

III. Fáze – Hodnocení environmentálních dopadů

- výstupem z inventarizační fáze je **inventarizační tabulka (ekovektor)** – víme, co vstupuje a co vystupuje z produktového systému
- pro zjištění **dopadů na ŽP** je ale nutné jednotlivá množství vstupů/výstupů (elementárních toků) převést na hodnoty veličin, které vystihují zasažení ŽP - **kategorie dopadu**

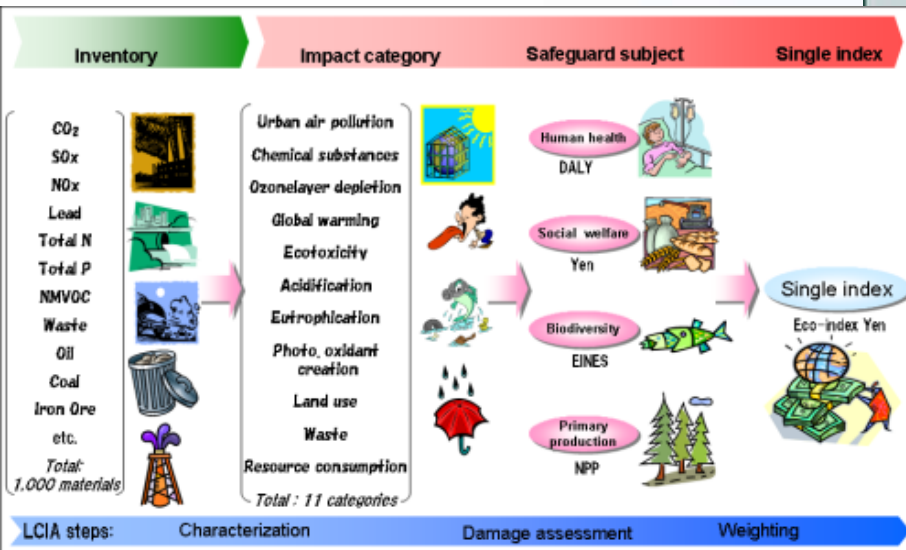
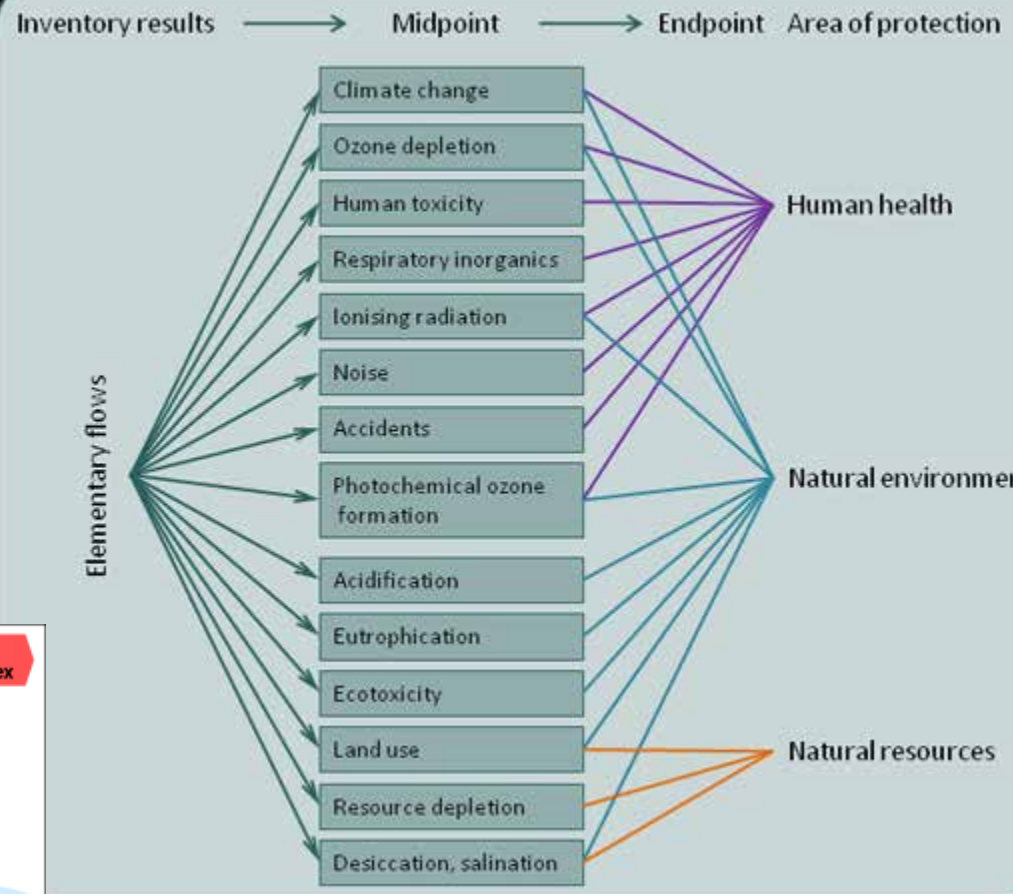
Problém

- 1) ekovektory obvykle zahrnují velké **množství elementárních toků**, které jsou u některých toků větší u produktu A, u dalších toků však mohou být větší u produktu B
- 2) nelze vzájemně **porovnávat různé element. toky s různými environmentálními účinky** – např. prod. A může produkovat více skleníkových plynů, prod. B zase více karcinogenů



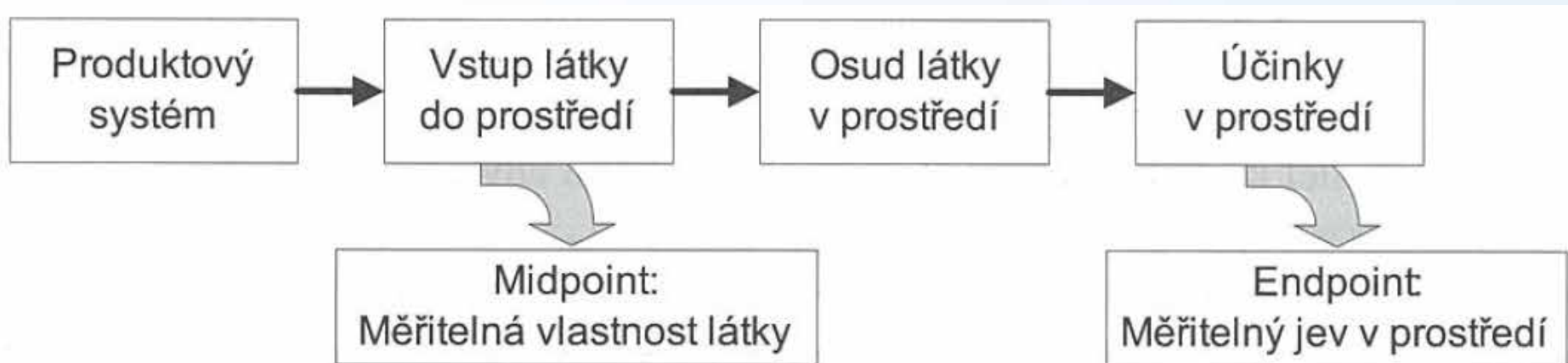
LCIA

- life cycle **impact** assessment

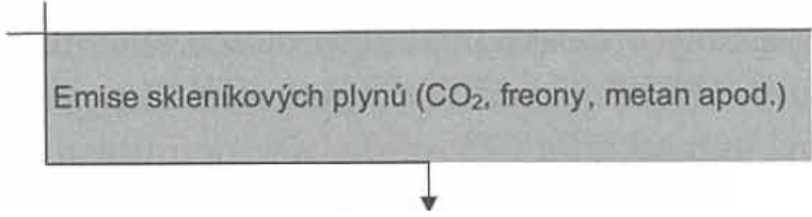


Dopadový řetězec

- posloupnost dějů vyvolaná **elementárním tokem a končící pozorovatelnými účinky**
- pozorovatelný účinek – **indikátor kategorie dopadu**
- indikátor kategorie dopadu – měřitelná veličina
- slouží k vyjádření schopnosti elem. toků způsobovat nežádoucí účinky v ŽP



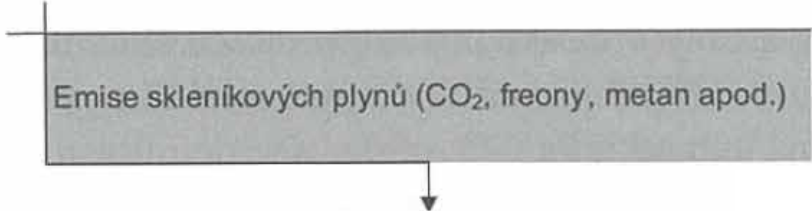
Část dopadového řetězce emise skleníkových plynů



Emise skleníkových plynů (CO₂, freony, metan apod.)

The diagram consists of a grey rectangular box with a thin black border. Inside the box, the text 'Emise skleníkových plynů (CO₂, freony, metan apod.)' is written in a black sans-serif font. A small black arrow points downwards from the bottom center of the box.

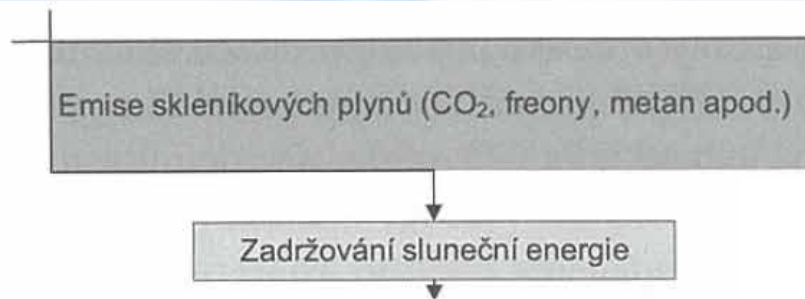
Část dopadového řetězce emise skleníkových plynů



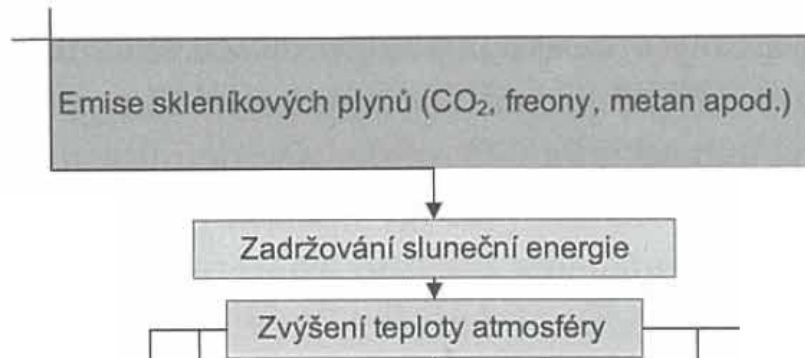
Emise skleníkových plynů (CO₂, freony, metan apod.)

The diagram consists of a grey rectangular box containing the text 'Emise skleníkových plynů (CO₂, freony, metan apod.)'. A vertical line extends downwards from the bottom center of the box, ending in a small black arrowhead pointing downwards.

