

Posuzování životního cyklu LCA

Ing. Marie Tichá





VÝVOJ METODY LCA

V roce 1963 zazněla na Světovém energetickém kongresu přednáška Harolda Smithe o surovinových nárocích chemických produktů. Pan Smith představil analýzu, do té doby nezvyklého rozsahu, která zahrnovala spotřebu surovin a energie na výrobu chemických produktů od těžby surovin po odpad.

70tá – 90tá léta přinesla rozvoj analýz obdobného typu, které se snažily zahrnout spotřebu surovin, energie a produkci pevného odpadu a emisí do všech oblastí životního prostředí. Požité metody byly nekompatibilní a výsledky neporovnatelné.

Zlom v tomto vývoji znamenala až konference SETAC (Společnost pro toxikologii a chemii životního prostředí) v roce 1990, která odstartovala proces sjednocování dosud používaných metodických postupů a zavedla i jednotný název metody: Life Cycle Assessment - LCA, česky „Posuzování životního cyklu“.

Velmi důležitým bodem v tomto vývoji byl rok 1995, kdy ISO/TC 207 SC5 začala řešit normativní podobu LCA. Díky ISO normám je dnes metoda LCA v jednotné podobě rozšířená po celém světě.



METODA POSUZOVÁNÍ ŽIVOTNÍHO CYKLU OBECNĚ

Metoda posuzování životního cyklu LCA je systematický proces vyhodnocování potenciálních dopadů produktů na životní prostředí za použití přístupu od „kolébky po hrob“, při kterém jsou brány v úvahu všechny fáze životního cyklu od získávání surovin až po konečné odložení odpadu do země.

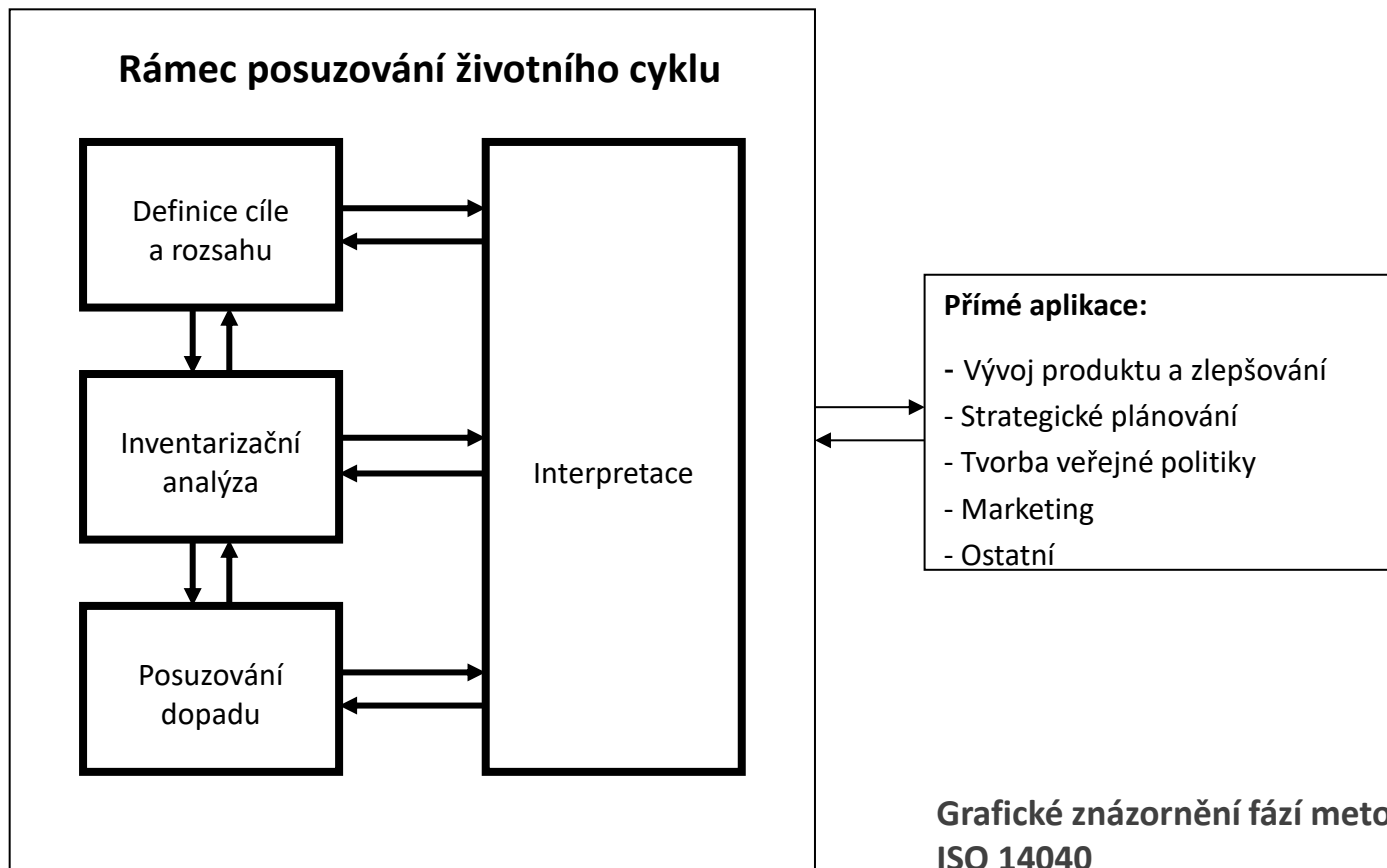
FÁZE ŽIVOTNÍHO CYKLU

1. Získávání surovin, materiálu
2. Doprava
3. Výroba
4. Užití/údržba
5. Odpad/recyklace/znovuuzítí





FÁZE METODY LCA





I. FÁZE LCA

DEFINICE CÍLE A ROZSAHU

**POSKYTUJE VÝCHOZÍ PLÁN PRO
PROVEDENÍ INVENTARIZAČNÍ ANALÝZY**



FUNKCE SYSTÉMU

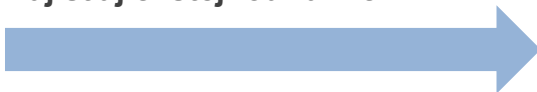
Jeden z nejvýznamnějších elementů studie životního cyklu je jasné určení funkce systému a z něho odvozené funkční jednotky. Důvodem je vyloučení nejednoznačnosti ve stanovení cílů studie a vyjasnění základů pro určení jejího rozsahu.

FUNKČNÍ JEDNOTKA

Funkční jednotka je kvantifikovaná funkce systému. Je měřítkem jeho výkonnosti a chování produktového systému.

Jedním z prvořadých cílů funkční jednotky je poskytnout základ, k němuž jsou (v matematickém slova smyslu) vstupní a výstupní údaje normalizovány. Funkční jednotka proto musí být jasně definovaná a měřitelná.

**Tři různé produktové systémy,
zajišťující stejnou funkci**



Látkový
ručník



Elektrický
vysoušeč
rukou



Papírový
ručník





FUNKČNÍ JEDNOTKA NA PŘÍKLADU NÁPOJOVÝCH OBALŮ

Funkce systému: obalení nápojů
Funkční jednotka: obalení 1000 l nápojů
Rozsah systému: od kolébky do hrobu

NA ZÁKLADĚ TAKTO STANOVENÉ FUNKČNÍ JEDNOTKY JE MOŽNÉ POROVNÁVAT RŮZNÉ DRUHY NÁPOJOVÝCH OBALŮ

ČASTÉ CHYBY !

