

POSUZOVÁNÍ ŽIVOTNÍHO CYKLU

Vladimír Kočí
Ústav chemie ochrany prostředí,
VŠCHT Praha

Ohnisko pro hodnocení produktu – Triple bottom line

Životní prostředí



Ekonomika

Společnost

Historie ochrany prostředí (1)

Ohnisko

- Lokální škody na recipientech

Řešení

- Ředění

Podnět

- Konkrétní problém

Účastník

-

„Sejde z očí, sejde z mysli.“

Historie ochrany prostředí (2)

Ohnisko

- Imise a emise

Řešení

- Sledování koncových zdrojů znečištění

Podnět

- Soulad se zákonem (emisní limity)

Účastník

- Úřady ŽP (vznik)

*„Zaměřeno na následky,
léčení symptomů.“*

Historie ochrany prostředí (3)

Ohnisko problému

- Emisní zdroje
- Vyčerpávání surovin

Řešení

- Otevření černé skříňky (Čistší produkce)
- Studium jednotlivých technologií a projektů

Podnět

- Ochrana surovin
- Soulad se zákonem

Účastník

- Inženýři, konzultanti, úřady ŽP (státní správa, účastníci)

*„Zaměřeno na
technologie.*

Prevence.“

Historie ochrany prostředí (4)

Ohnisko problému

- Spotřeba emisí i zdrojů
- Organizační předpoklady

Řešení

- Systém environmentálního managementu (EMS)
- Zájem o management a kontinuální zlepšování

Podnět

- Vnitřní dynamika a společenská prestiž

-Účastník

- Management a zaměstnanci
- Obchodní organizace a konsultační firmy
- Úřady ŽP (protihráči – oponenti)

„Zaměřeno na management.“

Dynamika.“

Historie ochrany prostředí (5)

Ohnisko problému

- Environmentální dopady produktů
- Nové chemikálie a materiály

Řešení

- „Čistší produkty“ (místo produkce); LCM

Podnět

- Výhoda soutěživosti a image (image prvního)

Účastník

- Designeři, vývojáři produktů

Spotřebitelé, zákazníci, distributoři

*„Zaměřeno na
produkty.“*

*Triple bottom
line.“*

1. Typy produktů a jejich CV (LC) jsou různé

- ▣ Všechny produkty mají specifickou ekologickou stopu.
- ▣ Nástroje vedoucí ke zlepšení jsou (skoro) vždy různé.
- ▣ Mezi jednotlivými etapami LC se vyskytují protichůdné tendence.
- ▣ Hraniční podmínky a ekonomické danosti často brání systémové celkové perspektivě.

Stádia životního cyklu produktů

Podobně jako život organismu se skládá ze zrození, vývoje, aktivního života a končí smrtí, zahrnuje životní cyklus produktů tato 4 hlavní stádia:

Získávání surovin

Úplný životní cyklus produktu začíná získáváním obnovitelných i neobnovitelných surovin a energetických zdrojů z prostředí. Jedná se například o těžbu dřeva nebo ropy či o dolování rud. Do tohoto stádia je zahrnována i doprava surovin z místa jejich získávání do místa dalšího zpracování.

Výroba

Ve stádiu výroby jsou suroviny přeměňovány na produkt a dopravovány ke spotřebiteli. Samotné stádium výroby se skládá z přeměny surovin na materiály potřebné pro výrobu produktu, z výroby a kompletace vlastního produktu a z jeho balení, které je nutné pro distribuci ke spotřebiteli.

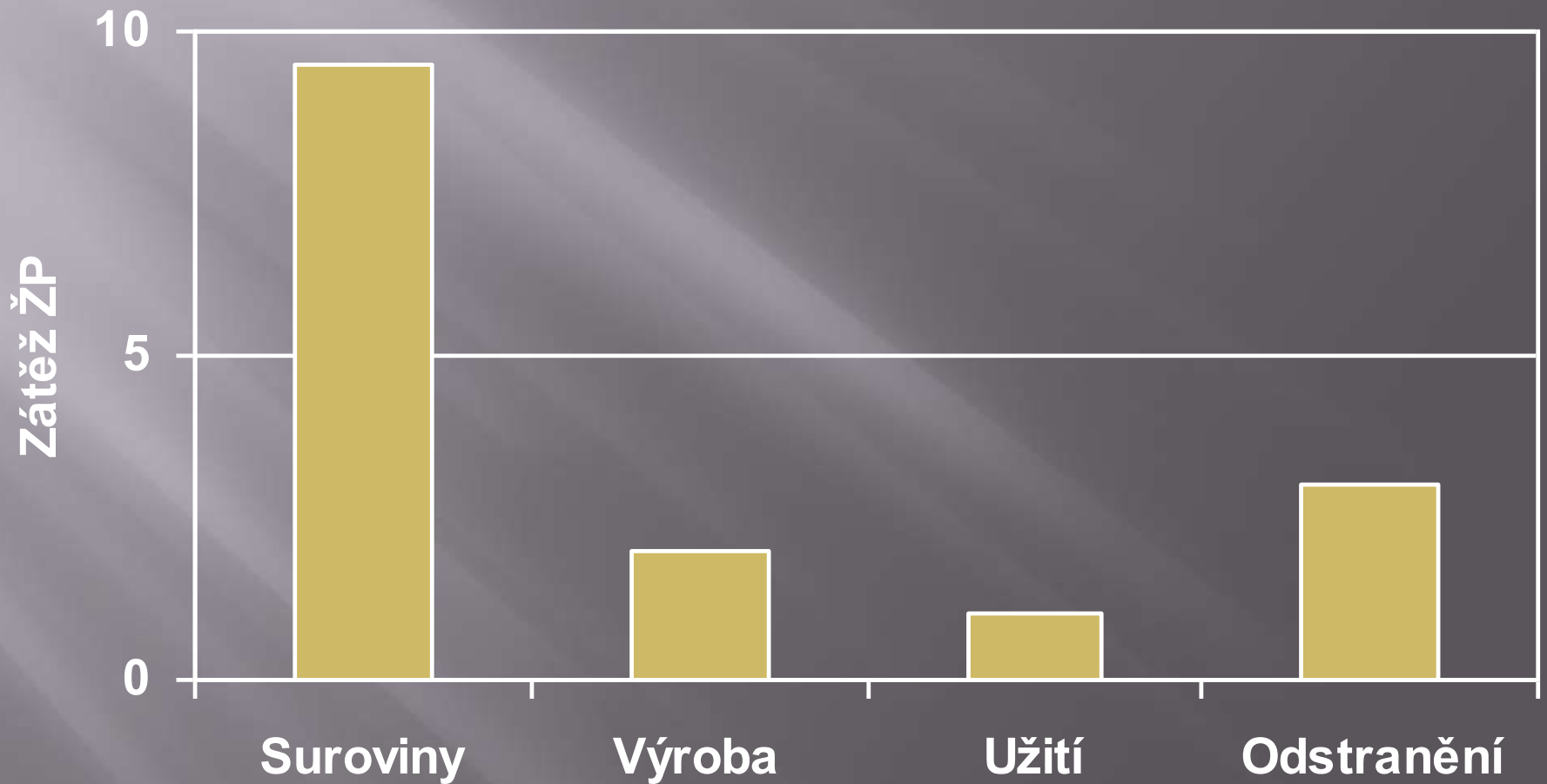
Užívání produktu

Vyrobенý produkt je v tomto stádiu spotřebováván a využíván. Jsou sem zahrnuty energetické a surovinové požadavky na provoz, využití opravy či uskladnění.