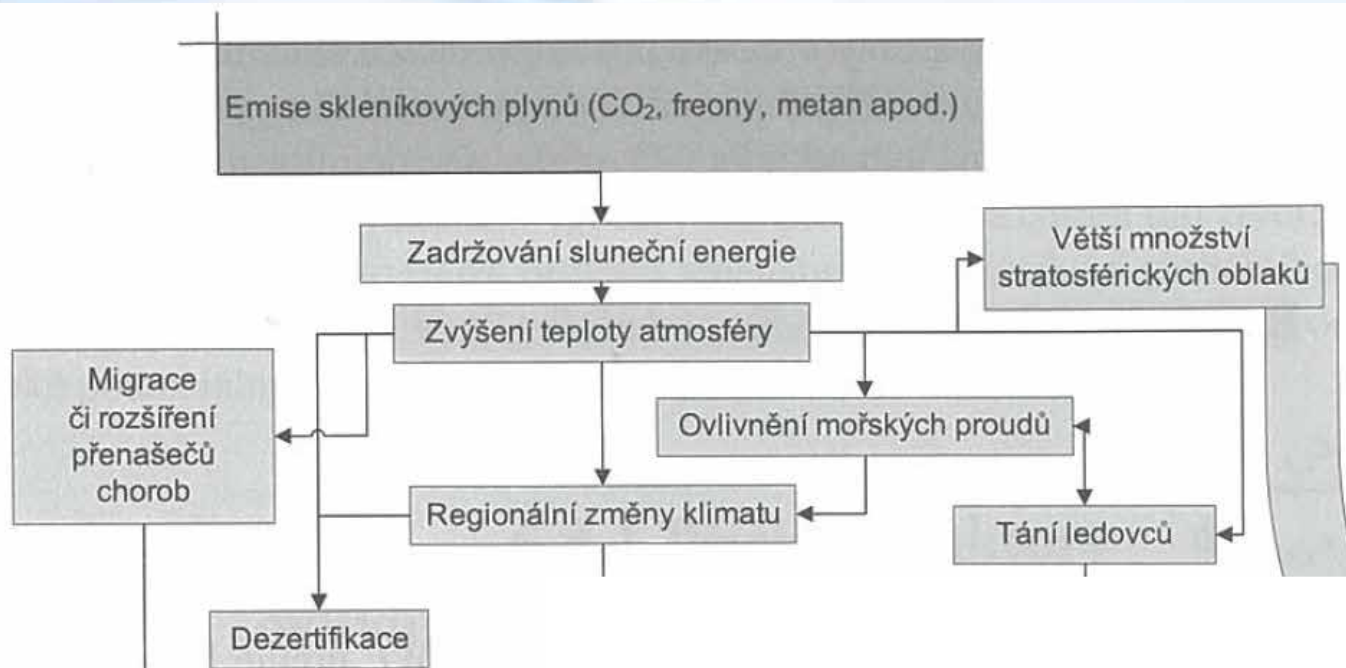
Část dopadového řetězce emise skleníkových plynů



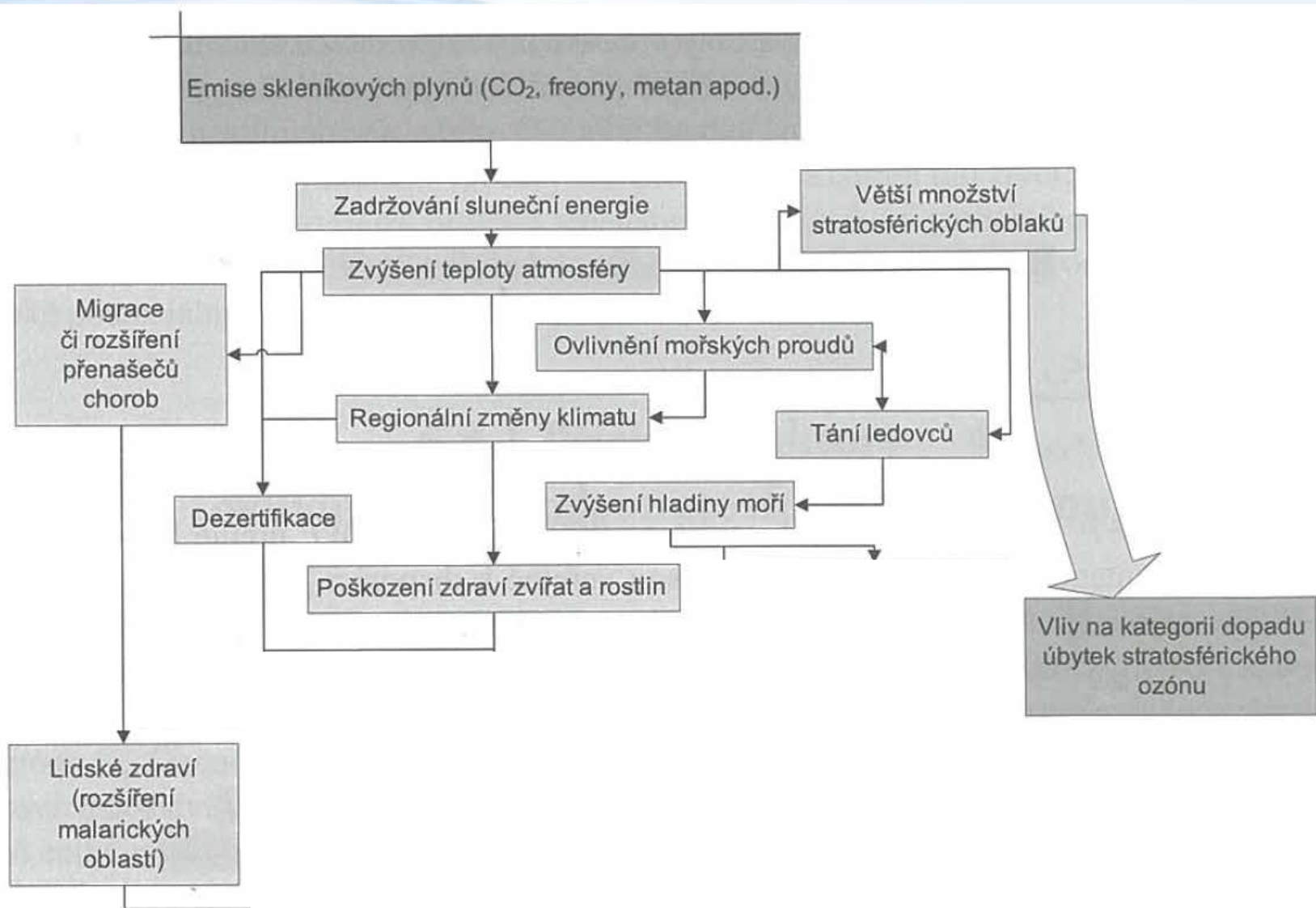
Část dopadového řetězce emise skleníkových plynů



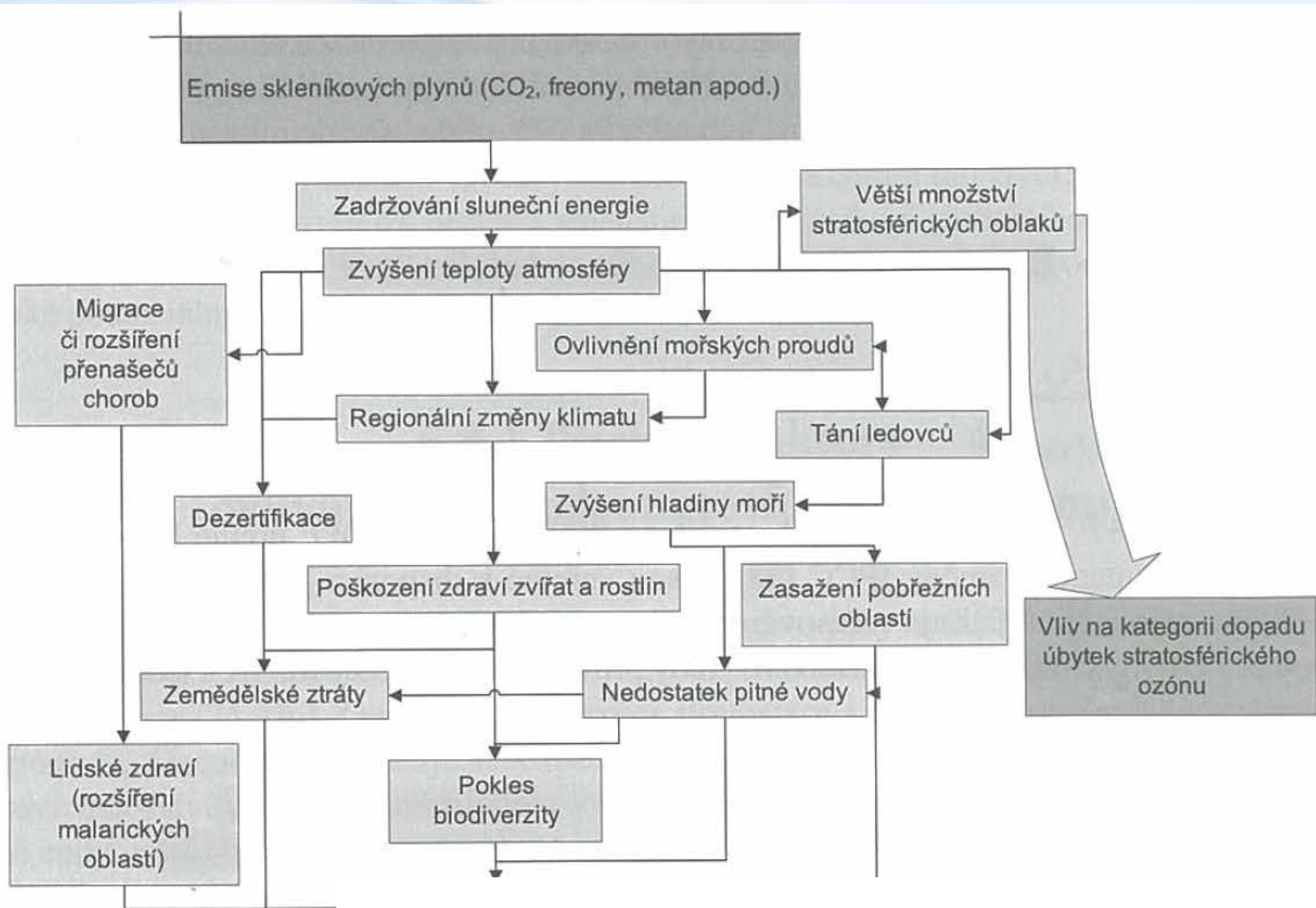
Část dopadového řetězce emise skleníkových plynů