● Za funkční jednotku se často zaměňuje takzvaná **deklarovaná jednotka**, například 1 tuna materiálu, ze kterého je obal vyroben. Na obalení nápoje se spotřebuje různé množství materiálu a navíc se jedná o rozsah systému pouze od kolébky po bránu závodu. Nezahrnuté fáze mohou výsledky LCA výrazně změnit, proto nelze produkty na základě deklarované jednotky porovnávat.

● Porovnávat rovněž nelze 1 tunu materiálu na úrovni sběru, s 1 tunou materiálu vstupujícího do recyklace a s 1 tunou recyklovaného materiálu. Jedná se pouze o různá stadia životního cyklu, která se navíc vzájemně odlišují především množstvím využitelné nebo využití druhotné suroviny a dalšími vstupy jako je spotřeba energie, materiálů a produkce emisí do různých složek životního prostředí.



HRANICE SYSTÉMU

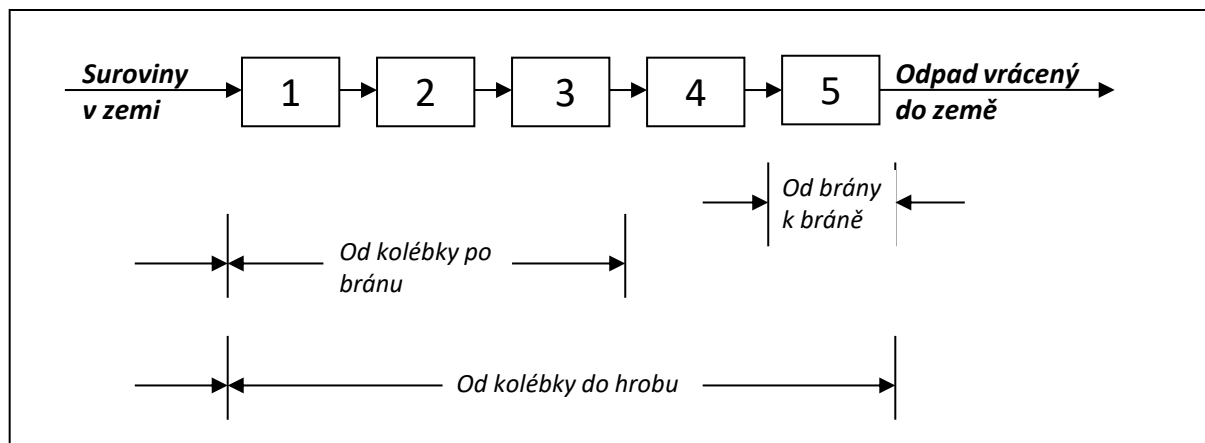
Produktový systém je definovaný hranicemi systému, které jej dělí od systémového prostředí, vstupy v podobě surovin a energie a výstupy v podobě emisí do ovzduší, vody, půdy a pevného odpadu.





ROZSAH SYSTÉMU

Skutečný životní cyklus se týká všech procesů, počínaje surovinami v zemi, přes nepřetržitý chronologický sled procesů zahrnujících výrobu a užití až po konečné uložení zbytků z produktu po skončení jeho životnosti zpět do země. Jakýkoliv jiný systém, který není takto charakterizován, není skutečným životním cyklem, přesto neexistují žádná omezení týkající se typu definovaného systému. V průmyslové sféře to může být jednoduchý produkční systém (od brány k bráně) nebo rozsáhleji zaměřený systém eko-profilu (od kolébky k bráně) nebo komplexně pojatý životní cyklus (od kolébky do hrobu).



Zásadní však je stanovení referenční jednotky. Kromě rozsahu systému od těžby surovin po uložení odpadu do země nelze definovat funkční ale pouze **deklarovanou jednotku**.

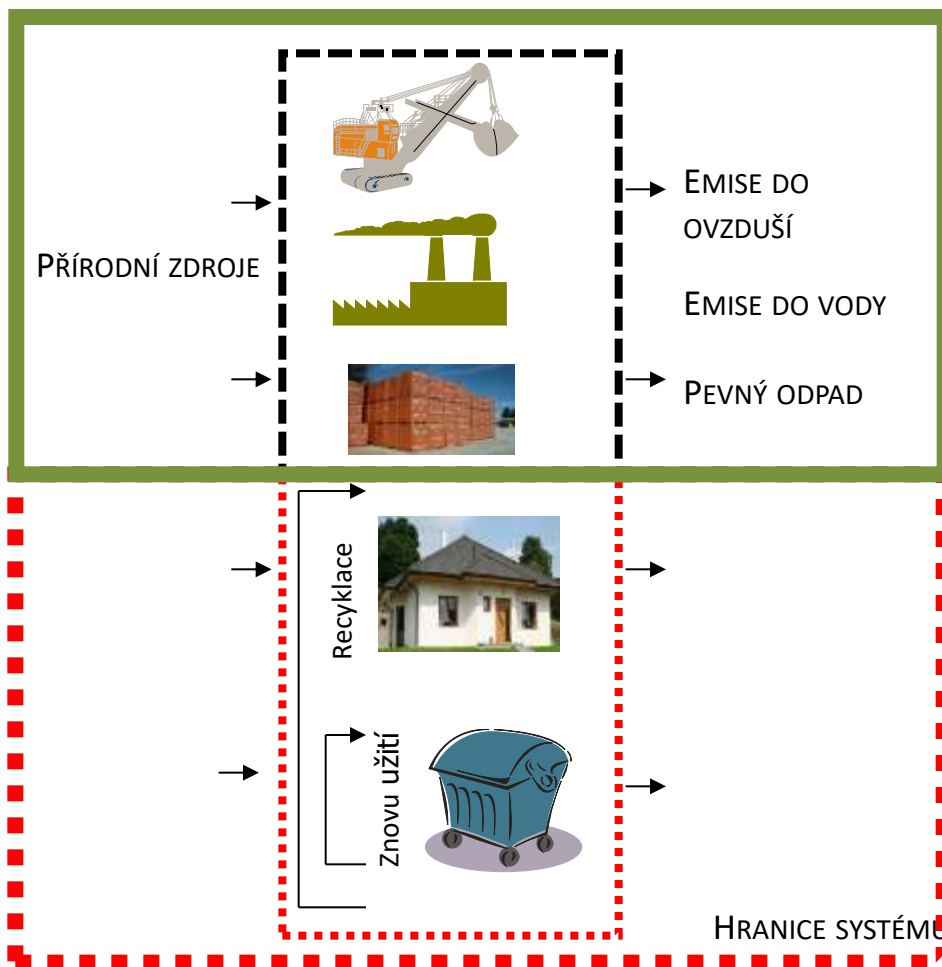
Schematické znázornění různých typů analýz



STUDIE TYPU „OD KOLÉBKY K BRANĚ ZÁVODU“

V určitých případech může studie LCA zahrnovat pouze rozsah systému od těžby surovin, po výrobu produktů, například cement, cihly atd., které jsou součástí finálního produktu – stavby, v rozsahu uvedeném na obrázku. Takové studie mohou pomáhat zlepšit zásobovací řetězec, ale zároveň mohou opomíjet významné dopady na životní prostředí, které souvisí s jejich užitím a koncem jejich životnosti.

