

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



Srovnání ekovektorů dvou typů konvic

Impact assessment Inventory Process contribution Setup Checks (312,0) Product overview

Compartment: All compartments Indicator: Amount Cut-off: 0% Default units Exclude long-term Per impact category

Per sub-compartment Skip unused

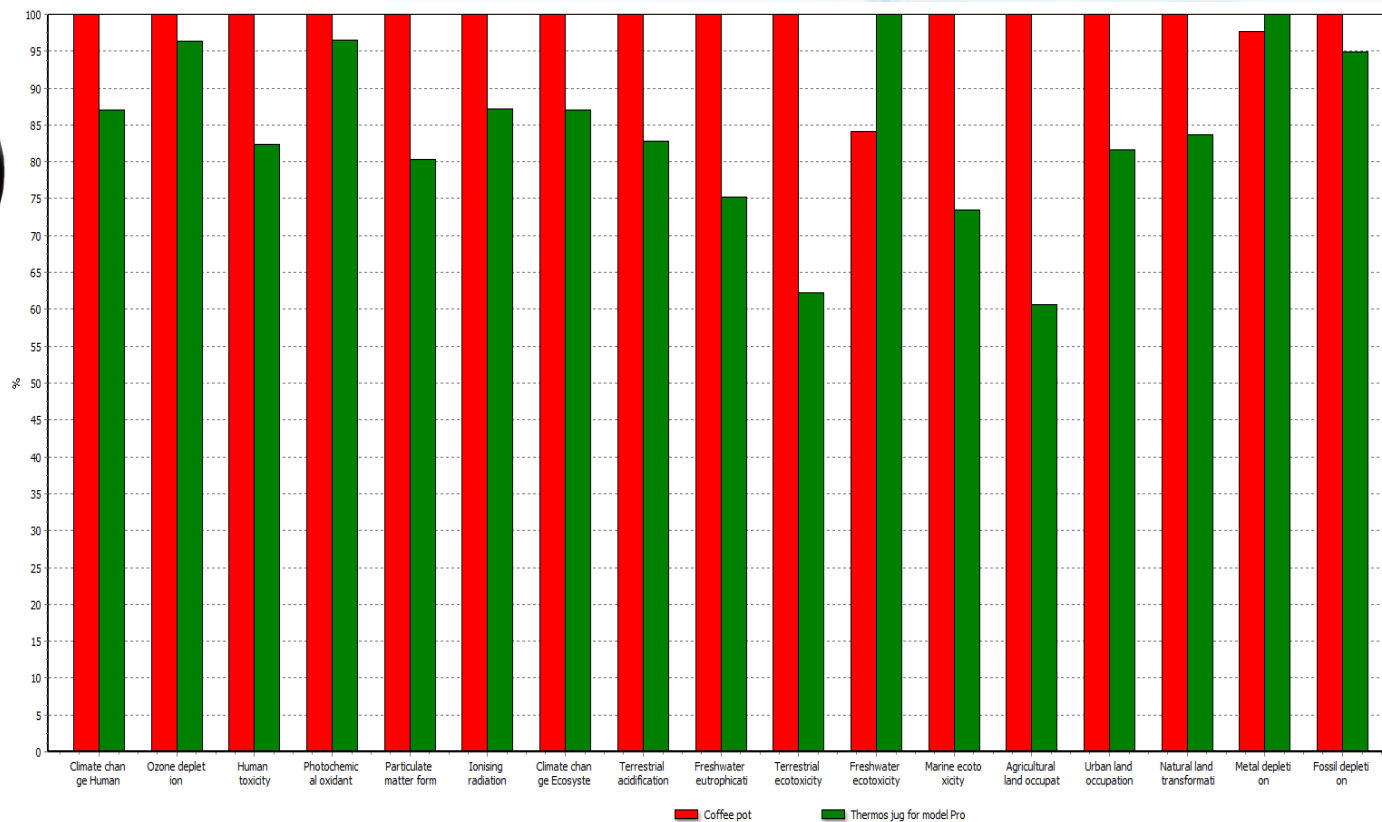
No	Substance	Compartment	Unit	Coffee pot	Thermos jug for model Pro
169	Heat, waste	Air	MJ	21,3	19,7
170	Heat, waste	Water	kJ	152	131
171	Heat, waste	Soil	kJ	11,4	10,1
172	Helium	Air	µg	252	299
173	Heptane	Air	mg	1,31	1,11
174	Hexane	Air	mg	3,38	2,87
175	Hydrocarbons, aliphatic, alkanes, cyclic	Air	ng	636	848
176	Hydrocarbons, aliphatic, alkanes, unspecified	Air	mg	7,5	6,54
177	Hydrocarbons, aliphatic, alkanes, unspecified	Water	µg	814	654
178	Hydrocarbons, aliphatic, unsaturated	Air	mg	1,16	0,729
179	Hydrocarbons, aliphatic, unsaturated	Water	µg	75,1	60,3
180	Hydrocarbons, aromatic	Air	mg	3,17	2,61
181	Hydrocarbons, aromatic	Water	mg	3,38	2,72
182	Hydrocarbons, chlorinated	Air	mg	3,47	3,47
183	Hydrocarbons, unspecified	Water	mg	26,5	26,1
184	Hydrogen	Air	mg	75,9	47,1
185	Hydrogen-3, Tritium	Air	Bq	41	35,6
186	Hydrogen-3, Tritium	Water	kBq	3,09	2,68
187	Hydrogen fluoride	Air	mg	20,5	11,4
188	Hydrogen chloride	Air	mg	44,2	30,5
189	Hydrogen peroxide	Water	µg	1,83	1,13
190	Hydrogen sulfide	Air	mg	4,65	4,56
191	Hydrogen sulfide	Water	µg	365	230
192	Hydroxide	Water	µg	5,31	4,62
193	Hypochlorite	Water	µg	212	182
194	Chlorate	Water	mg	5,27	2,87
195	Chloride	Water	g	12,2	8,16
196	Chloride	Soil	mg	63,9	189
197	Chlorinated solvents, unspecified	Water	µg	68,5	67,4
198	Chlorine	Air	mg	1,21	0,684
199	Chlorine	Water	µg	57,2	52,9
200	Chloroform	Air	ng	79,9	69,9
201	Chloroform	Water	pg	0,132	0,115
202	Chloroethanol	Soil	µg	40,4	20,4
203	Chromium	Raw	mg	88,8	69,6
204	Chromium	Air	µg	360	273
205	Chromium	Soil	µg	87,6	58,2
206	Chromium-51	Air	nBq	99	103
207	Chromium-51	Water	mBq	1,93	1,88
208	Chromium III	Water	µg	39,3	39,1
209	Chromium VI	Air	µg	8,94	6,68
210	Chromium VI	Water	mg	1,76	1,75
211	Chromium VI	Soil	µg	99,5	87,1
212	Chrysolite	Raw	µg	99,2	55
213	Iodide	Water	µg	639	512
214	Iodine	Air	µg	85	72
215	Iodine-129	Air	mBq	7,21	6,26
216	Iodine-131	Air	mBq	426	366

Comparing 1 p 'Coffee pot' with 1 p 'Thermos jug for model Pro'; Method: ReCiPe Endpoint (H) V1.08 / World ReCiPe H/A