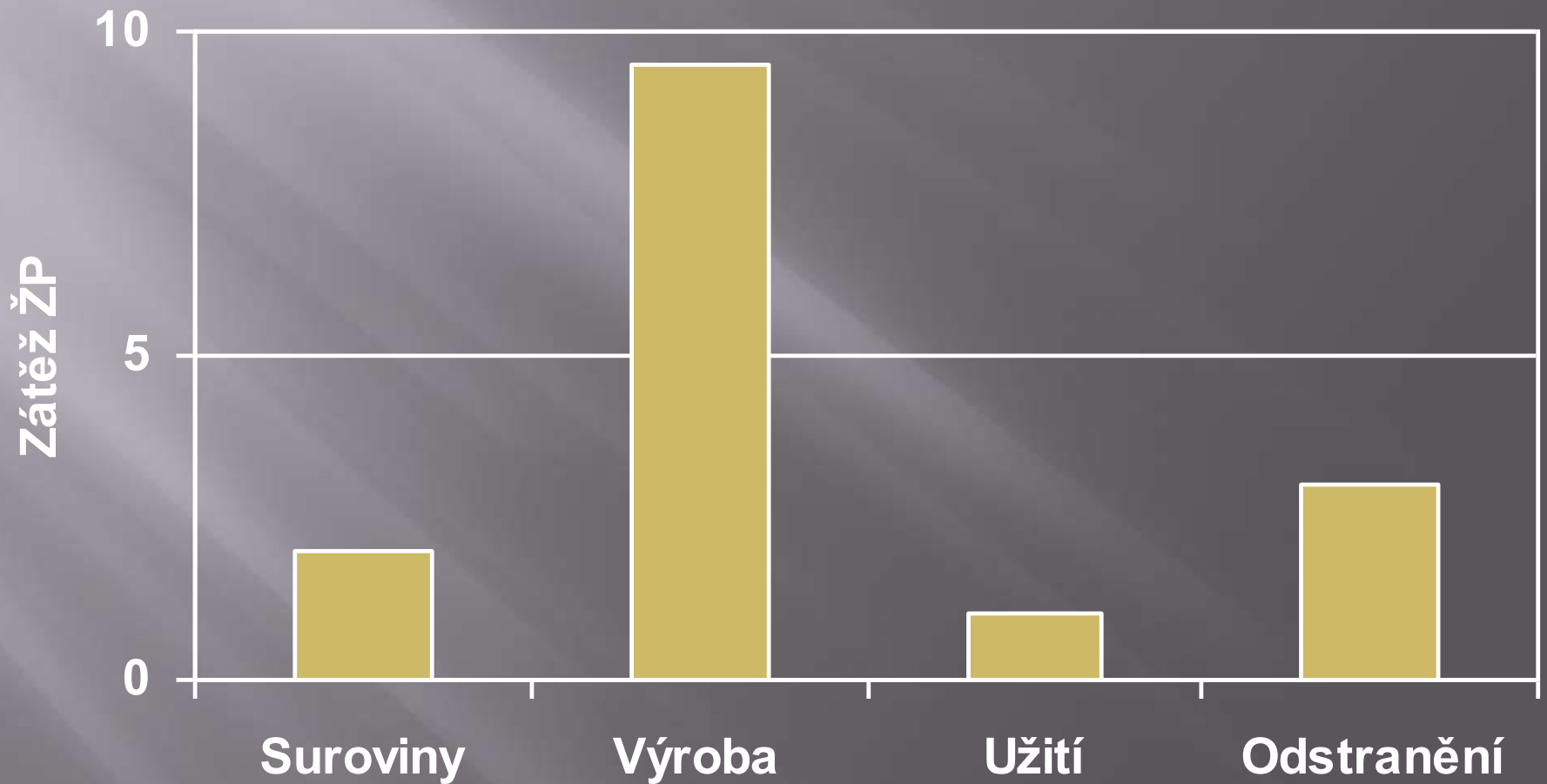
Odstranění

Když už spotřebitel produkt nepoužívá nastává stádium odstranění. Kromě samotného produktu bývají likvidovány i obaly. V tomto stádiu jsou brány v potaz energetické a materiálové nároky na odstranění, znovuužití, případně recyklaci.

Typ A: Spotřební materiál; intenzivní produkce.
Např.: Jednorázový obal

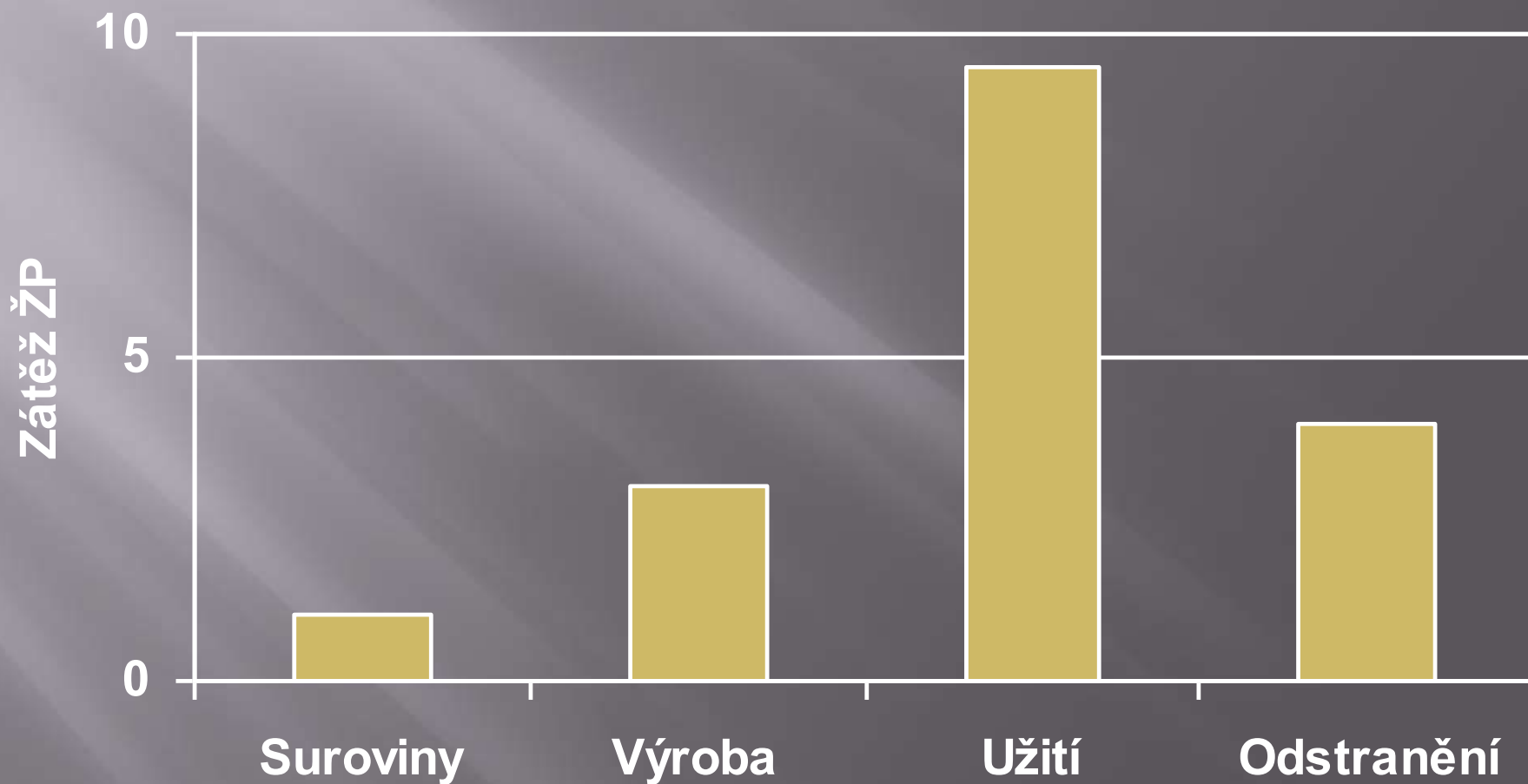


**Typ B: Náročná výroba; intenzivní produkce.
Např.: Notebook; papírové výrobky**

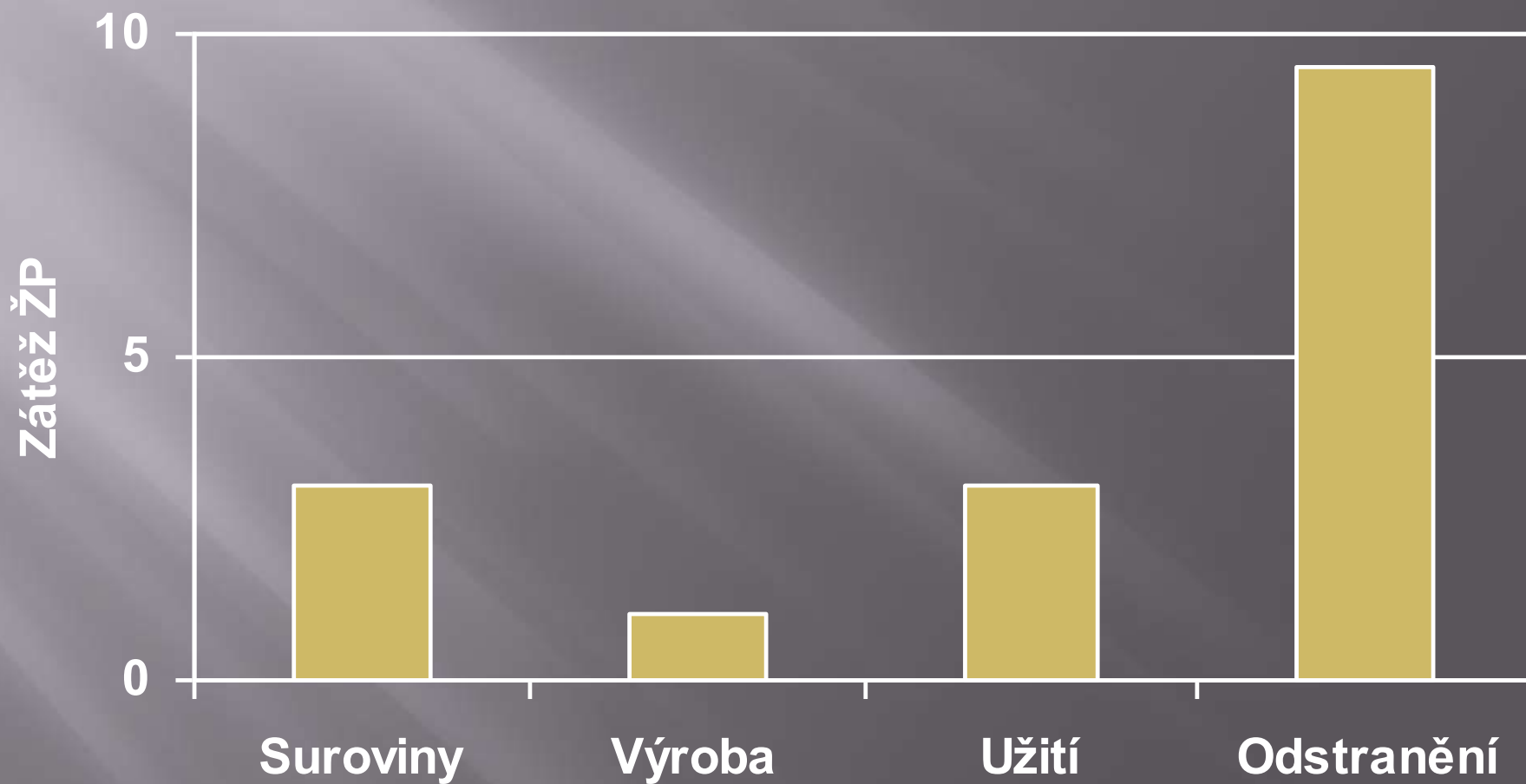


Typ C: Dlouhodobý produkt spotřebovávající energii a zdroje.