V těchto případech proto nelze definovat funkční jednotku, ale **jednotku deklarovanou**, kterou může být například 1 tona cementu.





II. FÁZE LCA
INVENTARIZAČNÍ ANALÝZA
PROCES SBĚRU A ZPRACOVÁNÍ ÚDAJŮ



INVENTARIZAČNÍ ANALÝZA

Inventarizační analýza, druhá fáze metody LCA, je procesem sběru a zpracování údajů určených ke kvantifikaci spotřeby energie a materiálů, produkce znečišťujících látek, pevného odpadu a dalších výstupů po dobu životního cyklu výrobků nebo služeb. Výchozí plán pro provedení inventarizační analýzy poskytuje fáze stanovení cíle a rozsahu. Výsledky inventarizační analýzy jsou pak vstupem do třetí fáze LCA, kterou je posuzování dopadů (LCIA). Vzhledem k iterativní povaze metody LCA poskytují výsledky inventarizační analýzy zároveň zpětnou vazbu fázi stanovení cílů a rozsahu.

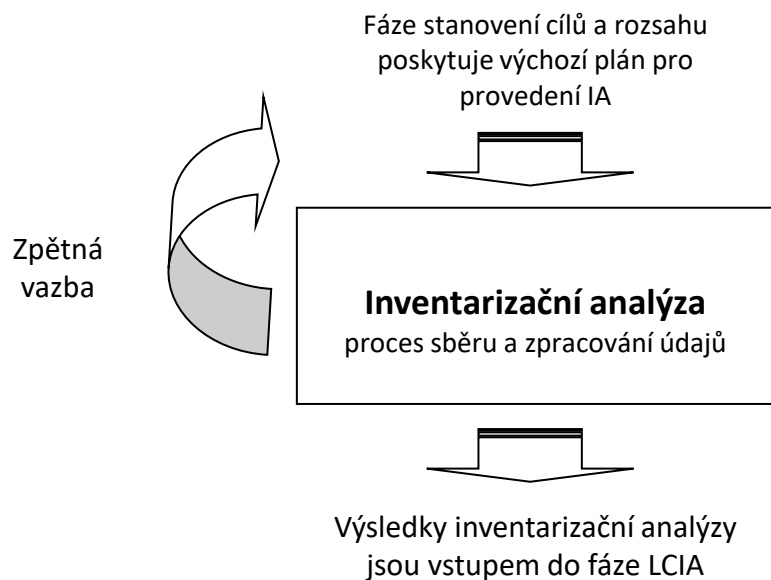
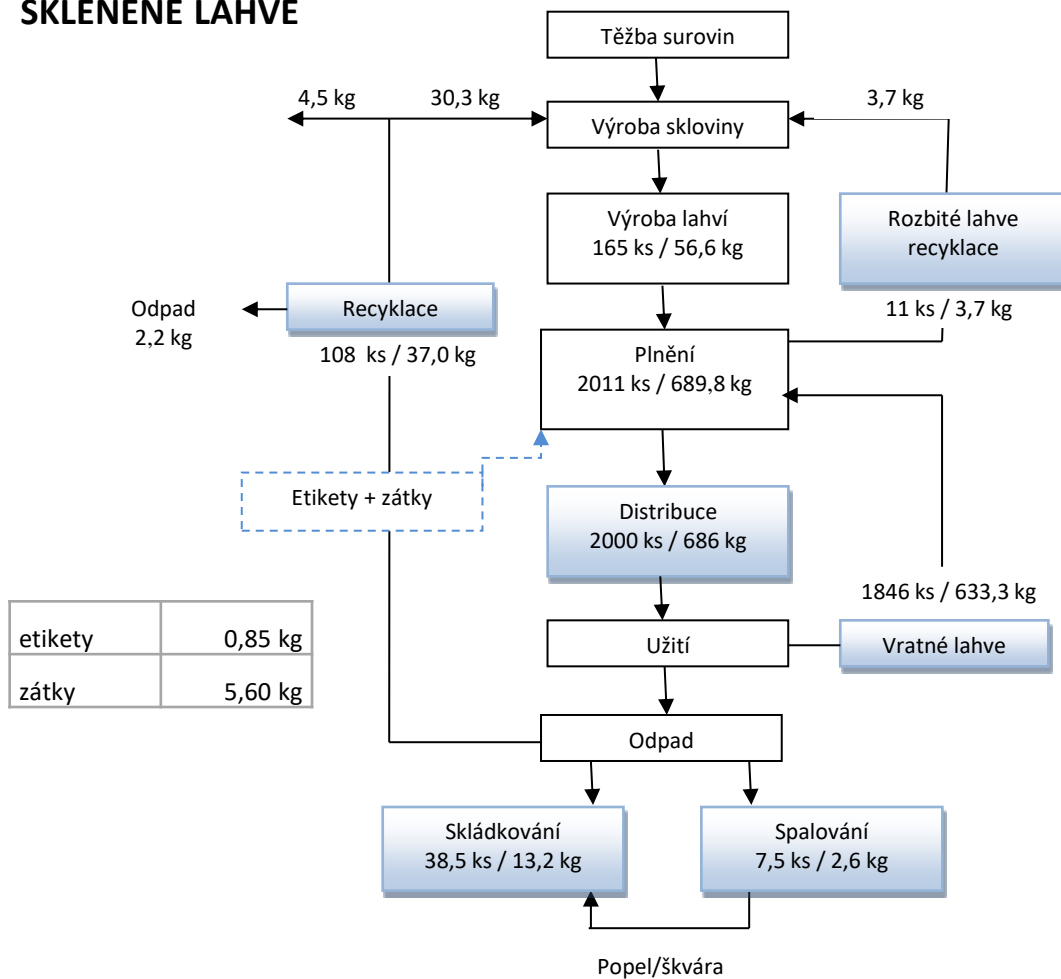




SCHÉMA ŽIVOTNÍHO CYKLU SKLENĚNÉ LAHVE



SKLENĚNÉ LAHVE 0,5 LITRŮ – VRATNÉ



Schéma vymezení hranic systému nevratných skleněných lahví objem 0,5 l – referenční tok



Modul: Sklo: výroba 1000 kg bílého dutého skla, 55% střepů (Buwal 250, 1996)
Sekce: balení výrobků

skleněné střepy: druhotná surovina	produkt z ostatních systémů	kg	601,30
dolomit; surovina	elementární tok	kg	72,50
živec, surovina	elementární tok	kg	31,10
vápencový prach, surovina	elementární tok	kg	27,00
křemičitý písek, surovina	elementární tok	kg	253,10
soda (Na_2CO_3)	meziprodukt	kg	62,80
síran sodný (Na_2SO_4)	meziprodukt	kg	3,20
vysokopecní struska	meziprodukt	kg	6,50
amoniak (NH_3)	meziprodukt	kg	0,30
hydroxid sodný (NaOH 50%)	meziprodukt	kg	21,40
maziva	meziprodukt	kg	0,662
chladící voda	elementární tok	m^3	1,70
elektrická energie ze sítě (Švýcarsko)	elementární tok	Kw-h	291,00
motorová nafta (výroba)	meziprodukt	kg	0,14
palivo (celkové spalování)	meziprodukt	kg	152,4
Výstup			
duté bílé sklo	meziprodukt	kg	1 000,00
odpadní voda	meziprodukt	m^3	1,68
odpad z výroby dutého skla	meziprodukt	kg	4,44
zvláštní odpad z výroby dutého skla	meziprodukt	kg	0,65

Tabulka je neúplná.