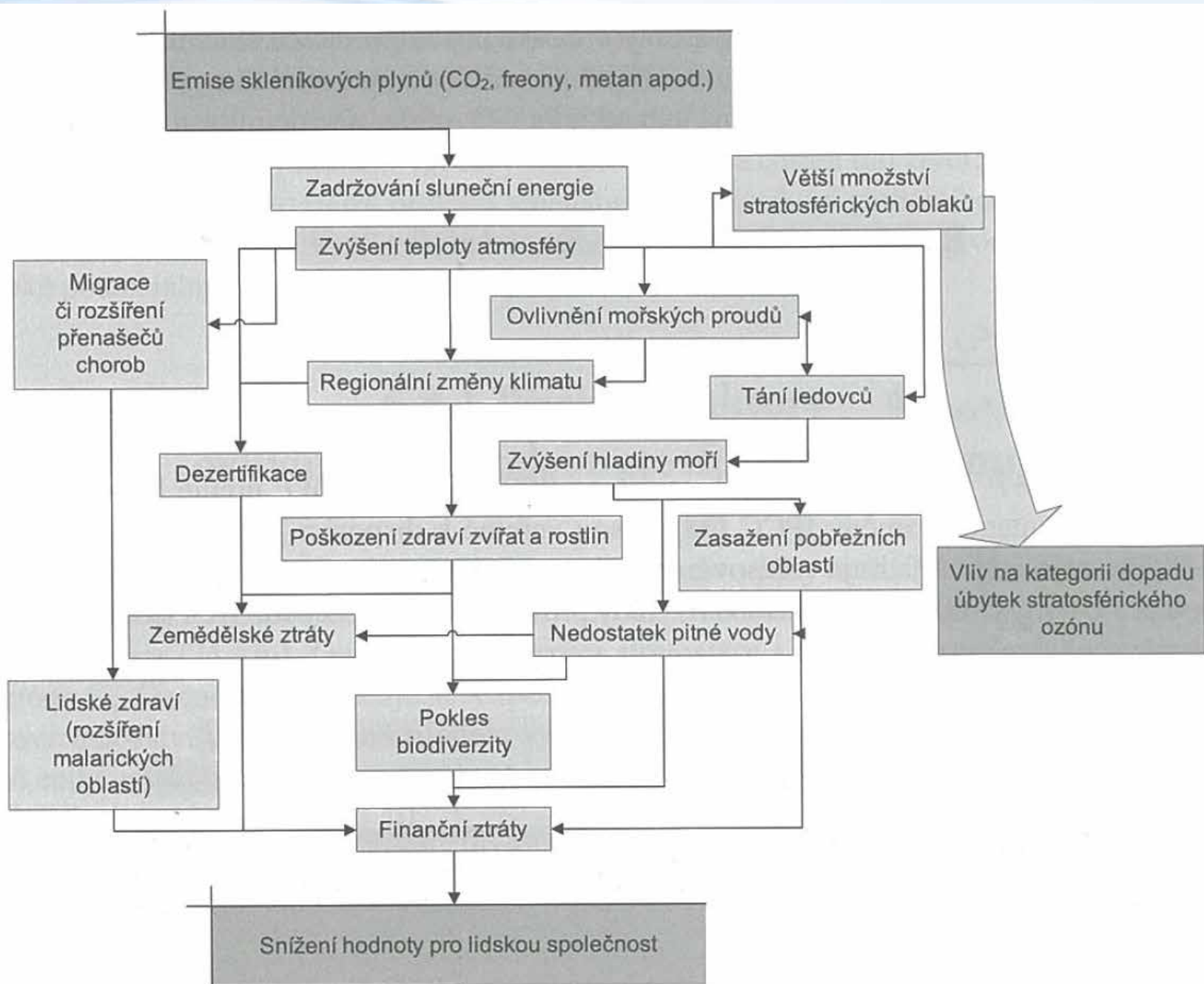
Část dopadového řetězce emise skleníkových plynů



Část dopadového řetězce emise skleníkových plynů



Část dopadového řetězce emise skleníkových plynů



Dopadový řetězec

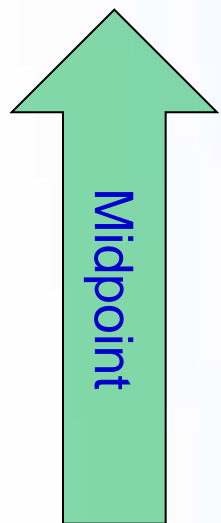
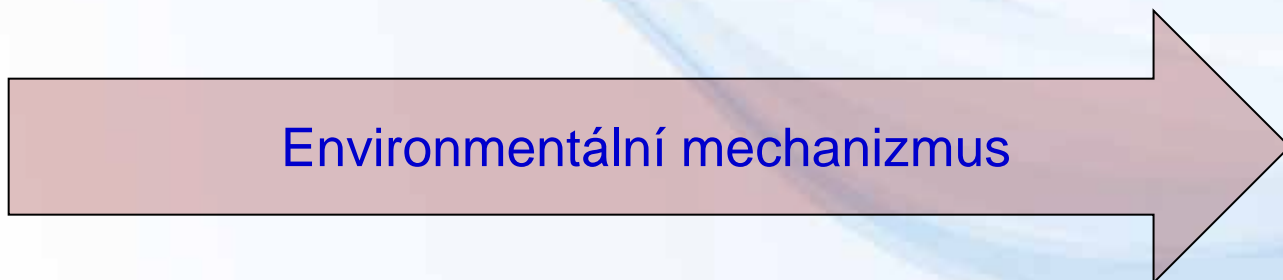
- dva typy indikátorů kat. dopadu:
 - **midpointový indikátor** – vyjadřování míry potenciálního škodlivého účinku na základě chemicko-fyzikálních p.
 - **měřitelné vlastnosti látek** (elementárních toků)
 - neuvažuje se jeho osud v ŽP, ovlivňující výsledný efekt
 - je zvažován jen environmentální mechanismus
 - v případě emisí **GHG je midpoint. ind. např. GWP**
 - **endpointový indikátor** – konečné poškození ŽP/zdraví+úbytek surovin (**co nás skutečně zajímá**)
 - navazuje na midpointové indikátory a zvažuje **osud látek v ŽP**
 - v případě **GHG** to je např. **úmrtnost lidí** v důsledku šíření nemocí atd., či **snížení biodiverzity** atd.



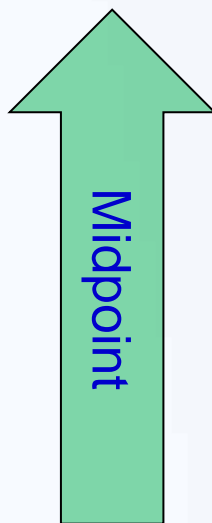
Midpoint x endpoint

- endpointy reflektují to, co **nás zajímá**, např. záplavy, vymírání druhů, ztráty na lidských životech...

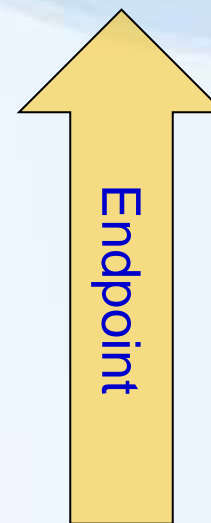
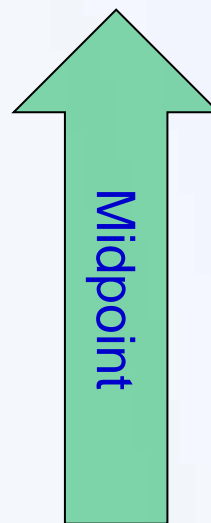
Suroviny
Zábor půdy
CO₂
SO₂
CFC
NOx



např. GWP



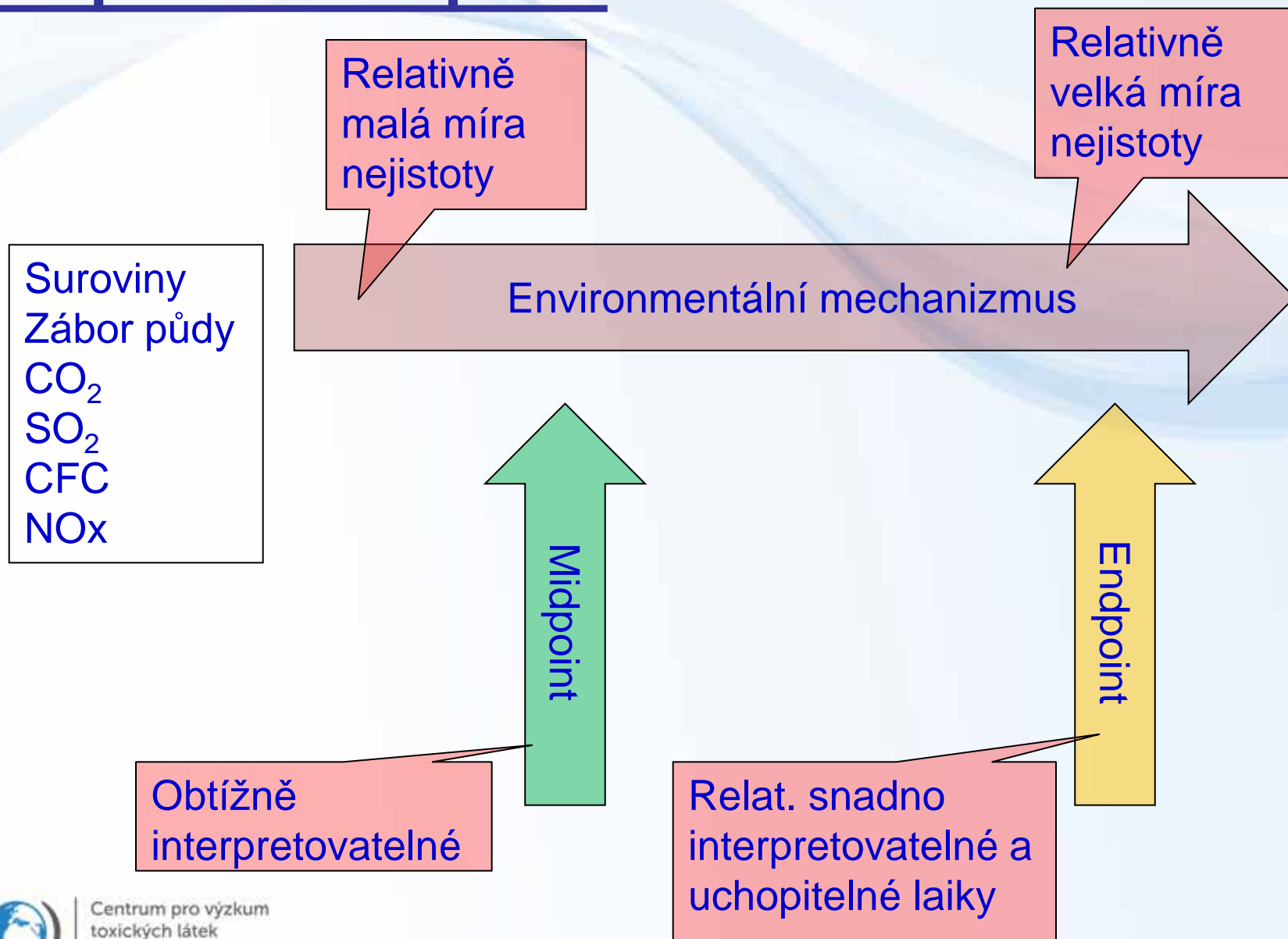
např. růst
teploty atm.



např. zvýšení počtu
mrtvých na malárii



Midpoint x endpoint



Metody hodnocení ED na úrovni midpointů

- založené na hodnocení **měřitelných vlastností látek** (toků)
- mají robustnější přírodovědný základ, ale hůře se interpret.

