

**Univerzita Pardubice**  
**Fakulta chemicko-technologická**

**Softwarové nástroje pro posuzování životního cyklu produktu**

**Matyáš Fedor**

**Bakalářská práce**

**2017**

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Matyáš Fedor**  
Osobní číslo: **C16332**  
Studijní program: **B2807 Chemické a procesní inženýrství**  
Studijní obor: **Ekonomika a management chemických a potravinářských podniků**  
Název tématu: **Softwarové nástroje pro posuzování životního cyklu produktu**  
Zadávací katedra: **Katedra ekonomiky a managementu chemického a potravinářského průmyslu**

### Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

1. Rešerše literatury v oblasti životního cyklu produktu a jeho fází.
2. Zmapování problematiky hodnocení životního cyklu produktu, metoda LCA
3. Zmapování softwarových nástrojů pro LCA, jejich funkcionality, architektury a požadavků.
4. Analýza funkčnosti vybraného softwarového nástroje.
5. Provedení primárního výzkumu ve vybraném podniku s cílem zhodnotit možnosti využití softwarových nástrojů pro LCA, důvody a podmínky implementace, překážky a omezení.
6. Zhodnocení a doporučení

Rozsah grafických prací:

Rozsah pracovní zprávy: cca 40 stran

Forma zpracování bakalářské práce: tištěná/elektronická

Seznam odborné literatury:

1. KOČÍ, V. Posuzování životního cyklu, Life Cycle Assessment LCA. Chrudim: Ekomonitor spol. s. r. o., 2009.
2. ČSN EN ISO 14040. 2006. ČSN EN ISO 14040. Posuzování životního cyklu. [Online] Environmentální management - Posuzování životního cyklu. Praha: Ústav pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2006.
3. ČURDA, D., FUCHSOVÁ, A. Ekologická bilance - hodnocení životního cyklu. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 1996.
4. Články z mezinárodního časopisu The International Journal of Life Cycle Assessment.
5. Články z webových stránek US Environmental Protection Agency.

Vedoucí bakalářské práce:

**Ing. Jan Vávra, Ph.D.**

Katedra ekonomiky a managementu chemického a potravinářského průmyslu

Datum zadání bakalářské práce: 17. února 2017

Termín odevzdání bakalářské práce: 7. července 2017



prof. Ing. Petr Kalenda, CSc.  
děkan

L.S.



prof. Ing. Hana Lošťáková, CSc.  
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 17. února 2017

Prohlašuji:

Tuto práci jsem vypracoval samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využil, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byl jsem seznámen s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Souhlasím s prezenčním zpřístupněním své práce v Univerzitní knihovně.

V Pardubicích dne 7. 7. 2017

Matyáš Fedor

## **PODĚKOVÁNÍ**

Děkuji Ing. Janu Vávrovi, Ph.D. za odborné vedení a cenné rady při vypracování bakalářské práce.

## **ANOTACE**

Tato práce pojednává o životním cyklu produktu a jeho fázích, problematice hodnocení životního cyklu produktu a LCA metodě (Life Cycle Assessment). Dále se věnuje softwarovým nástrojům pro LCA, jejich funkcionalitám, strukturám a požadavkům. Blíže popisuje analýzu funkčnosti vybraného softwarového nástroje a hodnotí možnosti využití softwarových nástroj pro LCA ve vybraném podniku.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

životní cyklus produktu, etapy životního cyklu produktu, LCA, softwarové nástroje pro LCA

## **TITLE**

Software tools for product life cycle assessment

## **ANNOTATION**

This bachelor work deals with product life cycle and its phases, product life cycle assessment and the LCA method (life cycle assessment). It also focuses on software tools for LCA, their functionalities, architectures and requirements. It describes the functional analysis of the selected software tool and evaluates the possibilities of using the LCA software tool in the selected company.

## **KEYWORDS**

product life cycle, stages of life cycle product, LCA, software tools for LCA

## OBSAH

ÚVOD .....	8
<b>1 ŽIVOTNÍ CYKLUS PRODUKTU .....</b>	<b>10</b>
1.1 Vymezení pojmu životní cyklus produktu .....	10
1.2 Fáze životního cyklu produktu.....	12
<b>2 POSUZOVÁNÍ ŽIVOTNÍHO CYKLU .....</b>	<b>22</b>
2.1 Podstata a princip metody LCA.....	22
2.2 Historie LCA.....	23
2.3 Fáze metody LCA.....	24
2.4 Přínosy metody LCA.....	27
2.5 Metoda LCA v praxi .....	29
<b>3 SOFTWARE LCA.....</b>	<b>30</b>
3.1 Uživatelé a jejich důvody pro používání softwarů LCA .....	30
3.2 Technické a metodické požadavky.....	31
3.3 Příklady softwarů LCA .....	33
3.4 Zhodnocení.....	35
<b>4 ANALÝZA FUNKČNOSTI SOFTWARE GABI.....</b>	<b>36</b>
4.1 GaBi software .....	36
4.2 Proces použití softwaru GaBi.....	38
4.3 Využití, funkce a obchodní výhody GaBi softwaru .....	38
<b>5 VYUŽITÍ SOFTWARE GABI LCA V PODNIKU .....</b>	<b>40</b>
5.1 Informace zjištěné o vybraném podniku.....	40
5.2 Životní cyklus produktu ve vybraném podniku .....	41
5.3 Překážky a omezení zavedení LCA softwaru .....	42
5.4 Doporučení a zhodnocení.....	43
<b>ZÁVĚR.....</b>	<b>44</b>
<b>POUŽITÁ LITERATURA .....</b>	<b>47</b>

## ÚVOD

Když byl ve 40. letech minulého století objeven v americkém městě Los Angeles tzv. letní smog, který má silné oxidační, agresivní, dráždivé a toxické účinky, nebyl vybaven katalyzátorem ani jediný automobil. Dnes je neodmyslitelnou součástí každého automobilu a měření emisí se při technické kontrole nevyhne nikdo z uživatelů. Snižování emisí je prioritně povinností výrobců automobilů. Dnes již nikdo nepochybuje o nutnosti těchto změn.

A tak by to mělo být i v hodnocení jakéhokoli produktu od těžby surovin, přes jeho výrobu až po jeho odstranění jako odpadu. Každý výrobek může představovat a často i dokonale skrývat v každé fázi svého životního cyklu negativní dopady na životní prostředí, které je z pochopitelných příčin potřeba minimalizovat bez ztráty kvality produktu. Firmy si musí být vědomy globální odpovědnosti a musí pečovat o životní prostředí ve všech ohledech své činnosti, která zahrnuje kromě výše zmiňované těžby a recyklace i počáteční výzkum a vývoj, výběr materiálu, dodávky zboží i samotný provoz.

Je „ekologické“ vždy ekologické? Nikdo nepochybuje například o nutnosti využívání alternativních zdrojů energií, např. energie solární, při jejíž výrobě nevznikají škodliviny. Pokud však budeme sledovat životní cyklus solárních panelů, budeme muset přispěvek této energie ke snížení dopadů na životní prostředí „pře počítat“.

Nástrojem k posouzení dopadů na životní prostředí je LCA – hodnocení životního cyklu výrobku (Life Cycle Assessment – dále jen LCA). Je to jeden z nejdůležitějších nástrojů na dosažení udržitelného rozvoje, udržitelné výroby a spotřeby. Bez sofistikovaných softwarů LCA by byla realizace LCA nemyslitelná.

V první části bakalářské práce bude detailně rozebrána problematika životního cyklu produktu a vysvětleny další pojmy, které s touto problematikou souvisí. Ve druhé části bude vysvětlena metoda LCA (Posuzování životního cyklu), fáze realizace této metody a její využití v podniku. Třetí část bude věnována obecně softwarovým nástrojům metody LCA, jak fungují, co obsahují, jaké základní vlastnosti a parametry by měly mít. Čtvrtá část se bude zabývat analýzou funkčnosti konkrétního LCA softwaru. Pátá část bude věnována praktickému výzkumu ve vybraném podniku.



Hlavním cílem této bakalářské práce je zmapovat pojem životní cyklus produktu a možnosti využití softwarových nástrojů pro posuzování životního cyklu v podniku. K naplnění jsem si vytyčil následující tři cíle, a to:

- 1) Pomocí rešerše odborné literatury definovat pojmy životní cyklus produktu, etapy životního cyklu produktu, zmapovat problematiku hodnocení životního cyklu produktu – metoda LCA, zmapovat softwarové nástroje pro LCA, jejich funkcionality, architektury a požadavky
- 2) Provést analýzu funkčnosti konkrétního LCA softwaru
- 3) Provést primární výzkum ve vybraném podniku a na základě scénáře dotazování zhodnotit možnosti využití softwarových nástrojů pro LCA, uvést důvody a podmínky implementace, překážky a omezení a případná doporučení k zavedení softwarového nástroje LCA

# 1 ŽIVOTNÍ CYKLUS PRODUKTU

Pojem životní cyklus si můžeme představit jako určitou dobu mezi zrozením a zánikem, kterou mají nejen lidé a zvířata, ale i produkty. Mezi těmito dvěma body je individuálně dlouhý časový úsek, který obsahuje různé etapy. Tyto etapy se odlišují hlavně tím, jakým způsobem na životní cyklus výrobku nahlížíme. Životní cyklus výrobku má více významů. Tato práce se bude zabývat softwarovými možnostmi sledování a vyhodnocování životního cyklu produktu. Proto je nutné si nejprve uvědomit, jak lze životní cyklus produktu definovat a z jakých hledisek na něj můžeme nahlížet.

## 1.1 Vymezení pojmu životní cyklus produktu

První význam tohoto pojmu souvisí úzce s marketingem. Jedná se o cyklus výrobku, který začíná zavedením produktu na trh a končí útlumem zájmu o produkt a jeho stažením z trhu. Firmy se snaží své výrobky udržet na trhu co nejdéle a mít z nich co nejvyšší zisky. Tržní životnost produktu z marketingového hlediska je podle Kotlera doba, kterou se určitý výrobek udrží za přijatelných podmínek pro výrobce na trhu. Životní cyklus produktu vyjadřuje závislost objemu prodeje na čase a je možné jej vyjádřit graficky. Mezinárodně se používá zkratka PLC převzatá z angličtiny (Product Life Cycle – PLC). Životní cyklus produktu představují následující charakteristiky: Výrobek existuje omezeně dlouho a prochází z hlediska objemu prodeje čtyřmi různými etapami, každá představuje pro prodejce jiné výzvy, příležitosti a komplikace. V jednotlivých etapách se liší zisky, ale i požadavky na výrobky z hlediska marketingové, finanční, personální, nákupní i výrobní strategie. [1]

Grosová popisuje životní cyklus výrobků jako model reakce trhu v čase, v němž závisle proměnnou bývá obvykle množství prodaných výrobků, tržby, příspěvek na pokrytí fixních nákladů a zisku (hrubé rozpětí) nebo zisk, zatímco jedinou nezávisle proměnnou je čas. V životním cyklu výrobku se odráží změny požadavků, preferencí zákazníků, technické i psychologické zastarání, technický pokrok, móda. Životní cyklus výrobku je sledem vzájemně odlišitelných etap, jejichž počet se pohybuje mezi čtyřmi až šesti. Nejčastěji se uvádějí čtyři etapy, a to zavádění, růst, zralost a pokles. [2]

Pro potřeby této práce nás ale bude zajímat environmentálně pojatý životní cyklus produktu, který souvisí s vlivy produktu na životní prostředí a metodou posuzování životního cyklu. Jedná se o život produktu, který začíná těžbou surovin, pokračuje jeho

výrobou a používáním a končí jeho odstraněním jako odpadu. [3] Historie metody sledování životního cyklu produktu sahá až do šedesátých let dvacátého století, proto se lze domnívat, že se zájem o environmentální životní cyklus produktu projevil přibližně ve stejném období. Důvodů, proč se společnost a podniky začaly zajímat o životní cyklus produktu, bylo zajisté několik. Stěžejním důvodem je podle internetové stránky Enwiweb.cz rostoucí povědomí široké veřejnosti o zhoršené kvalitě životního prostředí, který zapříčinil legislativní tlak na znečišťovatele. Proto můžeme sledovat snahu průmyslových podniků, vlád, hnutí, místních komunit nebo laické veřejnosti snížit negativní dopady výrobků na životní prostředí. Jiným důvodem jsou pravděpodobně ekonomické přínosy. Jako příklad si můžeme uvést recyklaci papíru, která je součástí životního cyklu výrobku. Opětovné použití papíru šetří nejenom životní prostředí, ale také náklady na výrobu dalších výrobků. [4]