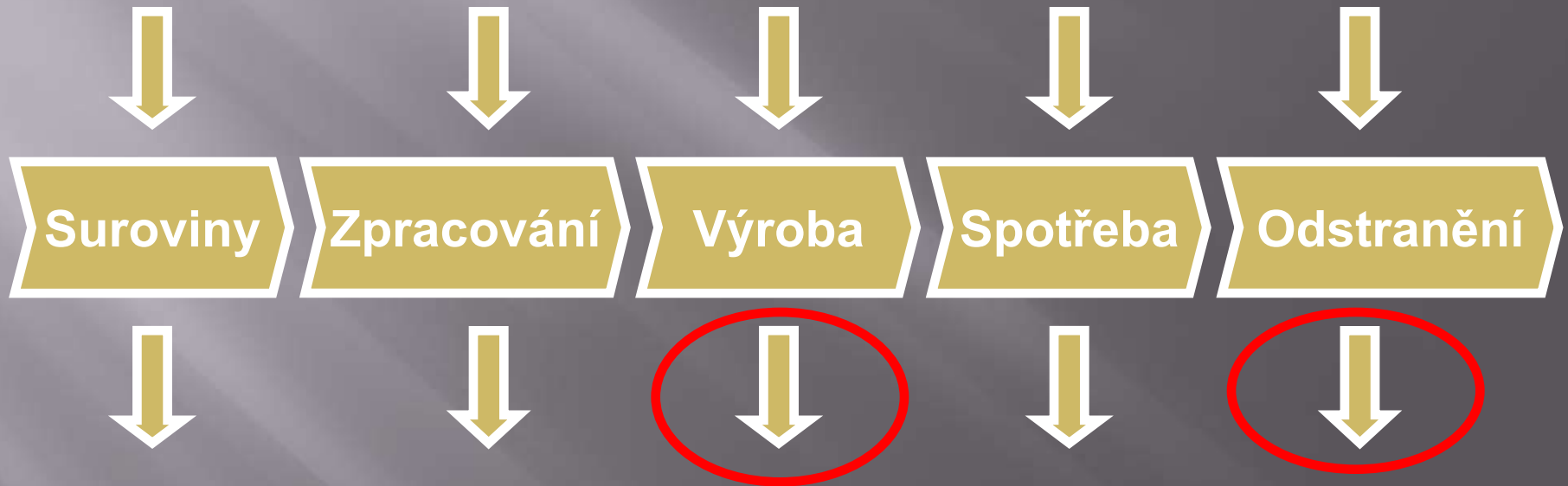
Např.: Automobily; přístroje; budovy (moderní konstrukce)



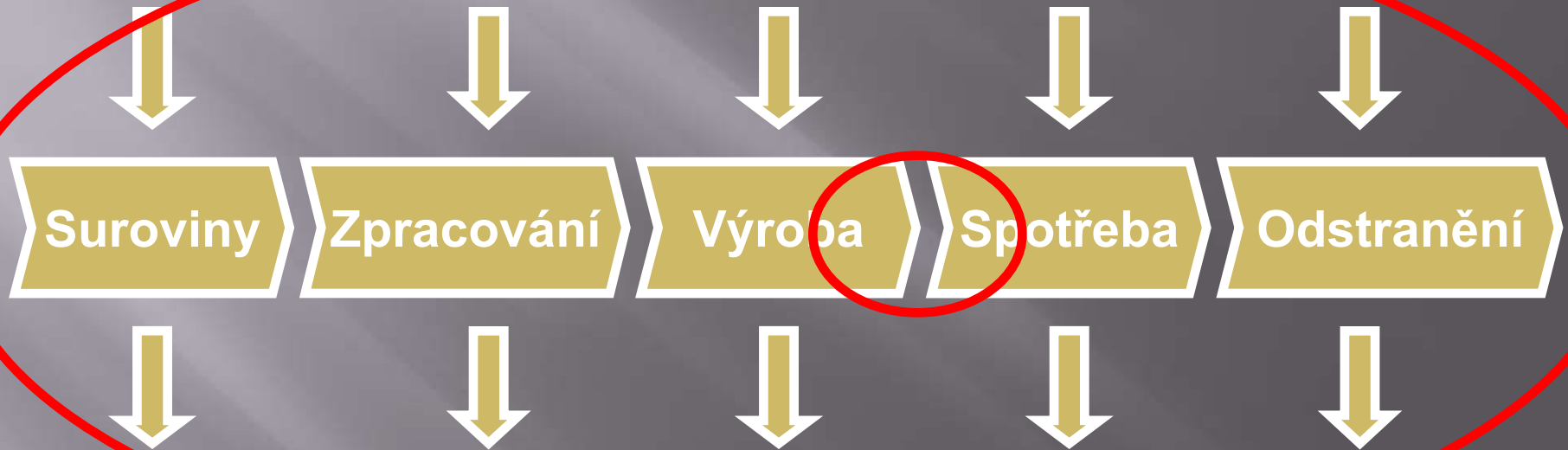
Typ D: Produkt se specifickou likvidací.
Např.: Jednorázové pleny