Midpointové metodiky LCIA (příklady):

CML 2002

- dobře popsaná s řadou volitelných kategorií dopadu

EDIP 2003

- zohledňuje regionální aspekty, optimalizováno na Dánsko

ReCiPe

- vylepšená verze CML 2002 (také na úrovni endpointů)

GHG Protocol

- metoda dle standardu uhlíkové stopu

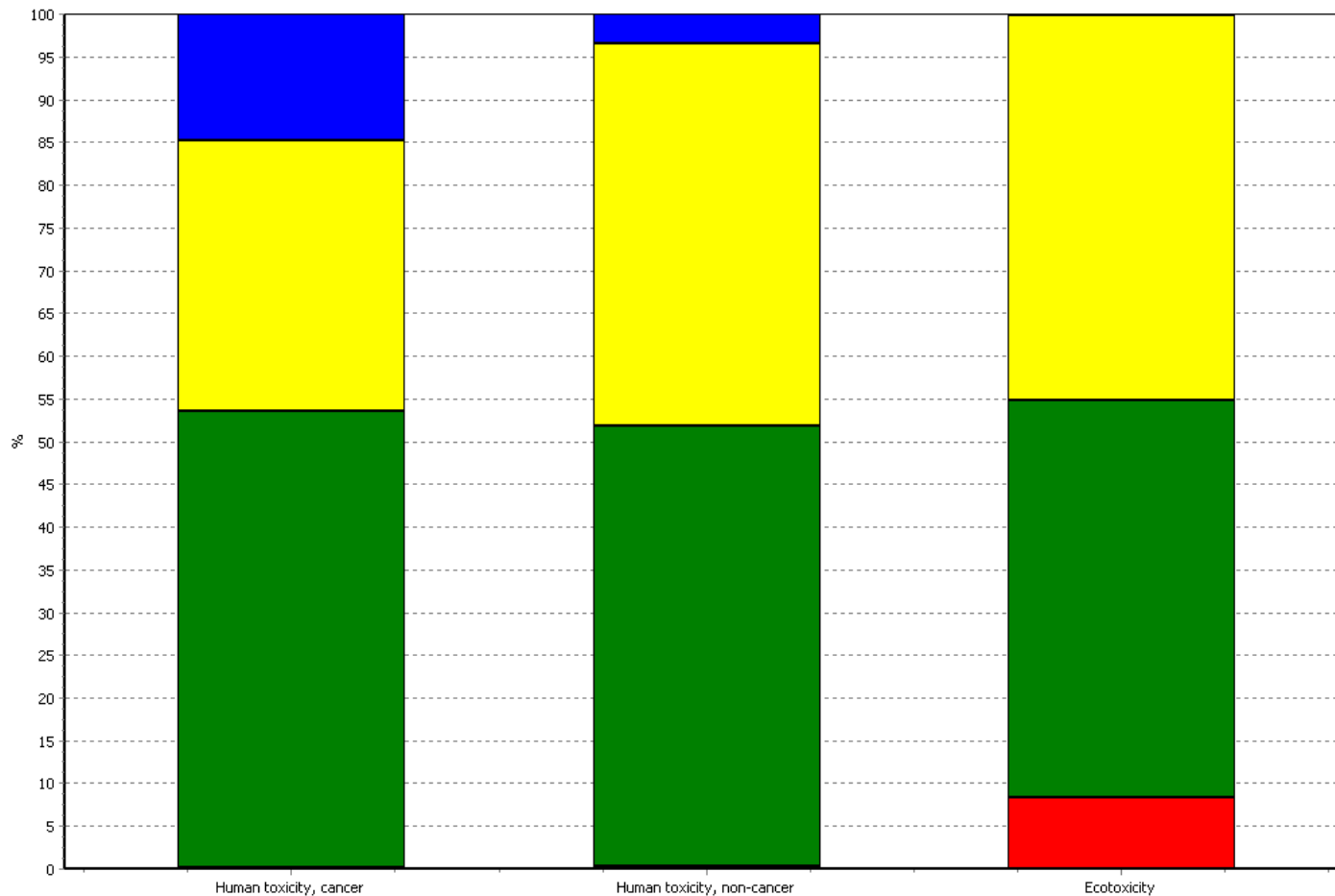
USEtox

- konsenzový model pro toxické dopady (člověk, ŽP)



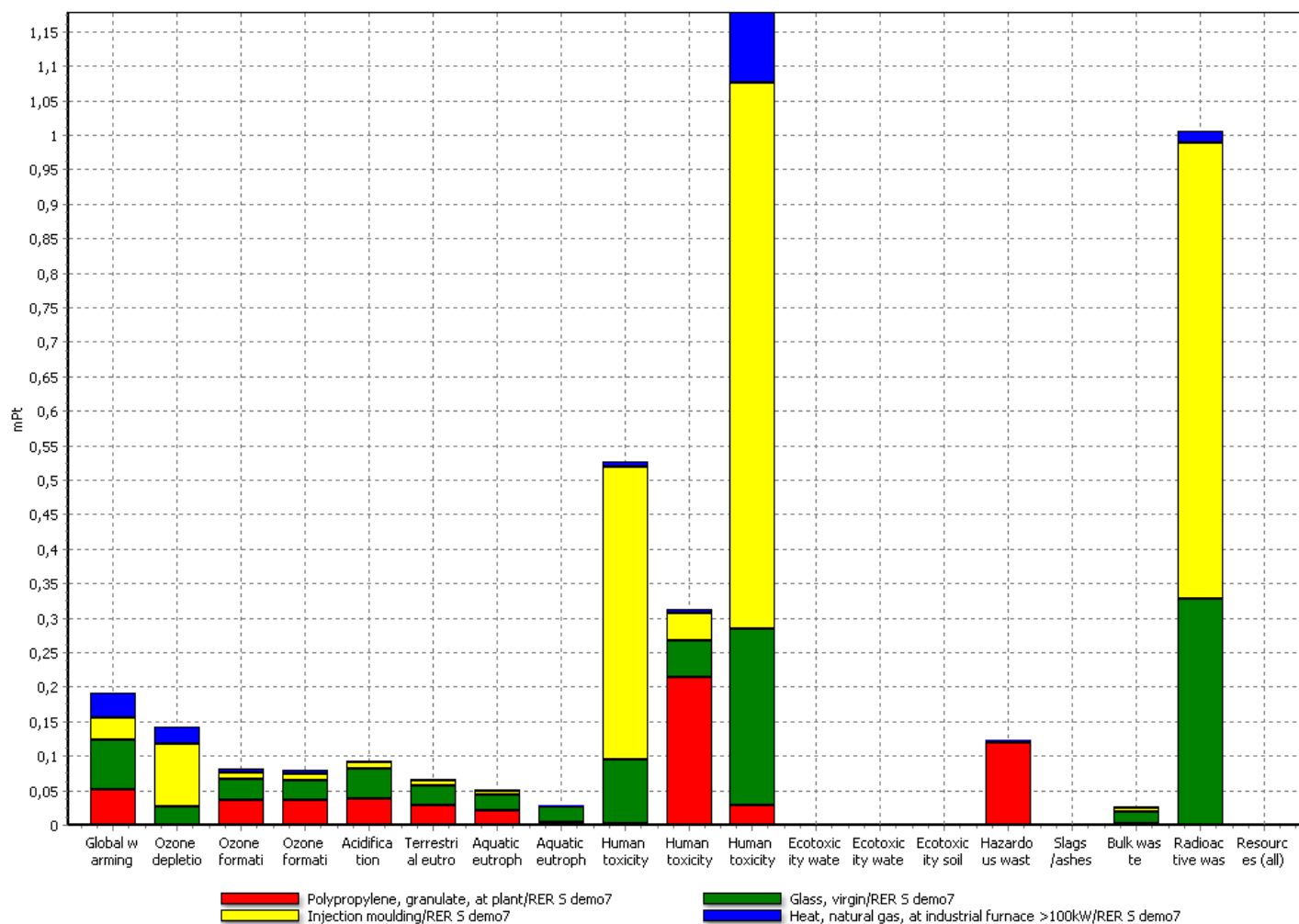
Výstup hodnocení pomocí metody USEtox

- toxické dopady ŽC čajové konvice



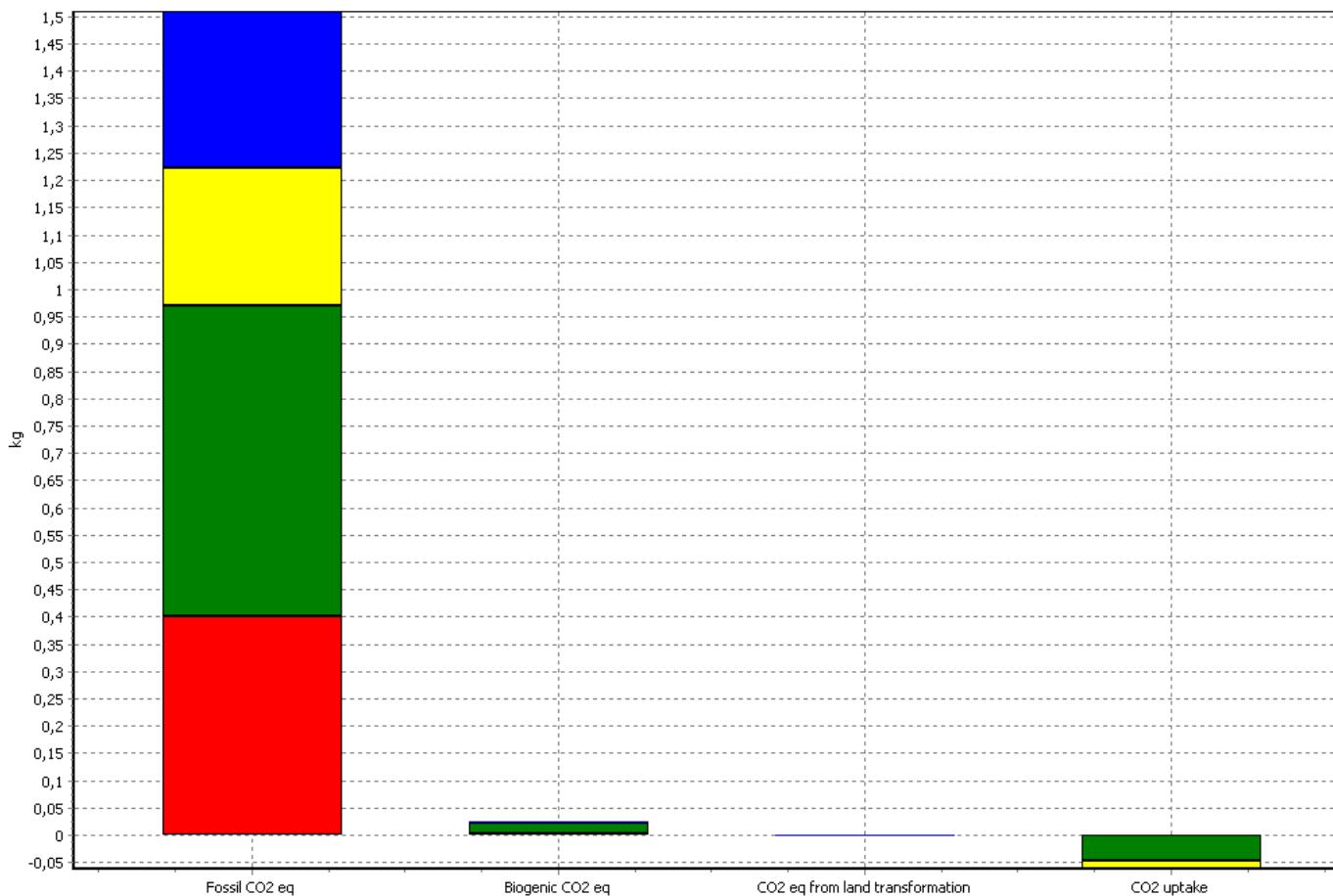
Výstup hodnocení pomocí metody EDIP

- env. dopady ŽC čajové konvice



Výstup hodnocení pomocí metody GHG pr.