Analyst (Demo)



Srovnání env. dop. dvou typů konvic



Comparing 1 p 'Coffee pot' with 1 p 'Thermos jug for model Pro';
Method: ReCiPe Endpoint (H) V1.08 / World ReCiPe H/A / Characterization



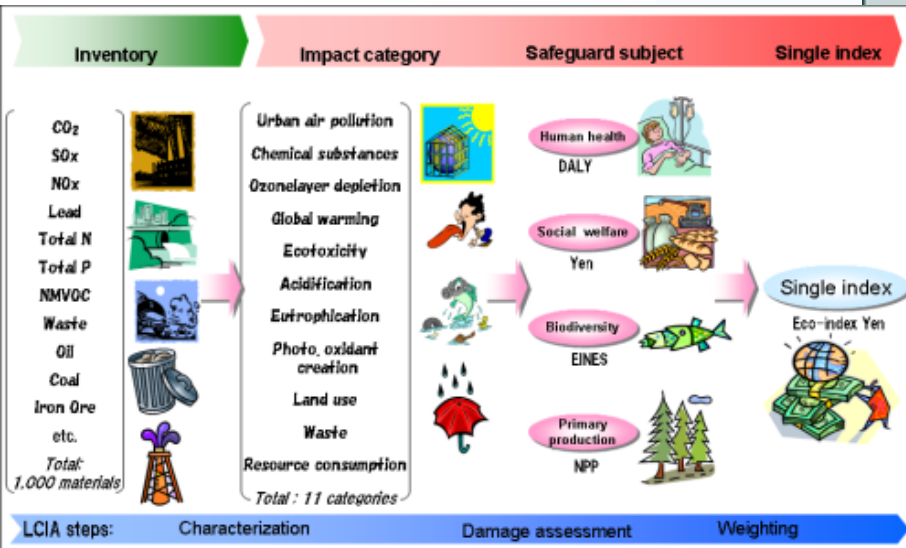
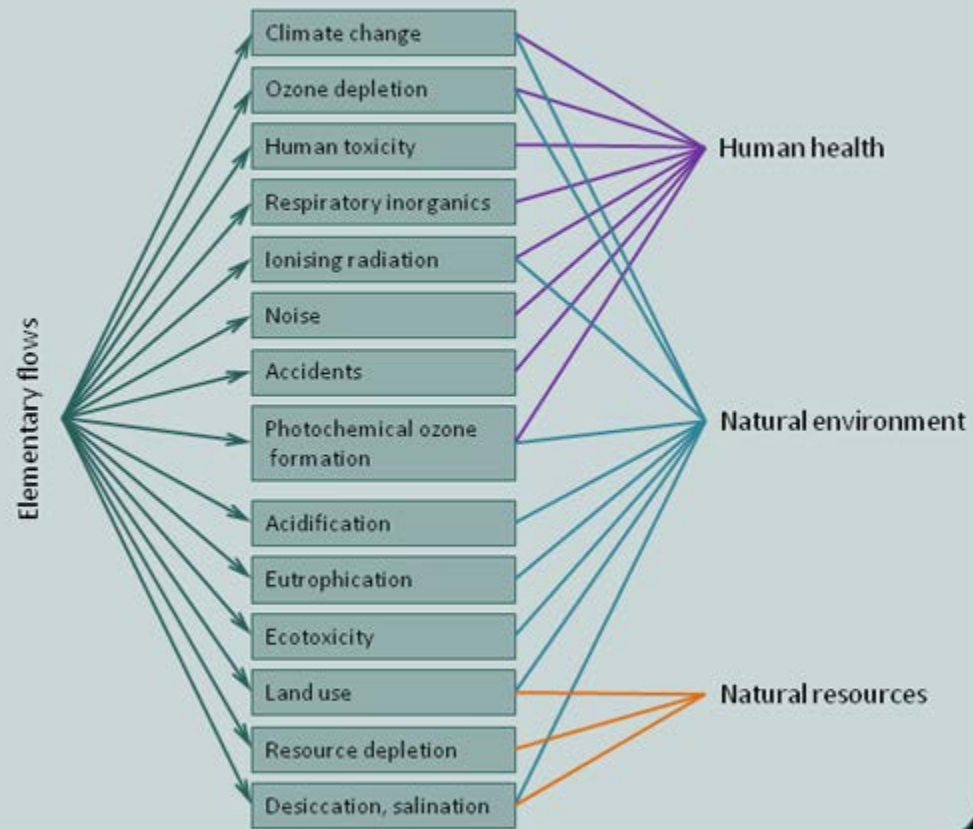
Fresh Promotions



LCIA

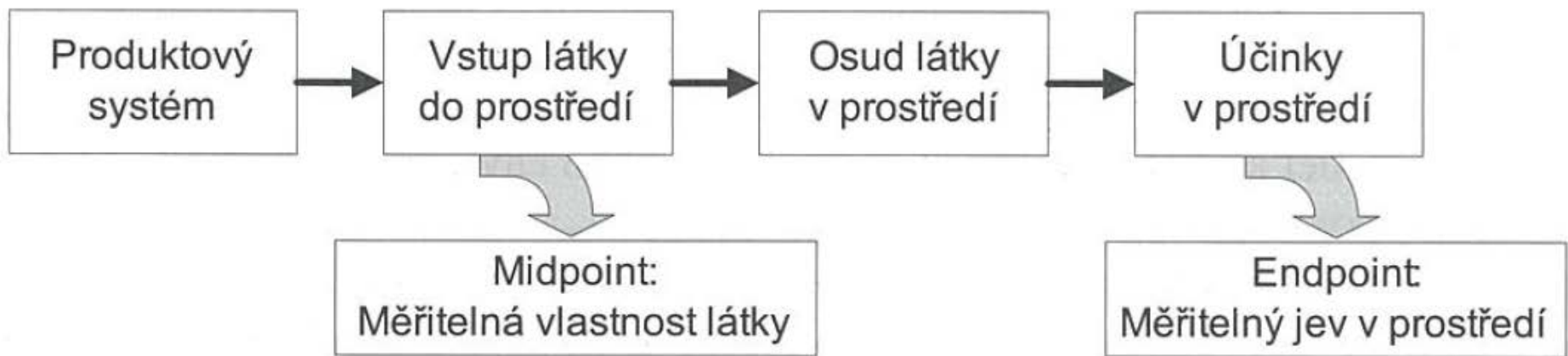
- life cycle **impact** assessment

Inventory results → Midpoint → Endpoint Area of protection



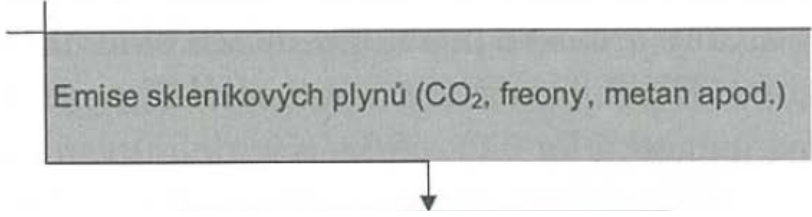
Dopadový řetězec

- 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



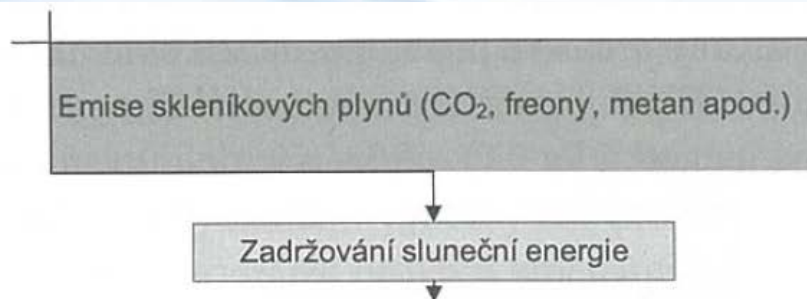
Část dopadového řetězce emise skleníkových plynů

