SHRNUÍ

#### 5.1 NAPLNĚNÍ CÍLŮ PRÁCE

Cíle práce jsou podrobně definovány v kapitole 1.5. Zde bude shrnuto, jakým způsobem se podařilo cíle naplnit.

Hlavním cílem práce bylo vytvořit metodiku, která umožní propojení rozpočtářské a environmentální databáze tak, aby stavební rozpočty mohly kromě ceny poskytovat též informace o zabudovaných environmentálních dopadech jak jednotlivých stavebních materiálů a prvků, tak celé budovy. Nejprve byla provedena rešerše odborné literatury a existujících nástrojů, aby se ověřilo, zda podobný záměr již nebyl realizován. Během rešerše se ukázalo, že česká rozpočtářská databáze je svou strukturou a zejména podrobností mezi světovými obdobnými databázemi unikátní, a navíc je přizpůsobena českému stavebnictví, takže obdobné práce zahraničních autorů nelze na tento případ aplikovat.

Metodika pro propojování rozpočtářské a environmentální databáze má část obecnou a část specifickou. Obecná část má za cíl stanovit základní okrajové podmínky propojování databází. Část z nich byla stanovena při vytváření studie proveditelnosti celého záměru. V této fázi se vybírala vhodná environmentální databáze, zkoumala se možnost zahrnout různé fáze životního cyklu, různé části budovy a typy konstrukcí a posuzovala se též nutnost stanovení cut-off kritérií. Dále se hledaly různé zdroje, které by upřesňovaly použití LCA norem pro takovýto záměr a pro tento typ zjednodušení. Velkou studnicí informací zde byl EeBGuide [15] a dále pak účast na mezinárodních projektech IEA EBC Annex 57 [19] a navazující Annex 72 [33], které se zabývají právě LCA budov. Obecná metodika byla poté zformulována pro projekt EnviBIM, přičemž byla obohacena o pokyny související právě s touto její aplikací (zejména výběr environmentálních indikátorů).

Studie proveditelnosti identifikovala potřebnost kromě obecné metodiky vyvinout také specifické pokyny pro různé druhy položek rozpočtářské databáze. Databáze by bylo možné propojit i bez této metodiky, nicméně do zpracování by se tak vneslo mnoho nejistot. Většinou je totiž při hledání odpovídajících environmentálních dat k určitému výrobku více než jedna správná možnost, zejména pokud se environmentální data musí upravovat. Pokud by nebylo stanoveno přesně, jak postupovat při rozhodování a tvorbě dat ke specifickým druhům položek, vnesla by se do výsledného nástroje stejná nekonzistentnost, k jaké dochází při LCA budov tvořené bez jednotného nástroje pouze propojováním různých dat o budově s různými environmentálními daty. Podoba specifické metodiky krystalizovala postupně. Ukázalo se, že nejlepší formou bude nástroj MS Excel nazvaný Envidatagenerator, který některé postupy automatizuje a umožňuje také snadnou aktualizaci environmentálních dat. Textová část specifické metodiky slouží pouze jako doplněk pro transparentnější prezentaci metodiky.

## 5 SHRnutí

---

Specifická metodika detailně postihuje ty skupiny položek, které byly řešeny pro tvorbu modulu EnviBIM. Mnoho skupin, které v EnviBIMu zahrnutý nejsou, bude mít postupy analogické (pouze například s jinými environmentálními daty), je však i více skupin, pro které bude nutno vytvořit zcela nové pokyny. Byl proto navržen klasifikační systém, pomocí kterého je možné pro dosud nezpracované skupiny položek budoucí specifické pokyny navrhnout v hrubých obrysech. Přináší také specifické metodice hierarchii, takže metodika není jen desítkami specifických pokynů pro různé skupiny položek, ale systematickým třídítkem.

Vytvoření nástroje postaveného na propojení rozpočtářské a environmentální databáze vyžadovalo v době zpracování studie proveditelnosti velmi těsnou spolupráci s provozovatelem rozpočtářské databáze a také sdílení velmi citlivého know-how souvisejícího s rozpočtářskou databází. Tuto spolupráci se podařilo navázat až později, a to prostřednictvím společnosti DEK, která projevila zájem o vytvoření environmentálního modulu pro BIM jako součásti své softwarové nabídky, konkrétně zatím stavební knihovny a BIM platformy. Environmentální data pro BIM byla vytvořena právě propojením s rozpočtářskými položkami ÚRS figurujícími již v softwarech DEK. Protože se stavební knihovna stále rozšiřuje a aktualizuje, metody použité pro tvorbu environmentálních dat musí být také snadno aktualizovatelné a musí být možné je rozšířit na co největší část rozpočtářské databáze. Bylo proto nutné vytvořit výše popsané metodiky, které však tím pádem umožňují využít propojení environmentálních a rozpočtářských dat i pro vývoj zcela nového nástroje nebo pro rozšíření cenové databáze o environmentální dopady.

EnviBIM sice pracuje jen s částí rozpočtářské databáze a nepokrývá kompletní portfolio výrobků používaných ve stavebnictví, je ale výsledkem s přímým využitím v praxi. Všichni účastníci projektu si mohou zobrazit environmentální dopady skladeb DEK ve webovém rozhraní stavební knihovny, skladby mohou být použity pro tvorbu BIM modelu v Revit a ArchiCAD a v BIM platforma umožní následné zobrazení modelu i uživatelům bez přístupu k BIM nástrojům, včetně environmentálních dopadů jednotlivých skladeb a celé budovy.

Případové studie potvrdily, že propojení environmentální a rozpočtářské databáze pomocí vypracované metodiky poskytuje relevantní výsledky dopadů stavebních konstrukcí v rámci stanovených hranic systému. Analýza výsledků případových studií ukázala spíše rezervy v práci s BIM modely a poukázala na potřebu hlouběji se zabývat tím, aby výstupy z BIM modelů byly relevantním podkladem pro LCA, ať už klasickou „ruční“ nebo pro nástroje, jako je EnviBIM.

Všechny stanovené cíle práce se podařilo naplnit.