- uhlíková stopa ŽC čajové konvice



Polypropylene, granulate, at plant/RER 5 demo7
Injection moulding/RER 5 demo7

Glass, virgin/RER 5 demo7
Heat, natural gas, at industrial furnace >100kW/RER 5 demo7



Metody hodnocení ED na úrovni endpointů

- vyčíslení vztahu mezi elementárním tokem a **konečným projevem poškození ŽP**

Endpointové metodiky LCIA (příklady):

Eco-indicator 99

- první a nejrozšířenější endpointová metoda

Impact 2002+

- vychází z Eco-indicator 99 + nové modely člověka a ekotox.

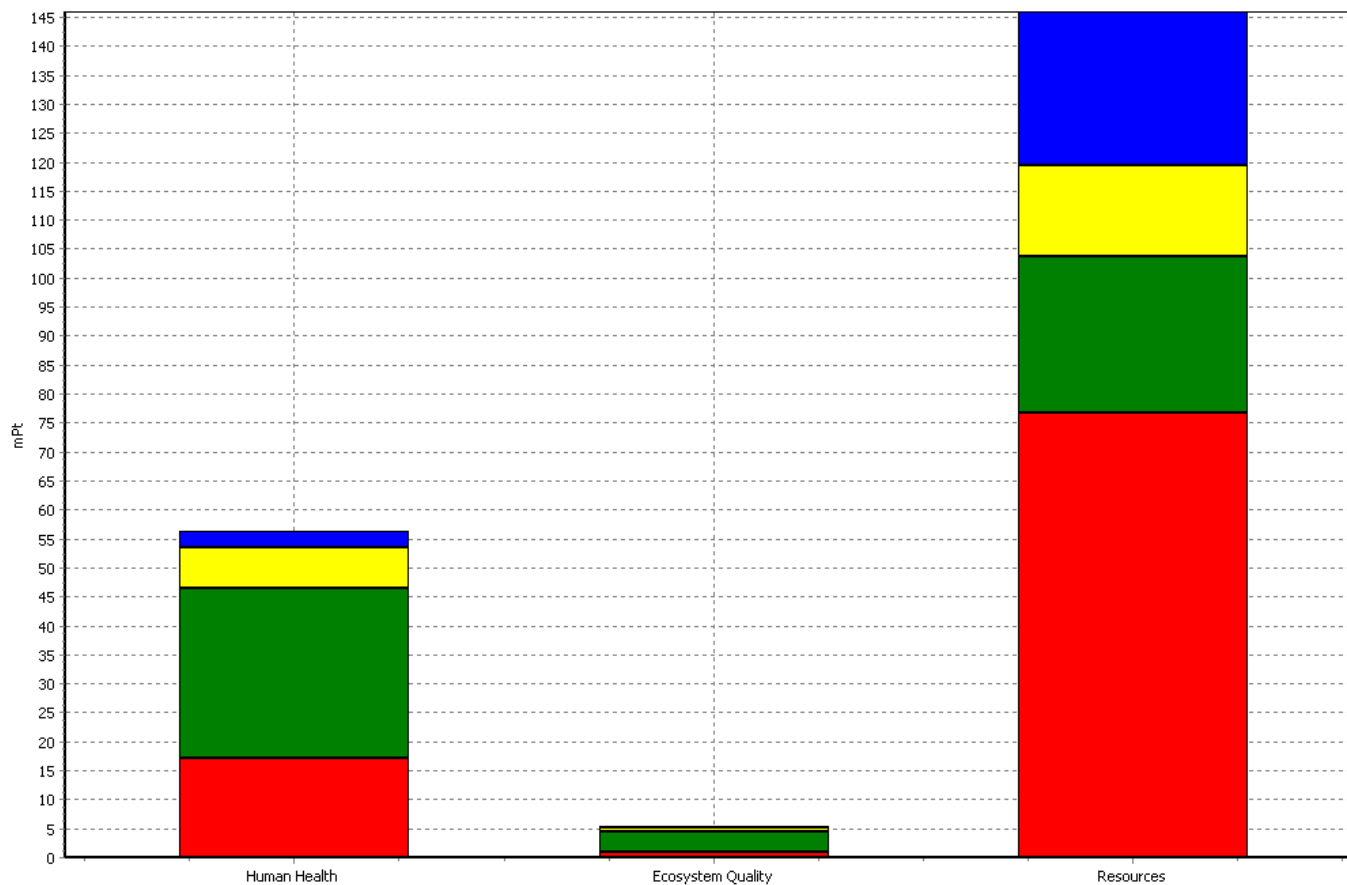
ReCiPe

- nejnovější endpointová metoda, vylepšený Eco-Indicator 99



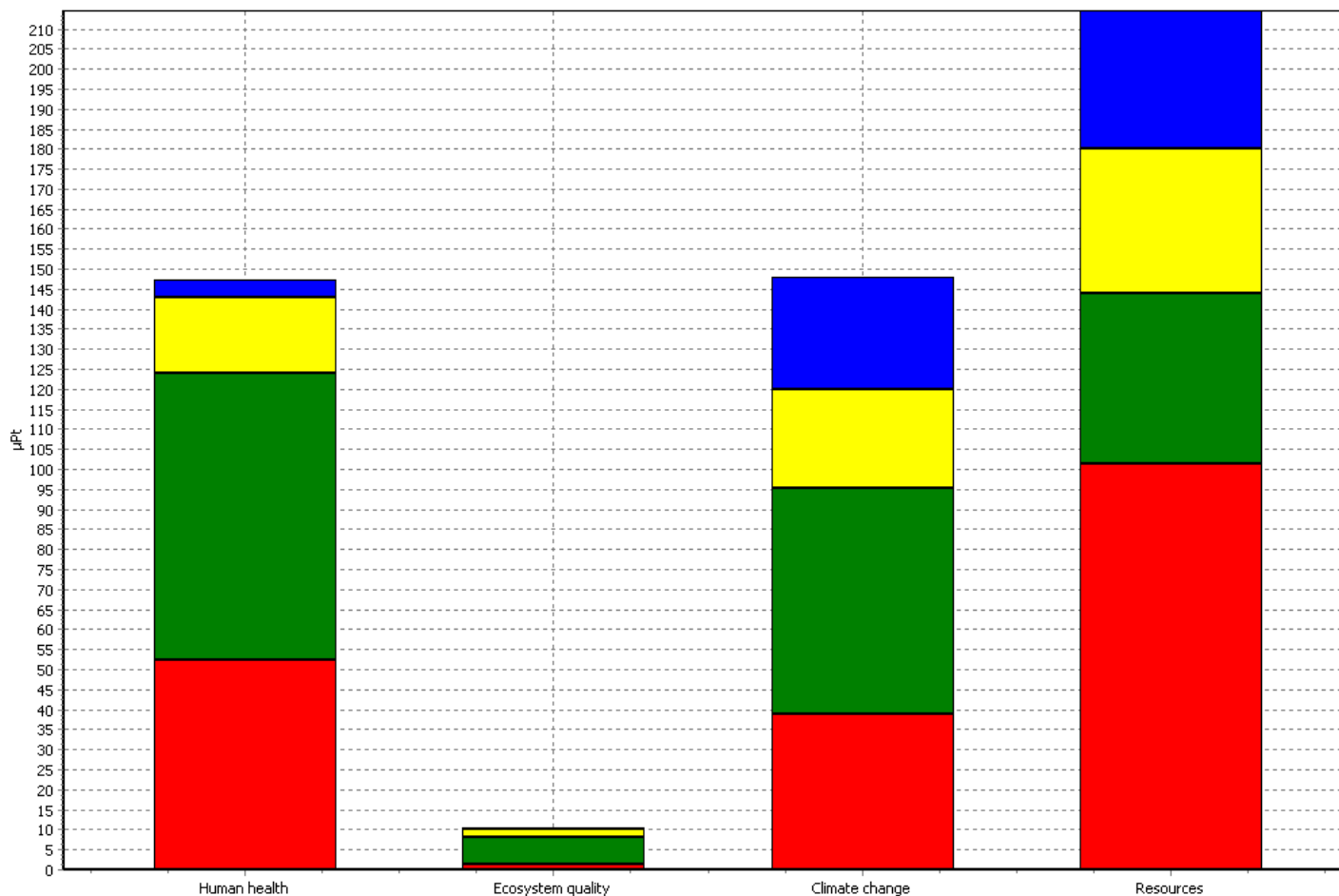
Výstup hodnocení pomocí Eco-Indicator 99

- env. dopady ŽC čajové konvice



Výstup hodnocení pomocí Impact 2002+

- env. dopady ŽC čajové konvice



Princip hodnocení env. dopadů ŽC

- převedení výstupů z **inventarizace** (elem. toků) na hodnoty popisující míru **rozvoje jednotlivých kategorií dopadu**, tedy na **indikátory kategorií dopadu**

- 1) klasifikace** – přiřazení všech elem. toků jednotlivým kategoriím dopadu (např. označení CO₂ za látku zachyc. záření) – vyplývá z použité metodiky LCIA
- 2) charakterizace** – vyčíslení, jak silně se daný elem. tok podílí na rozvoji určité kategorie dopadu
 - jedna látka může přispívat více kategoriím dopadu
- 3) normalizace** – vyjádření, jaký podíl z celkové škody způsobené např. celosvětově představuje námi posuzovaný systém (jsou to bezrozměrná čísla)
- 4) vážení** – zapojení vlivu dalších hodnotových hledisek (např. ekonomické)



Schéma kroků LCIA pomocí midpointových indikátorů kategorií dopadu

Výstup z inventarizace

CO₂

N₂O

CH₄

CFC

NO_x

Atd.

Klasifikace

Klimatické změny

Ozónová díra

Acidifikace

Atd.