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

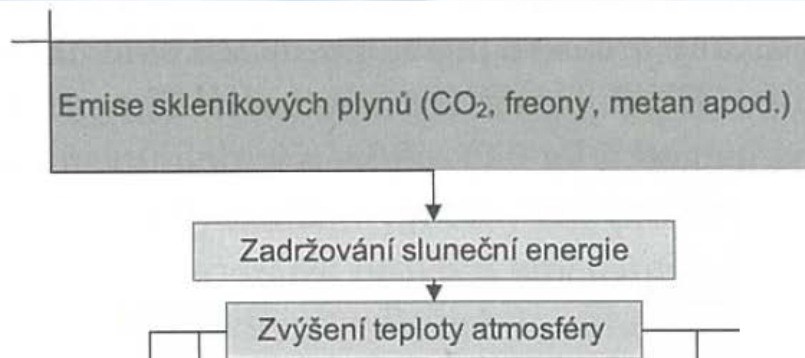


```
graph TD; A[Emise skleníkových plynů (CO2, freony, metan apod.)] --> B[ ];
```

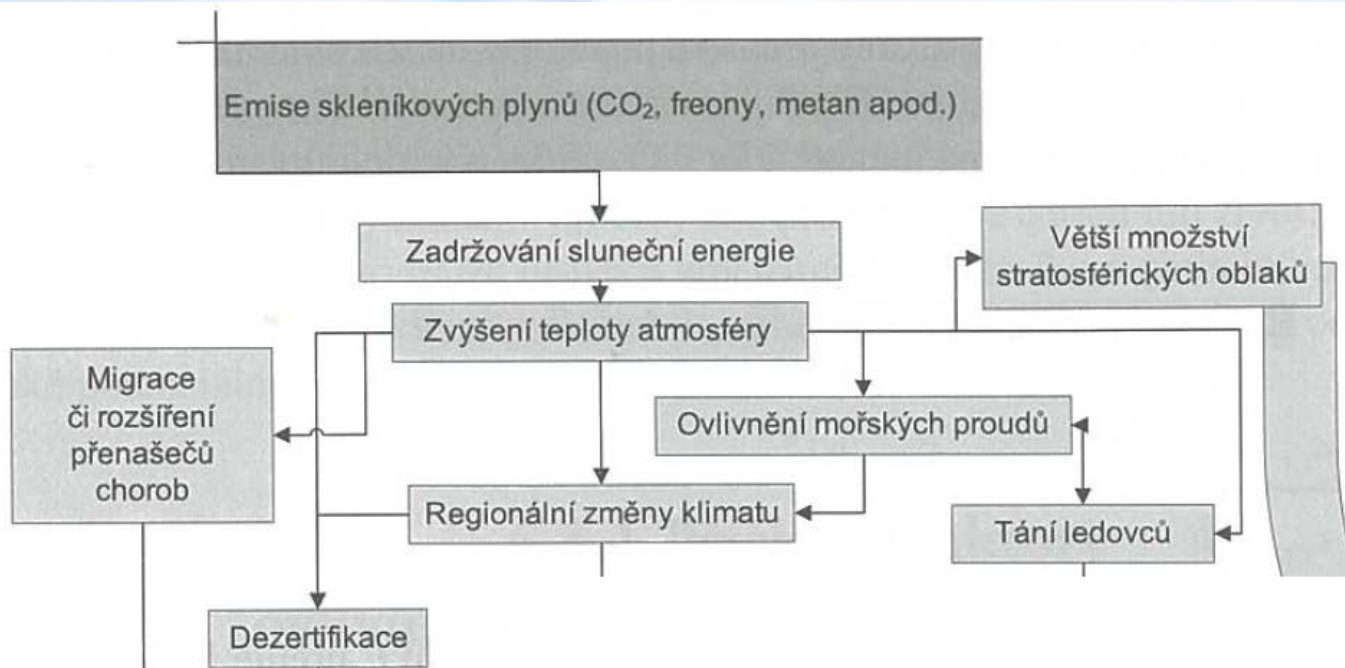
Část dopadového řetězce emise skleníkových plynů



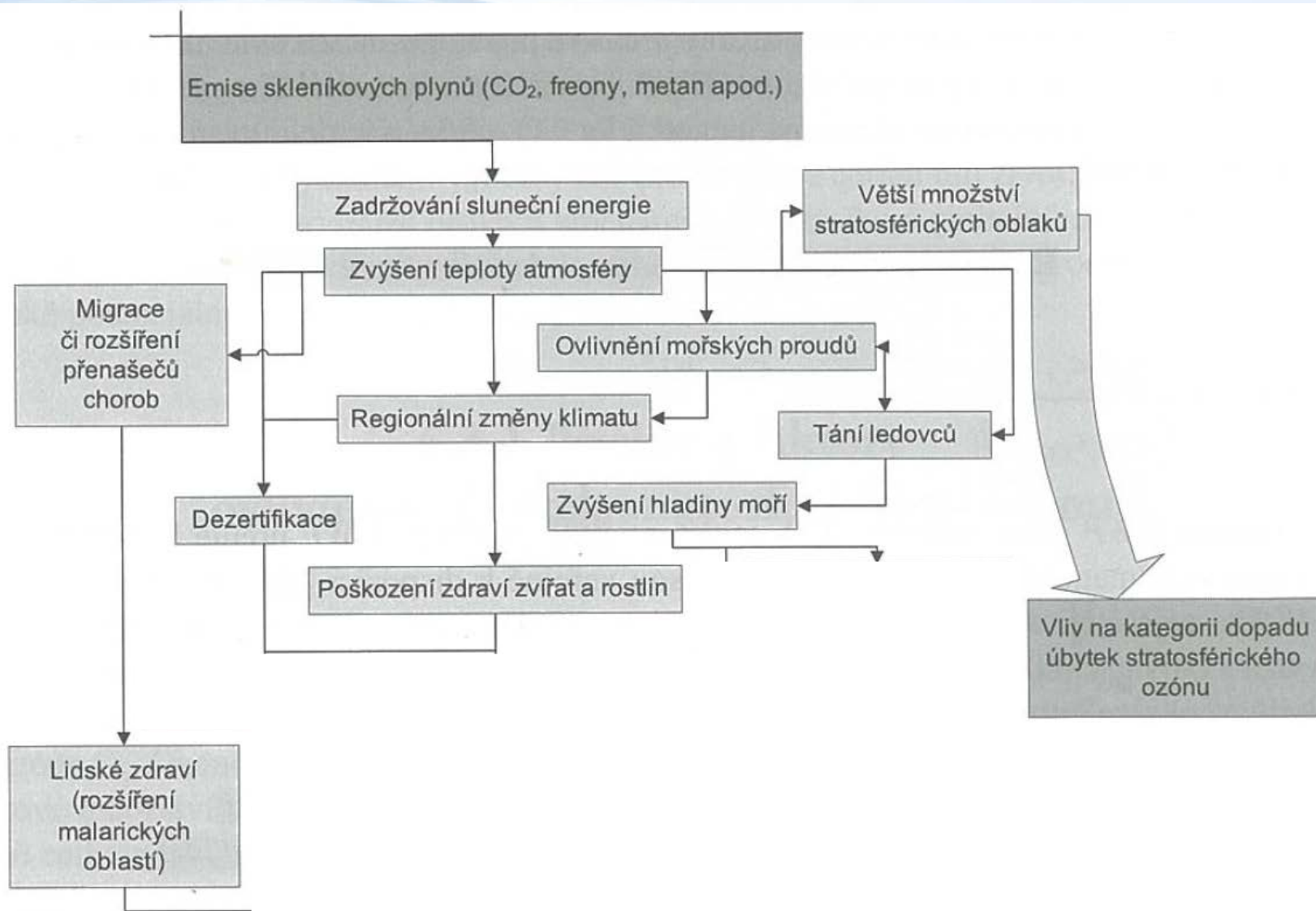
Část dopadového řetězce emise skleníkových plynů