Nepříznivé ovlivňování přírodního prostředí zákonitě souvisí se samotnou podstatou a vývojem lidské společnosti. K současnému problému rapidního zhoršování životního prostředí přispívá nejen nesrovnatelné zvýšení nároků na spotřebu všech materiálů, ale také intenzivní přírůstek počtu obyvatel a zvýšení hustoty zalidnění naší planety. Jednou z cest, jak řešit tento nepříznivý stav, je omezování činností s negativním ekologickým dopadem, případně jejich substituce šetrnějšími procesy. Snahou je tedy posuzovat hotové výrobky, ale i technologické postupy a činnosti též z hlediska jejich vlivu na životní prostředí. Proto je cílem zvolit či propagovat tu nejméně škodlivou variantu. [5]

Oficiální definice životního cyklu je uvedena v normě ČSN EN ISO 14040 a zní: všechna stádia života výrobku od získávání surovin potřebných k jeho výrobě, přes výrobu vlastního výrobku, jeho používání a likvidace použitého, již nepotřebného výrobku. Není totožný se životností výrobku. [6]

Kočí ve své knize Posuzování životního cyklu uvádí, že výrobek vstupuje během své existence do několika významných stadií, která mají různé dopady na životní prostředí. Autor přináší zajímavou myšlenku a přirovnává životní cyklus produktu k životu organismu. Podobně jako organismus, který se skládá ze zrození, vývoje, aktivního života a smrti, zahrnuje PLC tato čtyři hlavní stadia: získávání surovin pro výrobu potřebných materiálů, výrobu produktu z již vyrobených materiálů, užívání produktu a závěrečné odstranění produktu. [7]

Hanus definuje pojem PLC jako životní cestu produktu, která začíná rozdílně od ostatních názorů, a to návrhem vývojového oddělení, a končí uložením nevyužitých částí výrobku po skončení jeho životnosti na skládku nebo zneškodnění ve spalovně. [8]

Weinzettel dodává, že životní cyklus výrobku lze popsat jako systém, který se svým okolím komunikuje pomocí vstupů a výstupů. Lze ho definovat jako souhrn operací na výrobku s materiálovými a energetickými toky. [9]

Některé zdroje uvádějí, že se environmentální životní cyklus produktu skládá ze všech přímých a podpůrných procesů potřebných k vytvoření, distribuci, užití, udržování a odstranění produktu. Zkrátka obsahuje všechny procesy od těžby surovin až po likvidaci či recyklaci výrobku. Tento přístup je známý pod pojmem „Cradle to Grave“ neboli od kolébky do hrobu. Přístup „Cradle to Grave“ se snaží posuzovat dopady v každé fázi životního cyklu výrobku. Posuzuje tedy všechny dopady na životní prostředí od těžby surovin, přes výrobu, přepravu, používání výrobku, až po recyklaci a likvidaci výrobku. [10] V posledních letech se zmiňuje dokonce přístup „Cradle to Cradle“ neboli z kolébky do kolébky. Tento přístup vyjadřuje uzavřený životní cyklus výrobku zahrnující i jeho recyklaci. [11]

S životním cyklem produktu také souvisí pojem „Life Cycle Thinking“. Life cycle thinking je posouzení dopadů na životní prostředí a použité zdroje v průběhu života produktu. Pomáhá identifikovat aktivní oblasti výrobku pro případné zlepšení v podobě nižších dopadů na životní prostředí, sníženého používání zdrojů ve všech fázích životního cyklu nebo kompromisů mezi různými možnostmi produktu. [12]

Life cycle thinking je většinou kvalitativní diskuze, která slouží k identifikaci fází životního cyklu nebo možných dopadů na životní prostředí. [10] Life cycle thinking se odlišuje od jiných metod tím, že jde nad rámec tradičního zaměření na výroby a výrobní procesy. Zahrnuje environmentální a socioekonomické dopady produktu v průběhu jeho celého životního cyklu. [13]

## **1.2 Fáze životního cyklu produktu**

Tak jak se od sebe liší produkty, liší se i jejich životní cykly. Různorodost životních cyklů výrobků je opravdu veliká, a proto se liší i názory autorů na jejich složení. Členění etap je tedy velmi subjektivní záležitostí. Autoři obvykle popisují čtyři až šest etap, v některých případech může ale tento počet být daleko vyšší.

Jedním z autorů, který popisuje tuto problematiku, je Kočí. Preferuje rozdělení životního cyklu na čtyři stadia, která jsou znázorněna v obr. 1. Podle Kočího je prvním stadiem získávání obnovitelných a neobnovitelných surovin z energetických zdrojů a prostředí. Patří sem například těžba dřeva, rud nebo ropy. Zajímavostí je, že se do tohoto stadia řadí i doprava surovin z místa odkud se získávají do místa jejich dalšího zpracování. Stadium výroby materiálů, kdy jsou suroviny přeměňovány na materiály použitelné v další průmyslové výrobě a využívají se paliva, elektrická energie a jiné zdroje se dá vzít v potaz jako samostatné stadium, Kočí ho však zahrnuje stále do stadia získávání surovin. Další důležitou částí je stadium výroby. Do tohoto stadia se řadí přeměny materiálů potřebných pro výrobu produktu, výroba a komplementace vlastního produktu a jeho balení, které je nutné pro distribuci ke spotřebiteli. Doprava výrobku ke spotřebiteli souvisí s určitými materiálovými a energetickými vstupy a výstupy, které samozřejmě mají environmentální dopady. Poté je na řadě stadium využívání produktu spotřebitelem. V této fázi je výrobek spotřebováván, využíván a plní funkci, kvůli níž byl vyroben. Nutností je dodat, že se do tohoto stadia zahrnují i energetické a surovinové požadavky na provoz produktu. Když dojde k naplnění funkce produktu a spotřebitel výrobek nepoužívá a nehodlá jej nadále vlastnit, nastává stadium odstranění. Jsou zde zahrnuty energetické a materiálové nároky na odstranění, opětovné užití či recyklaci. Velikou výhodou recyklace je, že můžeme získat zpět určité množství znovu využitelných materiálů a energie. [7]



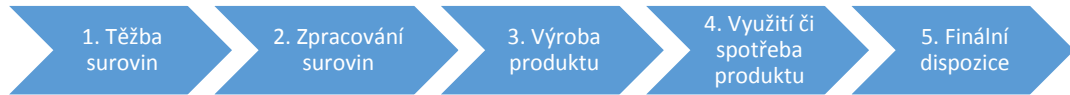
**Obr. 1: Životní cyklus výrobku podle Kočího**

*Zdroj: upraveno autorem, podle [7]*

Koalice pro udržitelné materiály popisuje v obr. 2 pět fází životního cyklu. Od popisu Kočího se liší tím, že nezahrnuje fázi zpracování surovin do fáze těžby surovin, ale uvádí ji jako samostatnou fázi. Proto člení fáze životního cyklu produktu do tohoto pořadí: [14]

- 1) Těžba surovin.
- 2) Zpracování surovin.

- 3) Výroba produktu.
- 4) Využití či spotřeba produktu.
- 5) Finální dispozice (skládka, spalování, recyklace, opětovné použití).

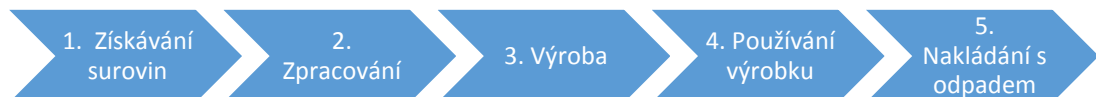


**Obr. 2 : Životní cyklus produktu podle Koalice pro udržitelné materiály**

*Zdroj: upraveno autorem, podle [14]*

Institut pro udržitelnost přírodních zdrojů uvádí, že se životní cyklus produktu skládá z pěti fází, které jsou znázorněny v obr. 3. Od popisu Koalice pro udržitelné materiály se odlišuje tím, že opětovné použití výrobku řadí ještě do fáze použití výrobku, a nikoliv do konečné fáze života výrobku. [15]

- 1) Získávání surovin, které zahrnuje těžbu materiálů a dopravu do výrobních míst.
- 2) Zpracování, které zahrnuje zpracování materiálů a dopravu do místa výroby.
- 3) Výrobu, která zahrnuje výrobu produktu, montáž, balení a dopravu do konečného rozdělení.
- 4) Používání výrobku, které zahrnuje energie a emise během životnosti produktu, požadovanou údržbu a opětovné použití výrobků (renovace, opětovné použití materiálu).
- 5) Nakládání s odpadem výrobku, které zahrnuje recyklaci, skládky, kapalné odpady, plynné emise atd.

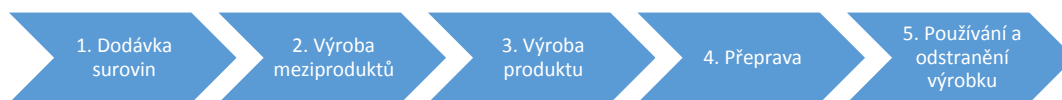


**Obr. 3: Životní cyklus produktu podle Institutu pro udržitelnost přírodních zdrojů**

*Zdroj: upraveno autorem, podle [15]*

Podle Sítě pro podnikání, inovaci a udržitelnost bere metoda LCA pro typický produkt v úvahu pět fází, které jsou vyobrazeny v obr. 4. Toto rozdělení se shoduje s některými jinými názory na počtu fází, ale odlišuje se tím, že přepravu surovin, meziproduktů a produktu považuje za samostatnou fázi. [16]

- 1) Dodávku surovin potřebných k výrobě produktu.
- 2) Výrobu meziproduktů.
- 3) Výroba produktu.
- 4) Přepravy surovin, meziproduktů a produktu.
- 5) Používání výrobku a odstranění výrobku po použití.

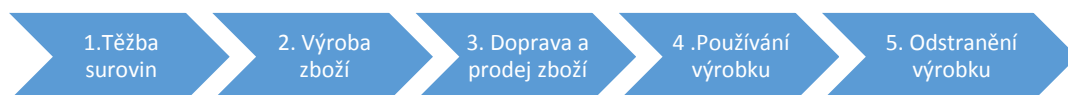


**Obr. 4: Životní cyklus produktu podle Sítě pro podnikání, inovaci a udržitelnost**

*Zdroj: upraveno autorem, podle [16]*

Životní cyklus produktu podle Cenia obsahuje pět fází, které jsou zobrazeny v obr. 5. Zajímavostí je, že tento pohled na životní cyklus produktu řadí dopravu a prodej do stejné fáze. Cenia ještě dodává, že životní cyklus končí odstraněním („tzv. od kolébky do hrobu“). V některých případech lze popsat fáze pouze do opuštění bran výrobního závodu (tzv. od kolébky k bráně), protože se v dalších etapách život výrobku může značně lišit. [17]

- 1) Těžba surovin.
- 2) Výroba zboží.
- 3) Dopravu a prodej zboží.
- 4) Používání výrobku.
- 5) Odstranění výrobku.

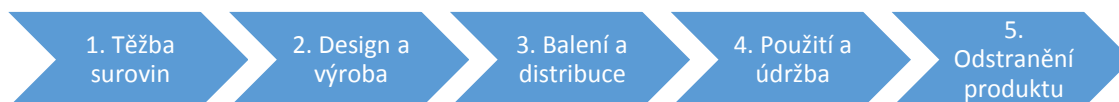


**Obr.5: Životní cyklus produktu podle Cenia**

*Zdroj: upraveno autorem, podle [17]*

Podle Life Cycle Initiative obsahuje životní cyklus výrobku pět fází. Tento pohled na životní cyklus výrobku vyobrazený na obr. 6 je jedinečný tím, že do první fáze řadí kromě těžby surovin z přírodních zdrojů také výrobu energie, a také tím, že do fáze výroby řadí i design produktu. [13]

- 1) Těžba surovin z přírodních zdrojů a výroba energie.
- 2) Design a výroba produktu.
- 3) Balení a distribuce produktu.
- 4) Použití a údržba produktu.
- 5) Odstranění produktu (recyklace, opakované použití nebo konečná likvidace).