Charakterizace

CO₂-ekv

CFC-11-ekv

Mol H⁺

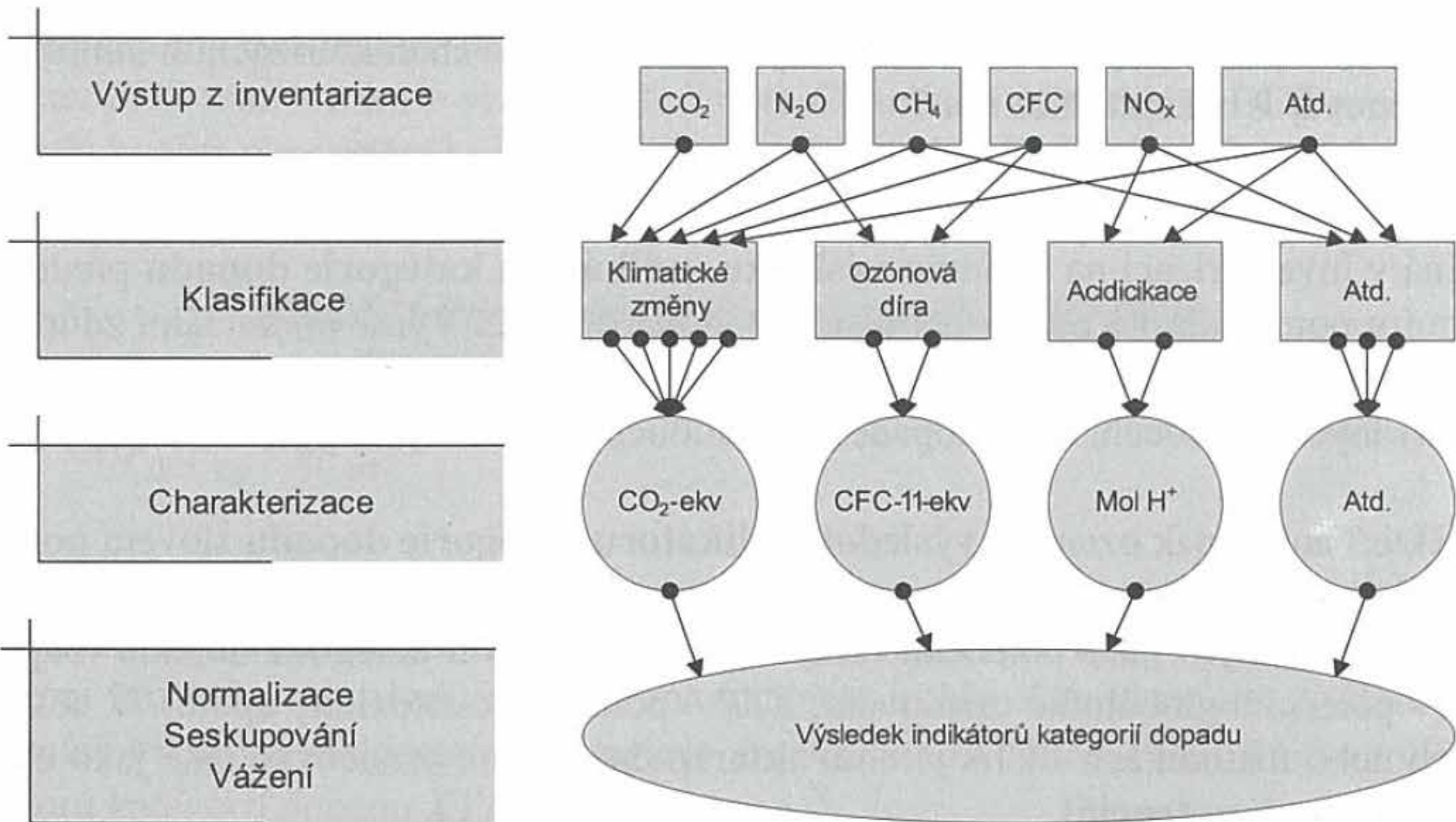
Atd.

Normalizace
Seskupování
Vážení

Výsledek indikátorů kategorií dopadu



Schéma kroků LCIA pomocí midpointových indikátorů kategorií dopadu



Charakterizace (podrobněji)

- vyčíslení **míry působení** element. toků na jednotlivé kat. dopadu – dle určité metodiky LCIA
- CF – charakterizační faktor – tabelované hodnoty

Výsledný rozvoj kategorie dopadu XY elem. tokem látky i

- látka i je obsažena v jednom emisním toku

$$V_{i, XY} = CF_{i, XY} * m_i$$

- látka i je obsažena ve více emisním tocích (r)

$$V_{i, XY} = CF_{i, XY} * \sum_r m_i$$

Výsledný rozvoj kategorie dopadu XY elem. tokem více látek

$$V_{i, XY} = CF_{látka1, XY} * \sum_r m_{látka1} + CF_{látka2, XY} * \sum_r m_{látka2} + \dots + CF_{látka i, XY} * \sum_r m_{látka i} =$$

$$= \sum_i (CF_{i, XY} * \sum_r m_i)$$



Příklad výpočtu výsledku indikátoru GW

- během ŽC produktu se uvolnilo 0,55 kg CH₄, 15 kg CO₂ a 0,01 kg CO

Elementární tok	Množství, kg	GWP, kg CO ₂ -eq/kg	Množství × GWP
CH ₄	0,550	21	11,55
CO ₂	15,0	1	15,0
CO	0,01	2	0,02

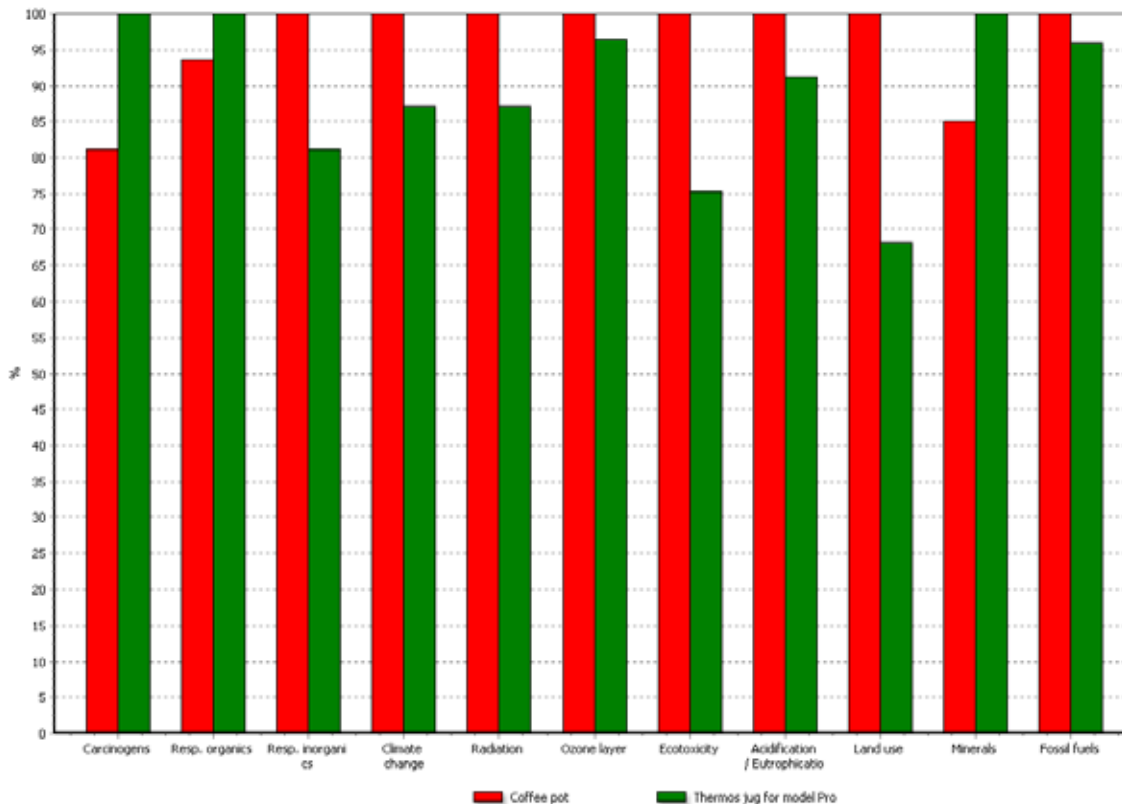
$$V_{GW} = 26,57 \text{ kg CO}_2\text{-eq}$$

Charakterizační profil produkt. systému

Kategorie dopadu	Celkem
Úbytek surovin, kg Sb-eq	83,26
Acidifikace, kg SO ₂ -eq	301
Eutrofizace, kg PO ₄ ³⁻ -eq	675,9
Akvatická ekotoxicita, kg DCB-eq	5,706E+5
Globalní oteplování, kg CO ₂ -eq	12550
Humánní toxicita, kg DCB-eq	1,443E+7
Mořská ekotoxicita, kg DCB-eq	8,25E+7
Vznik fotooxidantů, kg C ₂ H ₄ -eq	12,04
Půdní ekotoxicita, kg DCB-eq	1,23E+5

Normalizace

- chceme-li porovnat env. dopady dvou prod. systémů, často má jeden větší dopad např. v karcinog., druhý zas v ekotox.
- např. srovnání env. dopadů skleněné konvice a termosky



Centr.
toxicol.
v prostředí

Comparing 1 p 'Coffee pot' with 1 p 'Thermos jug for model Pro'
Method: Eco-indicator 99 (H) V2.08 / Europe EI 99 H/A / Characterization

Normalizace

- navíc má každá kategorie různé jednotky, tak je nelze vzájemně porovnávat
- chceme-li zjistit, která **kategorie env. dopadu** je výrazněji zasažena, pak musíme výsledky **normalizovat**
- normalizace = vztažení V_{XY} k referenční hodnotě RV_{XY}
- výsledná hodnota **NV_{xy}** vyjadřuje procentuální podíl na referenčním výsledku indikátoru kategorie dopadu

$$NV_{xy} = V_{XY} / RV_{XY} \quad (\text{bezrozměrné})$$

- často se používá **normalizační faktor NF_{xy}** , což je $1/RV_{xy}$

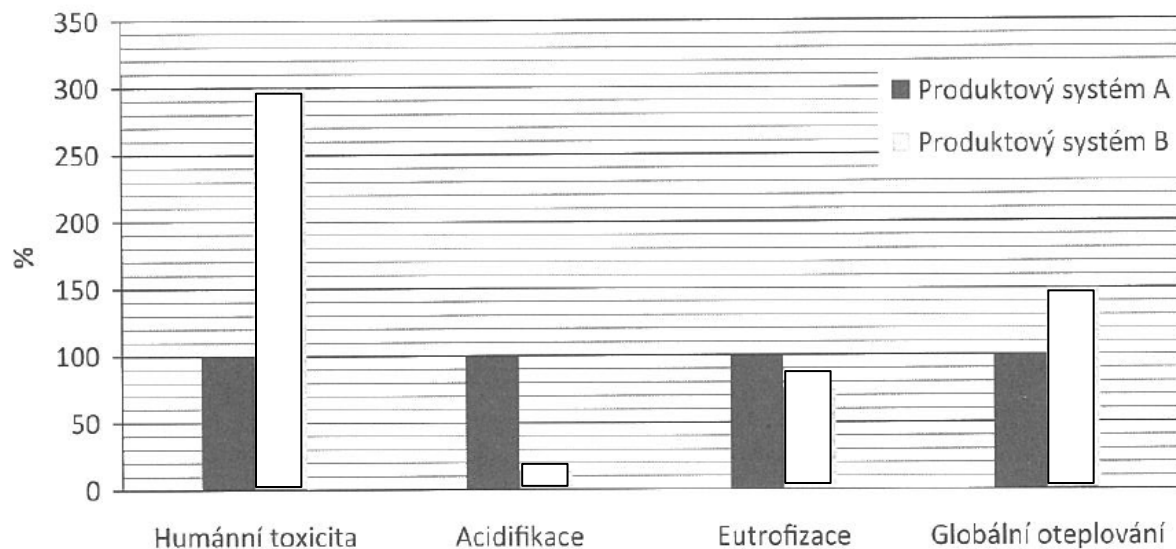
$$NV_{xy} = V_{XY} * NF_{XY} \quad (\text{bezrozměrné})$$



Interní normalizace

- omezená pouze na porovnání ED dvou produkt. systémů
- **jeden systém zvolen za vztažný** – všechny kat. dop. = 100%
- výsledkem je procentuální porovnání lepší/horší produkt

Kategorie dopadu	Výsledek indikátoru kategorie dopadu		Normalizovaný výsledek indikátoru kategorie dopadu	
	Produktový systém A	Produktový systém B	Produktový systém A	Produktový systém B
Humánní toxicita	5 kg 1,4DCB-eq	15 kg 1,4DCB-eq	100 %	300 %
Acidifikace	35 kg SO ₂ -eq	5 kg SO ₂ -eq	100 %	14 %
Eutrofizace	24 kg PO ₄ ³⁻ -eq	18 kg PO ₄ ³⁻ -eq	100 %	75 %
Globální oteplování	80 kg CO ₂ -eq	120 kg CO ₂ -eq	100 %	150 %