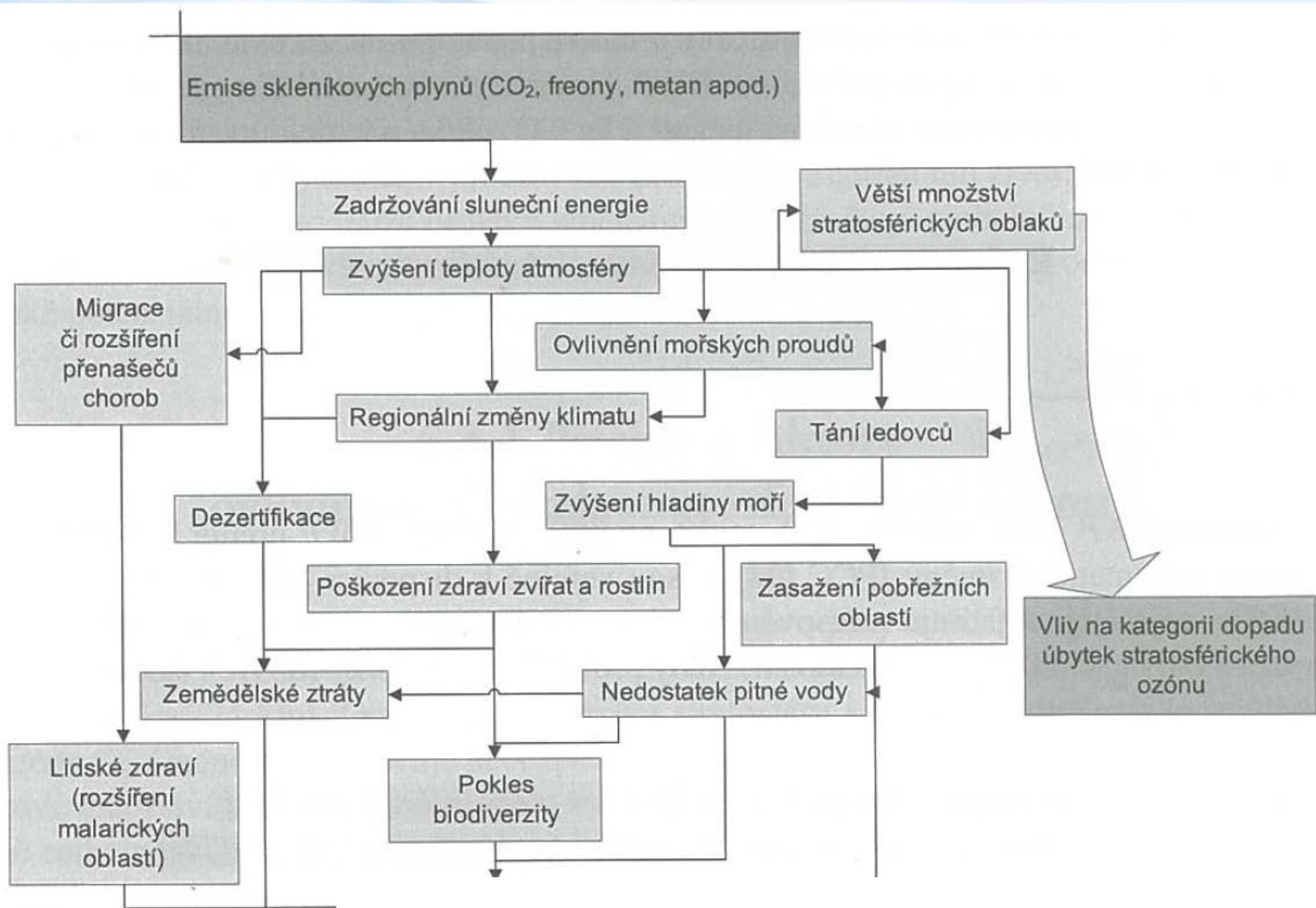
Část dopadového řetězce emise skleníkových plynů