**Obr. 6 : Životní cyklus produktu podle Life Cycle Initiative**

*Zdroj: upraveno autorem, podle [13]*

Weinzettel popisuje šest stupňů životního cyklu, které jsou popsány v obr. 7. Weinzettel se odlišuje tím, že do životního cyklu výrobku přidává distribuci a prodej, které považuje za samostatné stupně. Za základní stupeň životního cyklu považuje získávání suroviny. Jako příklad uvádí těžbu ropy pro plastové výrobky. Po získávání surovin řadí stupeň výrobní, kde jsou suroviny zpracovány do základních materiálů pro výrobu. Zmíněná nafta je zpracována na polymer, který je pak dále možné zpracovat na plasty. Tyto materiály se podílejí na vlastní výrobě. Mezi následujícími stupni patří distribuce, prodej a užívání výrobku. Když výrobek dosáhne svého konce, je třeba ho ekologicky



zlikvidovat. Ekologicky nejpříjemnějším řešením je recyklace, kdy výrobek nebo jeho části můžeme znovu použít pro výrobu nového produktu. Části výrobku, které nemůžeme recyklovat, tvoří odpad. Weinzettel upozorňuje na to, že jednotlivé části životního cyklu jsou spojené s dopravou, která je rovněž součástí většiny stupňů a je nutná pro přepravu produktu a surovin. Podle autora všechny jednotlivé části životního cyklu vyžadují suroviny a energii a produkují odpad a emise. [9]



**Obr. 7: Životní cyklus produktu podle Weinzetela.**

*Zdroj: upraveno autorem, podle [9]*

UNEP rozděluje životní cyklus produktu na šest fází. Tento pohled je znázorněný na obr. 8 a je zajímavý a rozdílný od ostatních v tom, že jako první fází uvádí konstrukci výrobku: [18]

- 1) Konstrukce výrobku
- 2) Těžba a zpracování surovin
- 3) Výroba produktu
- 4) Balení a distribuce produktu
- 5) Použití a údržba produktu
- 6) Ukončení života výrobku, do kterého spadá opětovné použití, recyklace a likvidace.



**Obr. 7: Životní cyklus produktu podle UNEP**

*Zdroj: upraveno autorem, podle [18]*

Podle [www.tececo.com](http://www.tececo.com) lze rozdělit životní cyklus výrobku na šest etap, které jsou graficky znázorněny v obr. 9. Čtvrtou etapou je podle tohoto webu Marketing, který představuje distribuci výrobku pro spotřebitele. [19]

- 1) Těžba nerostných surovin.
- 2) Zpracování, výroba a zhotovení výrobku.
- 3) Balení a doprava výrobku.
- 4) Marketing.
- 5) Použití výrobku ze strany spotřebitele.
- 6) Odstranění nebo využití výrobku po jeho skončení životnosti.



**Obr. 9: Životní cyklus produktu podle [www.tececo.com](http://www.tececo.com)**

*Zdroj: upraveno autorem, podle [18]*

Názor Evropské komise na životní cyklus produktu se od jiných názorů odlišuje tím, že se může skládat až ze sedmi fází vyobrazených na obr. 10 a také tím že do páté fáze řadí neobvykle skladování: [12]

- 1) Získávání surovin.
- 2) Zpracování surovin.
- 3) Výroba produktu.
- 4) Balení.
- 5) Přeprava, distribuce, skladování.
- 6) Spotřebitelské použití.

- 7) Ukončení života produktu (opětovné použití, recyklace, jiné využití, odstranění).



**Obr. 10: Životní cyklus produktu podle Evropské komise.**

*Zdroj: upraveno autorem, podle [12]*

Podle Hanafiaha má životní cyklus produktu sedm fází. Ty jsou vyobrazeny na obr. 11. Hanafiah se shoduje s Evropskou komisí na počtu fází. Rozdíl od ostatních zdrojů je ale v pohledu na dopravu. Hanafiah ji do životního cyklu výrobku zahrnuje dvakrát, nejdříve jako dopravu surovin a poté jako dopravu produktu. Obě tyto fáze považuje za samostatné. [20]

- 1) Těžba surovin
- 2) Doprava surovin
- 3) Výroba
- 4) Balení
- 5) Doprava produktu
- 6) Využití produktu
- 7) Vyřazení produktu: opětovným použitím, recyklací nebo konečným odstraněním.



**Obr. 11: Životní cyklus produktu podle Hanafiaha.**

*Zdroj: upraveno autorem, podle [20]*

Většina zdrojů uvádí, že životní cyklus začíná těžbou a zpracováním nerostných surovin, pokračuje výrobou a užíváním výrobku a končí ukončením života výrobku, do kterého patří opětovné použití, recyklace nebo likvidace. Někteří autoři ale k těmto základním stadiím přidávají další, mezi které patří např. balení, design, konstrukce výrobku, distribuce a doprava. Dopravu někteří autoři považují za samostatnou etapu života výrobku, podle jiných je zase součástí více fází výrobku, a tudíž ji za samostatnou etapu výrobku nepovažují.

Podle Hanuse se produkty od sebe liší, a proto je různá i doba trvání jejich životního cyklu. U potravin nebo služeb to může být 14 dní, u spotřebičů několik let a u budov a infrastruktury až několik desetiletí. Výrobek nebo služba má vliv na životní prostředí hlavně během svého životního cyklu, ale ovlivňuje ho výrazně i po skončení životnosti. [8]

Mezi tyto vlivy na životní prostředí, které zatěžují výrobce výrobku, patří například platby za emise a odpady, provoz čistících zařízení, problémy s bezpečností práce a pracovním prostředím, nutnost řízení environmentálních aspektů, administrativní náročnost, náklady spojené se shodou a legislativou a další. Produkci emisí, odpadů, spotřebou energií a vody nebo servisními zásahy zatěžují také spotřebitele při jejich používání. Zatěžují i obce a další subjekty, které se podílejí na likvidaci produktu. I přes vzrůstající spotřebu a měnící se návyky spotřebitelů je tlak na výrobce a umístění koncových technologií čím dál vyšší. Trendem je hledat řešení, jak tyto vlivy zmírnit. Cílem výrobců by mělo být hledání odpovědí na uvedené problémy a zároveň zůstat se svými produkty v zorném poli spotřebitele. Nástroj, jak analyzovat tyto vlivy nese název analýza životního cyklu výrobku. [8]

V každé fázi života reaguje výrobek s jinými systémy. Reaguje například s životním prostředím (těžba surovin, využití půdy), ekonomikou (náklady na výrobu produktu, zisk z prodeje), nebo sociální oblastí (zaměstnanost, práva pracujících). Proto jsou vztahy mezi environmentální, ekonomickou a sociální oblastí výrazně provázané. [18]

Důležité je, aby se na jednotlivá stadia nahlíželo individuálně, protože každé stadium představuje jinou potenciální environmentální zátěž. Pokud chceme zhodnotit a porovnat environmentální dopady produktů kvalitně, je třeba zaměřit se na všechna stadia životních cyklů a nezaměřovat se jen na některá z nich.

## 2 POSUZOVÁNÍ ŽIVOTNÍHO CYKLU

V současné době je patrný rostoucí zájem o rozvoj technologií, které jsou šetrnější k životnímu prostředí. Nejde jen o nízkoenergetické technologie, ale o koncepční přístup k omezení všech nežádoucích environmentálních dopadů, které jsou spojené s používáním určitého výrobku nebo provozem určitého zařízení. Snahou je najít technologický postup, který je šetrnější k životnímu prostředí ve všech možných důsledcích. [21]

Pravděpodobně nejznámější analytickou metodou environmentálního managementu je Posuzování životního cyklu, v angličtině známé pod názvem Life Cycle Assessment – LCA. Metoda LCA byla uplatněna například při posuzování dopadů při výrobě cementu nebo při porovnání alternativních metod oxidačních postupů odstraňování organických látek z odpadních vod z výroby papíru. [21] Pomocí metody LCA lze zvolit environmentálně šetrnější technologie, ale i takové provozní látky, které budou mít příznivější dopady na celý životní cyklus produktu. Jako příklad lze uvést využití metody LCA pro volbu zpomalovače hoření do elektronického výrobku. [21] V současnosti se metoda LCA využívá například při posuzování environmentálních dopadů souvisejících s používáním biopaliv. I přesto, že tato metoda byla v zahraniční aplikována několikrát, v ČR její využití zatím není časté, a to ani ve výzkumu, ani v praxi. [21]

### 2.1 Podstata a princip metody LCA

LCA je analytická metoda hodnotící všechny environmentální dopady související s životním cyklem výrobků, služeb nebo technologií. Tato metoda nejen hodnotí, ale také porovnává všechny dopady s ohledem na jejich kompletní životní cyklus. Cílem této metody je tedy souhrnně hodnotit a porovnat možné dopady všech fází životního cyklu. Nejprve se identifikují a sumarizují všechny emise látek do prostředí všech fází životního cyklu výrobku. Sečtené hmotností toky emisí se pak vztahují k určitému množství výrobku. Tento soubor dat se nazývá inventarizační profil a vyjadřuje množství jednotlivých emisí vztažených na jednotku výrobku. LCA ale posouvá vyjadřování dopadů na životní prostředí tím, že inventarizační profil následně využívá pro hodnocení vlivu výrobků na specifické kategorie dopadu. Kategorii dopadu lze vyjádřit jako specifický problém životního prostředí, na jehož vzniku a rozvoji se podílí lidská činnost v důsledku výměny látek či energií s okolním prostředím. Jako příklady kategorií dopadu můžeme považovat např. globální oteplování, úbytek ozonu, eutrofizaci (proces obohacování vod o živiny, zejména dusík a fosfor), acidifikaci (okyselení), ekotoxicitu nebo lidské zdraví.

Indikátor kategorie dopadu je pak veličina, která popisuje, do jaké míry se produkt podílí na rozvoji dané kategorie dopadu. [21]

Metoda LCA je standardizována normou ISO 14040. Hlavním důvodem standardizace byla snaha předejít zneužití LCA pro marketingové účely. Některé LCA studie bylo možné kvůli jejich nestálým podobám interpretovat zavádějícím způsobem. Tomu jevu předchází již platné standardy LCA. [7]

Metodu LCA lze podle zmíněné normy definovat jako „shromažďování a vyhodnocování vstupů, výstupů a možných dopadů produkovaného systému na životní prostředí během jeho životního cyklu.“ [22]

Při posuzování jde tedy o zmapování jednotlivých toků mezi jednotlivými fázemi životního cyklu výrobku a životním prostředím. Cílem metody LCA je definovat a vyčíslit všechny environmentální dopady spojené s výrobkem. [22]

## 2.2 Historie LCA

První porovnávání environmentálních dopadů výrobků bylo prováděné metodou retrospektivně, a proto se označovalo jako proto-LCA. Toto porovnání bylo realizováno v Midwest Research Institute a jmenovalo se Resource and Environmental Profile Analysis (REPA). První podnikem, který si studii REPA objednal, byla Cola-Cola, která si v roce 1969 nechala zpracovat studii na obalové materiály svých nápojů. Průkopníkem již dříve zmíněné myšlenky hodnotit produkt takzvaně „od kolébky do hrobu“ je Harry Taesley.[7] Na začátku 70. let v Evropě vznikaly v Evropě další podobné studie, které se zabývaly environmentálními dopady výrobků během jejich celého životního cyklu, tzn. „od kolébky do hrobu“. Tyto studie byly většinou zaměřené na odpadové hospodářství a obaly. V průběhu 70. let vzrostl zájem o LCA studie zaměřující se na suroviny díky energetické a ropné krizi. V srpnu roku 1990 ve Vermontu proběhl workshop Smugglers Notch, kde byl poprvé použit termín Life Cycle Assessment. Výsledkem zmíněného workshopu byla kniha „A Technical Framework for Life Cycle Assessment“, ve které se definovaly dodnes platné fáze LCA. Další podobný workshop byl organizován v belgické Lovani, který měl za cíl sjednotit všechny metody založené na „životním cyklu“ produktu. Od této doby se metoda „od kolébky do hrobu“ používá pod názvem LCA. [7]

K prudkému zájmu odborníků o LCA došlo v letech 1990-1993. Na procesu standardizace se pracovalo od roku 1993 jak v USA, tak i v Evropě. Proces standardizace