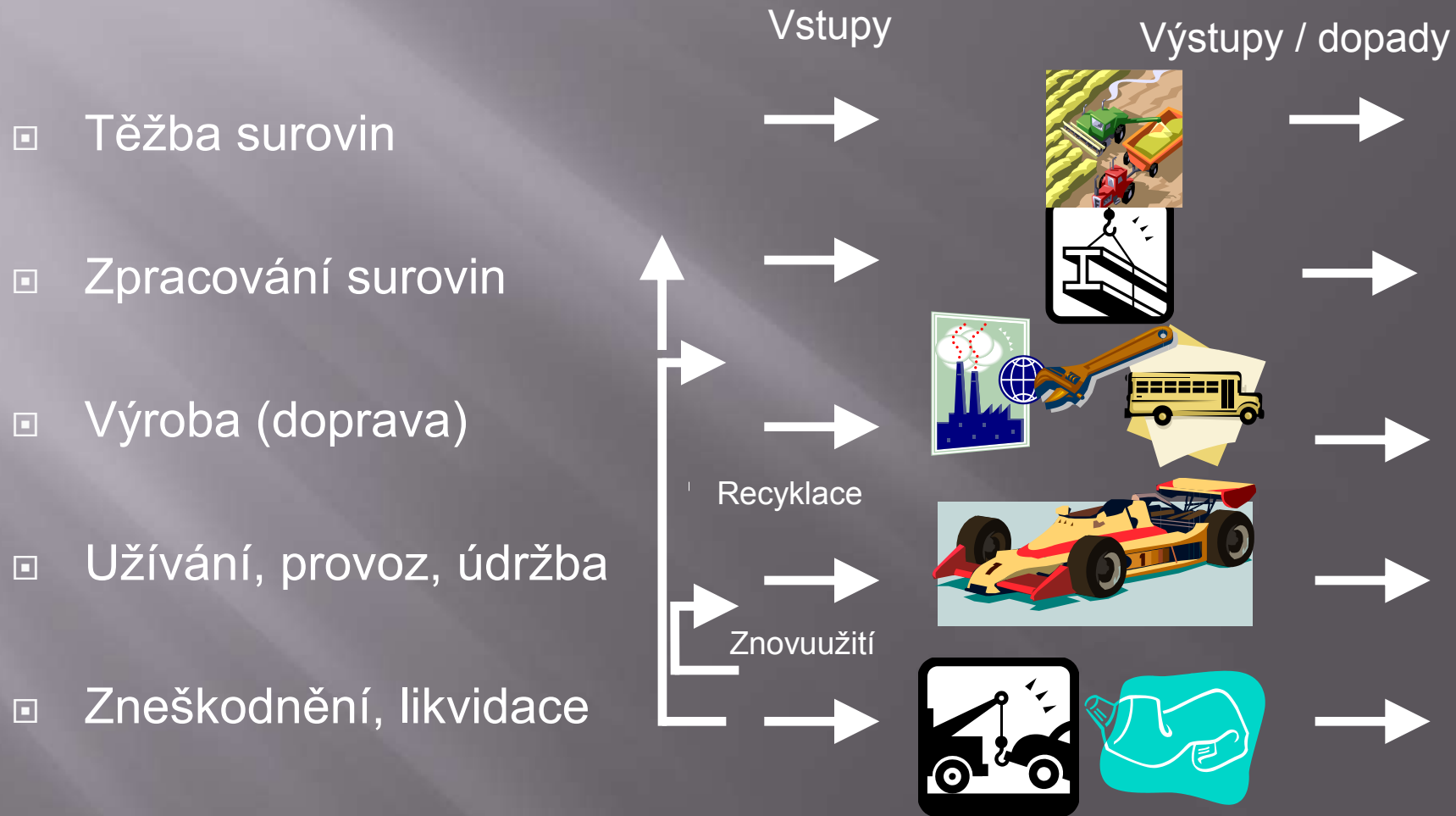
Jak vlády uvažují? Zastaralý přístup



Jak vlády uvažují? Moderní přístup



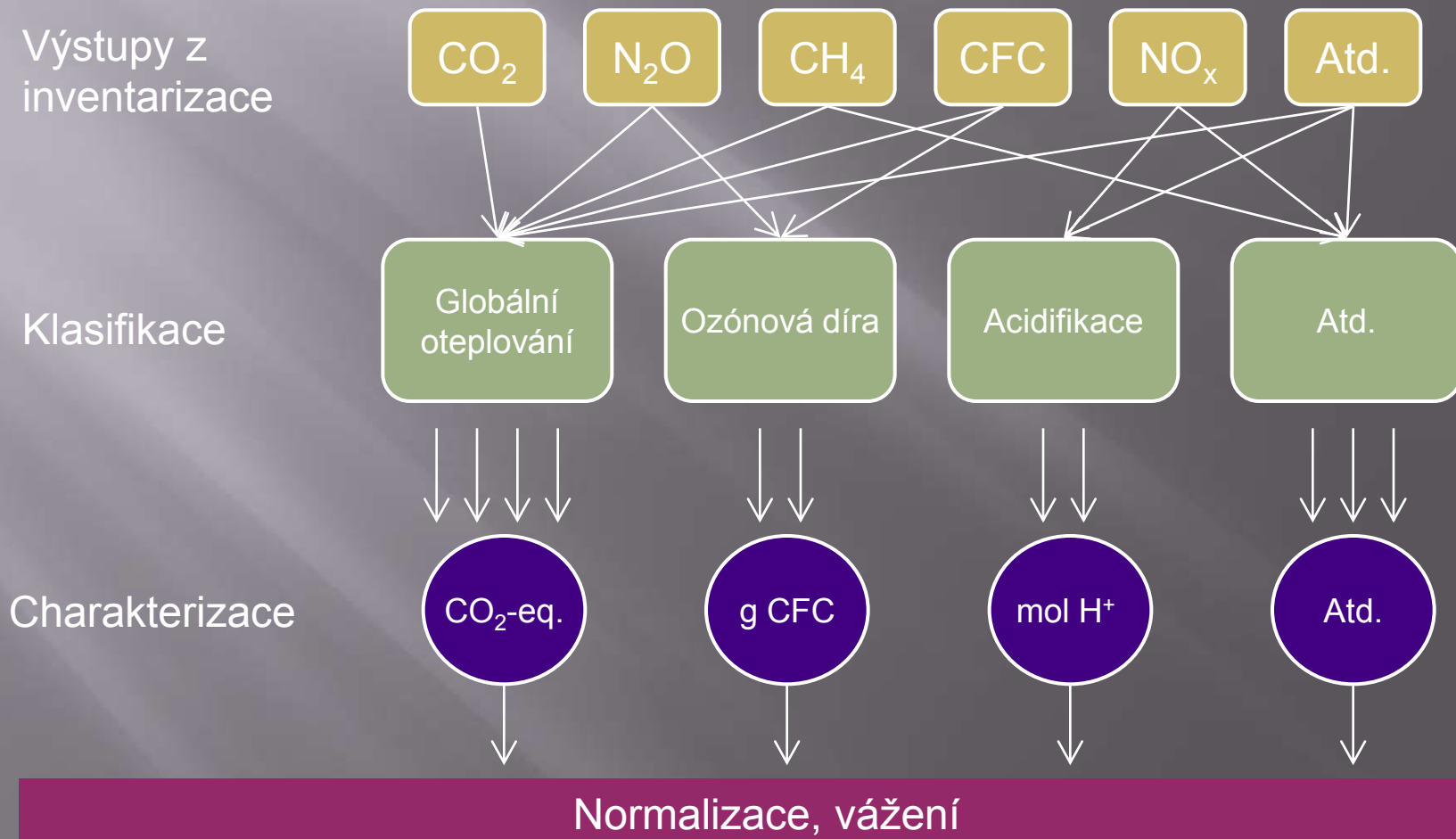
Co je to LCA? - Vysvětlení



Zjednodušená inventarizační tabulka dvou chladniček.

<i>Látka</i>		<i>Pentan/isobutan</i>	<i>R134a</i>
Emise do ovzduší			
CO ₂	g	850000	997000
CO	g	1000	1030
N ₂ O	g	50	59
SO ₂	g	4570	5360
Pentan	g	126	-
R134a	g	-	737
Emise do vody			
BSK ₅	g	1,11	1,12
H ⁺ (vodíkové ionty)	g	2,33	2,43
Amoniakální dusík	g	0,22	0,22
Dusičnanový dusík	g	0,09	0,09
Fenol	g	0,009	0,01

Některé emise mají vliv na více potenciálních dopadů, je třeba je zahrnout v rámci klasifikace k více kategoriím dopadu.

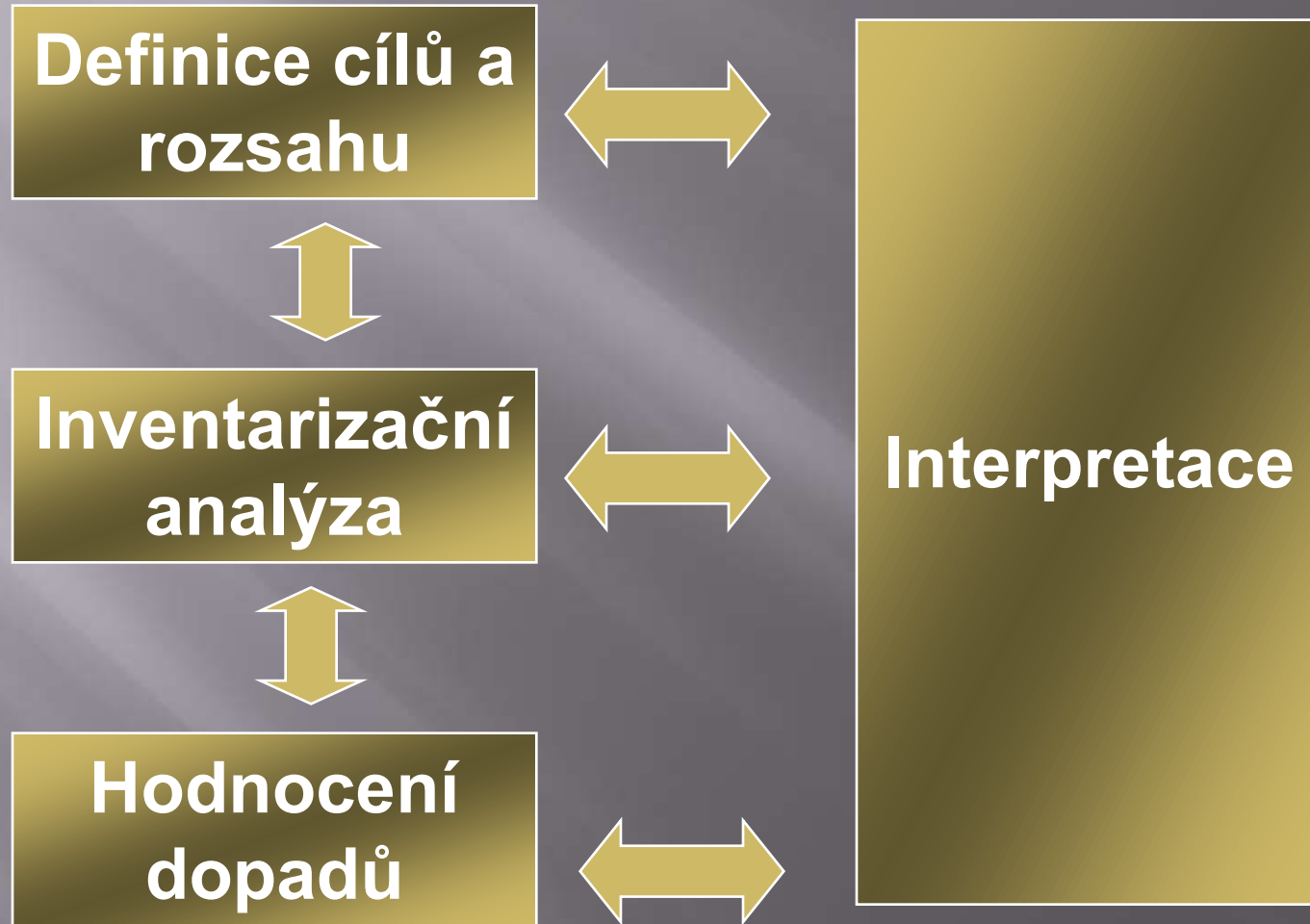


Příklad GW

- ▣ Výpočet výsledku indikátoru kategorie dopadu globální oteplování (GW) z životního cyklu produktu, během kterého se do prostředí uvolní 550 g methanu, 15000 g CO₂ a 10 g CO.

Emise	Množství, kg	GWP _{100,i} , kg(CO ₂ -eq)/kg	Množství GWP _i
CH ₄	0,550	21	11,55
CO ₂	15,0	1	15,0
CO	0,01	2	0,02
			GW = 26,57 kg(CO ₂ -eq.)

Fáze LCA



DEFINICE CÍLŮ A ROZSAHU

Goal and scope definition

Definice cílů a rozsahu

- ▣ K čemu a komu bude studie sloužit
- ▣ Co se bude posuzovat
 - Funkce, funkční jednotka, referenční tok
- ▣ Jak velká část životního cyklu produktu bude zahrnuta do hodnocení
 - Hranice systému
 - Časový horizont
- ▣ Kategorie dopadu
- ▣ Postup práce
 - Volba metodik
 - Oponenti
 - Formy publikace

Identifikace funkcí

- ▣ Nejprve je nutné identifikovat klíčovou **funkci** výrobku.
- ▣ Výrobky mohou plnit více funkcí, je třeba zvolit tu (ty) relevantní pro náš systém.
- ▣ LCA může být prováděno pro **výrobky** (např. barvy Primalex), nebo může být LCA provedeno na **konečnou potřebu** (např. překrytí 20 m² zdi).

Výrobek:

Natřená zeď

Funkce:

Natírání zdi
Barvení (reklama)
Izolace tepelná
Izolace proti vodě
Překrytí nátěru
Odstranění skvrn

Výběr funkcí:

Pro vnitřní zeď je zbytečná ochranná vrstva, důležitá však bývá malba (barvení).