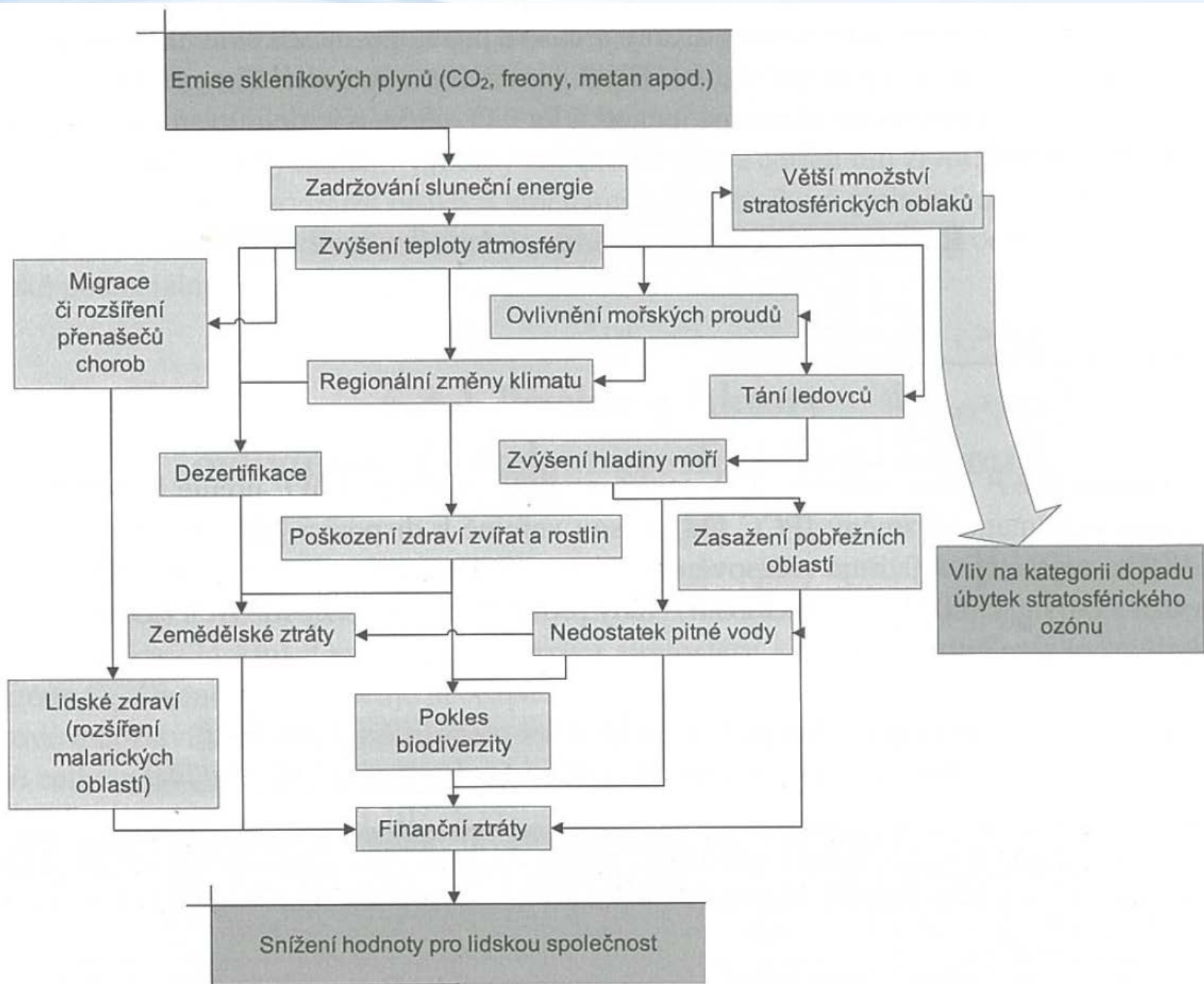
Část dopadového řetězce emise skleníkových plynů



Část dopadového řetězce emise skleníkových plynů



Část dopadového řetězce emise skleníkových plynů



Dopadový řetězec

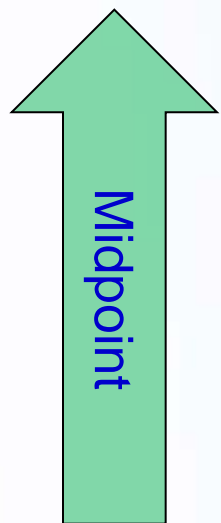
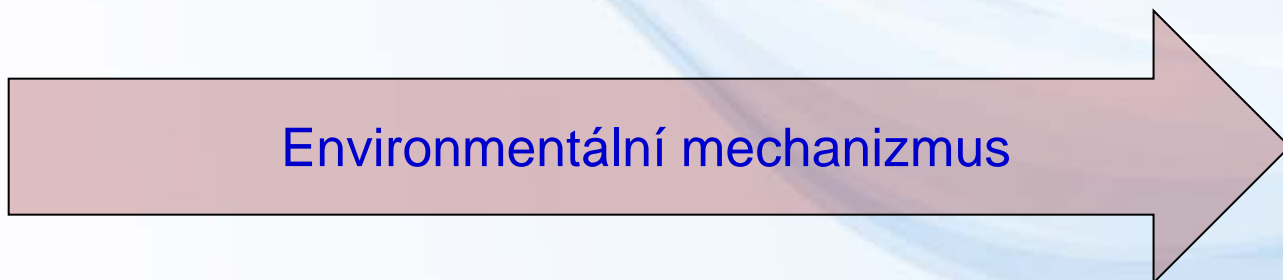
- dva typy indikátorů kat. dopadu:
 - **midpointový indikátor** – vyjadřování míry potenciálního škodlivého účinku na základě chemicko-fyzikálních p.
 - **měřitelné vlastnosti látek** (elementárních toků)
 - neuvažuje se jeho osud v ŽP, ovlivňující výsledný efekt
 - je zvažován jen environmentální mechanismus
 - 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.



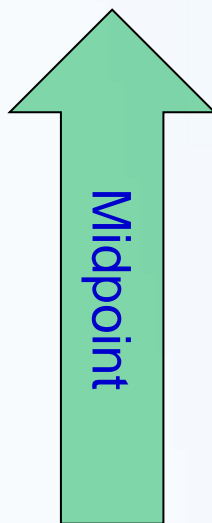
Midpoint x endpoint

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

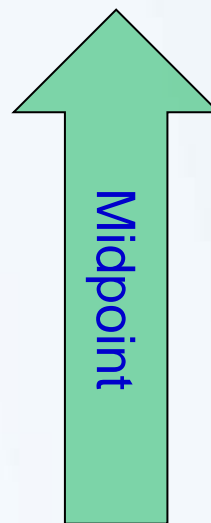
Suroviny
Zábor půdy
CO₂
SO₂
CFC
NO_x



např. GWP



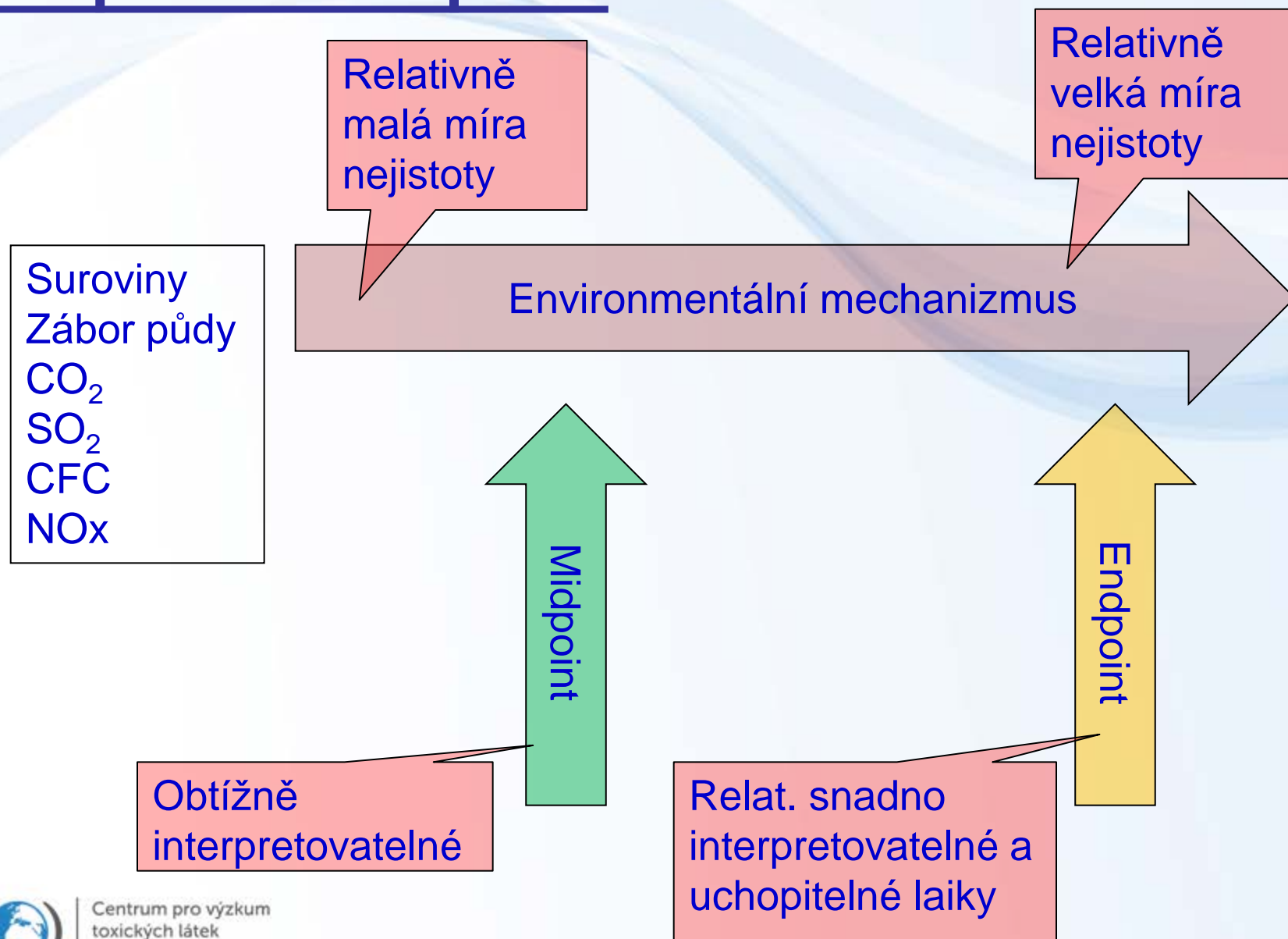
např. růst
teploty atm.