Externí normalizace

- hodnota referenčního výsledku indikátoru kat. dop. RV_{XY} je **nezávislá na posuzovaném systému**
- RV_{XY} často představuje celkovou míru poškození dané kat. dopadu způsobeného lidmi (ve zvoleném regionu či glob.)
- např. pro normalizaci V_{GW} se používá RV_{GW} = emise všech GHG v daném roce (v kg CO₂ ekv)

Obecný výpočet RV_{XY}

$$RV_{XY} = \sum_i m_i * CF_{i, XY}$$

- externí normalizace nám tedy říká, jakou měrou se podílí posuzovaný produktový syst. na celkovém narušování určité kategorie dopadu (jak moc se ten vliv zhorší naším produktem)



Externí normalizace

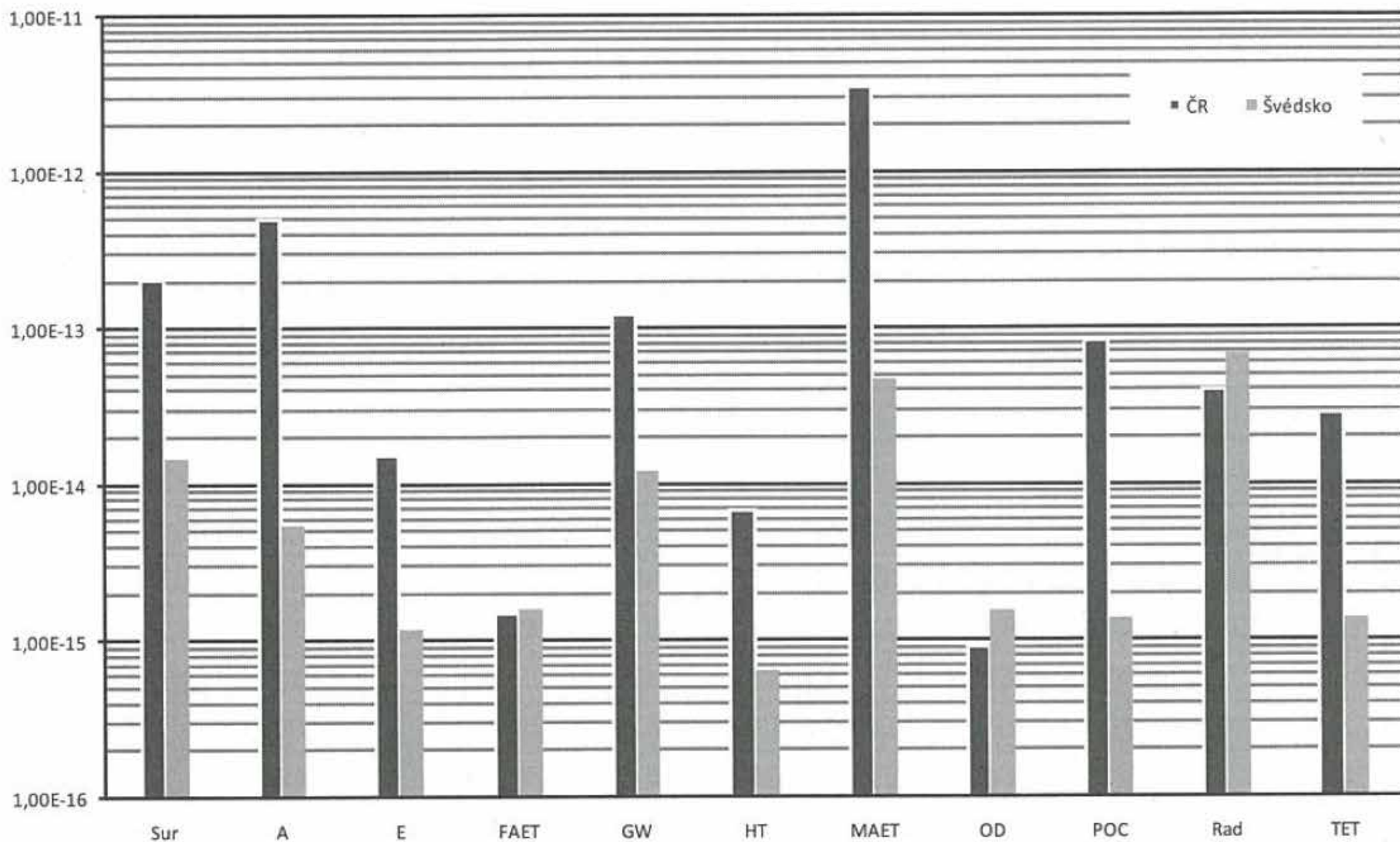
- porovnání ED výroby elektřiny v ČR a ve Švédsku

Kategorie dopadu	V_{vy}		RV_{vy} (Evropa 2001)	NV_{vy}	
	ČR	Švédsko		ČR	Švédsko
Abiotické suroviny ADP, kg Sb-eq	0,004149402	0,000302316	20249480000	2,05E-13	1,49E-14
Acidifikace A, kg SO ₂ -eq	0,018712928	0,000207894	37308860000	5,02E-13	5,57E-15
Eutrofizace E, kg PO ₄ ³⁻ -eq	0,000264816	2,03E-05	17010750000	1,56E-14	1,19E-15
Ekotoxicita sladkovodní FAET inf., kg DCB-eq	0,001022066	0,001116275	6,88423E+11	1,48E-15	1,62E-15
Globální oteplování GW ₁₀₀ , kg CO ₂ -eq	0,799129647	0,080227064	6,44828E+12	1,24E-13	1,24E-14
Humánní toxicita, HTP _{inf} , kg DCB-eq	0,070312848	0,006630825	1,03205E+13	6,81E-15	6,42E-16
Ekotoxicita mořská MAET _{inf} , kg DCB-eq	546,3406543	7,347883321	1,54809E+14	3,53E-12	4,75E-14
Úbytek stratosfér. ozónu OD, kg R11-eq	1,03E-07	1,77E-07	113226600	9,11E-16	1,57E-15
Vznik fotooxidantů POC, kg Ethene-eq	0,000927278	1,59E-05	11240710000	8,25E-14	1,41E-15
Ionizující záření RAD, DALY	2,68E-09	4,61E-09	66352,27	4,05E-14	6,95E-14
Ekotoxicita terestrická TET _{inf} , kg DCB-eq	0,001851236	9,12E-05	64486270000	2,87E-14	1,41E-15



Externí normalizace

- porovnání ED výroby elektřiny v ČR a ve Švédsku



Normalizační faktory v různých metodikách

View method 'CML 2001 (all impact categories) V2.05'

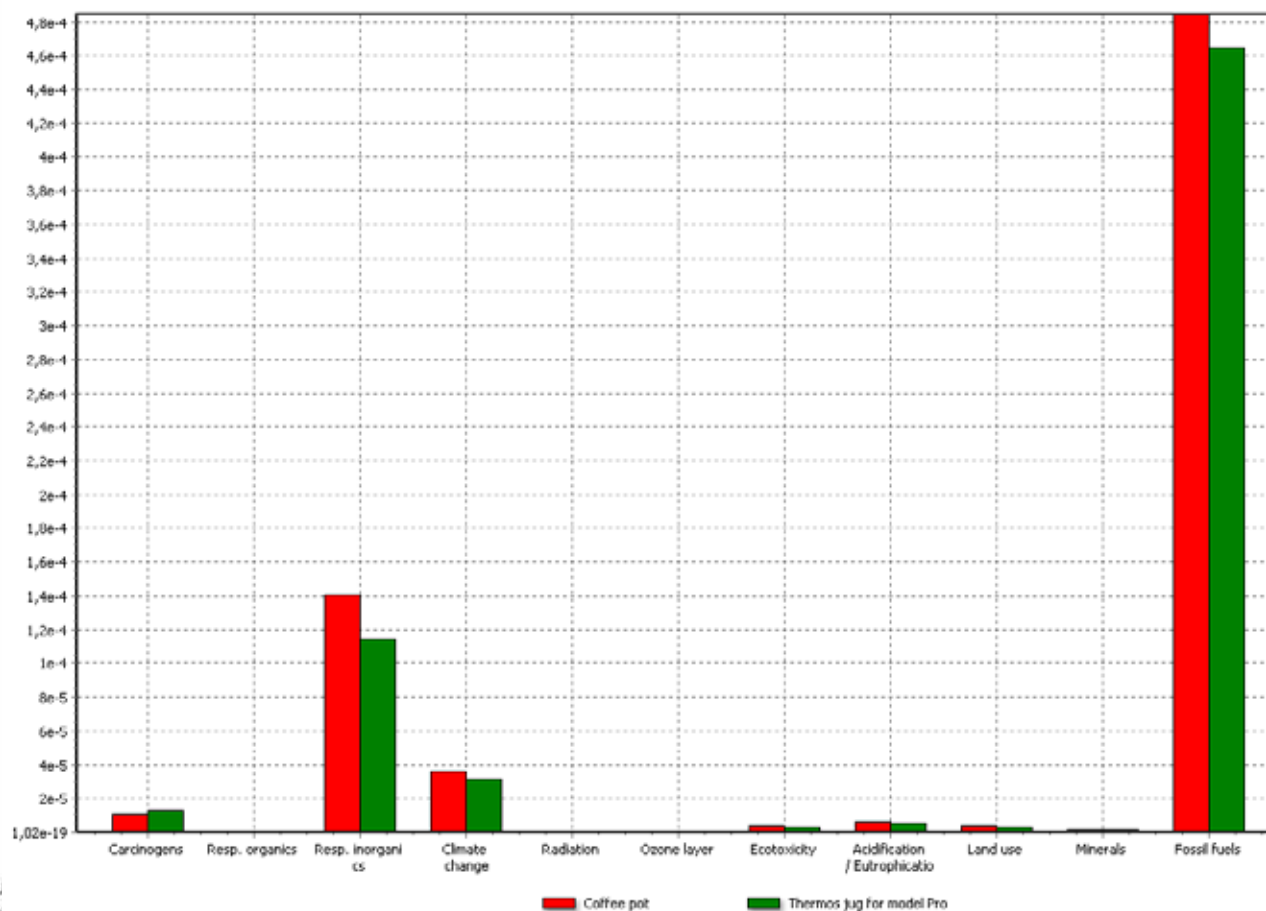
General	Characterization	Normalization
Normalization/weighting set	Impact category	Normalization
the Netherlands, 1997	Abiotic depletion	6,39E-12
West Europe, 1995	Acidification	3,11E-12
World, 1995	Eutrophication	7,56E-12
World, 1990	Global warming 20a	1,85E-14
	Global warming 100a	2,41E-14
	Global warming 500a	3,02E-14
	Upper limit of net global warmir	2,27E-14
	Lower limit of net global warmir	2,84E-14
	Ozone layer depletion 5a	6,21E-10
	Ozone layer depletion 10a	1,11E-9
	Ozone layer depletion 15a	1,44E-9
	Ozone layer depletion 20a	1,66E-9
	Ozone layer depletion 25a	1,84E-9
	Ozone layer depletion 30a	2,00E-9
	Ozone layer depletion 40a	2,22E-9
	Ozone layer depletion steady :	1,94E-9
	Human toxicity 20a	1,76E-14
	Human toxicity 100a	1,76E-14
	Human toxicity 500a	1,76E-14
	Human toxicity infinite	1,75E-14
	Freshwater aquatic ecotox. 2C	5,59E-13
	Freshwater aquatic ecotox. 1C	5,52E-13
	Freshwater aquatic ecotox. 5C	5,32E-13
	Fresh water aquatic ecotox. in	4,90E-13
	Marine aquatic ecotox. 20a	2,07E-12
	Marine aquatic ecotox. 100a	5,26E-13
	Marine aquatic ecotox. 500a	1,02E-13
	Marine aquatic ecotoxicity infir	1,95E-15
	Terrestrial ecotoxicity 20a	7,41E-12
	Terrestrial ecotoxicity 100a	7,14E-12
	Terrestrial ecotoxicity 500a	6,21E-12
	Terrestrial ecotoxicity infinite	3,72E-12
	Marine sediment ecotox. 20a	1,12E-13