### 5.2 OVĚŘENÍ HLAVNÍ HYPOTÉZY

Hlavní hypotéza stanovená na počátku práce v kapitole 1.4 byla potvrzena ve všech svých bodech:

1. Ke všem položkám rozpočtářské databáze řešeným v této práci se podařilo dopočítat environmentální dopady pomocí databáze Ecoinvent, výjimečně byla použita též data z EPD. Vytvoření poloautomatizovaného algoritmu – Envidatageneratoru – potvrdilo, že položky lze sdružit do skupin v rámci nichž se používají jednotné postupy a tyto postupy lze alespoň částečně automatizovat. Docílí se tak jednotnosti a řádově nižší pracovní při zpracování dalších položek a při upgradu. Klasifikační systém Envidataclassifier ověřil, že analogické postupy lze použít i na další skupiny položek, které zatím nebyly konkrétně řešeny. Určitá nejistota zůstává u systémů TZB, nicméně studie provedená autorkou práce [115] potvrdila rámcovou možnost spočítat zabudované dopady TZB pomocí databáze Ecoinvent.
2. Aby propojování rozpočtářských a environmentálních dat probíhalo v souladu s normami a dalšími pokyny ohledně LCA budov, byla ve spolupráci se zkušenými experty na LCA zpracována obecná metodika. Práce na specifické metodice a na Envidatageneratoru byla s těmito experty pravidelně konzultována, aby nedošlo k odchýlení se od metodického rámce. Soulad postupů s nejmodernějšími poznatky v oblasti LCA budov byl velmi podpořen účastí autorky na mezinárodním projektu IEA EBC Annex 72 [33] který se zaměřuje právě na LCA ve stavebnictví.
3. Relevance hodnot environmentálních dopadů budov spočítaných automatizovaným propojením rozpočtářské a environmentální databáze byla ověřena porovnáním s výsledky získanými pro identické objekty klasickým výpočtem. Dále byla ověřena korelace výsledků případových studií z této práce s výsledky spočítanými v jiné studii pro jiné objekty. Obě tato šetření potvrdila relevanci výsledků zabudovaných environmentálních dopadů spočítaných propojením rozpočtářské a environmentální databáze. Detailně je ověření popsáno v kapitole 4.5.

### 5.3 DISKUSE

V diskusi bude popsáno, na jaká úskalí práce narazila, kdy by se dalo postupovat lépe, kde jsou mezery v poznání, které by bylo třeba zaplnit a jaké jsou další kroky, aby se výzkum posouval dále a LCA studie a data se stávala čím dál dostupnějšími stavební praxi.

#### 5.3.1 OBECNÁ METODIKA PRO PROPOJOVÁNÍ ROZPOČTÁŘSKÝCH A ENVIRONMENTÁLNÍCH DAT

Jako zdroj environmentálních dat byla vybrána databáze Ecoinvent, poskytující dostatečně širokou škálu dat, aby s nimi bylo možné pokrýt veškeré stavební produkty (samozřejmě s nutností některá data modelovat, s čímž ostatně databáze Ecoinvent počítá. Nicméně tato databáze má i své nevýhody:

- Zastaralost některých datasetů: Ecoinvent je pravidelně aktualizován, nicméně to se týká zejména energetických mixů, což se samozřejmě výrazně

## 5 SHRnutí

---

přispívá k aktuálnosti jednotlivých datasetů. Nicméně výrobní technologie pochází většinou z doby vzniku Ecoinventu verze 2, která vznikla v roce 2007. Pokud se u některého produktu od té doby výrazně změnila, Ecoinvent vyšších verzí to nejspíš nepostihne.

- Ecoinvent poskytuje sice generická data, mnohá z nich jsou však postavena na základě dat například pouze z jednoho podniku, zde pak je samozřejmě otázka, nakolik taková data mohou být pro ČR vypovídající.
- Lokalizace dat v Ecoinventu (kapitola 3.4.3) sice u mnoha datasetů nabízí evropskou lokalizaci, která lze považovat za dostatečně vypovídající pro ČR, bohužel však ne vždy. U mnohých datasetů je na výběr pouze například světová lokalizace (RoW, GLO), zejména u market procesů. V tu chvíli se pak zahrnuté energetické mixy a dopravní vzdálenosti mohou velmi lišit od reality v ČR.

Možností, jak získat adekvátnější data, než jsou ta generická z Ecoinventu, by bylo využít specifická data z EPD. V ČR jich je málo, ale velké množství německých EPD se sdružuje v německé databázi Ökobaodat, kromě nich pak obsahuje také datasety z databáze Gabi. Výhodou Ökobaodat je také to, že data jsou zdarma. Bohužel stále zde platí, že by využití dat z databáze Ökobaodat falešně zlepšovalo výsledky pro výpočty budov v ČR, protože v Německu je výroba elektrické energie (která tvoří velkou část zabudovaných dopadů stavebních materiálů) mnohem ekologičtější, než v ČR: V roce 2019 byl konverzní faktor pro elektrickou energii v ČR 2,6, zatímco v Německu 1,8, tedy přibližně o 30 % nižší [116].

Při výběru environmentálních indikátorů byla velká otázka, zda zahrnout některý z tzv. single score indikátorů, což jsou takové, které jednotlivé kategorie dopadu přes normalizaci a váhování převádějí na jedno číslo. Velmi by se tak usnadnila interpretace výsledků LCA zpracované nástrojem EnviBIM. Přestože single score indikátor nakonec nebyl zahrnut zejména protože na vhodnosti použití tohoto typu indikátoru neexistuje mezinárodní konsenzus, redukování počtu indikátorů pro lepší využitelnost výsledků LCA v praxi si mezi experty získává mnoho příznivců. Například Švýcarsko vyvinulo vlastní metodu (Ecological Scarcity) která vyjadřuje dopady single score indikátorem Eco-Point [117]. Tento indikátor je ve Švýcarsku oficiálně doporučovaný na národní úrovni [118]. Bylo by vhodné otázku snížení počtu indikátorů v budoucnu znovu otevřít, aby se využitelnost nástrojů postavených na propojení rozpočtářské a environmentální databáze zvýšila.

Nezahrnutí TZB do hranic systému znamená opominutí supiny materiálů a prvků s poměrně vysokými zabudovanými dopady (velké množství kovů). Bohužel metodika pro zpracování TZB bude mít mnohá specifika oproti metodikám pro stavební část budovy. Přesto je její zpracování prioritou dalšího rozvoje metodiky a EnviBIMu.

### 5.3.2 SPECIFICKÁ METODIKA A ENVIDATAGENERATOR

Specifická metodika byla tvořena v průběhu vývoje modulu EnviBIM, její forma, rozsah a použité nástroje byly přizpůsobeny potřebám a časovým možnostem projektu. Nástrojem pro automatizované postupy tvorby dat (Envidatagenerator) byl MS Excel z důvodu jeho jednoduchosti. Ukázalo se však (a bylo i předvídáno), že vhodnější by bylo použít sofistikovanější nástroj, který by byl lépe přizpůsoben práci s velkým množstvím dat a který by také umožňoval vytvořit vhodnější uživatelské rozhraní. Vhodný by byl například MathWorks MATLAB. MS Excel má ovšem v tuto chvíli tu výhodu, že Envidatagenerator může dále rozvíjet více méně kterýkoliv LCA specialista, jenž má dostatečné znalosti ohledně práce s environmentálními daty ve stavebnictví a dlužno dodat, že potřebná míra expertízy je poměrně vysoká. Pokud by byl Envidatagenerator vyvíjen v některém programovacím jazyce, buď by LCA specialista musel programování dobře ovládat, nebo by musela fungovat perfektní spolupráce s programátorem.