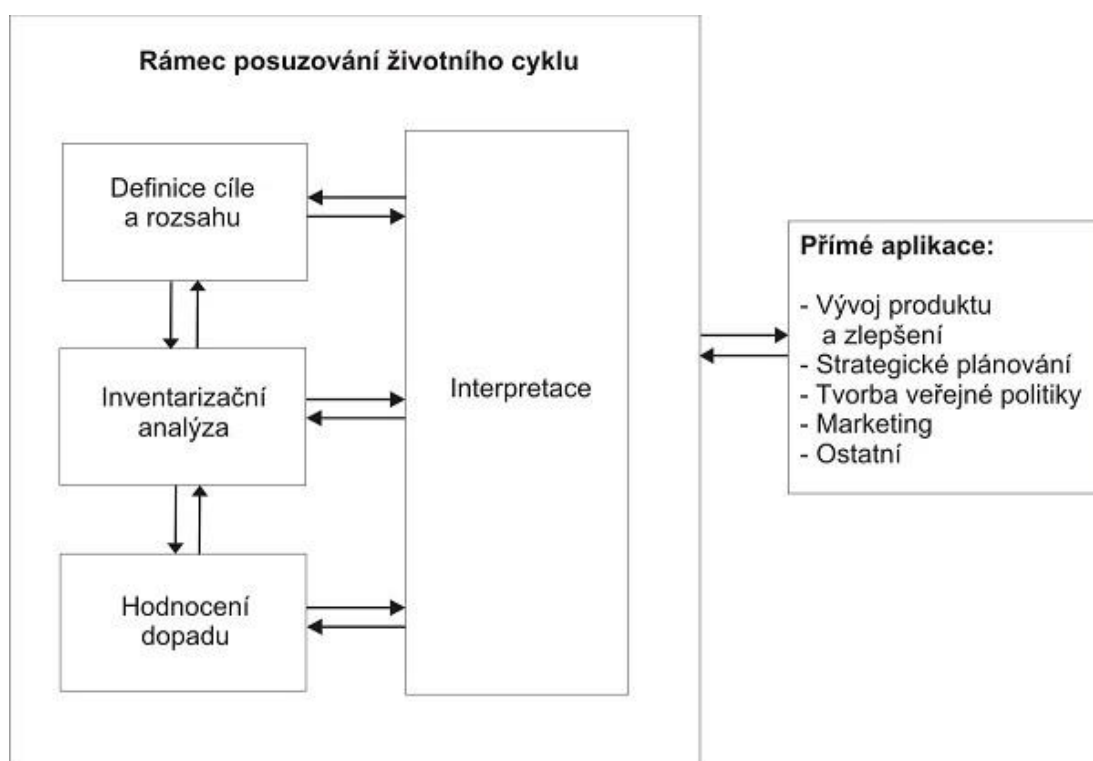
byl nastartován úspěšným workshopem v Sesimbře, kde byl přijat klíčový dokument „A Code of Practise“. Zpočátku prošla metoda LCA obsáhlým rozvojem. Dnes jsou její základní metodické postupy již fixovány a vytvářejí se jednotné databázové přístupy, společná databázová rozhraní, referenční databáze apod. [7]

### 2.3 Fáze metody LCA

Na základě normy ISO 14040 jsou součástí metody LCA tyto čtyři povinné fáze: [22]

- 1) Definice cílů a rozsahu.
- 2) Inventarizace.
- 3) Hodnocení dopadů.
- 4) Interpretace.

Vztah mezi těmito fázemi je znázorněn graficky na obr. 12:



Obr. 12: Fáze metody LCA

Zdroj: upraveno autorem, podle [22]



## **Fáze č. 1 – Definice cílů a rozsahu**

První fázi je možné označit jako plánovací. Nejprve je nutné definovat, za jakým účelem se studie provádí a pro koho jsou výsledná data určena. Tato data pak mohou být využita jak pro účely interní, tak i externí. [3]

Norma stanovuje dále i rozsah studie, ve kterém je největší pozornost věnována především stanovení hranic systému, funkční jednotky a požadavků na kvalitu údajů. Hranice systému vymezují komplexnost LCA a je nutností, aby byly v souladu se stanoveným cílem studie. Je potřeba věnovat velkou pozornost funkční jednotce, protože představuje základ, ke kterému se bude vztahovat negativní dopad na životní prostředí. Jednotky musí být proto jasně definované a měřitelné. Správnost stanovení funkční jednotky je důležitá i při porovnání negativních vlivů produktových systémů, které v praxi plní stejnou funkci. Důležitost je kladena i na kvalitu údajů, která musí být popsána z důvodu pochopení spolehlivosti výsledku studie a správnosti vyhodnocení výstupů. [22]

## **Fáze č. 2 – Inventarizace**

Tato fáze podle Kočího slouží ke zjištění a vyčíslení všech materiálových a energetických toků, které vstupují do životního cyklu výrobku a především těch, které je opouštějí a působí v životním prostředí. Podstatou inventarizační analýzy je modelování produktového systému, které se obvykle realizuje pomocí specializovaného databázového software. Nedílnou součástí inventarizace je také sběr dat, který zjišťuje informace o jednotlivých procesech životního cyklu výrobku, energetické a materiálové náročnosti všech zúčastněných procesů. Výstupem inventarizace je soubor dat, který nám zjednodušeně říká, jaká množství jakých látek se dostávají během celého životního cyklu výrobku do životního prostředí formou různých emisí a jaká množství přírodních surovin byla spotřebována. Tento soubor dat se nazývá takzvaně ekovektorem výrobku a bývá prezentován v inventarizačních tabulkách. Množství vypuštěných emisí a spotřebovaných surovin je vždy vztaženo k referenčnímu toku výrobku. Výsledek inventarizace by nám měl sdělit, kolik a jakých látek z okolního prostředí do systému vstupuje a kolik z něho vystupuje. I jednoduché výrobky vstupují do velkého počtu jednotlivých operací. Všechny fáze životního cyklu výrobku musí být v inventarizaci zmapovány a zapojeny do určení výsledného ekovektoru výrobku. [7]

Inventarizační analýza vyžaduje dobrou znalost výrobních operací, jejich parametrů, vlivů na životní prostředí a přesné materiálové složení všech surovin použitých při jeho výrobě, protože spočívá ve sběru údajů a dopočtech odpovídajících vstupů a výstupů ze systému. Analýza tedy zahrnuje především sběr primárních dat a posouzení jejich kvality (tzn. věrohodnosti, reprodukovatelnosti, transparentnosti a důvěryhodnosti). Výstupem analýzy je tzv. inventarizační matice. V matici jsou po sloupcích uvedeny jednotlivé etapy životního cyklu výrobku a po řádcích pak jednotlivé vlivy na životní prostředí. Matice pak může být vyplněna číselnými hodnotami nebo pouze graficky (např. počtem křížků). [3]

### **Fáze č. 3 – Hodnocení dopadů**

Hodnocení dopadů životního cyklu LCIA se zaměřuje na hodnocení významu potencionálních environmentálních dopadů. Norma stanovuje následující čtyři povinné prvky: [3]

- 1) Výběr kategorie dopadu, indikátorů kategorie a charakterizačních modelů.
- 2) Klasifikace.
- 3) Charakterizace.
- 4) Vyhodnocení.

Klasifikace spočívá v roztřídění všech negativních vlivů uvedených v inventarizační matici do kategorií podle jejich působení na životní prostředí. Emise (výstupy) jsou tak nejčastěji roztříděny podle tzv. efektů druhého řádu. Efekty druhého řádu se nejčastěji dělí podle rozsahu působení na globální (skleníkový efekt a narušování ozónové vrstvy), regionální (acidifikace, eutrofizace, tvorba smogu a ekotoxicita) a lokální (akutní toxické působení na člověka, kontaminace půd, zápach a hluk). Charakterizace je posouzením celkového dopadu na životní prostředí z kvantitativního hlediska. Výsledkem je tzv. „standardizovaný profil výrobku“, který se často znázorňuje ve formě sloupcových grafů, v nichž každý sloupec odpovídá určitému vlivu na životní prostředí. Posuzování dopadů je možné rozšířit i o další volitelné prvky, které jsou rovněž dány a upraveny normou. [3]

Podle Kočího je převedení ekovektoru nedílnou součástí LCA. Jedná se o převedení seznamu množství jednotlivých elementárních toků spjatých s životním cyklem, na hodnoty vhodně zvolených veličin jednotlivých kategorií dopadu. Prvním krokem ve fázi

hodnocení dopadů je klasifikace, přiřazení výsledků z inventarizační analýzy jednotlivým kategoriím dopadu. Následuje charakterizace, která slouží k vyčíslení míry působení elementárních toků na jednotlivé kategorie dopadu. Výstupem je charakterizační profil, který představuje soubor výsledků indikátorů kategorií dopadu o konkrétních hodnotách s jednoznačně definovanými jednotkami. Převedení výstupů inventarizační analýzy na indikátory kategorií dopadu je umožněno použitím charakterizačních modelů. Toto převedení je jedním z hlavních přínosů LCA. Po charakterizaci se ještě často provádí normalizace vyjadřující relativní míry zasažení kategorií dopadu. Volitelným prvkem hodnocení dopadů je vyjadřování společenské významnosti problému tzv. vážením. [7]

#### **Fáze č. 4 – Interpretace**

Jedná se o celkové zhodnocení, které spočívá v určení relativního významu všech získaných dílčích zátěží. V této fázi je nejdůležitější především zachování transparentnosti postupu, protože hodnocení životního cyklu patří mezi interaktivní metody. [22]

Pomocí interpretace můžeme přehledně prezentovat zjištěné poznatky, které nám například říkají, které stadium životního cyklu výrobku se nejvíce podílí na environmentálních dopadech, která kategorie dopadu je nejvíce zasažená nebo kde dochází k největší energetické či materiálové náročnosti. Tento druh poznatku se v LCA nazývá takzvaným významným šetřením a je nutné ho podrobně a pečlivě zhodnotit. Důležitou součástí interpretace je provádění speciálních kontrol, které slouží k ověření platnosti významných zjištění. Součástí interpretace je také sepsání závěrečné zprávy obsahující nejenom popis řešení a zjištěných výsledků, ale také popis všech přijatých zjednodušení, odhadů či předpokladů. Vliv těchto předpokladů na formulaci významných zjištění se testuje analýzou citlivosti. Všechny předpoklady přijaté během sestavování se musí zahrnout do závěrečné zprávy, dále jsou diskutovány společně se všemi významnými zjištěními a musí být transparentně obhájeny a stavěny vedle prezentovaných výsledků. Závěrem studie LCA je tedy soubor zjištěných poznatků a soubor podmínek jejich platnosti. [3]

#### **2.4 Přínosy metody LCA**

Mezi hlavní přínosy metody LCA podle Kočího patří: [7]

- 1) Porovnávání environmentálních dopadů výrobků s ohledem na jejich funkci.
- 2) Hodnocení environmentálních dopadů s ohledem na celý životní cyklus výrobku.

- 3) Zavedení hranic systému pro jasné vyjádření rozsahu produktového systému.
- 4) Vyjadřování zásahů do životního prostředí, nikoli výčtem emisních toků, ale použitím definovaných kategorií dopadu – převedení hmotnostně vyjádřených emisních toků na konkrétní hodnoty výsledků indikátorů kategorií dopadu.
- 5) Schopnost identifikovat přenášení environmentálních dopadů z místa na místo nebo mezi různými kategoriemi dopadu.

Výstupy z LCA jsou dané až za přesně daných a specifikovaných podmínek. Přínos metody LCA tedy mimo jiné spočívá v jasné definici podmínek platnosti studií, která zasahuje dané poznatky o interakcích technologických procesů a životního prostředí do konkrétního technologického, environmentálního, ale i socioekonomického kontextu. [7]

Podle Evropské komise jsou s prováděním LCA spojené také určité překážky. Mezi tyto překážky například patří: [12]

- 1) Získávání relevantních a spolehlivých informací v rychle se globalizujícím světě, kde environmentální výkonnosti dodavatelských řetězců nemusí být dobře zdokumentovány.
- 2) Provádění metody LCA je obecně zatěžující a nákladné.
- 3) Zmatek mezi různými iniciativami, včetně vztahů mezi různými nástroji, jako je LCA a uhlíková stopa.
- 4) Neschopnost poskytovat informace kvůli případné nesrovnalosti mezi různými iniciativy.
- 5) V případě odlišnosti cílů, oborů, metod a údajů o studii je těžké dosáhnout srovnatelnosti LCA.
- 6) Odlišnost kvality a spolehlivosti LCA studií.
- 7) Limity některých nástrojů, např. legislativní omezení či bezpečnostní kontext.