**Příklad popisu
jednotkového
procesu pro výrobu
bílého dutého skla
podle ISO TR 14049**

Shromážděné údaje ze všech procesů uvnitř hranic systému musí být správně přepočítány na jednotkové procesy. V tabulce je uveden příklad jednotkového procesu, který se týká výroby 1000 kg bílého dutého skla.





PŘEHLED NEJZNÁMĚJŠÍCH LCA SOFTWARE

Primární údaje získané od subjektů v rámci životního cyklu produktu jsou doplněny o chybějící procesy z existujících databází a pomocí specializovaných software převedeny na výsledky inventarizační analýzy a kategorií dopadu.

- CMLCA (Leiden University, Nizozemsko)
- GaBi (PE International, Německo)
- SimaPro (Pré Consultants, Nizozemsko)
- Umberto (ifu Hamburg, Německo)



III. FÁZE LCA POSUZOVÁNÍ DOPADŮ

**PŘEPOČET VSTUPŮ A VÝSTUPŮ
INVENTARIZAČNÍ ANALÝZY NA VÝSLEDKY
INDIKÁTORŮ KATEGORIÍ DOPADU**



PŘÍKLADY KATEGORIÍ DOPADU

Kategorie dopadu ze vstupu	Kategorie dopadu z výstupů
Čerpání abiotických zdrojů	Globální oteplování
Čerpání biotických zdrojů	Poškozování stratosférického ozonu
Využívání území	Acidifikace
- tlak na využívání půdy	Tvorba fotooxidantů
- degradace životně důležitých funkcí	Toxicita
- snižování biodiverzity	Eko-toxicita
	Eutrofizace

SETAC-Europe: Second Working Group on LCA (Udo de Haes et al, 1999)



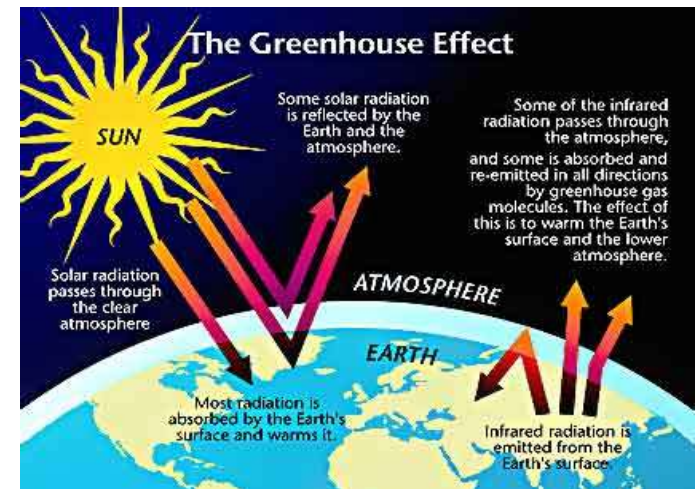
Globální oteplování

Jednotka kategorie: kg CO₂ ekv.

Všechny látky, které způsobují změnu radiace a následně oteplování planety patří do kategorie dopadu globální oteplování.

Příklady látek způsobujících globální oteplování:

NÁZEV	CHEMICKÝ VZOREC	CHARAKTERIZAČNÍ FAKTOR
Oxid uhličitý	CO ₂	1
Oxid dusný	N ₂ O	296
Metylen chlorid	CH ₂ Cl ₂	8,7
CFC-11	CCl ₃ F	4750
Metan	CH ₄	23
...		



www.google.com/search?q=obrázky+k+The+greenhouse+effect&tbm

Charakterizační model a charakterizační faktory stanovuje na základě laboratorních testů Mezinárodní panel pro změny klimatu – IPCC.

Indikátor kategorie

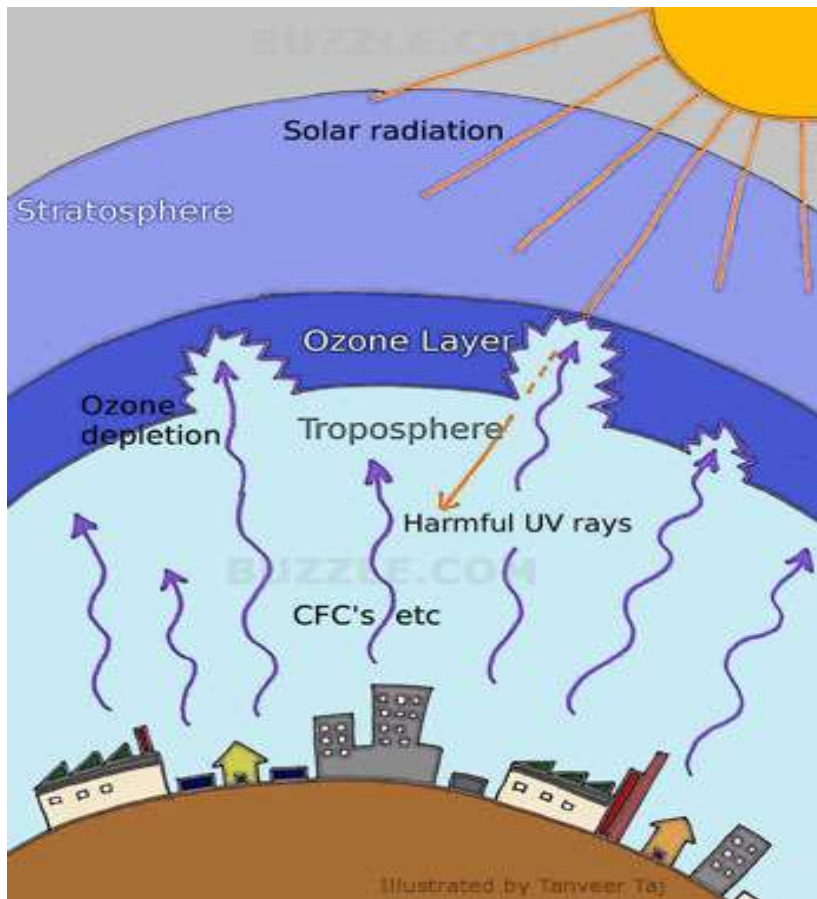
Indikátorem kategorie na úrovni středního bodu je schopnost látky zadržet tepelnou energii.

Radiační účinnost skleníkového je bilance mezi dopadem a zpětným odrazem záření do vesmíru vztahovaná na plochu země za sekundu.



Poškození ozonové vrstvy

Jednotka kategorie: CFC11 ekv.



Troposféra – od povrchu země do výšky cca 10 km.