Funkční jednotka

- ▣ **Definice:** Kvantifikovaný výkon výrobního systému, který slouží jako referenční jednotka ve studii LCA.
- ▣ **Příklad:** překrytí 20 m² zdi barvou po dobu 10 let s kryvostí předchozího nátěru 98%.
- ▣ Účelem funkční jednotky je kvantifikovat službu, která je poskytována výrobním systémem.

Referenční tok

- Referenční tok je množství výrobku, jež je nezbytné k naplnění funkce definované funkční jednotkou.

Funkce	Funkční jednotka	Referenční tok
Povrchová úprava vnitřní zdi	Pokrytí 20 m ² zdi po dobu 10 let s kryvostí předchozího nátěru 98%	18 litrů barvy nebo 50 m ² tapety

Příklad – pití čaje

- ▣ Příkladem *funkce* může být například doprava čaje z konvice do úst.
- ▣ Funkci lze zajistit například PE kelímkem na jedno použití, keramickým hrnkem, nebo porcelánovým hrnkem.
- ▣ Jako *funkční jednotku* lze zvolit například roční transport nápoje pro jednu osobu třikrát denně.
- ▣ Předpokládejme, že plastové kelímky jsou na jedno použití a nemyjí se, a že keramický hrnek vydrží v průměru 4 roky, zatímco porcelánový jen 2 roky.

Zjednodušeně bychom pak mohli vyčíslit nároky pro naplnění funkční jednotky 3 rozdílných produktových systémů takto:

Funkce	Doprava nápoje k ústům spotřebitele		
Funkční jednotka	Doprava nápoje k ústům spotřebitele po celý jeden rok ráno, v poledne a večer.		
Porovnávaný systém	Polypropylénový kelímek	Keramický hrnek	Porcelánový hrnek
Referenční tok	1095 kelímků	¼ keramického hrnku	½ porcelánového hrnku
Pomocné vstupy	PE obal na sadu 50 kelímků	Horká voda detergent	Horká voda detergent

Příklad Sušení rukou

- ▣ Porovnávané Systémy

Papírový ručník (A): Elektrický sušák (B)

- ▣ Funkce – osušení rukou

- ▣ Funkční jednotka – osušení 1 páru rukou

- ▣ Referenční tok

(A) – průměrná hmotnost papíru (např. 10g)

(B) – průměrný objem horkého vzduchu (50l)

Příklad Dekorace zdí

- ▣ Porovnávané Systémy

Nátěrová barva (A): Tapeta (B)

Možné funkce – dekorace, ochrana povrchu, reklama, ... zvolená relevantní funkce bude v tomto případě

- ▣ Funkce - pokrytí zdi

- ▣ Funkční jednotka – pokrytí 20m² zdi po dobu 10 let

- ▣ Referenční tok

(A) – 5 kg barvy (přemalování po 5ti letech)

(B) – 50 m² tapety (výměna po 10ti letech)

Příklad Přebalování kojenců

- ▣ Porovnávané Systémy
Bavlněná plena (A): Papírová plena (B)
- ▣ Funkce – suchý kojeneček
- ▣ Funkční jednotka – 10 kojenců suchých 1 rok

System	Přebalení za 1 den	Přebalení za 1 rok	Životnost pleny, cyklů	Spotřeba plen za rok, ks
A - Bavlna	5	1825	25	73
B - Papír	2	730	1	730

- Referenční tok
(A) – 730 bavlněných plen
(B) – 7300 papírových plen

INVENTARIZAČNÍ ANALÝZA

LCI

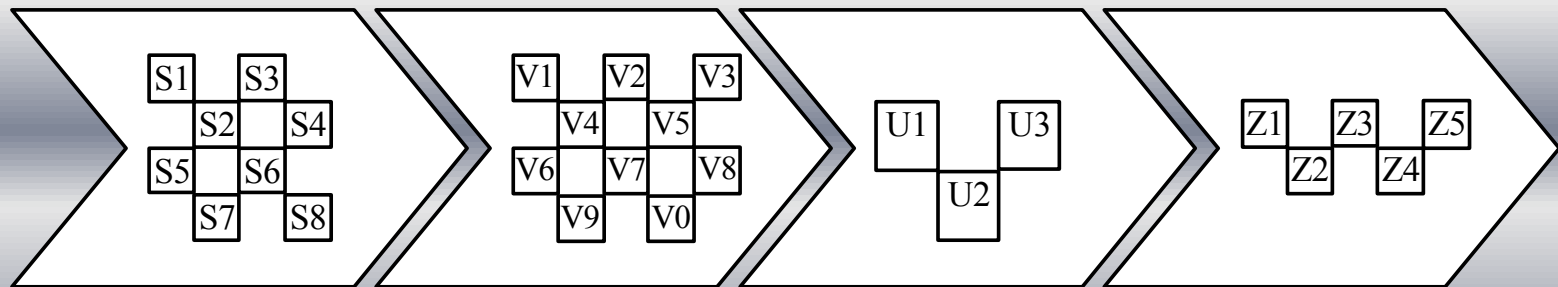
Materiálové a energetické toky

- ▣ Input / output flows
- ▣ Zlatokop – rýžování zlata:
 - Vstupy: říční písek; voda; energie zlatokopa
 - Výstupy: zlato; odpadní voda; sediment
 - Proces: rýžování zlata



Materiálové a energetické toky

- Každý *proces* musí být popsán jednak vstupy a výstupy, ale také pozicí vzhledem k ostatním procesům.
- Propojení jednotlivých procesů je realizováno **materiálovými a energetickými toky**, kdy jeden tok je zároveň výstupem z předchozího a vstupem do následného procesu.
- Je důležité dodržovat návaznost procesů. Jestliže z jednoho procesu vystupuje materiálový výstup, musí ten samý tok na vstupu do dalšího procesu být vyjádřen ve stejných jednotkách.