Kočí upozorňuje na možné problémy související s prováděním LCA v praxi, kterými mohou být např. časová náročnost, potřeba velkého množství dat či špatná dostupnost vstupních dat. Vstupní data zásadně ovlivňují konečné výsledky a obtížnost jejich získání je závislá na míře detailního zpracování studie. Na začátku provádění LCA je tedy vhodné, zvážit celkový přínos metody vzhledem k finanční a časové náročnosti. Cílem LCA není určit, jaký výrobek je finančně výhodnější, ale porovnat potenciální

environmentální dopady výrobků a služeb. Výsledky LCA by měly sloužit jako jednotná složka komplexního rozhodování, která bere v úvahu i sociálně ekonomická, kulturní, etická či další hlediska. [7]

## 2.5 Metoda LCA v praxi

V současné době se metoda LCA bere jako perspektivní nástroj při uvádění principů trvale udržitelného rozvoje do praxe. Life Cycle Assessment slouží také jako zdroj informací, který je důležitý pro vědecko-technologický rozvoj. [22]

Pomocí metody LCA byla například zpochybněna prospěšnost 100% recyklace, ohleduplnost papírových obalů k životnímu prostředí, nebo také bionafty atd. [22] Často má velký vliv na celkovém negativním dopadu na životní prostředí doprava. To poukazuje na provázanost vztahů mezi ekologií a ekonomikou, kdy podpora spotřeby místně vyráběných výrobků je nejen ekonomická, ale také ekologická. [22] Nejčastější využití metody LCA je hlavně v oblasti managementu podniku, kde jsou údaje získané analýzou LCA využívány k účelnějšímu vynakládání prostředků určených k ochraně životního prostředí a strategickému výběru oblastí, do kterých investovat a kde rozvíjet výrobu. Výrobci základních surovin používají nejčastěji LCA analýzu pro srovnání různých způsobů recyklace svých výrobků nebo pro řešení koncepce odpadového hospodářství. Subdodavatelé a výrobci polotovarů pak často používají analýzy LCA pro propagaci svých výrobků. Finální výrobci využívají LCA analýzy pro vývoj a výrobu svých produktů a snižují tak negativní dopady na životní prostředí pomocí využití vhodných konstrukcí a materiálů. [22]

Inventarizační analýza poskytuje nejen informace o výrobku, ale také o interních procesech. Tyto informace je možné využít pro zlepšení výkonnosti podniku. LCA je možné využít také jako analytický nástroj pro ekodesign výrobku. Environmentální aspekt metody je následně využíván v podobě environmentálního marketingu. Jedná se o takzvaný „green marketing“, který se může stát konkurenční výhodou daného podniku. [22]

### **3 SOFTWARE LCA**

S rostoucím zájmem o životní prostředí je metoda LCA rozvíjena po celém světě. Cílem této metody je kvantifikovat veškeré toky mezi produktovým systémem a životním prostředím a přiřadit jim potenciální environmentální dopad. Požadavkem kvantifikace všech toků je tato metoda velmi komplexní a složitá a jedním z důsledků jsou poměrně obecné požadavky norem na zpracování LCA studií. Jejich naplnění je však v současnosti nemyslitelné bez použití některého ze specializovaných softwarových nástrojů, využití databází procesů a vytvořených metod pro posuzování dopadů. Teprve s těmito nástroji je možné uvažovat o zpracování případové studie LCA a věnovat pozornost konkrétnějším požadavkům norem ISO. [23]

V současnosti je k dispozici značné množství LCA programů, proto je nutné nejprve určit některé obecné požadavky, které určují kvalitu softwarových nástrojů, a za druhé tyto požadavky popsat kvalitativně. První softwarová řešení se objevila už před více než dvaceti lety. Většinou byla zaměřena na posouzení výrobních procesů. Postupem času se tyto softwary začaly používat také na jiné oblasti, například nakládání s odpady. Cena softwarových nástrojů se může pohybovat kolem několika tisíc eur, ale může být také zdarma. Na cenu zmíněných nástrojů může mít vliv např. rozsah funkcí nebo kvalita dat. [28]

#### **3.1 Uživatelé a jejich důvody pro používání softwarů LCA**

Uživatele softwarových nástrojů je možné rozdělit do jednotlivých skupin. Do první skupiny se řadí vědci a pracovníci výzkumu. Uživatelé této skupiny mají většinou bohaté zkušenosti, potřebné znalosti a chápou kontext a funkce metody LCA. Potřebují flexibilní analytický nástroj, který jim umožní modelování často obvyklých scénářů nebo scénářů lišících se od normy. Poskytnuté informace by měly být adekvátní a kvalitní zejména proto, že vědci obvykle nemají své vlastní údaje. [23]

Další skupinou uživatelů jsou podniky, které softwarové nástroje využívají k zlepšení životního prostředí s cílem procesu optimalizace a vývoje produktu. Podniky budou hledat pravděpodobně LCA nástroj na míru specifikům svého podniku pro řešení konkrétního úkolu. Vtom se liší od akademiků, kteří nejspíše chtějí, aby byl daný LCA nástroj využitelný pro mnoho oblastí. [23]

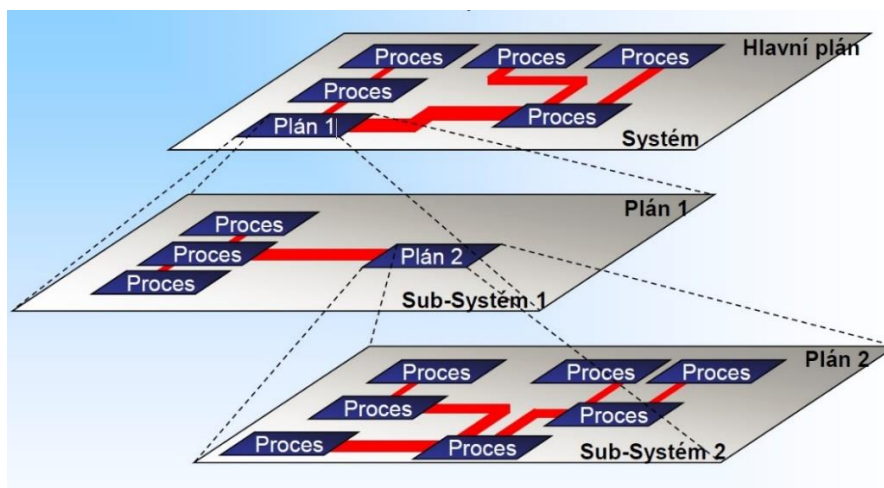
Výrobní procesy jsou často velmi složité a obsahují velké objemy dat. Počítače a softwarové nástroje tedy používají uživatelé pro usnadnění při řízení a úpravách těchto objemů dat. LCA software dále pomáhá strukturovat modelové scénáře, zobrazovat procesní řetězce či prezentovat a analyzovat výsledky. Softwarové nástroje LCA mohou sloužit také pro srovnání dvou variant, tedy jako nástroj pro podporu rozhodování. [23]

### **3.2 Technické a metodické požadavky**

Firmy, které chtějí používat LCA nástroje, často řeší otázku, jaký nástroj bude pro jejich účel nejlepší. Existují určitá softwarová srovnání, která jim s touto otázkou mohou pomoci. V následujících podkapitolách je uvedený přehled některých vlastností a funkcí komerčních LCA softwarů. Tyto funkce a vlastnosti pak mohou představovat obecné požadavky, které by měl mít každý kvalitní LCA software. [27]

- **Struktura a zobrazení procesů**

Software se obvykle skládá z databáze a modelovacího modulu. Data jsou zpracována a modelována v programu, který zajišťuje komunikaci a přenos dat mezi zařízeními nebo programy. Modelování se skládá hlavně ze spojení postupných procesů s materiálovými toky. Tímto spojením se pak sestavují procesní řetězce. Každý proces představuje stupeň při výrobě a je definován vlastním vstupem a výstupem. Výstup z předchozího procesu vytváří vstup pro další proces. Pro modelování se využívá principu definování v různých vrstvách. Jednoduchý proces řetězce může být modelován v jedné vrstvě. Pokud je ale potřeba zvládnout také složitější procesní řetězce, které jsou např. znázorněny na obr. 13., jde o tzv. hierarchické řazení plánů, a to znamená, že již namodelovaný plán může být použit v jiném plánu jako proces. Hlavní stupně výrobního procesu, např. výroba a likvidace, jsou zde modelovány v horní (nadřazené) vrstvě. Každá z těchto fází může být specifikována přesněji v jejich vlastní podvrstvě. Velmi dlouhé a komplexní procesy tak mohou být modelovány a zobrazeny tímto přehledným způsobem. [23]



**Obr. 13: Hierarchické řazení plánů**

*Zdroj: upraveno autorem, podle [23]*

Při posuzování životních cyklů výrobků se často klade důraz na výstupy. Otázkou je, jak vyrobit určité množství výstupu (výrobku) s minimálním environmentálním dopadem. V tomto případě se jedná o výstupně orientovaný výpočet. K posouzení dalších řízení však patří i jiné vhodnější přístupy. Například otázka v oblasti odpadového hospodářství, jak může určité množství odpadu být likvidováno s minimálním dopadem na životní prostředí, popisuje naopak vstupně orientovaný přístup. Kvalitní softwarové nástroje by měly nabízet možnost orientace výpočtu směrem k jakémukoli procesu v procesním řetězci. [23]

Některé softwary umožňují sledovat pouze jeden výstup, ostatní pak považují za negativní výstupy, které nemohou být sledovány ve stejném procesním řetězci. Uživatelé se mohou setkat i s procesními řetězci, které sledují více než jeden výstup. Kvalitní softwary nabízejí sledování více výstupů. [23]

- **Transparentnost, flexibilita a uživatelská přívětivost**

Struktura softwarového nástroje je částečně zodpovědná za jeho transparentnost. Uživatel by měl mít při snaze najít chyby možnost vystopovat zpětně vznik každého výstupu. Řízení od modelování by mělo být chronologické a logické. Zásadní význam v této souvislosti má uživatelské rozhraní, které by mělo být jasně strukturované a intuitivní. Modelování procesních řetězců na grafickém rozhraní je velmi transparentním způsobem modelování. Procesy jsou uspořádány a spojeny s materiálovými toky, které jsou vyobrazeny šipkami. [28]



Uživatelé musejí často jasně prezentovat své výsledky různým skupinám lidí, proto by měly softwarové nástroje obsahovat dobrý prezentační panel nástrojů. Nástroje by měly být schopné vytvořit diagramy, které jsou optimálním způsobem pro prezentaci výsledků. Používání softwaru by mělo být pro uživatele velmi snadné. Menší funkce jako např. možnost či změna funkční jednotky nebo přibližovací funkce pro modelování procesního řetězce mohou dělat software pro uživatele vhodnější a praktičtější. [23]

Sklobit flexibilitu a přívětivost není pro vývojáře často lehký úkol, jelikož se jedná často o protichůdné funkce. Někteří například uvádějí, že jejich software by měl být spíš považován za službu než za počítačový program. Důležitým aspektem v souvislosti s přívětivostí je čas potřebný k naučení se používat software. Množství času, které má být investováno, by mělo být úměrné vzhledem k úrovni podrobnosti LCA. [23]

- **Databáze**

Data by měla být uložena odděleně od modelovacího modulu a vytvořena a spravována v nějaké databázi nebo knihovně. Toto základní úložiště by mělo být strukturované. Data v databázi by měla být kvalitní, současná a ze spolehlivého zdroje. Databáze obsahuje nejen jednotlivé procesy a toky, ale také modelované procesní řetězce. Mělo by také být možné založit do procesního řetězce jednotlivé podvrstvy, které mohou být znovu použity k modelování dalších scénářů. Dále by mělo být možné ukládat samostatná data tak, že uživatel nebude muset vyhledávat celou databázi pro konkrétní proces. Aby se předešlo chybám, je lépe využívat více zdrojů. Uživatel musí jasně definovat podmínky, za kterých jsou dané údaje platné, stejně jako oblasti, pro které budou využity. Pokud jsou data kvalitní, měla by obsahovat svoje stáří, složení a původní zdroj dat. [23]

### **3.3 Příklady softwarů LCA**

Softwarové nástroje nabízejí různé funkce. Příkladem může být citlivostní analýza, která by neměla chybět u každého kvalitního softwarového nástroje. Za standardní funkce se považují možnosti porovnání různých scénářů nebo analýza nákladů. Mezi metodami LCC (Analýza nákladů na životní cyklus) a LCA (Sledování životního cyklu) je značný rozdíl, ale mohou být vzájemně, logicky a prakticky propojeny. Některé softwarové nástroje také zvažují společenské aspekty a společenské parametry, jako je pracovní čas. [28]

V následující podkapitole jsou uvedeny nejznámější LCA softwary, které slouží pro výpočet posouzení životního cyklu, uhlíkové stopy nebo jiných ukazatelů. Liší se od sebe hlavně tím, že mají jiná zaměření, neboli slouží k výpočtu rozdílných ukazatelů. Jejich cena je individuální a jedná se převážně o zahraniční softwary ze států jako je Německo, Rakousko, Švýcarsko nebo Lichtenštejnsko.