Tropopauza

Stratosféra – 50 km, její součástí je **ozonoféra** (24 km) s relativně vysokou koncentrací O_3 .

Ozonoféra chrání Zemi před nebezpečným UV-B zářením – vlnová délka 280 – 320 nm.

Chemická látka		ChF
CCl_4	Tetrachlormetan	1,23
CH_3Br	Metylbromid	2,3
$CFCl_3$	CFC-11	1
$CClF_2Br$	HALON-1211	9
CF_3Br	HALON-1301	10,5
$C_2F_4Br_2$	HALON-2402	11
$C_2F_3Cl_3$	CFC-113	0,59

Přirozený rozklad O_3

- CH_4
- N_2O
- sl. Cl, CH_3Cl
- sl. Br, CH_3Br

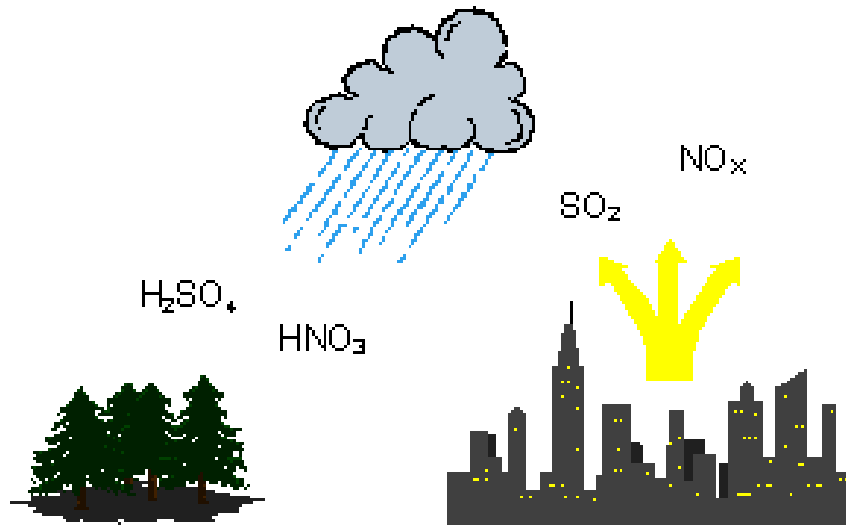
Lidská činnost

- NO_x
- ClO_x
- BrO_x
- Halogen. uhlovodíky

Indikátor kategorie: Schopnost látky rozkládat molekulu ozonu.



Acidifikace



Jednotka kategorie: SO₂ ekv.

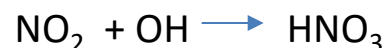
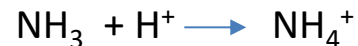
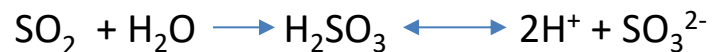
Acidifikace je proces okyselování půd nebo vod způsobený nárůstem koncentrací vodíkových iontů. (kyselá srážková voda – pH menší než 5,6)

Kyselinotvorné látky s vodou disociují a uvolňují do prostředí H⁺ ionty, které uvolňují kationy ze sorpčního komplexu půd a ochuzují tak půdu o živiny.

Zdroje: spalování fosilních paliv, doprava, průmysl.

Látky, které jsou příčinou acidifikace:

Oxid siřičitý SO₂, oxidy dusíku NO_x, anorganické kyseliny, sirovodík H₂S, čpavek NH₃ a amonné ionty.



Indikátor kategorie: Schopnost látky uvolňovat protony.



Tvorba fotooxidantů

Vznik přízemního ozónu



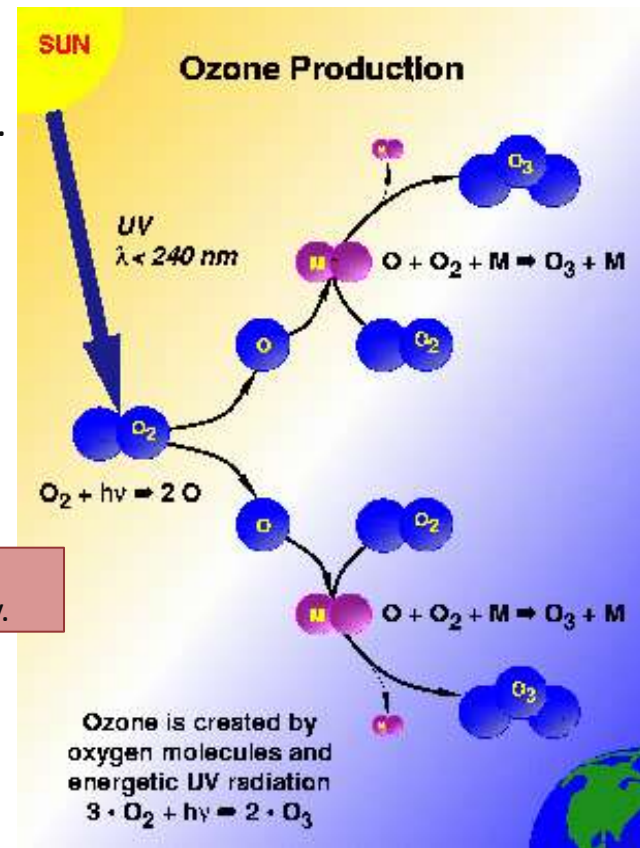
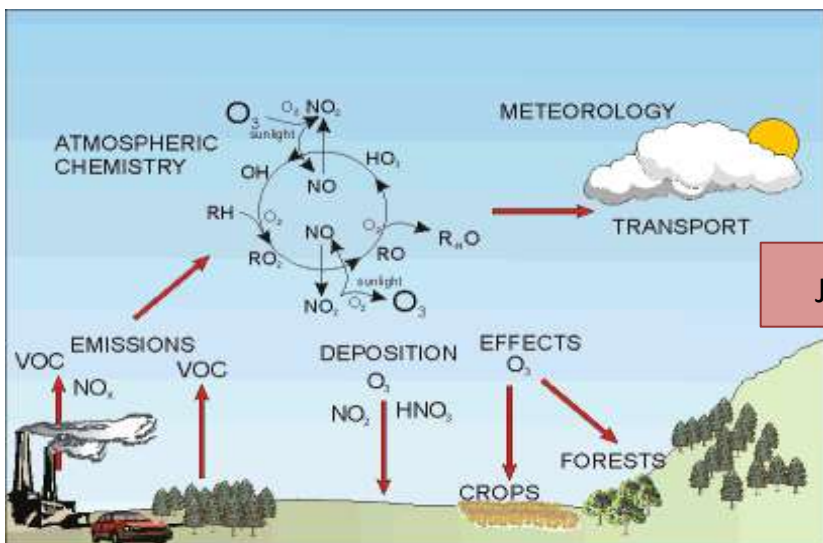
Přízemní ozón vzniká za přítomnosti slunečního záření, oxidů dusíku a těkavých organických látek VOC. VOC jsou prekurzory vzniku O₃ a ostatních fotooxidantů.

Na vzniku fotooxidantů se podílí doprava, průmysl, tepelné elektrárny.