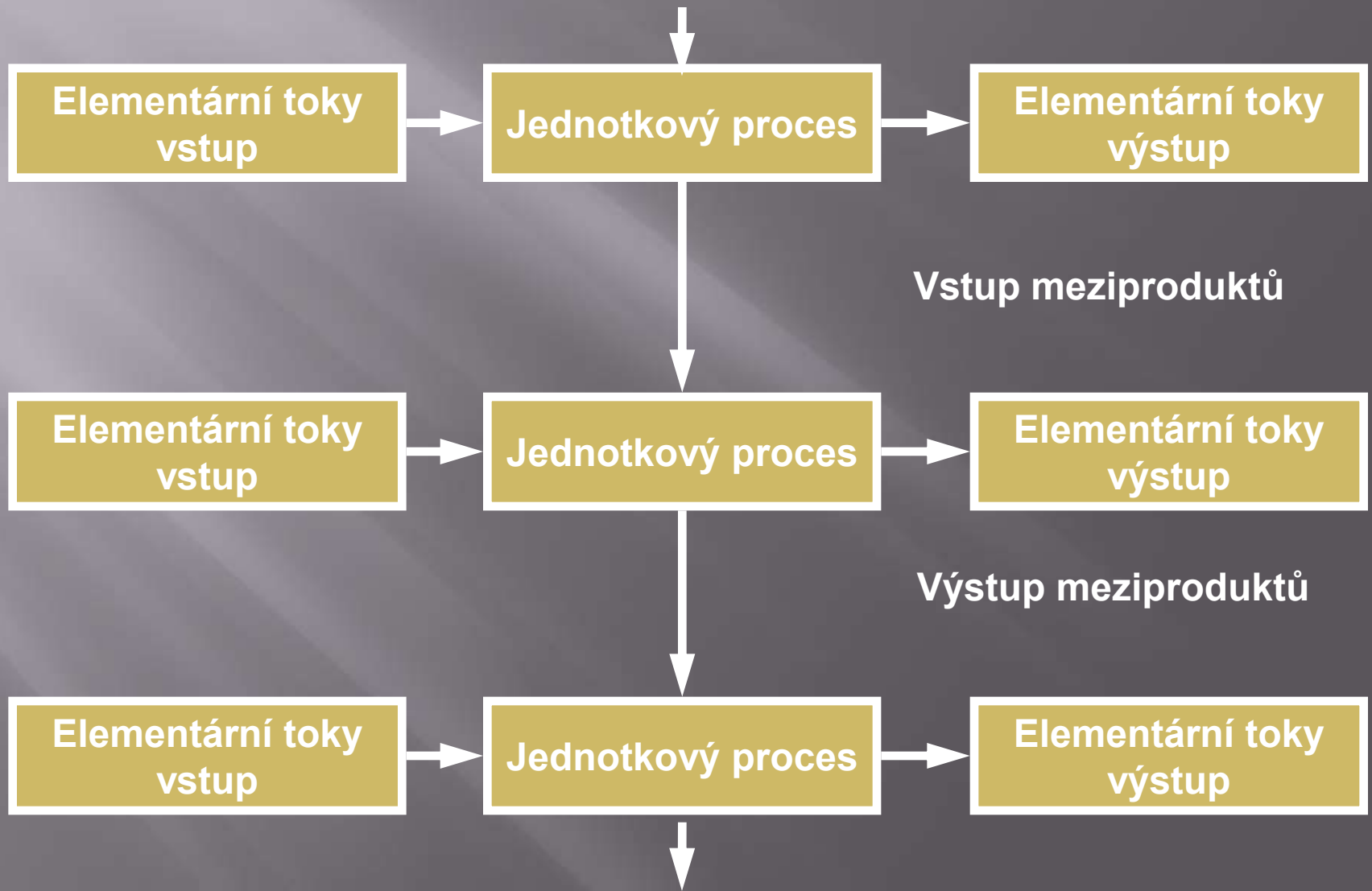
Suroviny

Výroba

Užívání

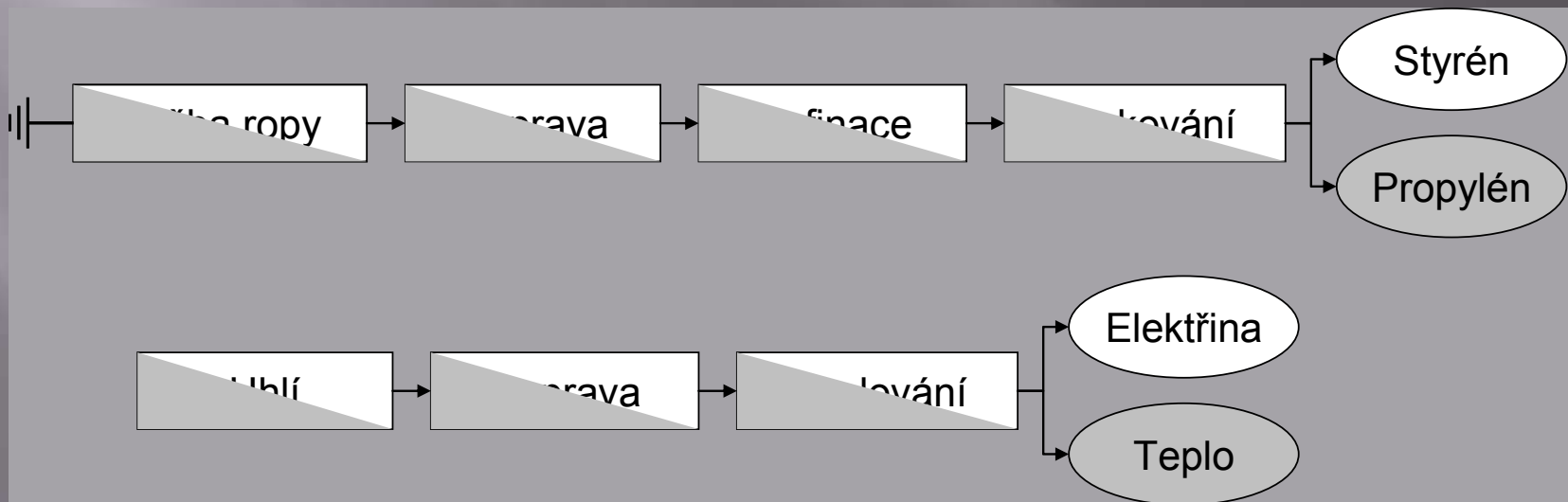
Zneškodnění

Produktový systém

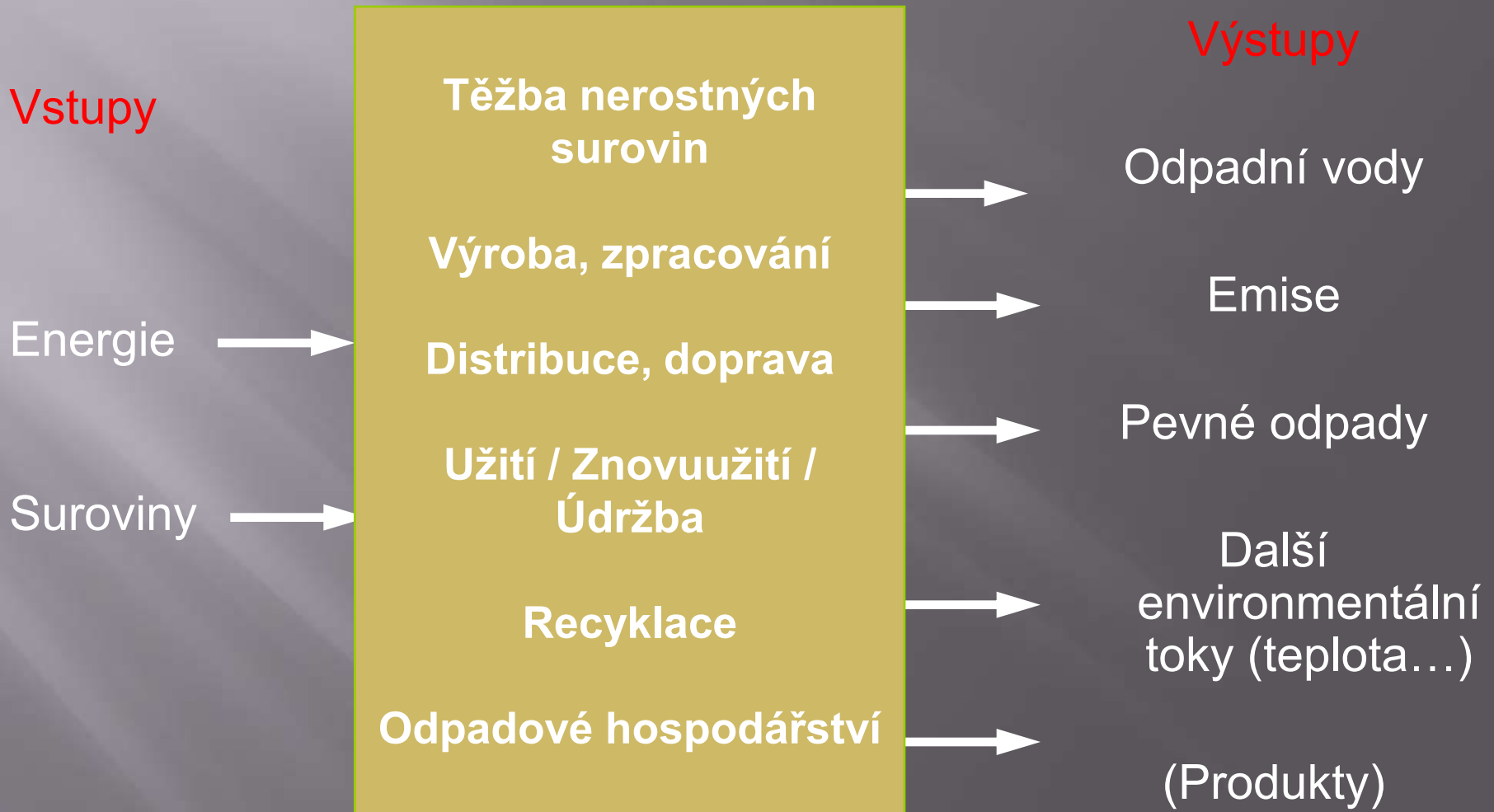


Alokace

- ▣ Vedlejší produkty
- ▣ Recyklace
- ▣ Rozdělení emisí (dopadů) mezi více produktů
- ▣ Alokace podle hmotnosti
- ▣ Alokace podle ceny



LCI – hranice systému



<i>Látka</i>		<i>Pentan/isobutan</i>	<i>R134a</i>
Emise do ovzduší			
CO ₂	g	850000	997000
CO	g	1000	1030
N ₂ O	g	50	59
SO ₂	g	4570	5360
NO _x	g	3100	3640
Měď	g	0,06	0,08
Vanad	g	0,95	1,05
Uhlovodíky	g	5660	6790
Methan	g	14	17
Isobutan	g	6	-
Pentan	g	126	-
R134a	g	-	737
Emise do vody			
BSK ₅	g	1,11	1,12
H ⁺ (vodíkové ionty)	g	2,33	2,43
Amoniakální dusík	g	0,22	0,22
Dusičnanový dusík	g	0,09	0,09
Fenol	g	0,009	0,01

Zjednodušená
inventarizační
tabulka
(environmentální
profil) dvou
chladniček.

HODNOCENÍ DOPADŮ ŽIVOTNÍHO CYKLU

LCIA
Life Cycle Impact Assessment

Hodnocení dopadů



- ▣ LCIA hodnotí důležitost potenciálních dopadů na životní prostředí na základě výsledků inventarizační analýzy.
- ▣ Zahrnuje spojení inventarizačních údajů se specifickými dopady na životní prostředí – **kategorie dopadu.**
- ▣ Úroveň detailů, volba hodnocených dopadů a použitých metod (charakterizačních modelů) závisí na definici cílů a rozsahu.

2. Kategorie dopadu - definice

- ▣ *Kategorie dopadu* je třída představující problém v životním prostředí, jenž je způsobován lidskou činností a ke kterému lze přiřadit výsledky inventarizace.