Aby byl Envidatagenerator dostatečně návodný, pro některé skupiny výrobků byl zaveden systém tzv. šablon, je ukázán v kapitole 4.2.2 u části věnované hliníkovým profilům a spojovacímu materiálu. Funguje tak, že pokud některá z položek, pro kterou je třeba spočítat environmentální dopady odpovídá předdefinovanému postupu v některé ze šablon vytvořených v horní části listu, je možné tuto šablonu pod příslušnou položku v listě zkopírovat, vyplnit potřebné údaje a environmentální data se spočítají automaticky. Tento systém se však jeví jako těžkopádný, náchylný na chyby a těžko začlenitelný jako systémová součást do celého Envidatageneratoru. Bylo by vhodné zavést místo šablon do Excelu automatický formulář pro vyplnění potřebných údajů. Nicméně protože MS Excel se nejeví z dlouhodobého hlediska jako ideální prostředí (viz výše), toto vylepšení Envidatageneratoru bylo zatím odloženo.

Slabinou specifické metodiky je v tuto chvíli převod dat od položek sborníku pořizovacích cen materiálů k položkám stavebních prací, které se většinou k tvorbě rozpočtu používají. První z možností popsáná v rámci kapitoly 3.10 je postupovat přes ruční export rozborů TOV z Krosu do excelu. Tato varianta je však poměrně časově náročná. Při tvorbě dat pro EnviBIM se proto využilo spolupráce se správcem rozpočtářské databáze. Práce na propojování environmentální rozpočtářské databáze probíhá po sadách stavebních prací, ze kterých správce databáze vyexportuje zastoupené materiály a po stanovení jednotkových environmentálních parametrů tyto importuje do rozpočtářské databáze tak, aby ke všem stavebním pracím byly vyčísleny environmentální dopady spojené s výrobou materiálů. Tento princip má tu nevýhodu, že je postupováno po položkách stavebních prací, což znamená poměrně nesystematický postup přiřazování dopadů ke stavebním materiálům – jednotlivé práce mohou obsahovat materiály z různých částí sborníku pořizovacích cen materiálů. Z hlediska systematizace propojení sborníku materiálů s environmentálními daty by bylo vhodné spíše postupovat po jednotlivých oborech materiálů v rámci kterých jsou použity podobné principy výpočtu. Tento postup nebyl

zvolen proto, že pak by mohla být data převedena od materiálů ke stavebním pracím až v momentě, kdy by byla spočítána pro celý sborník materiálů.

### **5.3.3 ROZšíŘENÍ SPECIFCKÉ METODIKY (ENVIDATACLASSIFIER)**

Návrh systému klasifikace – Envidataclassifieru – pro sborník pořizovacích cen materiálů byl proveden v MS Excel. Nicméně vzhledem k množství dat, které bude třeba zatřídit, a také z hlediska uživatelského by bylo daleko vhodnější zpracovat Envidataclassifier v databázovém nástroji. Převedení Envidataclassifieru do databázového software by mělo být prvním krokem před jeho dalším rozšiřováním a zatřídováním dalších položek.

### **5.3.4 ENvIBIM**

Velkou nevýhodou EnviBIMu je, že je zatím vázán pouze na stavební knihovnu firmy DEK, nikoliv na části knihovny, kde prezentují výrobky další výrobci. EnviBIM tak neposkytuje dostatečnou škálu výrobků pro pokrytí libovolné kompletní budovy. Otázka rozšíření EnviBIMu na knihovny dalších výrobců není otázkou metodiky nebo nedostatku dat, ale otázkou obchodního modelu, kdy výrobci by měli být ochotni za výpočet a prezentování environmentálních dat zaplatit, avšak zatím nejsou.

Nedořešeným aspektem EnviBIMu je nastavení spolupráce pro upgrade dat. U rozpočtářských položek zahrnutých ve stavební knihovně dochází k upgradu každý půlrok a ač se často nejedná o zásadní změny, samo přečíslování položek způsobí, že se jejich provázanost s environmentálními daty zmaří. Některé položky se navíc mění i fakticky – například změna jednotek, úprava materiálů na jeho modernější variantu atd. Díky Envidatageneratoru není komplikované tyto změny provést i s environmentálními daty, nicméně vyžaduje to pravidelnou spolupráci LCA experta s provozovatelem stavební knihovny.

### **5.3.5 PŘÍPADOVÉ STUDIE**

Ověření metodiky a EnviBIMu na případových studiích ukázalo, že ani když je LCA zpracována na základě naprosto jednotných pravidel pro práci s daty, jednotných okrajových podmínkách a stejné datové základně, toto vše nezaručuje porovnatelnost výsledků a jejich stoprocentní jednotnost. Výsledky velmi ovlivňuje způsob zpracování BIM modelu. Tématem LCA zpracované pro BIM modely se v posledních letech zabývá mnoho výzkumů, viz kapitola 2.4.5 a též přehledové články [60] a [58]. Problematika přizpůsobení BIM modelu pro účely LCA je komplikovaná, protože LCA není prvořadým účelem tvorby BIM modelu. Přesto by bylo vhodné provést více případových studií a na základě analýz jejich výsledků zpracovat jednoduché pokyny pro vhodné zpracování BIM modelu v různých programech tak, aby EnviBIM generoval relevantní hodnoty environmentálních dopadů.

### 6 DALŠÍ ROZVOJ

Z diskuse vyplynulo několik jasně daných bodů, ve kterých by měl probíhat další rozvoj propojování rozpočtářské a environmentální databáze a rozvoj EnviBIMu.

Kroky ke zdokonalení dosavadních výsledků:

- Upgrade Envidatageneratoru z dat typu APOS na data typu cut-off a zavedení upravených hodnot do EnviBIMu.
- Envidatagenerator by se měl pro jeho lepší využitelnost převést do Matlabu nebo jiného vhodnějšího prostředí, než je MS Excel.
- Envidataclassifier je pro jeho další rozvoj nutné převést do některého databázového software.
- Je třeba vypracovat metodiku pro systémy TZB a zavést ji do Envidatageneratoru.
- Envidataclassifier je třeba rozvinout na celý sborník pořizovacích cen materiálů, což povede ke snadnějšímu a systematictějšímu rozvoji Envidatageneratoru.

Možný navazující výzkum:

- Přímým využitím propojení rozpočtářských a environmentálních databází by bylo zapojení environmentálních dat přímo do rozpočtářského software Kros. Realizace takové aplikace v tuto chvíli závisí zejména na zájmu a iniciativě majitele rozpočtářské databáze.
- Ve střednědobém horizontu je v plánu EnviBIM transformovat na komplexnější LCA nástroj, který by kromě zabudovaných dopadů zahrnoval i další fáze, alespoň fázi provozu budovy (spotřebu energie).
- K výpočtu zabudovaných dopadů by bylo vhodné přidat též životnost, ať už by toto rozšíření bylo součástí EnviBIMu v jeho současných hranicích nebo by se to týkalo některého z nástrojů zmíněných v předchozích bodech.
- Je třeba dalšího výzkumu v otázce, jak zpracovávat BIM modely, aby byly relevantním podkladem pro LCA. Tento výzkum by měl poskytnout informace pro zlepšení BIM pluginu EnviBIM, aby se zlepšila vypovídající hodnota výsledků, které EnviBIM poskytuje.