- **SimaPro** – Přední světový LCA software vybraný průmyslem, výzkumnými ústavy nebo konzultanty ve více než 80 - ti zemích. SimaPro nabízí nejmodernější funkce, které odborníci LCA očekávají od LCA softwaru. Jedná se o software, jehož hlavním cílem je měření a zlepšení dopadu svého životního cyklu produktu. Další využitím může být podávání zpráv o udržitelnosti, výpočet uhlíkových či vodních stop, vytvoření designu výrobku, generování environmentálního prohlášení o výrobku nebo stanovení klíčových ukazatelů výkonnosti apod. [24]
- **Air. E LCA** – Tento software zahrnuje všechny potřebné funkce potřebné v LCA nástroji. Výhodou je konkurenční cena a snadné zaučení. Uživatelé mohou vytvářet složité životní cykly snadným a transparentním způsobem. Jde o software analýzy životního cyklu a studie o environmentálním profilu produktů a organizací. Tento software by měl být schopen rozvíjet ekologickou stopu a environmentální prohlášení o produktu a eko-designu. Také může sloužit k výpočtu uhlíkových a vodních stop výrobků a služeb. [24]
- **GaBi** – Jedná se LCA software německé společnosti. Na základě rozsáhlých zkušeností a tisíců konzultačních projektů podporuje software GaBi každou fázi posuzování počínaje sběrem dat, přes organizaci práce, až po prezentaci výsledků a zapojení zainteresovaných osob. GaBi automaticky sleduje všechny materiály, energie a toky odpadových látek včetně definovaných finančních hodnot, potřebné pracovní doby a společenské problematiky. [25]
- **OpenLCA** – Tento LCA software je celosvětově bezplatný a lze ho použít pro ekonomické, sociální a ekologické analýzy životního cyklu. Další využití je možné při LCA uhlíkových a vodních stop, ekodesignu, kalkulace životního cyklu apod. [24]
- **Umberto** – Softwary Umberto NXT LCA a Umberto NXT Universal jsou dodávány s databází ecoinvent. V nabídce je i možné zaškolení se softwarem. Hlavním cílem tohoto softwaru je pomoci firmám dosáhnout účinnějšího využití

zdrojů a tím vyvíjet ekologicky šetrnější výrobky. Tento software mimo jiné nabízí také řešení pro ekologickou rovnováhu, energetickou účinnost, uhlíkovou stopu nebo optimalizaci procesů. [24]

- **Life Cycle Tracker** – Pomocí tohoto LCA softwaru lze stanovit obsah uhlíku v produktu, provádět ekodesign produktu nebo kompletně analyzovat životní cyklus za relativně dostupnou cenu. Použitím tohoto softwaru by mělo dojít k zvětšení prodejů, zmenšení nákladů, diferenciaci na trhu nebo přilákání zákazníků a investorů nebo udržení zákazníků. [24]

- **Clean CO2** – Clean CO2 vypočítává a vyrovnává všechny emise oxidu uhličitého bez ohledu na obor podnikání. Tento software je ideální pro podniky nabízející produkty a služby třetích stran. Je tedy vhodný pro obory podnikání jako cestování, potraviny, restaurace, nápoje, reklamní materiály, tisk, elektronické spotřebiče a výrobky apod. [24]

- **PackageSmart** – Jde o zjednodušený, webový LCA nástroj pro hodnocení dopadů obalů na životní prostředí. Balení je v současnosti nedílnou součástí konverzací mezi podniky nebo mezi podniky a zákazníky. [26]

### 3.4 Zhodnocení

LCA softwary by měly obecně fungovat rychle a bez chyb způsobených programováním v softwaru. Požadavky na hardware by měly být přiměřené. Je žádoucí, aby všechny kvalitní softwarové nástroje dnešní doby měly hierarchická uspořádání, která umožňují zpracování složitějších operací. Jasná struktura softwaru pak zajišťuje srozumitelnost a komfortní modelování. Uživatel softwarů by měl mít také možnost určení startovacího bodu, od kterého chce výpočet zahájit nebo možnost modelovat různé výstupy. Softwary by měly nabízet srozumitelnost a možnost modelovat procesní řetězce graficky. Databáze by měla být spravována a editována samostatně. Data by měla mít dobrou a srozumitelnou podobu a uživatel by měl mít možnost je ukládat samostatně. Požívání softwarů by mělo být obecně pro uživatele snadné a pohodlné. [23]

## 4 ANALÝZA FUNKČNOSTI SOFTWARE GABI

Softwarový nástroj GaBi je důvěryhodným řešením udržitelnosti produktu pro hodnocení životního cyklu s více než 10 000 zákazníky. Společnost GaBi poskytuje odpovědi na nejdůležitější otázky týkající se udržitelnosti produktů: [25]

- **Výzkumu a vývoje, vývoje a designu výrobků:** Jak můžeme rozvíjet trvale udržitelné portfolio produktů, abychom vytvořili konkurenční výhodu a zvýšili výnosy?
- **Oddělení udržitelnosti / životního prostředí:** Jak můžeme vytvořit strategii udržitelnosti produktů a splnit naše cíle?
- **Marketingová komunikace:** Jak můžeme naše výrobky rozlišovat s ověřitelnými pověřeními o udržitelnosti, abychom zvládli přednost zákazníků?
- **Operace:** Jak lze efektivněji využívat zdroje a optimalizovat procesy v celém hodnotovém řetězci, abychom snížili náklady?
- **Dodavatelský řetězec:** Jak lze identifikovat hotspoty dodavatelského řetězce, včetně materiálů a procesů, které jsou předmětem zájmu, abychom zmírnili riziko? [25]

### 4.1 GaBi software

Na základě rozsáhlých zkušeností a tisíců konzultačních projektů podporuje program GaBi každou fázi posuzování počínaje sběrem dat, přes organizaci práce, až po prezentaci výsledků a zapojení zainteresovaných osob. GaBi automaticky sleduje všechny materiály, energie a toky odpadových látek včetně definovaných finančních hodnot, potřebné pracovní doby a společenské problematiky.

Architektura programu GaBi je modulární a parametrizovaná, umožňuje rychlé modelování dokonce i složitých procesů a různých výrobních možností, a taková architektura umožňuje vkládat další údaje, jako jsou ekonomické náklady nebo dopady na společnost do takového modelu a díky tomu fungovat jako nástroj holistické analýzy životního cyklu.

Program GaBi je doplněn nejrozsáhlejší aktuálně dostupnou databází dat o životních cyklech, která se skládá z více než 4 500 datových souborů.

Jedná se o LCA software, který představuje novou generaci řešení udržitelnosti produktu na podporu těchto funkcí: [25]

### **1) LCA – Sledování životního cyklu**

- Návrh pro životní prostředí: Vývoj produktů, které splňují ekologické předpisy.
- Ekologická účinnost: Snížení nákladů, spotřeby energie a zdrojů nejúčinnějším způsobem.
- Ekodesign: vývoj produktů s menšími environmentálními stopami, jako je méně emisí skleníkových plynů, snížená spotřeba vody a odpad.
- Efektivní hodnotové řetězce: zvýšení účinnosti hodnotových řetězců, např. Výzkum a vývoj, návrh, výroba, dodavatelé, distribuce.

### **2) LCC – Náklady na životní cyklus**

- Snížení nákladů: Navrhování a optimalizace produktů a procesů snižování nákladů.

### **3) Reportování životního cyklu**

- Udržitelný marketing produktů: Např. prohlášení o environmentálních produktech.
- Zpráva o udržitelném rozvoji: environmentální komunikace a zpravodajství o udržitelnosti produktů.
- Sdílení znalostí LCA: vykazování a analýza pro interní oddělení, manažerský a dodavatelský řetězec.

### **4) Environmentální působení životního cyklu**

- Zodpovědná výroba: rozvoj výrobního procesu, který řeší sociální odpovědnost. [25]

Tento přehled znázorňuje široký rozsah funkcí GaBi softwaru, který sahá od metody posuzování životního cyklu produktu, přes snížení nákladů na životní cyklus a reportování životního cyklu, až po sociální odpovědnost.

## **4.2 Proces použití softwaru GaBi**

Software GaBi obsahuje několik různých objektů. Objekty jako bilance, plány, procesy a toky jsou základem každé GaBi databáze a jsou základními elementy posuzování životního cyklu produktu. K výsledku bilancí jsou potřebné tři objekty, a to konkrétně veličiny, jednotky a vážení. V softwaru GaBi lze najít také doplňkové objekty jako je například uživatel, který slouží ke správě uživatelů, dále projekty, které slouží k organizaci databáze, indikátory kvality, které slouží k dokumentaci kvality dat a globální parametry, které slouží k zvýšení flexibility modelování. [29]

Na začátku musí uživatel připojit a aktivovat databázi a pochopit všechny toky. Následuje vytvoření plánů, vytváření a přidávání procesů. Dále je v pořadí přidání vstupních toků, vytváření nového toku a přidání množství. Uživatel musí sledovat základní a neinstitucionální toky a stanovit referenční proces. Uživatel může využít automatické připojení a přidávání dopravy, procesy propojení a přidávání plánu k plánu. V softwaru lze také nastavit vzhled a zobrazení dashboardu tzv. nástěnky. Pak už jen zbývá vytvoření vlastního panelu, analyzovat slabá místa a exportovat mapy a tabulky, které prezentují jednotlivé výpočty. [25]

## **4.3 Využití, funkce a obchodní výhody GaBi softwaru**

Společnost GaBi modeluje každý prvek produktu nebo systému z pohledu životního cyklu a vybavuje podniky tak, aby mohly rozhodovat o výrobě a životním cyklu všech výrobků.

Poskytuje také snadno přístupnou a neustále aktualizovanou databázi obsahu, která podrobně popisuje náklady, energetiku a dopad na životní prostředí při získávání a rafinování všech surovin nebo zpracovaných komponent vyrobených výrobků. Kromě toho se zabývá dopadem na životní prostředí, který představuje alternativní možnosti výroby, distribuce, recyklace, znečištění a udržitelnost. Software GaBi umožňuje snadné hodnocení životního cyklu. Společnost GaBi usnadňuje podnikům provádět hodnocení životního cyklu za účelem ochrany nejvzácnějších aktiv; ochrana značky. Umožňuje jim také dodávat produkty, které jsou stále udržitelnější, a přesto jsou lépe vyhovující požadavkům spotřebitelů.

Mezi základní funkce GaBi softwaru patří analýza scénáře, změna parametrů, citlivostní analýza, analýza Monte Carlo, náklady životního cyklu (LCC) a pracovní čas životního cyklu (LCWT).

Používání softwaru GaBi umožňuje také podnikům získat určité obchodní výhody, jako např. vytvoření udržitelnějších produktů, snížení nákladů na zdroje, vývoj udržitelnějších procesů, zvýšení preferencí produktu, zlepšení souladu s předpisy nebo zvýšení hodnoty značky. [25]

## 5 VYUŽITÍ SOFTWARE VÝROBNÍCH NÁSTROJŮ LCA V PODNIKU

V rámci praktické části bakalářské práce byl uskutečněn výzkum ve výrobním podniku Synthesia a.s. Tato firma sídlí ve městě Pardubice v části Semtín a zaměřuje se na tzv. kvalifikovanou chemii. Cílem této kapitoly je ověřit, zda má tato firma implementován LCA software a zjistit jaké důvody vedly firmu k implementaci, případně co firmě brání k implementaci, jaké jsou překážky a bariéry k implementaci LCA softwaru.