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

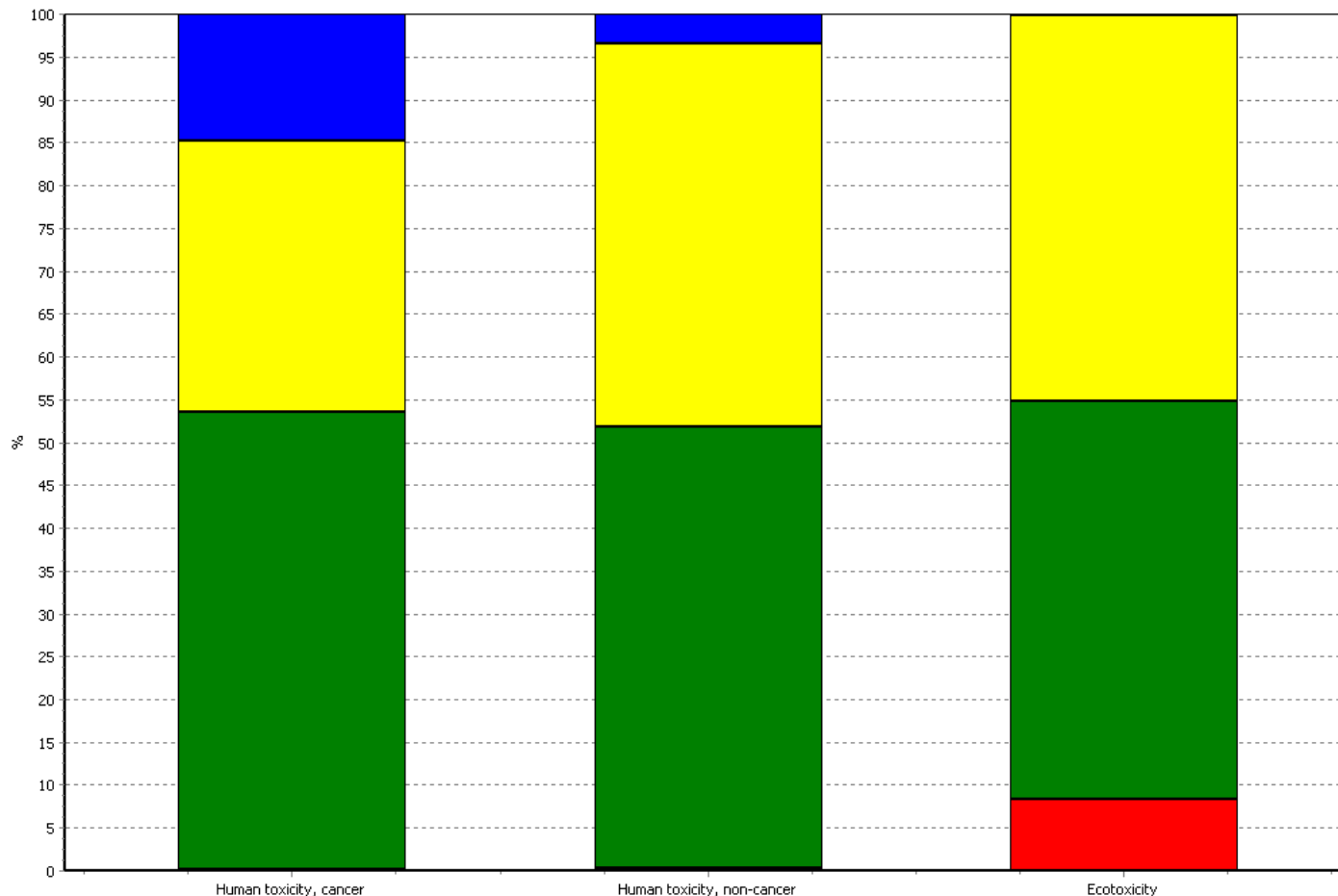
USEtox

- konsenzový model pro toxické dopady (člověk, ŽP)