## 7 PŘÍNOSY PRO PRAXI

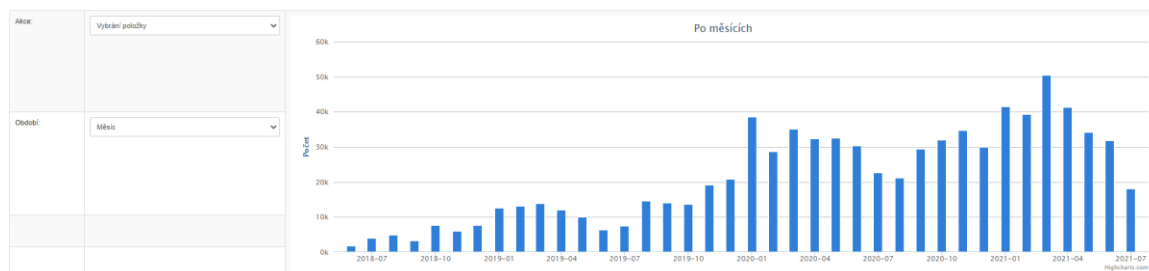
Tato práce má přímý dopad do praxe, protože v jejím rámci byl vyvinut funkční nástroj EnviBIM, jenž je součástí stavební knihovny a BIM platformy, poskytovaná DEKsoftem zdarma po registraci. O zabudované environmentální dopady je rostoucí zájem. Díky EnviBIMu si mohou nyní všichni účastníci stavebního řízení:

1. zobrazit environmentální parametry skladeb a prvků (zatím omezeno na katalog DEK),

2. použít skladby s informací o environmentálních dopadech pro tvorbu BIM modelů v Revit a ArchiCAD,

3. zobrazit environmentální parametry skladeb, prvků i celé budovy na BIM platformě, což je velmi výhodné pro účastníky stavebního řízení, kteří nemají možnost zobrazení v BIM nástrojích. Díky velmi reprezentativnímu a user friendly prostředí BIM platformy je toto prostředí vhodné pro prezentaci návrhů investorům (možnost zobrazení více variant), včetně prezentace environmentálních parametrů.

Stavební knihovna má nyní 29 253 registrovaných účtů, které mají tedy ke všem částem EnviBIMu přístup. Je zde možnost vygenerovat odkaz na vybranou skladbu a je možné tento odkaz poslat i člověku, který nemá účet DEKSOFT a nemá tak k dispozici Stavební knihovnu DEK – jedná se o tzv. anonymní přístup do knihovny. Některé parametry tento uživatel zamčené, ale environmentální parametry zde zobrazeny jsou. Zájem o stavební knihovnu DEK od začátku projektu roste, viz graf aktivního využití stavební knihovny DEK, viz Obr. 86.



Obr. 86: Statistika aktivního využívání stavební knihovny DEK

Dalším využitím EnviBIMu je plánované zobrazení uhlíkové stopy v novém tištěném katalogu Skladeb a systémů 2022. Ke každé skladbě bude uvedena mimo jiné uhlíková stopa a informace, že dalších 12 parametrů je dostupných zdarma po registraci ve stavební knihovně. Jedná se o nové „téma katalogu“, kdy jsou výrobky a skladby DEK prezentovány jako takové, kterým ekologie není lhostejná (návrh katalogu viz Obr. 87).

**VEGETAČNÍ STŘECHA S INTENZIVNÍ ZELENÍ S HYDROIZOLACÍ Z ASFALTOVÝCH PÁSŮ ST.2011B**

**1** Hrubší střední intenzivní GREENDEK pro výšku vegetačního substrátu >100mm (interiérový, suché, expandované žulové směsí, zemit, rašelina, dle potřeby výškové, třídné, objemová hmotnost 400-450kg/m<sup>3</sup> (sušený), 500-1000kg/m<sup>3</sup> (naopojený), č. 13 621, pochůzka ŽELEZ, st. 502

**2** Kompozit vegetační GREENDEK 40 PLUS suchá směs směsí, 100% výškové vrstvy a výšky 40mm a parotvarní v horní části, tuhá částí vegetační P20 střední, součástí 100mm, sportovní povrch náložová PP vrstva 500 mm, 6,80m<sup>2</sup>/70m<sup>2</sup>, pochůzka ŽELEZ, st. 502

**3** Asfaltový pás hydroizolační PAVITEX tlak pás z modifikovanou směsí, oplošná polyuretanová nosná vrstva 200g/m<sup>2</sup>, přílohy před přilepením vodní, tloušťka 1,2mm, 6,4m<sup>2</sup>/m<sup>2</sup>, pochůzka ŽELEZ, st. 502

**4** Asfaltový pás hydroizolační SK 105 + PUK pás z modifikovanou směsí, nosná vrstva ze směsí směsí 200g/m<sup>2</sup>, jemnozrnný minerální proupek, jemnozrnný oplošná nosná vrstva PP směsí, tloušťka 4mm, 6,4m<sup>2</sup>/m<sup>2</sup>, součástí 100mm, 6,80m<sup>2</sup>/70m<sup>2</sup>, pochůzka ŽELEZ, st. 502

**5** Tepelná izolace FOAMGLAS T3- (ve dvou vrstvách) desky z zábrusného skla, z teplotněstabilní, narušitelné, součástí tepelné vodivosti λ 0,028W/mK v 100mm, tloušťka 140mm, 1,60m<sup>2</sup>/m<sup>2</sup>, 4,40m<sup>2</sup>/m<sup>2</sup>, pochůzka ŽELEZ, st. 502

**6** Asfaltový pás hydroizolační PAVITEX O2 200SA suchá směs směsí, 100% výškové vrstvy a výšky 40mm a parotvarní v horní části, tuhá částí vegetační P20 střední, součástí 100mm, sportovní povrch náložová PP vrstva 500 mm, 6,80m<sup>2</sup>/70m<sup>2</sup>, pochůzka ŽELEZ, st. 502

**7** Asfaltový pás hydroizolační PAVITEX O2 200SA suchá směs směsí, 100% výškové vrstvy a výšky 40mm a parotvarní v horní části, tuhá částí vegetační P20 střední, součástí 100mm, sportovní povrch náložová PP vrstva 500 mm, 6,80m<sup>2</sup>/70m<sup>2</sup>, pochůzka ŽELEZ, st. 502

**8** Nízká permeabilní BICOCCPLAST VB automatická membrána penetrace na sádkové bázi, bez rozpouštědel, čerstvá a bezvodá směs, 200g/m<sup>2</sup>, pochůzka ŽELEZ, st. 507

**9** Nízká permeabilní BICOCCPLAST VB automatická membrána penetrace na sádkové bázi, bez rozpouštědel, čerstvá a bezvodá směs, 200g/m<sup>2</sup>, pochůzka ŽELEZ, st. 507

**Pro stavbu pasivních domů**

Uspora energie (kWh/m <sup>2</sup> /rok)	Uspora CO <sub>2</sub> (kg/m <sup>2</sup> /rok)
100	1,00
200	2,00
300	3,00
400	4,00
500	5,00
600	6,00
700	7,00
800	8,00
900	9,00
1000	10,00