Látky podílející se na vzniku troposférického ozónu jsou:

- VOC
- NO_x
- CO
- CH₄

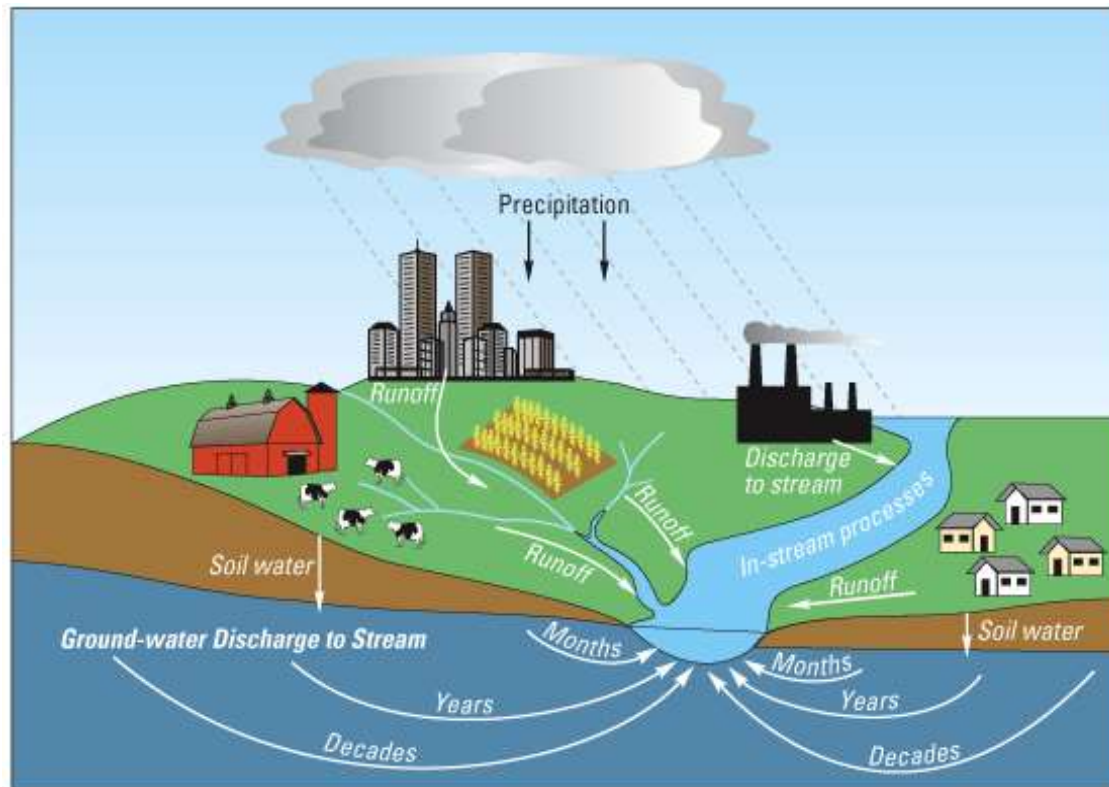
Jednotka kategorie: C₂H₄ ekv.





Eutrofizace

Eutrofizace je procesem obohacování prostředí živinami nad rámec přirozeného stavu. Týká se půd, povrchových vod, moří. Jeho projevem je vodní květ, nedostatek kyslíku a zhoršená kvalita vody.



From Phillips and others, 1999

Jednotka kategorie: PO_4^{3-} ekv.
(sladkovodní ekosystémy).

Jednotka kategorie: NO_3^- ekv. (mořské
ekosystémy).

Indikátorem kategorie je ekvivalentní množství biologicky dostupného N nebo P, případně úbytek kyslíku.

Antropogenní eutrofizace souvisí s produkcí komunálních odpadních vod, intenzivním zemědělstvím, používáním fosforečnanů v pracích práscích a některými druhy průmyslové výroby.

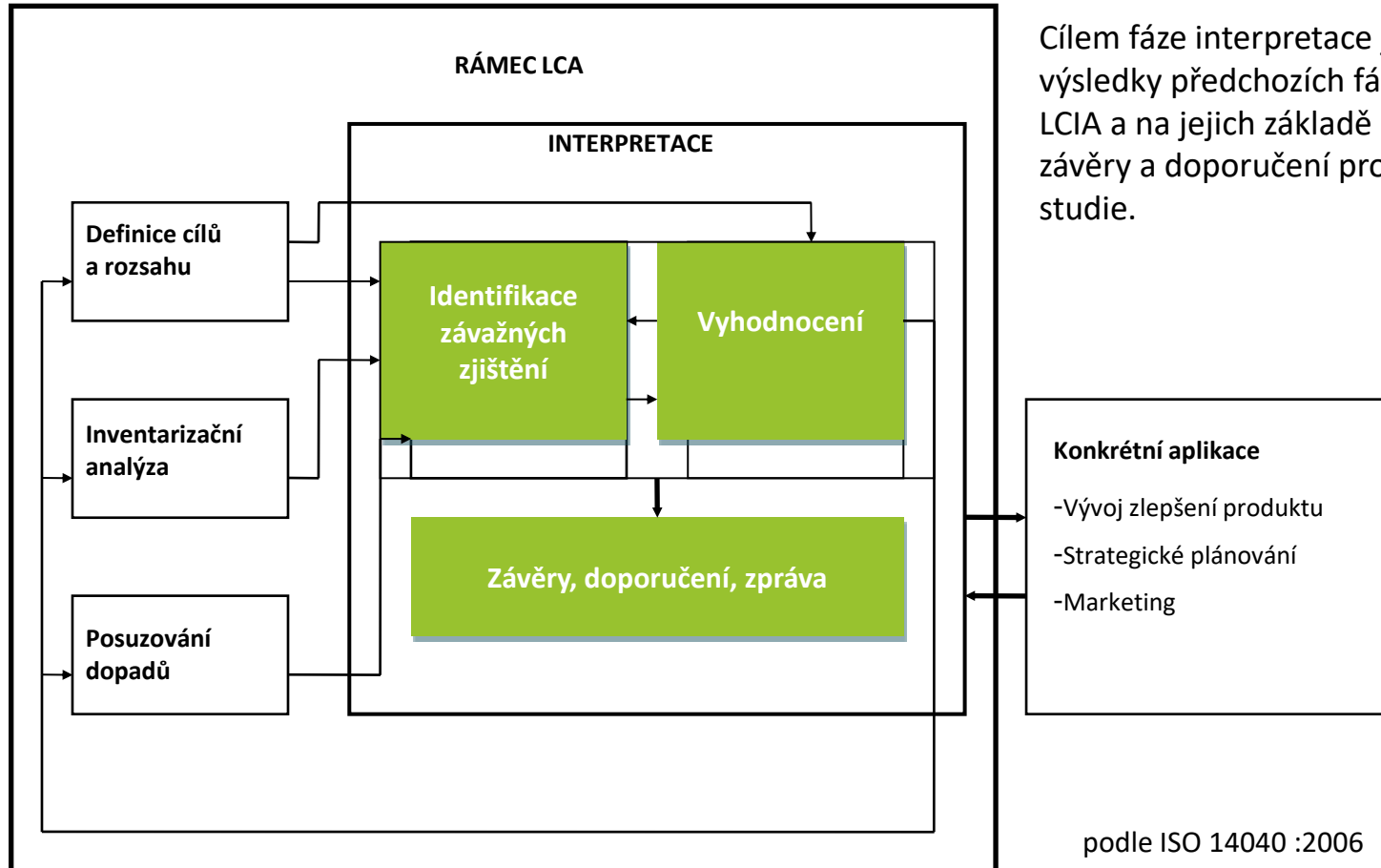


IV. INTERPRETACE

ANALÝZA PŘEDCHOZÍCH ČÁSTÍ, FORMULOVÁNÍ ZÁVĚRŮ A DOPORUČENÍ



GRAFICKÉ SCHÉMA FÁZE INTERPRETACE



Cílem fáze interpretace je analyzovat výsledky předchozích fází LCI nebo LCIA a na jejich základě stanovit závěry a doporučení pro zadavatele studie.