Základní kategorie dopadu

- ▣ Jedná se o kategorie, které jsou hodnoceny vesměs ve všech studiích LCA.
 - Úbytek neobnovitelných (abiotických) zdrojů
 - Využívání krajiny (pokles množství využitelné krajiny)
 - Změny klimatu
 - Úbytek stratosférického ozónu
 - Humánní toxicita
 - Ekotoxicita (sladkovodní, mořská, terestrická)
 - Tvorba foto-oxidačních látek
 - Acidifikace
 - Eutrofizace

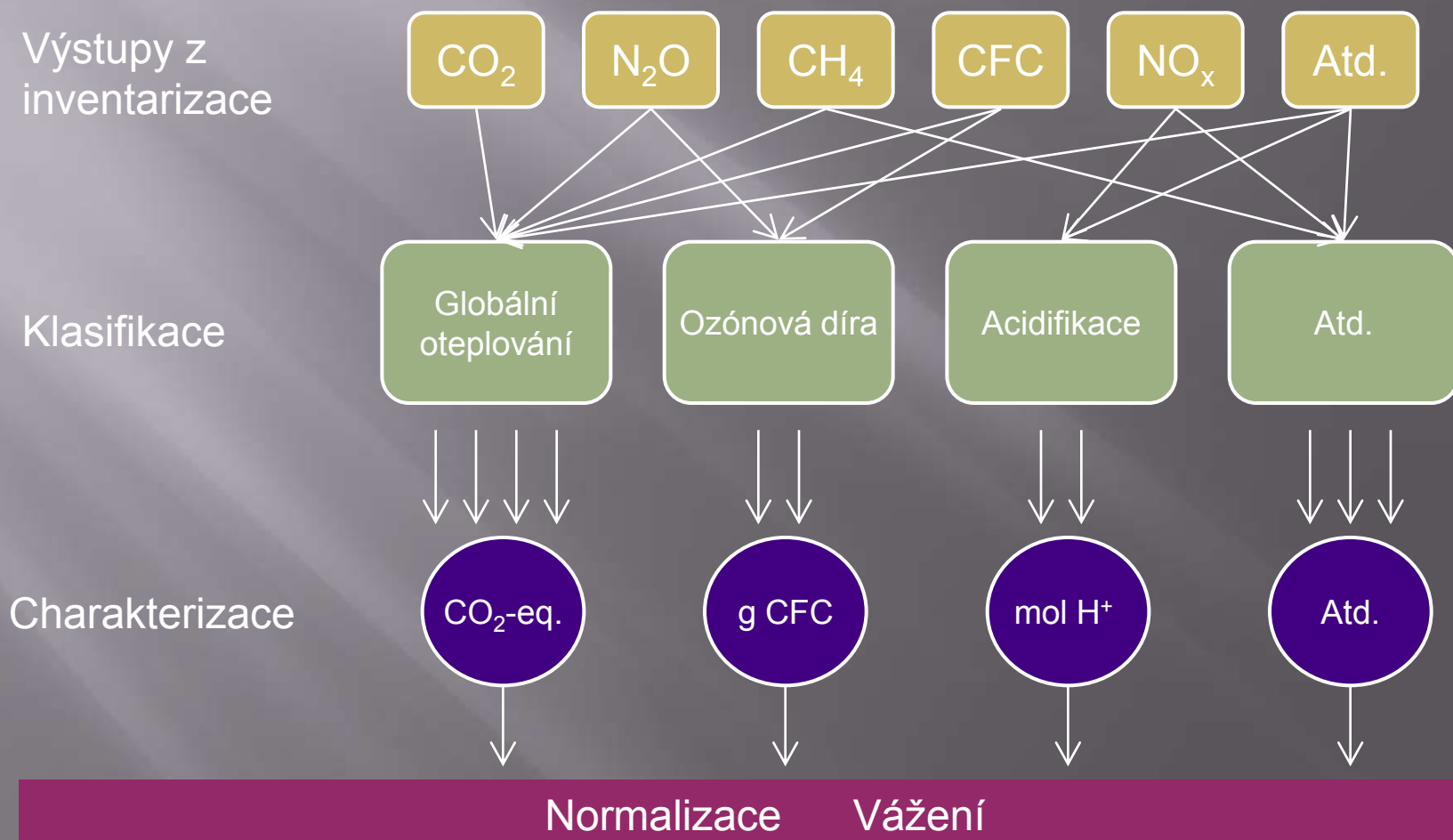
Specifické kategorie dopadu

- ▣ Tyto kategorie jsou používány u určitých studií LCA, kde si to vyžádá *definice cílů a rozsahu*.
 - Využívání krajiny (úbytek funkcí krajiny potřebných pro život; úbytek biodiversity)
 - Ekotoxicita (sladkovodní a mořské sedimenty)
 - Ionizační záření
 - Zápach (zapáchající plyny)
 - Hluk
 - Odpadní teplo
 - Ztráty na životech

Další kategorie dopadu

- ▣ Tyto kategorie byly použity v některých studiích, dosud však nebyly všeobecně začleněny do studií LCA. V budoucnu lze očekávat jejich další vývoj.
 - Úbytek obnovitelných (biotických) zdrojů
 - Vysušování (vznik pouští)
 - Zápach (zapáchající kapaliny)

Některé emise mají vliv na více potenciálních dopadů, je třeba je zahrnout v rámci klasifikace k více kategoriím dopadu.



Látka	Jednotka	Pentan/iso butan	R134a
Emise do ovzduší			
CO ₂	g	850000	997000
CO	g	1000	1030
N ₂ O	g	50	59
SO ₂	g	4570	5360
NOx	g	3100	3640
Olovo	g	0,38	0,41
Kadmium	g	0,001	0,001
Chróm	g	0,02	0,02
Měď	g	0,06	0,08
Vanad	g	0,95	1,05
Uhlovodíky	g	5660	6790
Methan	g	14	17
Isobutan	g	6	-
Pentan	g	126	-
R134a	g	-	737
Emise do vody			
BSK ₅	g	1,11	1,12
H ⁺ (vodíkové ionty)	g	2,33	2,43
Amoniakál ní dusík	g	0,22	0,22
Dusičnano vý dusík	g	0,09	0,09
Fenol	g	0,009	0,01

Kategorie dopadu	Jednotka	Pentan/ isobutan	R134a
Globální oteplování	kg, (CO ₂ - eq)	870	2 270
Úbytek stratosférickéh o ozónu	kg, (CFC11- eq)	0	0
Tvorba přízemního ozónu	kg, (C ₂ H ₄ - eq)	0,101	0,063
Acidifikace	kg, (SO ₂ - eq)	6,82	8,00
Eutrofizace	kg, (NO ₃ - eq)	4,38	5,15

Charakterizace

- *Výsledkem indikátoru kategorie XY* je součet příspěvků všech emisních toků r všech emitovaných látek i vyjádřených jako ekvivalenty *indikátoru kategorie* pomocí XYP_i .
- Jednotkou *výsledku indikátoru kategorie* je ekvivalentní množství indikátoru kategorie.

$$XY = \sum_i \left(XYP_i \times \sum_r m_i \right)$$

Příklad GW

- Výpočet výsledku indikátoru kategorie dopadu globální oteplování (GW) z životního cyklu produktu, během kterého se do prostředí uvolní 550 g methanu, 15000 g CO₂ a 10 g CO.

Emise	Množství, kg	GWP _{100,i} , kg(CO ₂ -eq)/kg	Množství GWP _i
CH ₄	0,550	21	11,55
CO ₂	15,0	1	15,0
CO	0,01	2	0,02
			GW = 26,57 kg(CO ₂ -eq.)

Normalizace – porovnání závažnosti kategorií dopadu

- ▣ Bude-li celková hodnota *výsledku indikátoru* posuzované technologie XY a bude-li pro daný případ referenční výsledek indikátoru RXY , tak pak lze definovat *normalizovaný výsledek indikátoru dopadu* NXY takto:

$$NXY = \frac{XY}{RXY}$$

Příklad ledniček - normalizace

- ▣ Náš příklad porovnávající environmentální dopady dvou ledniček nám nyní poslouží jako ukázka normalizace.
- ▣ V tabulce jsme si uvedli výsledky indikátorů vybraných kategorií.
- ▣ Tyto výsledky nyní normalizujeme pomocí referenčních výsledků indikátorů vztažených na 1 obyvatele (rok 1995)

<i>Kategorie dopadu</i>	<i>Pentan/isobutan</i>	<i>R134a</i>
Globální oteplování	0,1274	0,3324
Úbytek stratosférického ozónu	0	0
Tvorba přízemního ozónu	0,0126	0,0078
Acidifikace	0,1289	0,1512
Eutrofizace	0,1921	0,2259
Součet	0,4610	0,7173

Vážení – významnost k cílovým limitům

- Významnost dopadových kategorií mezi sebou se porovnává pomocí **sady váhových faktorů**, určených pro každou kategorii dopadu v jednotlivých složkách prostředí, surovinových zdrojů atd.