**Kalkulace spotřeby materiálů**

№	Název výrobku	M	Skladba	Kolár	K2 za m <sup>2</sup>
1	Hrubší střední intenzivní GREENDEK	100	1,20	1,20	407,33
2	Kompozit vegetační GREENDEK 40 PLUS	100	1,20	1,44	792,00
3	Asfaltový pás hydroizolační PAVITEX tlak	100	1,13	1,13	344,85
4	Asfaltový pás hydroizolační SK 105 + PUK	100	1,13	5,40	154,00
5	Tepelná izolace FOAMGLAS T3-	100	2,00	1,40	4 674,72
6	Asfaltový pás hydroizolační PAVITEX O2 200SA	100	2,00	1,40	52,00
7	Asfaltový pás hydroizolační PAVITEX O2 200SA	100	1,13	5,40	152,44
8	Nízká permeabilní BICOCCPLAST VB	1	0,20	0,20	16,74

Uvedené ceny jsou bez DPH. ■ Dávková izolace. ■ Na sádkové bázi s výztužením prostřech. ■ Na dřevěné bázi.

Obr. 87: Návrh katalogového listu pro katalog Skladeb a systémů 2022 se zobrazením uhlíkové stopy

EnviBIM je společností DEK propagován na webinarích. Při každé schůzce s výrobcí, kteří mají zájem mít své produkty ve Stavební knihovně DEK je těmto zájemcům nabídnuto vytvoření minirozpočtu i "envirozpočtu" (zabudovaných environmentálních dopadů) jejich skladeb. Firmy to vítají, protože nechat si vytvořit samostatné EPD je pro většinu firem nereálné (drahé) a tak rádi využijí obecného (směrného) výpočtu jejich skladeb. Pro většinu firem otázka ekologie zatím ještě není urgentní, ale s blížící se "zelenou dohodou" bude pro více firem ekologie jejich produktů prioritou a počítá se tedy s tím, že v brzké době budou environmentální dopady pro firmy, mající své produkty ve stavební knihovně, počítány a zobrazovány na komerční bázi.

Při jednání s některými bankami, které poskytují hypotéky funkci zobrazit zabudované environmentální parametry pro celou budovu velice vítají.

Díky velkému zájmu o EnviBIM a díky dobré spolupráci obou stran je v plánu v příštích spolupráce DEK a ČVUT UCEEB na vývoji sofistikovanějšího LCA softwaru.

**POUŽITÉ ZDROJE A LITERATURA**

- [1] S. Junnila and A. Horvath, "Life-Cycle Environmental Effects of an Office Building," *J. Infrastruct. Syst. - J INFRASTRUCT SYST*, vol. 9, Dec. 2003.
- [2] I. Zabalza Bribián, A. Aranda Usón, and S. Scarpellini, "Life cycle assessment in buildings: State-of-the-art and simplified LCA methodology as a complement for building certification," *Build. Environ.*, vol. 44, no. 12, pp. 2510–2520, 2009.
- [3] K. Adalberth, "Energy use during the life cycle of buildings: a method," *Build. Environ.*, vol. 32, no. 4, pp. 317–320, 1997.
- [4] T. Oka, M. Suzuki, and T. Konnya, "The estimation of energy consumption and amount of pollutants due to the construction of buildings," *Energy Build.*, vol. 19, no. 4, pp. 303–311, 1993.
- [5] C. Bayer, M. Gamble, R. Gentry, and S. Joshi, "Guide to Building Life Cycle Assessment in Practice," *Am. Inst. Archit.*, pp. 1–193, 2010.
- [6] C. Cavalliere, G. Habert, G. R. Dell'Osso, and A. Hollberg, "Continuous BIM-based assessment of embodied environmental impacts throughout the design process," *J. Clean. Prod.*, vol. 211, pp. 941–952, Feb. 2019.
- [7] S. Attia, E. Gratia, A. De Herde, and J. L. M. Hensen, "Simulation-based decision support tool for early stages of zero-energy building design," *Energy and Buildings*, vol. 49. Elsevier, pp. 2–15, 01-Jun-2012.
- [8] X. Shi and W. Yang, "Performance-driven architectural design and optimization technique from a perspective of architects," 2013.
- [9] T. Häkkinen, M. Kuittinen, A. Ruuska, and N. Jung, "Reducing embodied carbon during the design process of buildings," *J. Build. Eng.*, vol. 4, pp. 1–13, Aug. 2015.
- [10] W. Tritthart, T. Malmquist, B. Peupartier, and M. Hjal, "Tools, State of the art report - Use of Life cycle assessment Methods and," 2010.
- [11] W. Klöpffer and B. Grahl, *Ökobilanz (LCA): Ein Leitfaden für Ausbildung und Beruf*. WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim, 2009.
- [12] A. Hollberg, "Parametric Life Cycle Assessment: Introducing a time efficient method for," no. November 2016, 2016.
- [13] Úřad pro technickou normalizaci metrologii a zkušebnictví, "ČSN EN 14040 Environmentální management – Posuzování životního cyklu – Zásady a osnova," 2006.
- [14] European Commission - Joint Research Centre - Institute for Environment and Sustainability, *International Reference Life Cycle Data System (ILCD) Handbook - General guide for Life Cycle Assessment - Detailed guidance*, First edit. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2010.
- [15] The Fraunhofer Institute for Building Physics (IBP), "EEB Guide," 2011. [Online]. Available: <http://www.eebguide.eu/?p=1918>. [Accessed: 09-Sep-2015].
- [16] Úřad pro technickou normalizaci metrologii a zkušebnictví, "ČSN EN 15978 Udržitelnost staveb – Posuzování environmentálních vlastností budov –