### 5.1 Informace zjištěné o vybraném podniku

Synthesia, a.s. je neodmyslitelně spojena s Pardubicemi a jejich okolím. Je významným ekonomickým subjektem a v jejich provozech je zaměstnáno cca 1600 lidí. Přibližně stejný počet lidí zaměstnávají firmy podnikající v areálu společnosti. [30]

Prioritou Synthesia, a.s. je naprostá bezpečnost výroby, maximální důraz na ochranu životního prostředí a vytváření dlouhodobě dobrých vztahů s veřejností. V oblasti ochrany životního prostředí je trvale soustředěna pozornost na neustálé snižování negativního vlivu na životní prostředí. Ve společnosti je nastaven trend směřování investic do modernizace a zefektivnění výrob a s tím spojené i předcházení znečištění z chemické produkce. Díky významným investicím společnost provozuje technologie splňující náročné ekologické limity. Snaha o předcházení všem rizikům spojeným s chemickou výrobou patří k základním principům řízení výrobní činnosti. Ke strategii společnosti patří i vytváření důvěryhodného vztahu s okolím, založeného na otevřené a pravdivé komunikaci ve všech oblastech. [30]

Synthesia, a.s. je předním evropským výrobcem kvalifikované chemie s více než devadesátiletou tradicí. Podnikatelské aktivity jsou zacíleny do tří tržních segmentů: pokročilých organických intermediátů, derivátů celulózy a anorganických kyselin, pigmentů a barviv. [30]

V závislosti na tomto širokém sortimentu je založena i organizační struktura společnosti. Společnost je rozdělena do čtyř strategických výrobně obchodních jednotek (SBU – Strategic Business Unit). [30]

- Pigmenty a barviva
- Organická chemie
- Nitrocelulóza



- Energetika

Mezi klíčové zákazníky Synthesia, a.s. patří především zpracovatelé barviv a pigmentů pro textilní průmysl, koželužny, papírny, farmaceutické společnosti, producenti kosmetiky, či podniky z oblasti zemědělství. [30]

Produkce Synthesia, a.s. je zaměřena nejen na tuzemský trh, tři čtvrtiny výroby jsou určeny pro export na vyspělé evropské trhy či do zámoří. [30]

## 5.2 Životní cyklus produktu ve vybraném podniku

Na základě scénáře dotazování, provedeného v podniku Synthesia a.s. byly zjištěny následující skutečnosti.

Firma upřednostňuje dlouhodobé vztahy se zákazníky před krátkodobými, a to může být důvodem, proč firma nenahlíží na životní cyklus produktu z pohledu marketingového, ale spíše z pohledu environmentálního. To znamená, že si pod pojmem životní cyklus produktu představí všechna stadia života výrobku od získávání surovin potřebných k jeho výrobě, přes výrobu vlastního výrobku, jeho používání a likvidaci použitého, již nepotřebného výrobku.

Zároveň ale v podniku není aplikován management životního cyklu produktu. Jako hlavní důvod, proč Synthesia, a.s. neaplikuje management životního cyklu produktu bylo uvedeno, že firma neprodukuje většinou hotové výrobky, ale vyrábí pouze meziprodukty, které prodává do dalších podniků, kde jsou následně zpracovány do konečných výrobků. Typickým příkladem je vitamín D, který Synthesia, a.s. vyrobí a prodá ho farmaceutické firmě, která ho využije pro konečnou výrobu léčivých přípravků. V tomto případě Synthesia už nemá potřebnou motivaci sledovat navazující zpracovatelské a další fáze produktu, tzn., co se stane s produktem od prodeje vitamínu D farmaceutické firmě. Sledování celého životního cyklu produktu by si podle představy Synthesia a.s. vyžádalo složitou kooperaci několika firem s nejasným ekonomickým přínosem.

Existují ale i výrobky, které Synthesia vyrábí již jako konečné produkty. Takovým příkladem je oxycelulóza, která má zdravotnické, biomedicínské a technické využití. Tento produkt se nabízí jak v textilní či práškové formě. Oxycelulóza nachází uplatnění zejména jako hemostatikum (pro zastavení krvácení) v různých medicínských oborech. U oxycelulózy využívají jednodušší software pro sledování expirace ve fázi skladování a cílem je dobu skladování co nejvíce zkrátit. Optimálně vyrábí větší objemy až na základě

objednávky. Důvody využívání tohoto software jsou opět výhradně ekonomické. LCA software není ani u tohoto výrobku využíván.

Synthesia se ale zajímá i o fáze předvýrobní např. doprava a skladování surovin, především však z důvodu minimalizace ekonomických nákladů, dopady environmentální nejsou v této fázi sledovány.

Ve fázi výrobní už jsou využívány softwarové produkty, které kontinuálně monitorují část materiálových a odpadních toků, čímž naplňují základní požadavek managementu na znalost těchto toků. Probíhá např. kontinuální měření emisí a je vyhodnocováno pomocí software. Příkladem je software, který sleduje a vyhodnocuje emise v teplárně (NO, SO<sub>2</sub>, CO, tuhé látky apod.). Bylo uvedeno, že sledování některých parametrů je často nad rámec legislativních závazků.

Dalším uváděným důvodem, proč firma nejeví zájem o LCA software, jsou finance. Přínos implementace LCA software není managementu podniku zcela jasný a zároveň vyvolává obavy z navýšení ekonomické, ale i administrativní zátěže. Využití LCA softwaru pro fázi tvorby nového produktu není zvažováno.

V závěru uvedl zástupce firmy Synthesia, že i přes nezájem o LCA software má firma velký zájem o environmentální parametry svých výrobků i minimalizaci zátěže na životní prostředí regionu.

Dlouhodobě má také snahu budovat otevřené a korektní snahy s veřejností, což dokládá např. zřízení Bezpečnostní rady Synthesia, a.s. složené ze starostů okolních obcí, zástupců města, Pardubického kraje i HZS, která se společně zabývá řešením potenciálních rizik a hodnotí postupy společnosti Synthesia, a.s. z pohledu bezpečnosti dotčených oblastí i celého regionu.

### **5.3 Překážky a omezení zavedení LCA softwaru**

V předchozí kapitole byly shrnuty argumenty, jak je uvedl zástupce firmy Synthesia, a.s., které jsou důvodem nezájmu o LCA software.

Firma uvádí především to, že neprodukuje finální výrobky a sledování celého životního cyklu produktu by si vyžádalo komplikovanou kooperaci několika subjektů. Firma se domnívá, že by implementace LCA softwaru znamenala nejen ekonomickou, ale také administrativní zátěž.

Dalším argumentem bylo, že řadu procesů monitoruje, ale „jednodušším“ nebo méně nákladným způsobem. Důvody sledování většiny procesů jsou zpravidla pouze ekonomické (suroviny, doprava, skladování...), na environmentální aspekty je kladen větší důraz ve fázi výrobní (sledování emisí).

#### **5.4 Doporučení a zhodnocení**

Dle mého názoru hlavním důvodem nevyužívání LCA ve firmě Synthesia, a.s. je neznalost kompletních životních cyklů jejich výrobků. Podnik považuje náklady na zjištění a vyčíslení těchto cyklů příliš vysoké ve vztahu k přínosům metody. Dále se podnik domnívá, že by LCA metoda způsobila zbytečnou administraci pro zaměstnance. Kvůli těmto zmíněným důvodům je pochopitelné, že podnik zatím LCA metodu v podniku nezavedl.

Přesto se domnívám, že by LCA metoda přinesla podniku dlouhodobě udržitelnou konkurenční výhodu, zejména i s ohledem na to, že firma velkou část produkce exportuje a stále více firem bude chtít deklarovat minimalizaci dopadů na životní prostředí i se zahrnutím svého dodavatelského řetězce (Synthesia často dodává meziprodukty). Lze rovněž očekávat, že bude sílit i tlak veřejnosti na vstřícnou, otevřenou komunikaci a poskytování informací jak o výrobcích samých, tak o dopadech výrobní činnosti Synthesia, a.s. na okolní životní prostředí.

Je tedy otázkou do budoucna, zda se Synthesia, a.s. ještě pokusí zvážit přínosy LCA metody a implementuje tuto metodu i přes různé bariéry, v nejbližší době tomu ale tak určitě nebude.

## ZÁVĚR

Při současném rozvoji lidské civilizace, zvláště energetiky a dalších odvětví průmyslu, nelze přehlédnout „jizvy“, které člověk zanechává na Zemi z důvodu absence ekologického myšlení. Stejně tak, jak hodnotíme dopady výroby energií, je nutné posuzovat i negativní vliv výroby, využívání a likvidace různých výrobků a produktů na životní prostředí.

Pro lepší srozumitelnost, zjištění a vyčíslení těchto dopadů byl definován životní cyklus produktu a vyvinuta metoda posuzování životního cyklu neboli metoda LCA. Vývoj této metody je spjat s neodmyslitelnou a logickou snahou lidstva o zachování kvalitního životního prostředí pro další generace.

Hlavní cílem této bakalářské práce bylo zmapovat problematiku životního cyklu produktu a možnosti využití softwarových nástrojů pro posuzování životního cyklu v podniku. K naplnění hlavního cíle byly vytyčeny tři dílčí cíle:

Prvním bylo pomocí rešerše odborné literatury definovat pojmy životní cyklus produktu, etapy životního cyklu produktu, objasnit problematiku hodnocení životního cyklu produktu – metoda LCA, zmapovat softwarové nástroje pro LCA, jejich funkcionality, architekturu a možnosti využití. Druhým cílem byla analýza konkrétního LCA softwaru. Třetím cílem bylo provést primární výzkum ve vybraném podniku a na základě scénáře dotazování zhodnotit možnosti využití softwarových nástrojů pro LCA, uvést důvody a podmínky implementace, překážky či omezení a případná doporučení k zavedení softwarového nástroje LCA.

V první kapitole této práce je definován pojem životní cyklus produktu, ale také přístupy, jakými lze na životní cyklus nahlížet. Životní cyklus produktu z environmentálního pohledu začíná těžbou a získáváním suroviny a končí likvidací produktu, recyklací nebo uložením na skládku. Mezi těmito dvěma body je několik etap, jejichž struktura a počet se podle jednotlivých autorů liší. Důležité je, aby při hodnocení produktu byly posuzovány všechny etapy jeho životního cyklu.

Ve druhé kapitole jsem se zaměřil na nejvíce užívanou analytickou metodu environmentálního managementu známou pod označením LCA – z angl. Life Cycle Assessment. Pomocí metody LCA lze zvolit environmentálně šetrnější technologie, ale i takové provozní látky, které budou mít příznivější dopady na celý životní cyklus produktu.

V současnosti se metoda LCA využívá například při posuzování environmentálních dopadů souvisejících s používáním biopaliv. I přesto, že tato metoda je v zahraniční aplikována běžně, v ČR její využití zatím není časté, a to ani ve výzkumu, ani v praxi.

Třetí kapitola byla věnována softwarovým nástrojům pro LCA, jejich funkcionalitám, architekturám a požadavkům. Použití metody LCA je v současnosti nemyslitelné bez využití některého ze specializovaných softwarových nástrojů, využití databází procesů a vytvořených metod pro posuzování dopadů. Teprve s těmito nástroji je možné uvažovat o zpracování případové studie LCA a věnovat pozornost konkrétnějším požadavkům norem ISO.

Ve čtvrté kapitole jsem představil vybraný LCA software, a to konkrétně software GaBi a analyzoval jeho funkčnost. Software GaBi podporuje každou fázi posuzování, počínaje sběrem dat, přes organizaci práce, až po prezentaci výsledků a zapojení zainteresovaných osob. GaBi automaticky sleduje všechny materiály, energie a toky odpadových látek včetně definovaných finančních hodnot i potřebné pracovní doby. Jedná se o velmi sofistikovaný software německé produkce s obsáhlými databázemi.

V závěrečné kapitole byl proveden praktický výzkum na základě scénáře dotazování v podniku Synthesia, a.s. Hlavním cílem této části bylo zjistit, zda v tomto podniku je implementován management životního cyklu produktu a jestli tento podnik využívá softwarové nástroje pro LCA, jaké důvody vedly k zavedení či nezavedení, případně jaké jsou překážky implementace. Bylo zjištěno, že tato firma neaplikuje management životního cyklu produktu a nevyužívá žádný softwarový nástroj pro LCA. Hlavním důvodem pro nezavedení softwarového nástroje pro LCA je, že firma nezná kompletní životní cykly svých výrobků a domnívá se, že náklady na zjištění a vyčíslení těchto cyklů by byly znatelně větší oproti přínosům této metody.

Funkčnost a životaschopnost softwarových nástrojů pro LCA prověří dokonale pouze čas. S vývojem nových technologií se budou jistě zdokonalovat i softwary LCA hlavně po stránce uživatelské „přívětivosti“ a kvality databází.

Konzultace s kompetentními pracovníky v Synthesii byly velmi vstřícné a otevřené. I přesto, že aktuálně LCA software nevyužívají, o tuto problematiku se aktivně zajímají, což je dobrým příslibem dalšího kvalitativního rozvoje firmy v environmentální oblasti.

Země, kde se dopadem výroby produktů na životní prostředí aktivně zabývají, nesmí hledět na nezáměr části světa, která tyto snahy a ideje ignoruje. Je to nejen povinnost, ale i předpoklad rozvoje vyspělé civilizace 3. tisíciletí.