View method 'ReCiPe Midpoint (H) V1.05'

General	Characterization	Normalization
Normalization/weighting set	Impact category	Normalization
Europe ReCiPe H	Climate change	1,451E-4
World ReCiPe H	Ozone depletion	2,658E1
	Human toxicity	8,478E-3
	Photochemical oxidant formatio	2,043E-2
	Particulate matter formation	7,113E-2
	Ionising radiation	7,601E-4
	Terrestrial acidification	2,619E-2
	Freshwater eutrophication	3,450E0
	Marine eutrophication	7,135E-2
	Terrestrial ecotoxicity	1,539E-1
	Freshwater ecotoxicity	2,307E-1
	Marine ecotoxicity	4,226E-1
	Agricultural land occupation	1,844E-4
	Urban land occupation	1,290E-3
	Natural land transformation	8,315E-2
	Water depletion	0,0E0
	Metal depletion	2,246E-3
	Fossil depletion	7,280E-4

Externí normalizace

- např. srovnání env. dopadů skleněné konvice a termosky

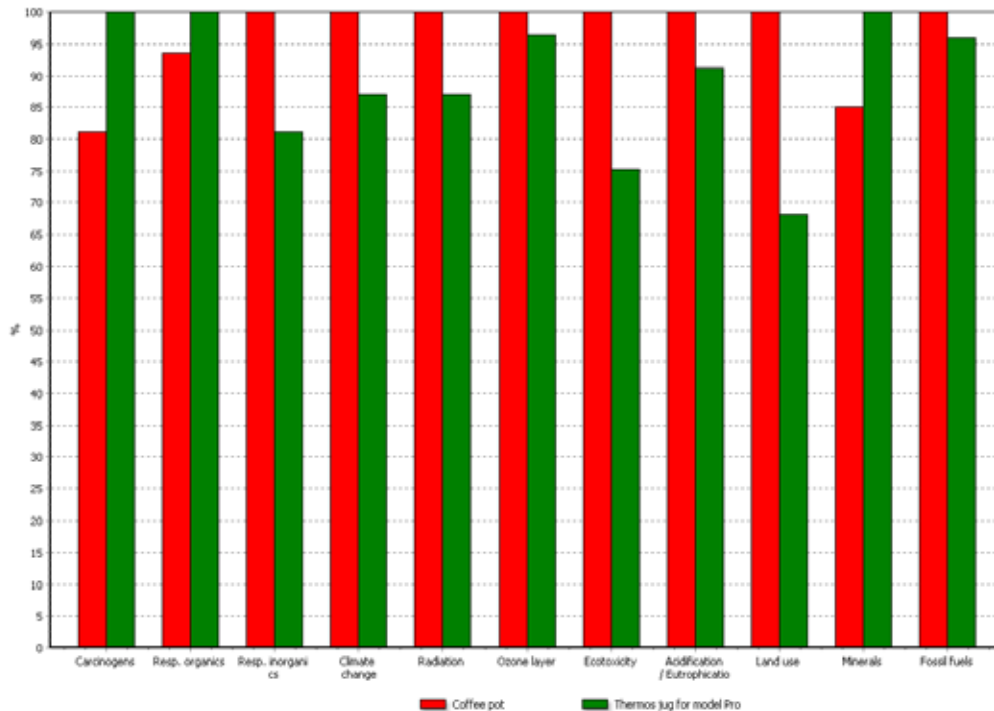


Centru
toxický
v prost

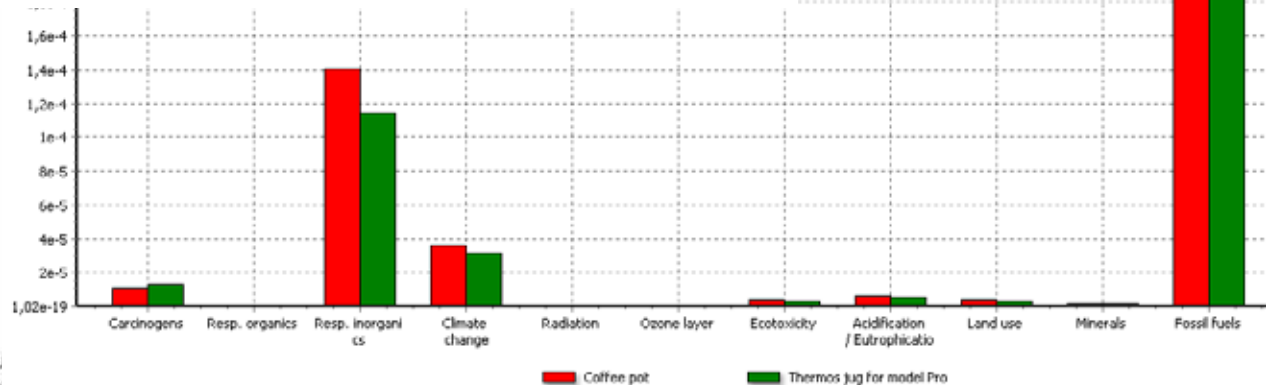
Comparing 1 p 'Coffee pot' with 1 p 'Thermos jug for model Pro';
Method: Eco-indicator 99 (H) V2.08 / Europe EI 99 H(A) / Normalization

Externí normalizace

ěné konvice a termosky



Comparing 1 p 'Coffee pot' with 1 p 'Thermos jug for model Pro';
Method: Eco-indicator 99 (H) V2.08 / Europe EI 99 H(A) / Characterization



Comparing 1 p 'Coffee pot' with 1 p 'Thermos jug for model Pro';
Method: Eco-indicator 99 (H) V2.08 / Europe EI 99 H(A) / Normalization



Centrum
toxických
v prostředí

Vážení

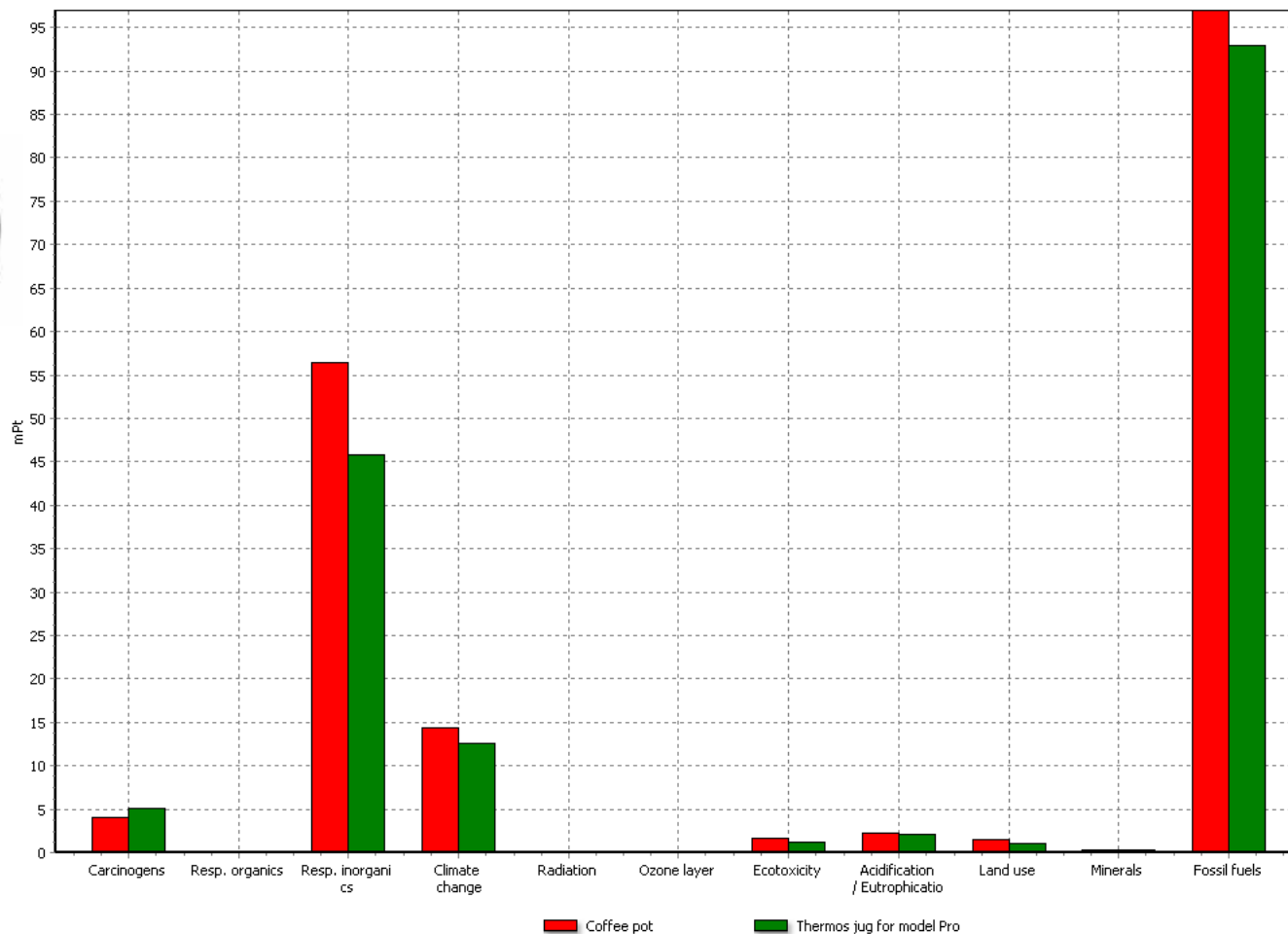
- vyjadřování významnosti kategorií dopadu s ohledem na **socio-ekonomická hlediska**
- není založeno na exaktních základech, v hodnocení dle ISO 14040 nesmí být použito
- velký význam např. pro interní studie, kde např. klademe větší váhu na ekonomický aspekt env. dopadů

General Characterization Damage assessment Normalization and Weighting			
Weighted score	Quantity	Indicator <input type="text" value="Indicator"/>	Unit <input type="text" value="Pt"/>
Normalization/weighting set	Damage category	Normalization	Weighting
Europe EI 99 H/A	Human Health	1,141E2	400
Europe EI 99 H/H	Ecosystem Quality	1,748E-4	400
	Resources	1,325E-4	200



Vážení

- např. vážené srovnání ED skleněné konvice a termosky



Comparing 1 p 'Coffee pot' with 1 p 'Thermos jug for model Pro';
Method: Eco-indicator 99 (H) V2.08 / Europe EI 99 H/A / Weighting

Vážení

- např. váženě

Původní normalizovaný
výsledek bez vážení

a termosky