ZÁVĚRY, DOPORUČENÍ, ZPRÁVA

Výsledky a závěry studie LCA musí být úplně, přesně a nestranně sděleny zamýšlené cílové skupině. Výsledky, údaje, metody, předpoklady a omezení musí být transparentní a musí být dostatečně podrobné, aby mohl čtenář porozumět spletnosti postupů, které neodmyslitelně patří do LCA. Zpráva by také měla umožnit, aby byly výsledky a interpretace použity způsobem, který je v souladu s cíli studie.

Zpráva by měla obsahovat kompletní a objektivní záznam o činnosti, jak je podrobně popsáno v ISO 14040. Při podávání zpráv o interpretační fázi by měla být přísně zachována průhlednost v termínech týkajících se výběru hodnot, odůvodnění a odborných posudků.

Kdykoliv je to žádoucí s ohledem na cíl a rozsah studie, měla by být posouzena určitá doporučení adresovaná těm, kteří činí rozhodnutí.

Doporučení by měla být založena na konečných závěrech studie, a měla by odrážet logický a racionální důsledek závěrů.

Doporučení by se měla týkat zamýšleného použití, jak je zmíněno v ISO 14040.



VYUŽITÍ METODY LCA V PRAXI

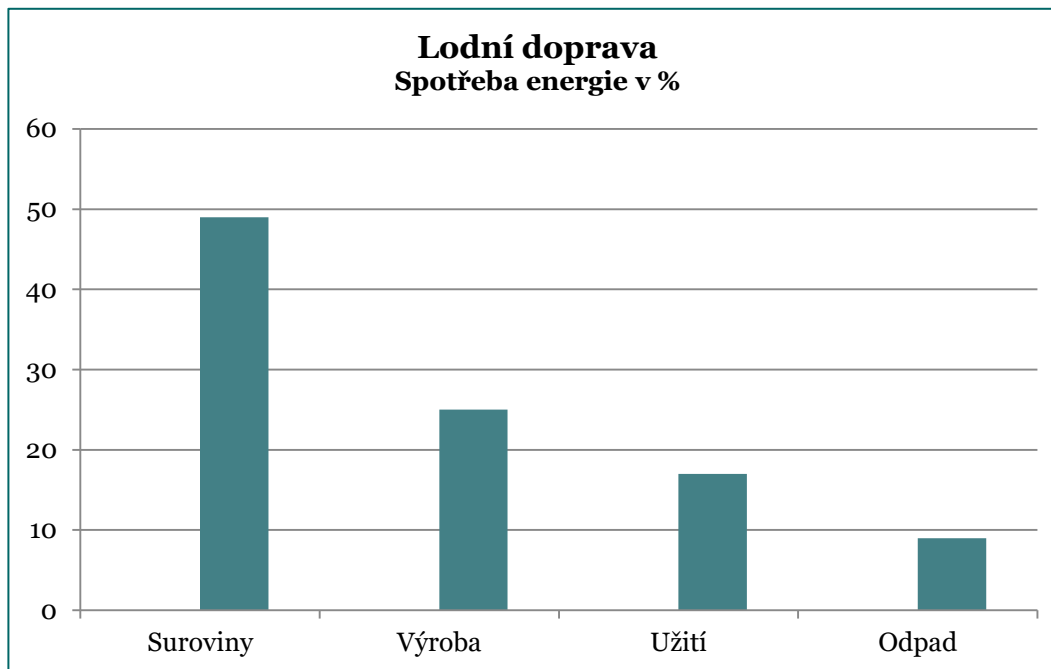
Díky holistickému pojetí celého produkčního, uživatelského a odpadového systému je možné lépe chápat vztahy mezi jednotlivými fázemi životního cyklu a životním prostředím a účinněji snižovat spotřebu surovin a energie a redukovat znečištění související s produktem. LCA tak:

- Poskytuje komplexní pohled na životní cyklus výrobku (porovnávání funkce nikoliv produktů)
- Identifikuje fáze s největším příspěvkem k poškození životního prostředí
- Identifikuje příležitosti pro zlepšení.
- Výsledky LCA lze využít při návrhu nových výrobků
- Pomáhá identifikovat rozdíly mezi alternativami
- Podporuje environmentální rozhodování.
- Je základním pilířem udržitelného rozvoje



VYUŽITÍ METODY LCA

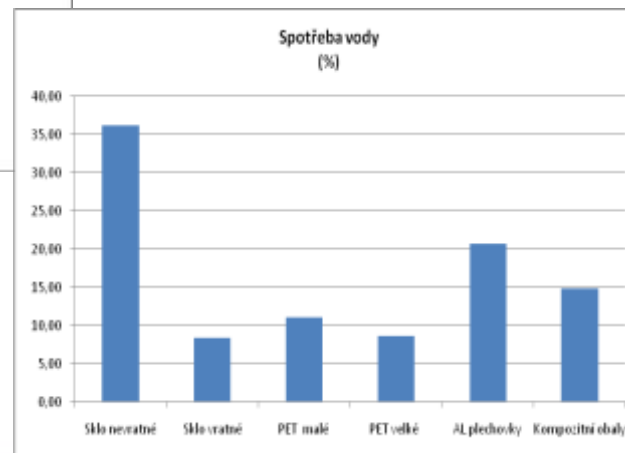
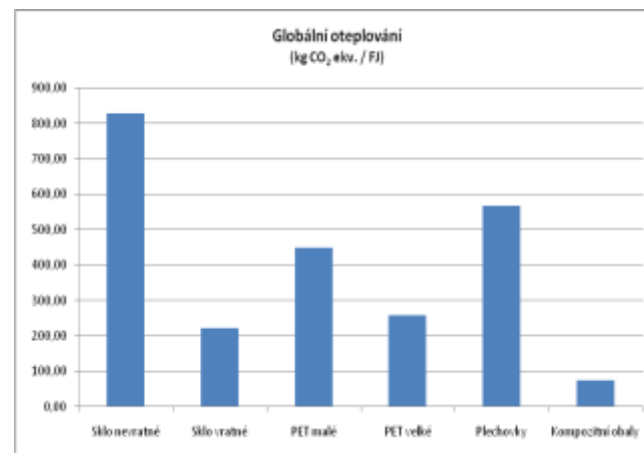
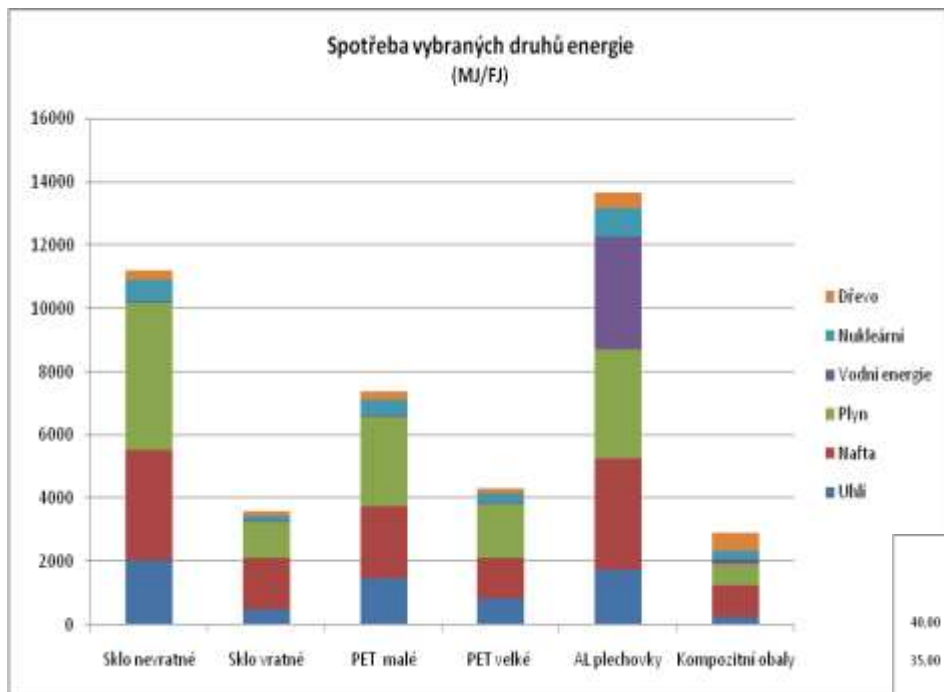
LCA je jediným nástrojem, který posuzuje environmentální dopady produktu v průběhu jeho celého životního cyklu, může proto sloužit k identifikaci možností zlepšení posuzovaného produktu ve všech jeho fázích od těžby surovin až po jeho odstranění.