## POUŽITÁ LITERATURA

- [1] KOTLER, Philip, et al. Marketing management. 12. vyd. Praha : Grada Publishing, 2007. ISBN 978-80-247-1359-5
- [2] GROSOVÁ, S. Marketing: principy, postupy, metody. 1. vydání. Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, Praha 2002. ISBN 80-7080-505-6
- [3] Životní cyklus výrobku. *atelier-dek.cz* [online]. [vid. 2016-10-9]. Dostupné z: <https://atelier-dek.cz/lca-anal%C3%BDza-%C5%BEivotn%C3%ADho-cyklu-epd-environment%C3%A1ln%C3%AD-prohl%C3%A1%C5%A1en%C3%AD-o-produktu-646>
- [4] Posuzování Životního Cyklu Část 1 - Historický vývoj. *enviweb.cz* [online]. [vid. 2016-11-23]. Dostupné z: <http://www.enviweb.cz/clanek/ems/13253/posuzovani-zivotniho-cyklu-cast-1->
- [5] ČURDA, D. FUCHSOVÁ, A. Ekonomická balance – Hodnocení životního cyklu. Vysoká škola chemicko-technologická v Praze. 1996. ISBN 80-85 368-95-1
- [6] Literatura: ČSN EN ISO 14040: 2006. Environmentální management – Posuzování životního cyklu – Zásady a osnova : Český normalizační institut, Listopad 2006.
- [7] KOČÍ, V. Posuzování životního cyklu – Life Cycle Assessment – LCA. Chrudim, 2009. ISBN 978-80-86832-42-5
- [8] HANUS, R. KOUBSKÝ, J., KRČMA, M. Inovace výrobků a jejich systémů. Praha 2004.[vid.2016-11-26]. Dostupné z: <http://www.cir.cz/priruckalca/482656/1833666>
- [9] WEINZETTEL, J. LCA elektrotechnického výrobku. *galvanovny.cz* [online]. [vid. 2016-11-26]. Dostupné z: [http://www.galvanovny.cz/uploads/assets/odb\\_\\_literatura/prirucka\\_lca.pdf](http://www.galvanovny.cz/uploads/assets/odb__literatura/prirucka_lca.pdf)
- [10] UNEP/ SETAC. Life cycle terminology. *Lifecycleinitiative.org* [online]. [vid. 2016-12-6]. Dostupné z: <http://www.lifecycleinitiative.org/resources/life-cycle-terminology-2/>
- [11] LCA. *Envimat.cz* [online]. [vid. 2016-12-15]. Dostupné z: <http://www.envimat.cz/metodika/lca/>

- [12] EVROPSKÁ KOMISE. Environmental LIFE CYCLE Information for Products Used Every Day in Households. *Ec.uuropa.eu* [online]. [vid. 2016-12-16]. Dostupné z: [http://ec.europa.eu/environment/industry/retail/pdf/issue\\_paper\\_lc.pdf](http://ec.europa.eu/environment/industry/retail/pdf/issue_paper_lc.pdf)
- [13] UNEP/ SETAC. What is Life cycle thinking? *lifecycleinitiative.org* [online]. [vid. 2017-1-4]. Dostupné z: <http://www.lifecycleinitiative.org/starting-life-cycle-thinking/what-is-life-cycle-thinking/>
- [14] KOALICE PRO UDRŽITELNÉ MATERIÁLY. What is life cycle thinking? What is life cycle assessment? *Michaelbbaker.com* [online]. [vid. 2017-1-7]. Dostupné z: <https://www.michaeldbaker.com/wp-content/uploads/2014/03/Guidance-on-Life-Cycle-Thinking-031014.pdf>
- [15] INSTITUT PRO UDRŽITELNOST PŘÍRODNÍCH ZDROJŮ. Životní cyklus produktu. *Istc.illinois.edu* [online]. [vid. 2017-1-7]. Dostupné z: [http://www.istc.illinois.edu/info/library\\_docs/tr/tr40.pdf](http://www.istc.illinois.edu/info/library_docs/tr/tr40.pdf)
- [16] SÍŤ PRO PODNIKÁNÍ, INOVACI A UDRŽITELNOST. Životní cyklus produktu, sledování životního cyklu produktu. *Nbis.org* [online]. [vid.2017-1-7]. Dostupné z: [http://nbis.org/nbisresources/life\\_cycle\\_assessment\\_thinking/guide\\_life\\_cycle\\_assessment\\_bcorp.pdf](http://nbis.org/nbisresources/life_cycle_assessment_thinking/guide_life_cycle_assessment_bcorp.pdf)
- [17] Životní cyklus produktu. *Vitejtenazemi.cz* [online]. [vid. 2017-1-9]. Dostupné z: <http://vitejtenazemi.cz/cenia/index.php?p=slovník&id=551>
- [18] UNEP/ SETAC. Life cycle approaches, The road from analysis to practice. *lifecycleinitiative.org* [online]. [vid. 2017-1-9]. Dostupné z: <http://www.lifecycleinitiative.org/wp-content/uploads/2012/12/2005%20-%20LCA.pdf>
- [19] Life cycle analysis, LCA methodology. *tececo.com* [online]. [vid. 2017-1-12]. Dostupné z: [https://www.tececo.com/sustainability.life\\_cycle\\_analysis.php?print](https://www.tececo.com/sustainability.life_cycle_analysis.php?print)
- [20] MARLIA. M. HANAFIAH. Life Cycle Assessment – LCA. *Mhmarlia.wordpress.com* [online]. [vid. 2017-1-15]. Dostupné z: <https://mhmarlia.wordpress.com/research-interests/life-cycle-assessment-lca/>
- [21] KOČÍ, V. Metoda posuzování životního cyklu a chemický průmysl. *Chemicke-listy.cz* [online]. [vid. 2017-1-18]. Dostupné z: [http://www.chemicke-listy.cz/docs/full/2010\\_10\\_921-925.pdf](http://www.chemicke-listy.cz/docs/full/2010_10_921-925.pdf)



- [22] Life cycle assessment – LCA, základní prameny metody. *vskp.vsb.cz* [online]. [vid. 2017-1-19]. Dostupné z: <http://vskp.vsb.cz/oblast-lca/#zdroj3>
- [23] UNGER, N. BEIGL, P. WASSERMANN, G. General requirements for LCA software tools. *iemss.org* [online]. [vid. 2017-1-19]. Dostupné z: <http://www.iemss.org/iemss2004/pdf/infotech/ungegene.pdf>
- [24] Software tools for calculating life cycle assessment carbon footprints and other indicators. *Esu-services.ch* [online]. [vid. 2017-3-7]. Dostupné z: <http://esu-services.ch/software/>
- [25] GaBi LCA software. *gabi-software.com* [online]. [vid. 2017-4-20]. Dostupné z: <http://www.gabi-software.com/international/index/>
- [26] EARTHSHIFT GLOBAL LCC. PackageSmart LCA Software. *earthshiftglobal.com* [online]. [vid. 2017-4-20]. <https://www.earthshiftglobal.com/software/packagesmart>
- [27] A Review of LCA Methods and Tools and their Suitability for SMEs. *biochem-project.eu* [online]. [vid. 2017-4-25]. Dostupné z: [http://www.biochem-project.eu/download/toolbox/sustainability/01/120321%20BIOCHEM%20LCA\\_review.pdf](http://www.biochem-project.eu/download/toolbox/sustainability/01/120321%20BIOCHEM%20LCA_review.pdf)
- [28] FAVARA, J. PAUL. Guidance for Performing Footprint Analyses and Life-Cycle Assessments for the Remediation Industry. *cresp.org* [online]. [vid. 2017-5-27]. Dostupné z: [http://www.cresp.org/wordpress/wp-content/uploads/2012/02/Footprint-LCA-20289\\_ftp.pdf](http://www.cresp.org/wordpress/wp-content/uploads/2012/02/Footprint-LCA-20289_ftp.pdf)
- [29] KREČMEROVÁ, T. Databázové nástroje LCA, Prezentace k semináři [online]. Praha, 2008. [vid. 2017-5-20]. Dostupné z: [http://www.ekomonitor.cz/sites/default/files/02\\_Krecmerova.pdf](http://www.ekomonitor.cz/sites/default/files/02_Krecmerova.pdf)
- [30] Synthesia, a.s. Profil společnosti. *synthesia.eu* [online]. [vid. 2017-5-21]. Dostupné z: <https://www.synthesia.eu/cze/o-spolecnosti>

## SEZNAM OBRÁZKŮ

- Obrázek 1** - Životní cyklus produktu podle Kočího
- Obrázek 2** - Životní cyklus produktu podle Koalice pro udržitelné materiály
- Obrázek 3** - Životní cyklus produktu podle Institutu pro udržitelnost přírodních zdrojů
- Obrázek 4** - Životní cyklus produktu podle Sítě pro podnikání, inovaci a udržitelnost
- Obrázek 5** - Životní cyklus produktu podle Cenia
- Obrázek 6** - Životní cyklus produktu podle Life Cycle Initiative
- Obrázek 7** - Životní cyklus produktu podle Weinzettela
- Obrázek 8** - Životní cyklus produktu podle UNEP
- Obrázek 9** - Životní cyklus produktu podle [www.tececo.com](http://www.tececo.com)
- Obrázek 10** - Životní cyklus produktu podle Evropské komise
- Obrázek 11** - Životní cyklus produktu podle Hanafiaha
- Obrázek 12** - Fáze metody LCA
- Obrázek 13** - Hierarchické řazení plánů

## **SEZNAM PŘÍLOH**

**Příloha 1 – Scénář dotazování**

## **Scénář dotazování**

Scénář dotazování, v rámci bakalářské práce s názvem Softwarové nástroje pro posuzování životního cyklu produktu, prováděný Matyášem Fedorem, studentem oboru Ekonomika a management chemických a potravinářských podniků na fakultě chemicko-technologické.

## **Scénář dotazování o stavu managementu životního cyklu produktu v podniku.**

### **I. okruh – Pojem LC**

#### **1. Co si představíte pod pojmem životní cyklus výrobku? Vyberte jednu definici.**

- a) všechna stádia života výrobku od získávání surovin potřebných k jeho výrobě, přes výrobu vlastního výrobku, jeho používání a likvidace použitého, již nepotřebného výrobku
- b) životní cyklus produktu má tyto fáze: zavedení, růst, vrchol, úpadek
- c) jinak.....

#### **2. Je ve vašem podniku aplikován management životního cyklu produktu?**

#### **3. Kdo je/byl/byl mohl být uživatelem informací o životním cyklu produktu v podniku?**

#### **4. K čemu jsou/byly/by mohly být výstupy využívány?**

#### **5. Vnímáte nějaké nedostatky spojené s životním cyklem produktu ve Vašem podniku?**

Jaké.....

Pokud ne, existovaly nějaké dříve? .....

#### **6. Jak by se tyto nedostatky daly odstranit? (pouze pokud existují, viz. 5)**

## **II. okruh – Možnost hodnocení a analýzy životního cyklu produktu**

**7. Zajímá se podnik, jaký vliv má jeho výroba na životní prostředí v mezích zákona nebo i nad meze zákona?**

**8. Zjišťuje podnik úroveň vlivu na životní prostředí i u svých dodavatelů? Jak? Je to součástí procesu jejich volby coby obchodního partnera?**

**9. Do jaké míry podnik zvažuje či hodnotí enviromentální dopady podél životního cyklu výrobku? (ve fázích předvýrobních, výrobních a povýrobních)**

**11. Používá podnik k sledování životního cyklu produktu nějaké nástroje, popřípadě jaké? Pokud ne, bylo o některých uvažováno, a proč nebyly pořízeny?**

**12. Je podnik informován o možnostech softwarů LCA?**

**13. Jste obeznámeni s principy, na jakých softwary LCA pracují? Znáte některý ze SW produktů na trhu?**

### **III. okruh – Implementace**

#### **14. Využíváte software LCA, popřípadě jaký?**

- (Ano) **Jsou splněna Vaše očekávání?**

Ano

V čem.....

Ne

V čem.....

- (Chystáme se) **Jaké máte očekávání? Jaké jsou důvody k zavedení?**

- (Ne) **Jaké důvody byly proti zavedení?**

#### **15. Byli byste ochotní investovat (popř. kolik) / jste investovali do takového softwaru a měl by mít/jaké má reálné přínosy?**

#### **16. Jaké problémy by mohly nastat/ nastaly při procesu zavádění?**

#### **17. Jaké by mohly být/ byly skutečné přínosy a náklady?**

## **IV. okruh – Identifikační údaje**

### **Podnik:**

1. Název podniku:
2. Adresa:
3. Počet zaměstnanců:
4. Internetové stránky:

### **Respondent:**

1. Funkce:
2. Útvar:
3. Datum vyplnění:

Souhlasím se zpracováním a zveřejněním údajů.....