- Výpočtová metoda," Praha, 2012.
- [17] M. Nehasilová, J. Železná, J. Veselka, P. Raklová, and V. Janda, "Souhrnná výzkumná zpráva k projektu EnviBIM," 2021.
- [18] Úřad pro technickou normalizaci metrologii a zkušebnictví, "ČSN EN 15643 Udržitelnost staveb – Posuzování udržitelnosti budov," no. 73 0912. 2011.
- [19] "Annex57." [Online]. Available: <http://www.annex57.org/>. [Accessed: 26-Jul-2021].
- [20] Č. E. T. Norma, "Č SN EN 15643-2," 2011.
- [21] Úřad pro technickou normalizaci metrologii a zkušebnictví, "ČSN EN 15643-1 Udržitelnost staveb – Posuzování udržitelnosti budov – Část 1: Obecný rámec." 2011.
- [22] Úřad pro technickou normalizaci metrologii a státní zkušebnictví, "ČSN EN 15643-2 Udržitelnost staveb – Posuzování udržitelnosti budov – Část 2: Rámec pro posuzování environmentálních vlastností." 2011.
- [23] Úřad pro technickou normalizaci metrologii a zkušebnictví, "ČSN EN 15643-3 Udržitelnost staveb – Posuzování udržitelnosti budov – Část 3: Rámec pro posuzování sociálních vlastností." 2012.
- [24] Úřad pro technickou normalizaci metrologii a zkušebnictví, "ČSN EN 15643-4 Udržitelnost staveb – Posuzování udržitelnosti budov – Část 4: Rámec pro posuzování ekonomických vlastností." 2012.
- [25] Úřad pro technickou normalizaci metrologii a státní zkušebnictví, "ČSN EN 15804 Udržitelnost staveb – Environmentální prohlášení o produktu – Základní pravidla pro produktovou kategorii stavebních produktů," Praha, 2013.
- [26] Úřad pro technickou normalizaci metrologii a státní zkušebnictví, "ČSN EN 15942 Udržitelnost staveb – Environmentální prohlášení o produktu – Formát komunikace mezi podniky." 2012.
- [27] Úřad pro technickou normalizaci metrologii a zkušebnictví, "TNI CEN/TR 15941 Udržitelnost staveb - Environmentální prohlášení o produktu - Metodologie výběru a použití generických dat," 2012.
- [28] "ČSN ISO 21930 Udržitelnost ve výstavbě - Environmentální prohlášení o stavebních produktech." 2007.
- [29] "ČSN ISO 15392 (730921) - Udržitelnost ve výstavbě - Obecné principy." 2012.
- [30] "ČSN ISO 10534-1 Udržitelnost ve výstavbě - Indikátory udržitelnosti - Část 1: Rámec pro vývoj indikátorů a základní soubor indikátorů pro budovy." 1999.
- [31] "ČSN ISO 21931-1 Udržitelnost ve výstavbě - Rámec pro metody posuzování environmentálních vlastností staveb - Část 1: Budovy." 2010.
- [32] "ČSN ISO 14025 Environmentální značky a prohlášení - Environmentální prohlášení typu III - Zásady a postupy." 2006.
- [33] "IEA EBC || Annex 72 || Assessing Life Cycle Related Environmental Impacts Caused by Buildings || IEA EBC || Annex 72." [Online]. Available:

- <https://annex72.iea-ebc.org/>. [Accessed: 26-Jul-2021].
- [34] IEB EBC Annex 72, "Subtask 4: Expert questionnaire report on the Building Sector LCA Database," 2020.
- [35] J. Železná and A. Lupíšek, "Výzkumná zpráva o databázích environmentálních dat pro stavebnictví," 2020.
- [36] J. D. Silvestre, S. Lasvaux, J. Hodková, J. de Brito, and M. D. Pinheiro, "NativeLCA - a systematic approach for the selection of environmental datasets as generic data: application to construction products in a national context," *Int. J. Life Cycle Assess.*, vol. 20, no. 6, pp. 731–750, 2015.
- [37] N. Emami *et al.*, "A life cycle assessment of two residential buildings using two different LCA database-software combinations: Recognizing uniformities and inconsistencies," *Buildings*, vol. 9, no. 1, pp. 1–20, 2019.
- [38] PRÉ, "SimaPro." PRÉ sustainability, 2012.
- [39] M. Dijk, I. Blom, T. Salet, and P. Marinus, "Environmental impact as a parameter in concrete structure parametric associative models," *Constr. Build. Mater.*, vol. 67, no. PART C, pp. 360–365, 2014.
- [40] "NEN, 2011, NEN-EN-1992-1-1 + C2:2011 with Dutch annex, Eurocode 2: Design of concrete structures – Part 1-1: General rules and rules for buildings."
- [41] M. Ristimäki, A. Säynäjoki, J. Heinonen, and S. Junnila, "Combining life cycle costing and life cycle assessment for an analysis of a new residential district energy system design," *Energy*, vol. 63, no. 2013, pp. 168–179, 2013.
- [42] C. Ipser, H. Floegl, U. Radosch, and S. Geissler, "LEKOECONOMISCH- ÖKOLOGISCHES GEBÄUDELEBENSZYKLUSMODELL," p. 111, 2014.
- [43] M. Finkbeiner, E. M. Schau, A. Lehmann, and M. Traverso, "Towards Life Cycle Sustainability Assessment," *Sustain. 2010, Vol. 2, Pages 3309-3322*, vol. 2, no. 10, pp. 3309–3322, Oct. 2010.
- [44] M. Stevanovic, K. Allacker, and S. Vermeulen, "Development of an approach to assess the life cycle environmental impacts and costs of general hospitals through the analysis of a belgian case," *Sustainability*, vol. 11, no. 3, 2019.
- [45] D. Caterina, N. Paolo, and L. Raffaele, "An Integrated Approach for Sustainability (IAS): Life Cycle Assessment (LCA) as a Supporting Tool for Life Cycle Costing (LCC) and Social Issues," in *Sustainable Building Affordable to All*, 2010.
- [46] R. Heijungs, E. Settanni, and J. Guinée, "Toward a computational structure for life cycle sustainability analysis: unifying LCA and LCC," *Int. J. Life Cycle Assess. 2012* 189, vol. 18, no. 9, pp. 1722–1733, Jul. 2012.
- [47] D. Trigaux, F. De Troyer, K. Allacker, A. Paduart, W. Debacker, and N. De Temmerman, "LCC and LCA of dynamic construction in the context of social housing," *Sustain. Build. Constr. Prod. Technol. - Abstr.*, vol. 1, no. 1, pp. 110–111, 2013.
- [48] L. Wijnants, K. Allacker, and F. De Troyer, "Environmental and Financial Life Cycle Assessment of 'Open-renovation-systems': Methodology and Case Study," *Energy*