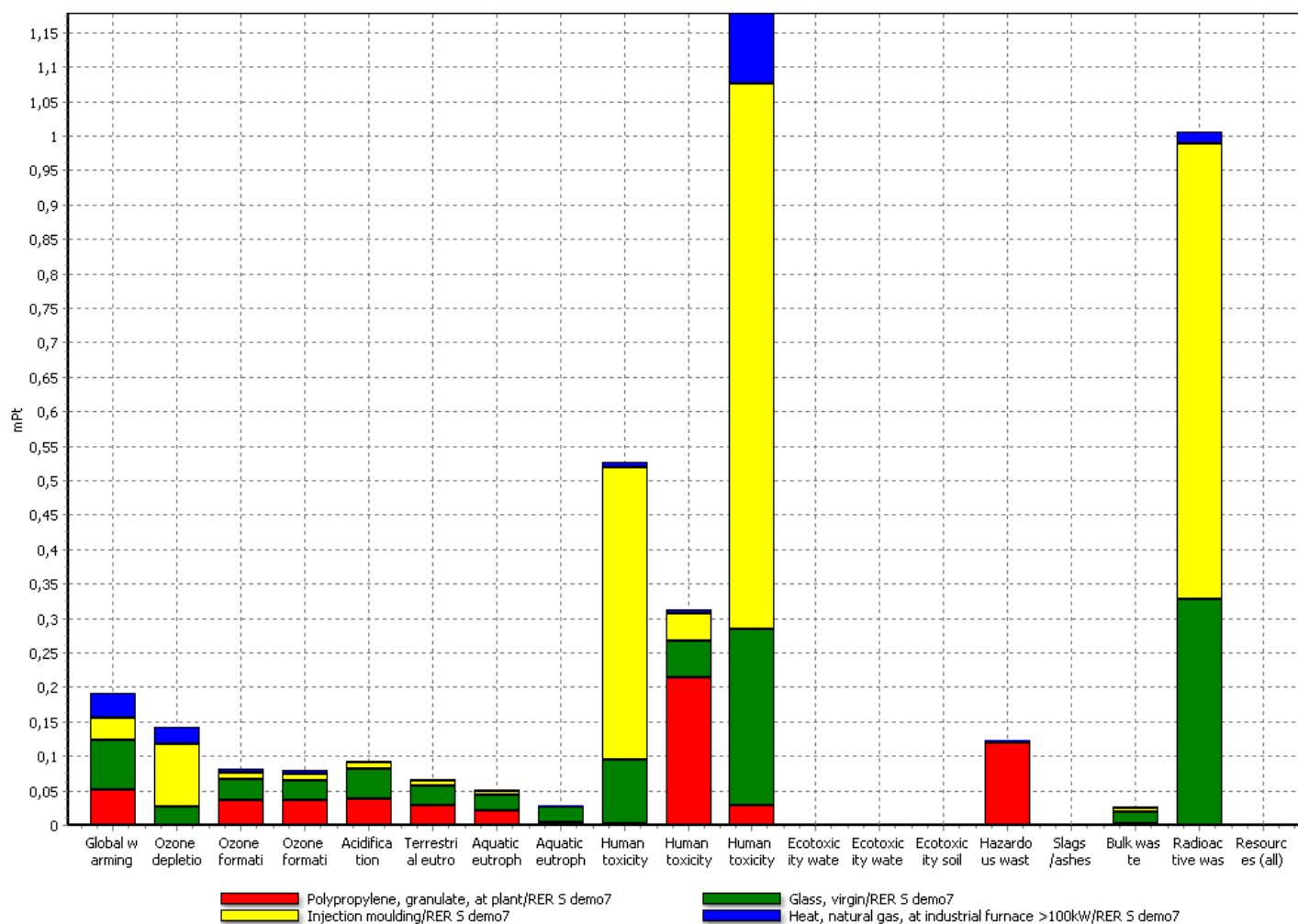
Výstup hodnocení pomocí metody USEtox

- toxické dopady ŽC čajové konvice



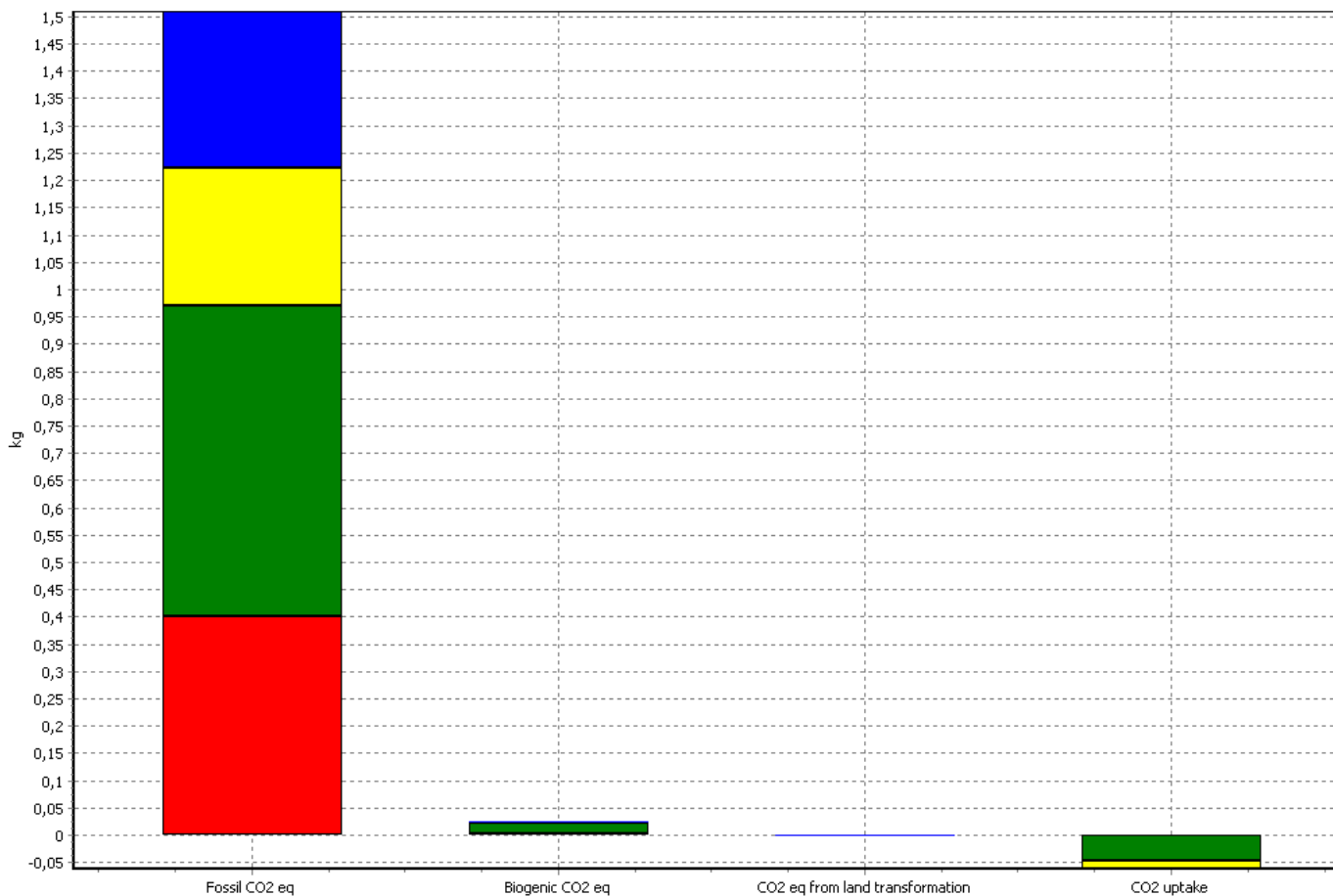
Výstup hodnocení pomocí metody EDIP

- 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.