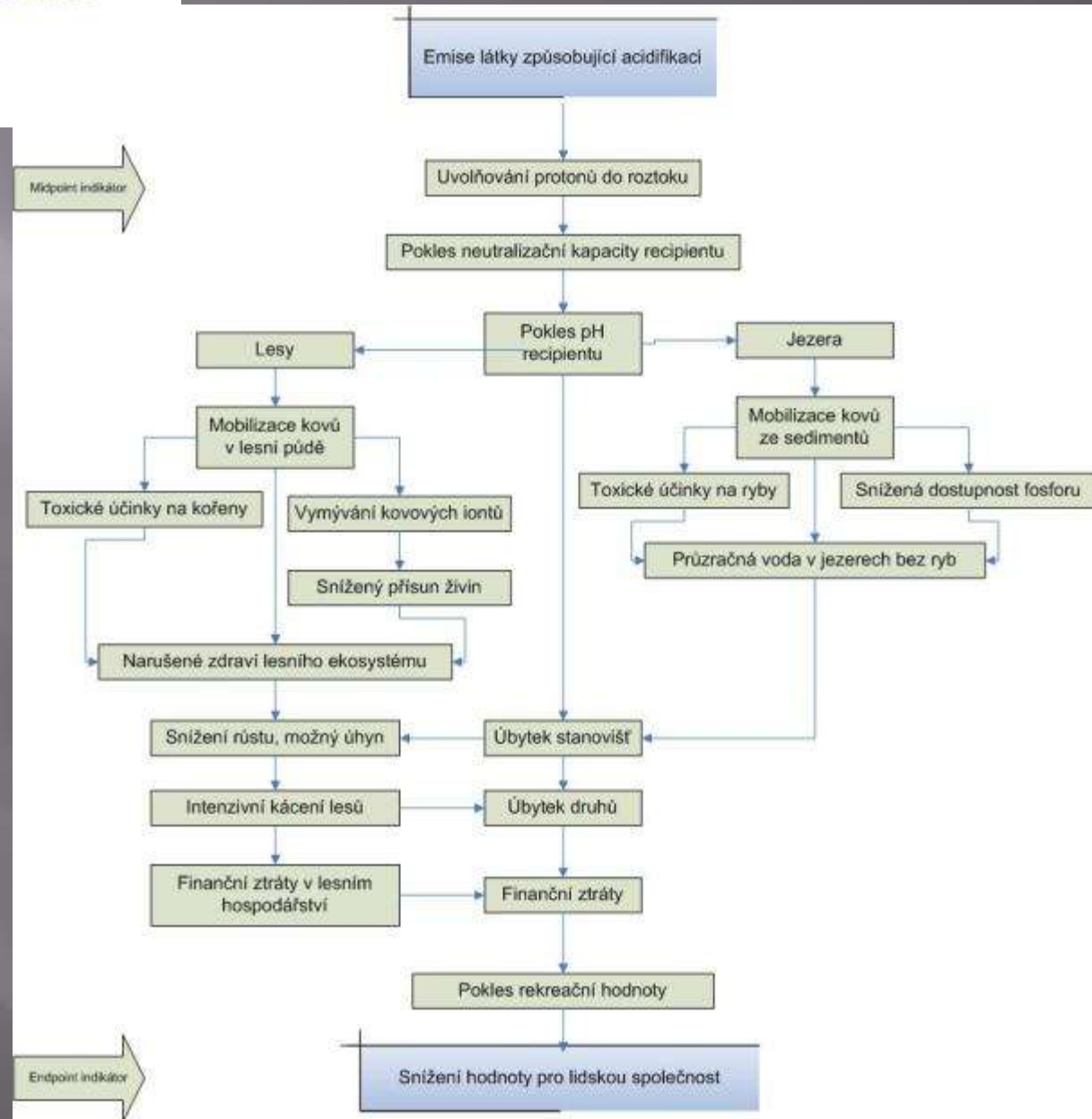
$$WXYF = \frac{XYP_{ref.rok}}{XYP_{cil.rok}}$$

- Vážení se provádí násobením *normalizovaného potenciálu dopadu* **NXY** *váhovým faktorem* odpovídající kategorie dopadu ke které se provádí vážení.

$$WXY = \sqrt{XYF} \times \sqrt{XY}$$

Charakterizační modely

- Midpoint kategorie
 - CML
 - EDIP
 - TRACI
- Endpoint kategorie
 - Ekofaktor
 - Ekoindikátor



Ekoindikátor 99

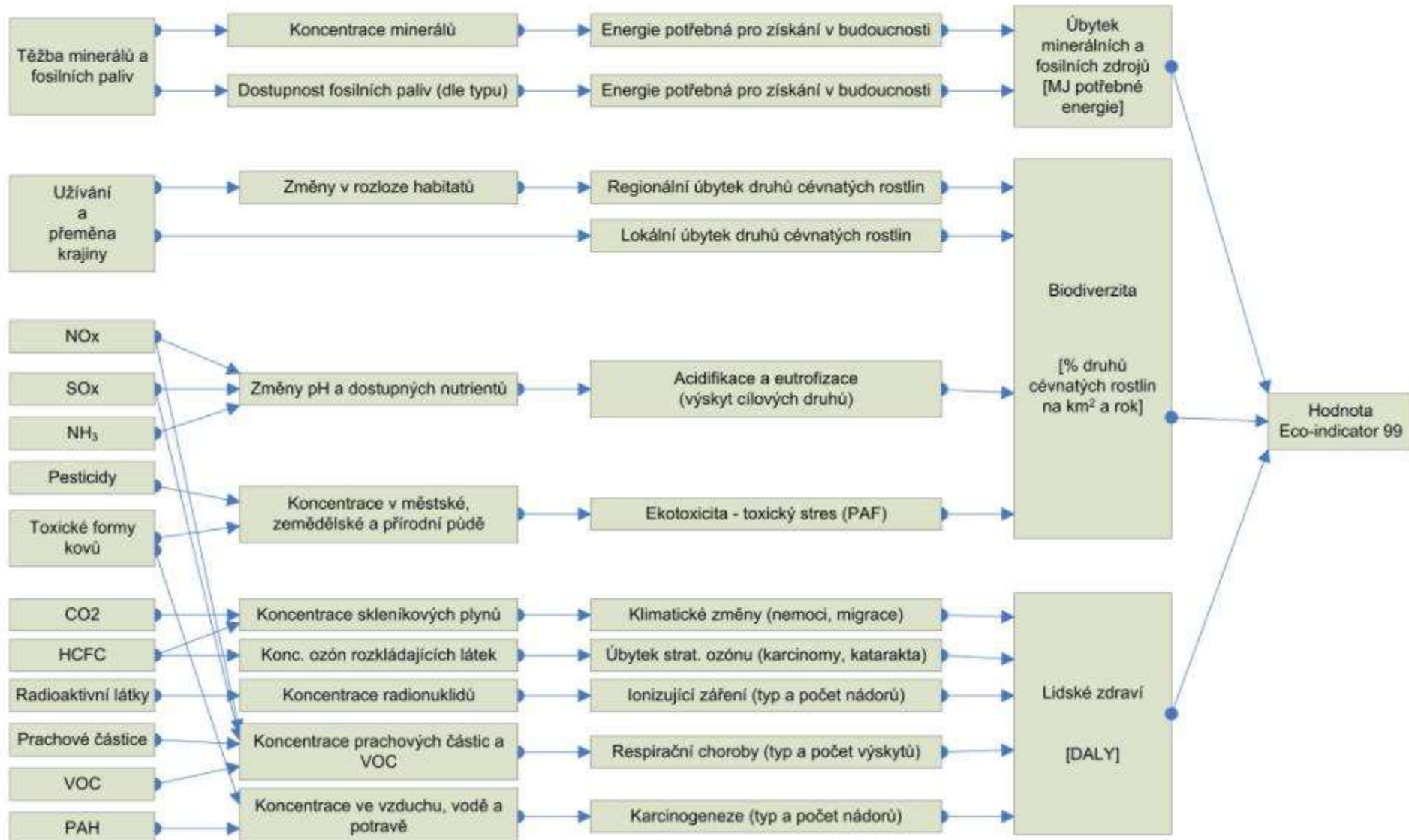
Výstup z inventarizace

Analýza surovin
Analýza využívání krajiny
Transport látek v ŽP

Analýza expozice a účinku

Analýza škody

Normalizace a vážení



INTERPRETACE ŽIVOTNÍHO CYKLU

LCA

Interpretace

- **Identifikace významných zjištění.**
 - Formulace významných zjištění.
 - Strukturalizační tabulky.
 - Analýza příspěvku, dominance, ovlivnění.
- **Hodnocení.**
 - Kontrola úplnosti, citlivosti, soudržnosti.
- **Formulace závěrů a doporučení.**
 - Závěrečná zpráva. Oponentní řízení.

Příklad strukturalizační tabulky pro analýzu příspěvku

- Analýzou příspěvku (*Contribution Analysis*) se příspěvky jednotlivých fází životního cyklu, procesů nebo skupin procesů porovnávají s celkovým výsledkem.

Tok (vstup nebo výstup), %	Produkce materiálů a energie, %	Výrobní procesy, %	Fáze provozu, %	Ostatní, %	Celkem, %
Uhlí	22,8	1,2	76,0	0,0	100,0
CO ₂	30,3	19,9	47,8	2,0	100,0
NOx	20,9	4,7	69,8	4,7	100,0
Fosfáty	0,8	2,4	96,8	0,0	100,0
Komunální odpad	4,1	88,4	6,8	0,7	100,0

Charakteristika fáze

- ▣ Iterativnost LCA – vliv na předchozí fáze
 - Interpretace se iterativním způsobem podílí i na fázích předešlých. Výstupy z interpretace si často vyžádají doplnění nebo změny v předchozích fázích (iterační proces)
- ▣ Transparentnost předpokladů
 - Během inventarizační fáze a fáze hodnocení dopadů byly zákonitě provedeny nějaké odhady, předpoklady a rozhodnutí, jak v studii pokračovat. Byla přijata určitá zjednodušení či aproximace. Všechny tyto předpoklady musí být zahrnuty do fáze interpretace a vždy musí být stavěny vedle prezentace výsledků.
- ▣ Kritické přezkoumání
 - Součástí LCA – provádí se aktivně a prospektivně - nikoli reaktivně či retrospektivně

POUŽITÍ LCA

LCA může být použito k:

Hodnocení a porovnávání environmentálních dopadů produktů, služeb, technologií a strategií.

Občanská úroveň

Výběr produktu
Ekoznačky

Podniková úroveň

Interní vývoj a zlepšování (benchmarking)
Ekodesign - vývoj nových produktů
Marketing

Strategická, politická úroveň

Strategické plánování – volba mezi variantami
Komunikace s veřejností
Výchova a vzdělávání

Budoucnost a úkoly LCA

- ▣ LCA je tu! Stalo se hodnotným nástrojem a stále častěji se aplikuje globálně.
- ▣ LCA bude vyžadováno spotřebiteli.
- ▣ Orgány řízení budou používat LCA pro volbu environmentálně přijatelných variant.
- ▣ Orgány řízení vnímají LCA jako nástroj podporující IPP (Integrated Product Policy).
- ▣ LCA bude používáno jako nástroj hledání dohod při vývoji nových variant produktů.
- ▣ Revize standardů LCA a lokalizovatelnost dat.

Závěrem

- ▣ Je lepší aby byl výrobek z plastu nebo ze dřeva?
- ▣ Nejde o to z čeho je vyroben, ale který z nich bude mít **pro naplnění funkce menší dopady.**