- Procedia*, vol. 96, pp. 529–539, Sep. 2016.
- [49] K. Lu, X. Jiang, J. Yu, V. W. Y. Tam, and M. Skitmore, “Integration of life cycle assessment and life cycle cost using building information modeling: A critical review,” *J. Clean. Prod.*, vol. 285, p. 125438, 2021.
- [50] K. Simonen, *Life Cycle Assessment*. Taylor & Francis, 2014.
- [51] L. C. A. Borja, F. Sandro, R. D. A. Cunha, and A. Kiperstok, “Getting Environmental Information from Construction Cost Databases : Applications in Brazilian Courses and Environmental Assessment,” *Sustainability*, vol. 11, 2019.
- [52] X. Yang, M. Hu, J. Wu, and B. Zhao, “Building-information-modeling enabled life cycle assessment, a case study on carbon footprint accounting for a residential building in China,” *J. Clean. Prod.*, vol. 183, pp. 729–743, May 2018.
- [53] A. Vennström, T. Olofsson, W. Fawcett, A. Dikbas, and E. Ergen, “Determination and costing of sustainable construction projects : option based decision support,” in *CIB W78 2010 : 27th International Conference - Applications of IT in the AEC Industry& Accelerating BIM Research : 16-19 November, Cairo Egypt*, 2010.
- [54] A. Freire-guerrero, M. D. Alba-rodríguez, and M. Marrero, “A budget for the ecological footprint of buildings is possible : A case study using the dwelling construction cost database of Andalusia,” *Sustain. Cities Soc.*, vol. 51, no. July, p. 101737, 2019.
- [55] B. Succar and M. Kassem, “Macro-BIM adoption: Conceptual structures,” *Autom. Constr.*, vol. 57, pp. 64–79, Sep. 2015.
- [56] L. A. Akanbi *et al.*, “Salvaging building materials in a circular economy: A BIM-based whole-life performance estimator,” *Resour. Conserv. Recycl.*, vol. 129, pp. 175–186, Feb. 2018.
- [57] L. Á. Antón and J. Díaz, “Integration of Life Cycle Assessment in a BIM Environment,” *Procedia Eng.*, vol. 85, pp. 26–32, Jan. 2014.
- [58] B. Soust-Verdaguer, C. Llatas, and A. García-Martínez, “Critical review of bim-based LCA method to buildings,” *Energy and Buildings*, vol. 136. Elsevier Ltd, pp. 110–120, 01-Feb-2017.
- [59] K. Lu *et al.*, “Development of a carbon emissions analysis framework using building information modeling and life cycle assessment for the construction of hospital projects,” *Sustain.*, vol. 11, no. 22, p. 6274, Nov. 2019.
- [60] T. P. Obrecht, M. Röck, E. Hoxha, and A. Passer, “BIM and LCA integration: A systematic literature review,” *Sustainability (Switzerland)*, vol. 12, no. 14. MDPI AG, p. 5534, 01-Jul-2020.
- [61] E. Loh, N. Dawood, and J. Dean, “Integration of 3D tool with Environmental Impact Assessment (3D EIA),” *3rd Inter- Natl. ASCAAD Conf. Embodying Virtual Archit.*, 2007.
- [62] R. Santos, A. A. Costa, J. D. Silvestre, T. Vandenberg, and L. Pyl, “BIM-based life cycle assessment and life cycle costing of an office building in Western Europe,” *Build. Environ.*, vol. 169, no. November 2019, 2020.

- [63] R. Santos, A. A. Costa, J. D. Silvestre, and L. Pyl, "Integration of LCA and LCC analysis within a BIM-based environment," *Autom. Constr.*, vol. 103, no. February, pp. 127–149, 2019.
- [64] C. Peng, "Calculation of a building's life cycle carbon emissions based on Ecotect and building information modeling," *J. Clean. Prod.*, vol. 112, pp. 453–465, 2016.
- [65] J. Basbagill, F. Flager, M. Lepech, and M. Fischer, "Application of life cycle assessment to early stage building design for reduced embodied environmental impacts," *Build. Environ.*, vol. 60, pp. 81–92, 2012.
- [66] F. Jalaei and A. Jrade, "An Automated BIM Model to Conceptually Design, Analyze, Simulate, and Assess Sustainable Building Projects," *J. Constr. Eng.*, vol. 2014, no. November, pp. 1–21, 2014.
- [67] S. A. Sharif and A. Hammad, "Simulation-Based Multi-Objective Optimization of institutional building renovation considering energy consumption, Life-Cycle Cost and Life-Cycle Assessment," *J. Build. Eng.*, vol. 21, no. June 2018, pp. 429–445, 2019.
- [68] A. Jrade and R. Abdulla, "Integrating Building Information Modeling and Life Cycle Assessment Tools to Design Sustainable Buildings," *Proc. 29th Int. Conf. CIB W78*, pp. 173–182, 2012.
- [69] C. Panteli, A. Kylili, L. Stasiuliene, L. Seduikyte, and P. A. Fokaides, "A framework for building overhang design using Building Information Modeling and Life Cycle Assessment," *J. Build. Eng.*, vol. 20, pp. 248–255, Nov. 2018.
- [70] S. O. Ajayi, L. O. Oyedele, B. Ceranic, M. Gallanagh, and K. O. Kadiri, "Life cycle environmental performance of material specification: a BIM-enhanced comparative assessment," *Int. J. Sustain. Build. Technol. Urban Dev.*, vol. 6, no. 1, pp. 14–24, 2015.
- [71] N. Shafiq, M. F. Nurrudin, S. S. S. Gardezi, and A. Bin Kamaruzzaman, "Carbon footprint assessment of a typical low rise office building in Malaysia using building information modelling (BIM)," *Int. J. Sustain. Build. Technol. Urban Dev.*, vol. 6, no. 3, pp. 157–172, 2015.
- [72] L. Á. Antón and J. Díaz, "Integration of Life Cycle Assessment in a BIM Environment," *Procedia Eng.*, vol. 85, pp. 26–32, 2014.
- [73] S. Seo, S. Tucker, and M. Ambrose, "Selection of Sustainable Building Material Using LCADesign Tool," *Analysis*, pp. 87–94, 2004.
- [74] R. D. Schlanbusch, S. Mamo, F. Kari, and T. Kristjansdottir, *Energi- og klimagassanalyse av isolasjonsmaterialer*. 2014.
- [75] Y. S. Shin and K. Cho, "BIM application to select appropriate design alternative with consideration of LCA and LCCA," *Math. Probl. Eng.*, vol. 2015, no. i, 2015.
- [76] B. Soust-Verdagner, C. Llatas, A. García-Martínez, and J. C. Gómez de Cózar, "BIM-Based LCA Method to Analyze Envelope Alternatives of Single-Family Houses: Case Study in Uruguay," *J. Archit. Eng.*, vol. 24, no. 3, p. 05018002, 2018.
- [77] D. Kehily and J. Underwood, "Embedding life cycle costing in 5D BIM," *J. Inf.*

- Technol. Constr.*, vol. 22, no. July, pp. 145–167, 2017.
- [78] H. Kreiner, A. Passer, and H. Wallbaum, “A new systemic approach to improve the sustainability performance of office buildings in the early design stage,” *Energy Build.*, vol. 109, pp. 385–396, Dec. 2015.
- [79] S. Liu, X. Meng, and C. Tam, “Building information modeling based building design optimization for sustainability,” *Energy Build.*, vol. 105, pp. 139–153, Aug. 2015.
- [80] J. Veselka *et al.*, “Recommendations for developing a BIM for the purpose of LCA in green building certifications,” *Sustain.*, vol. 12, no. 15, Aug. 2020.
- [81] L. Á. A. Joaquín Díaz, “Sustainable Construction Approach through Integration of LCA and BIM Tools,” *Comput. Civ. Build. Eng.*, pp. 955–1865.
- [82] C. Bueno and M. M. Fabricio, “Comparative analysis between a complete LCA study and results from a BIM-LCA plug-in,” *Autom. Constr.*, vol. 90, pp. 188–200, Jun. 2018.
- [83] J. Crippa *et al.*, “A BIM–LCA integration technique to embodied carbon estimation applied on wall systems in Brazil,” *Built Environ. Proj. Asset Manag.*, vol. 8, no. 5, pp. 491–503, Nov. 2018.
- [84] S. Eleftheriadis, P. Duffour, and D. Mumovic, “BIM-embedded life cycle carbon assessment of RC buildings using optimised structural design alternatives,” *Energy Build.*, vol. 173, pp. 587–600, Aug. 2018.
- [85] R. Santos, A. A. Costa, J. D. Silvestre, and L. Pyl, “Integration of LCA and LCC analysis within a BIM-based environment,” *Autom. Constr.*, vol. 103, no. September 2018, pp. 127–149, 2019.
- [86] A. Lupíšek, M. Nehasilová, J. Železná, P. Hájek, B. Pospíšilová, and M. Hanák, “Potential for interconnection of tools for cost estimation and life cycle assessment of partial carbon footprint in the building sector in Czechia,” *Life-Cycle Anal. Assess. Civ. Eng. Towar. an Integr. Vis. - Proc. 6th Int. Symp. Life-Cycle Civ. Eng. IALCCE 2018*, pp. 759–766, 2019.
- [87] “About — InData.” [Online]. Available: <https://www.indata.network/about>. [Accessed: 19-Jul-2021].
- [88] E. Moreno Ruiz, “Webinar - Introduction to ecoinvent 3 - 02 December 2016,” 2016.
- [89] “Cut-Off System Model.” [Online]. Available: <https://www.ecoinvent.org/database/system-models-in-ecoinvent-3/cut-off-system-model/allocation-cut-off-by-classification.html>. [Accessed: 17-Jul-2021].
- [90] “Allocation at the Point of Substitution – ecoinvent.” [Online]. Available: <https://www.ecoinvent.org/database/system-models-in-ecoinvent-3/apos-system-model/allocation-at-the-point-of-substitution.html>. [Accessed: 17-Jul-2021].
- [91] “Substitution, Consequential, Long-Term – ecoinvent.” [Online]. Available: <https://www.ecoinvent.org/database/system-models-in-ecoinvent-3/consequential-system-model/substitution-consequential-long-term.html>.