LCA **identifikuje fáze s největšími dopady** na životní prostředí, tj., s největší spotřebou surovin a energie a největšími emisemi do vody půdy ovzduší a největší produkcí pevného odpadu.



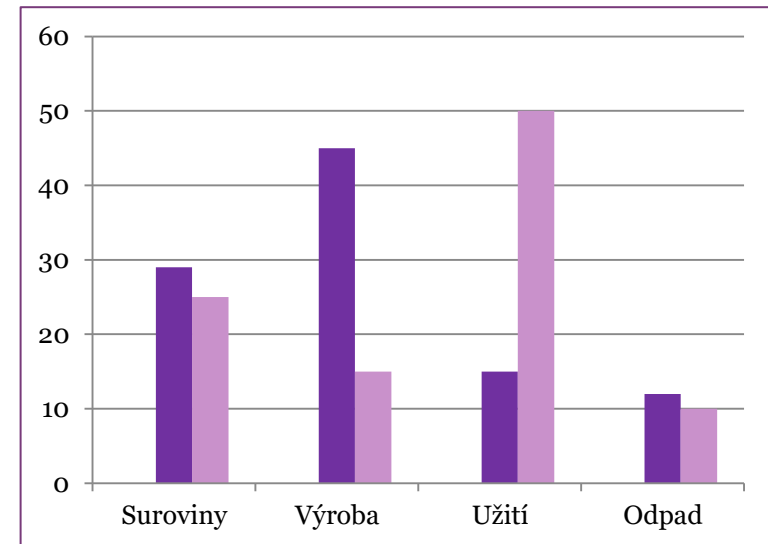
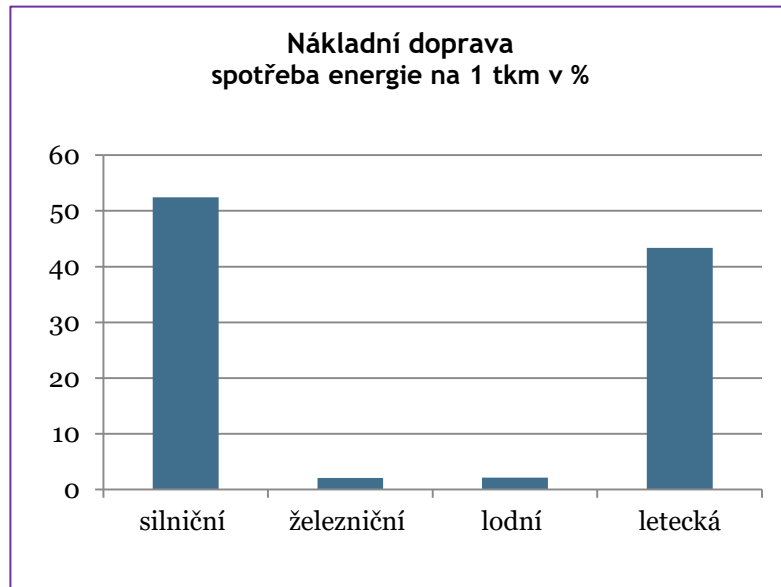
Umožňuje porovnání různých systémů, zajišťujících stejnou funkci



Projekt SPII2f11697
Porovnání různých druhů nápojových obalů v ČR
metodou LCA



- **Poskytuje ucelený pohled na výrobek nebo službu**



- **Boří mýty**

- **Zabraňuje přesunu zdrojů znečištění z jedné fáze životního cyklu do jiné**



- **Poskytuje podporu pro rozhodování na mikroekonomické úrovni, stejně jako na makroekonomické**

Nápojové obaly, recyklace ledniček, recyklace autovraků

- **Umožňuje rozlišovat mezi informací, která je důležitá pro objektivní kvantifikaci a tou, která je spíš předmětem politických priorit a sociálních výběrů**

Podíl průmyslu nápojových obalů v roce 2007 na celkovém zatížení životního prostředí ČR v roce 2007 se pohyboval od 0,032% (BSK5) do 4,268% (bauxit).



METODA LCA V NORMÁCH ISO 14000

Vývoj skupiny norem ISO 14040, ale i dalších norem v rámci ISO 14000 ukazuje rostoucí význam LCA.

- K normám ISO 14040 a 14044 týkajících se výhradně LCA přibyly další návrhy norem, jako je uhlíková stopa (ISO 14067) a vodní stopa (ISO 14046).
- LCA slouží jako podklad pro environmentální deklaraci o produktu – EPD (ISO 14025).
- LCA je zahrnuto v návrhu normy ISO 14045 eko-efektivita produktu
- LCA zohledňuje Pokyn pro začlenění environmentálních problémů do norem produktů (Guide 64) v ČR vedený jako TNI 01 0964
- Je součástí ISO 14062 Integrace environmentálních aspektů do návrhu a vývoje výrobku
- Výsledky LCA studií se používají k výběru indikátorů, které prezentují environmentálních chování podniků (ISO 14031) a k identifikaci opatření ke snížení dopadů na životní prostředí.



DĚKUJI ZA POZORNOST

marie.ticha@iol.cz

www.lca-cz.cz