- [Accessed: 17-Jul-2021].
- [92] “What is a market and how is it created? – ecoinvent.” [Online]. Available: <https://www.ecoinvent.org/support/faqs/methodology-of-ecoinvent-3/what-is-a-market-and-how-is-it-created.html>. [Accessed: 17-Jul-2021].
- [93] E. Reffold, F. Leighton, F. Choudhury, and P. S. Rayner, *Greenhouse gas emissions of water supply and demand management options*. 2008.
- [94] E. Hoxha, D. Maierhofer, M. R. M. Saade, and A. Passer, “Influence of technical and electrical equipment in life cycle assessments of buildings: case of a laboratory and research building,” *Int. J. Life Cycle Assess.*, vol. 26, no. 5, pp. 852–863, 2021.
- [95] ReCiPe, “ReCiPe/Characterisation.”
- [96] R. Heijungs *et al.*, “Environmental life cycle assessment of products: guide and backgrounds,” 1992.
- [97] J. B. Guinée *et al.*, “Handbook on life cycle assessment. Operational guide to the ISO standards. I: LCA in perspective. IIa: Guide. IIb: Operational annex. III: Scientific background,” Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2002, p. 692.
- [98] R. Frischknecht and N. Jungbluth, “Implementation of Life Cycle Impact Assessment Methods. Final report ecoinvent 2000,” Duebendorf, 2003.
- [99] A.-M. Boulay *et al.*, “The WULCA consensus characterization model for water scarcity footprints: assessing impacts of water consumption based on available water remaining (AWARE),” *Int. J. Life Cycle Assess.*, vol. 23, no. 2, pp. 368–378, Feb. 2018.
- [100] M. Hauschild and J. Potting, “Guidelines from the Danish Environmental Protection Agency Spatial differentiation in life cycle impact assessment The EDIP2003 methodology.”
- [101] F. Gomes, R. Brière, A. Feraille, G. Habert, S. Lasvaux, and C. Tessier, “Adaptation of environmental data to national and sectorial context: application for reinforcing steel sold on the French market,” *Int. J. Life Cycle Assess.*, vol. 18, no. 5, pp. 926–938, 2013.
- [102] D. Kellenberger, H.-J. Althaus, T. Künniger, M. Lehmann, N. Jungbluth, and P. Thalmann, “Life cycle inventories of building products,” *ecoinvent Rep. No. 7*, no. 7, pp. 1–57, 2007.
- [103] F. Werner, H. Althaus, T. Künniger, and N. Jungbluth, “Life Cycle Inventories of Wood as Fuel and Construction Material,” *Database*, no. 9, p. 176, 2007.
- [104] Vonka Martin & kolektiv, “SBToolCZ Manuál hodnocení administrativní budovy ve fázi návrhu, Příloha P2 - Životnost stavebních konstrukcí a komponentů.”
- [105] Vonka Martin, “Podklady k předmětu Integrované navrhování budov,” 2013. [Online]. Available: [www.kps.fsv.cvut.cz](http://www.kps.fsv.cvut.cz).
- [106] M. Nehasilová, P. C. Lupíšková, J. Železná, J. Veselka, T. Kupsa, and A. Lupíšek, “EnviBIM: Environmental data module for BIM library of construction elements,” *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, vol. 588, no. 5, pp. 1–4, 2020.

- [107] "BIM Platforma." [Online]. Available: <https://www.bimplatforma.cz/>. [Accessed: 22-Jul-2021].
- [108] "ISO 16739-1:2018 Industry Foundation Classes (IFC) for data sharing in the construction and facility management industries — Part 1: Data schema."
- [109] "buildingSMART - The International Home of BIM." [Online]. Available: <https://www.buildingsmart.org/>. [Accessed: 22-Jul-2021].
- [110] "IFC Standards - Environmental Impact Indicators," 2021. .
- [111] "BIMFORUM - Level of Development (LOD)." .
- [112] "Ecoinvent database," 2012. [Online]. Available: <http://ecoinvent.ch>.
- [113] Vonka Martin & kolektiv, *SBToolCZ 2013 - Manuál hodnocení bytových domů ve fázi návrhu*. Praha: ČVUT, 2012.
- [114] M. Vonka, "Podklady k předmětu Integrované navrhování budov," 2013. [Online]. Available: [www.kps.fsv.cvut.cz](http://www.kps.fsv.cvut.cz).
- [115] M. Nehasilová, O. Nehasil, and A. Lupíšek, "Environmental evaluation of heating system based on life cycle assessment - comparison of classic and energy independent system," in *SBE 19 Malta - Sustainable Built Environment*, 2019, p. 69.
- [116] "MPO potvrdilo snížení konverzního faktoru (koeficientu) pro elektrickou energii - TZB-info." [Online]. Available: <https://vytapeni.tzb-info.cz/vytapime-elektrinou/19370-mpo-potvrdilo-snizeni-konverzniho-faktoru-koeficientu-pro-elektrickou-energii>. [Accessed: 03-Aug-2021].
- [117] Rolf Frischknecht; Roland Steiner; Niels Jungbluth, "The Ecological Scarcity Method 2006," no. January, p. 188, 2009.
- [118] S. Lasvaux, F. Achim, P. Garat, B. Peuportier, J. Chevalier, and G. Habert, "Correlations in Life Cycle Impact Assessment methods (LCIA) and indicators for construction materials: What matters?," *Ecol. Indic.*, vol. 67, pp. 174–182, Aug. 2016.