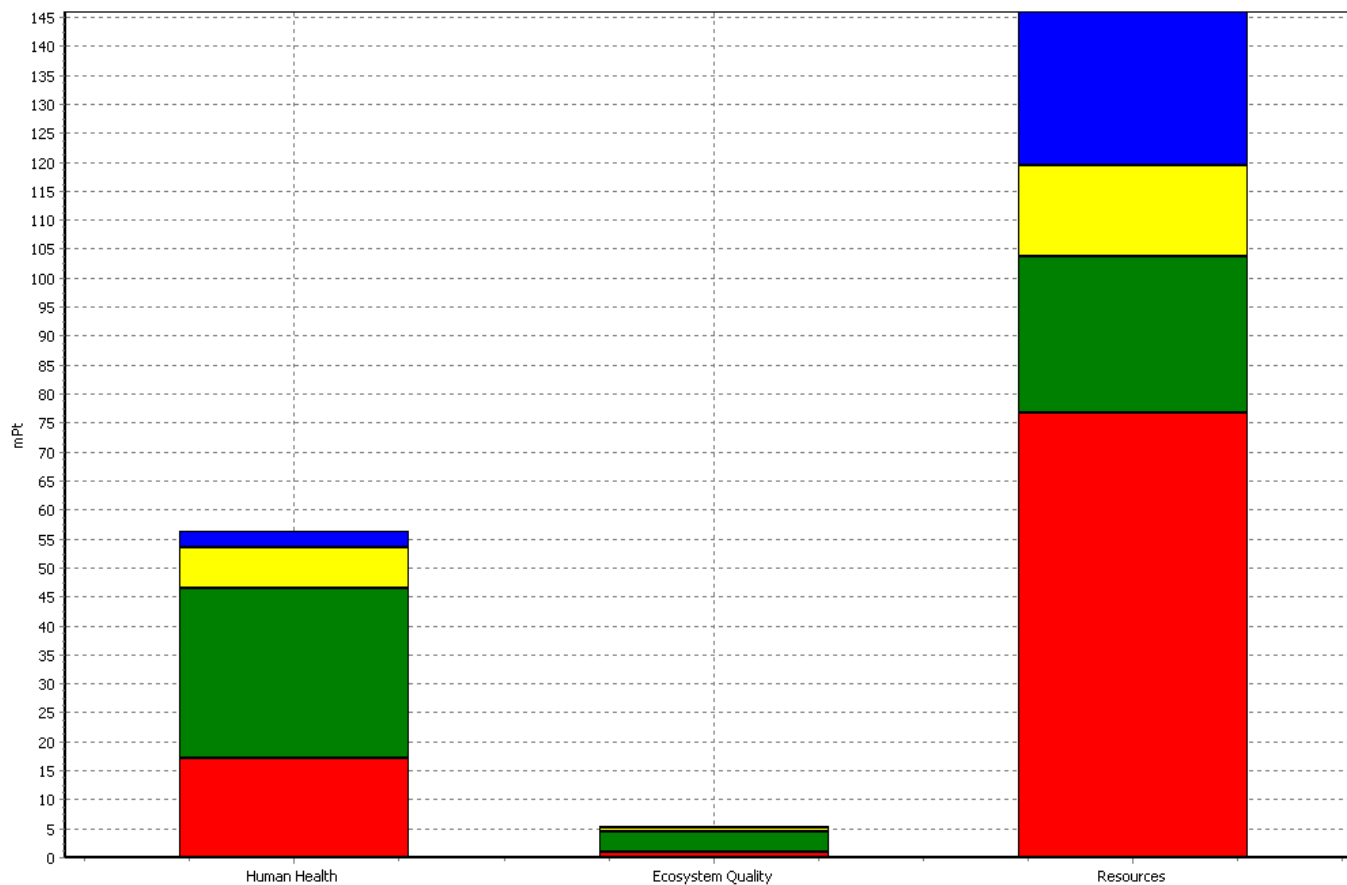
ReCiPe

- nejnovější endpointová metoda, vylepšený Eco-Indicator 99



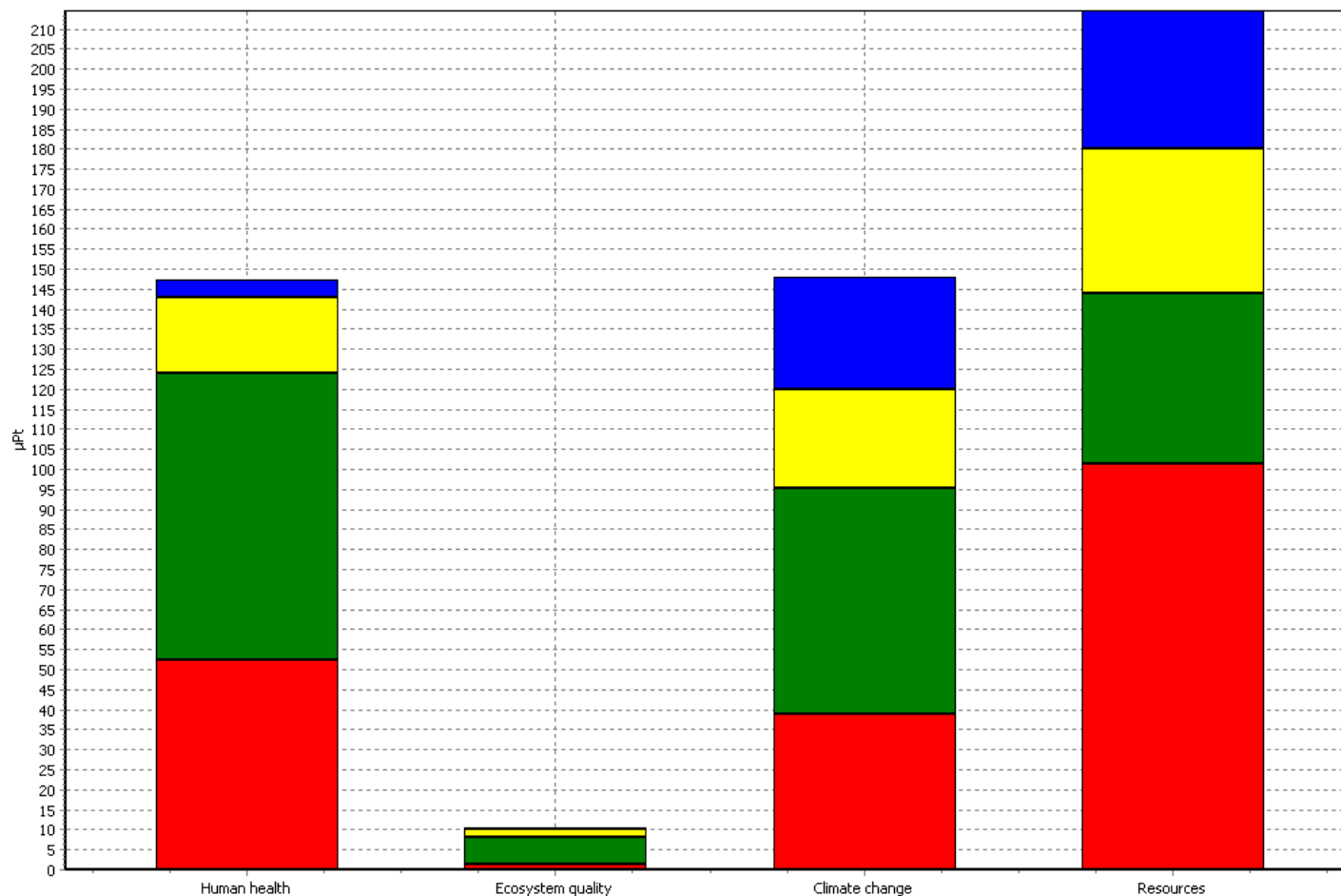
Výstup hodnocení pomocí Eco-Indicator 99

- env. dopady ŽC čajové konvice



Výstup hodnocení pomocí Impact 2002+

- env. dopady ŽC čajové konvice



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

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

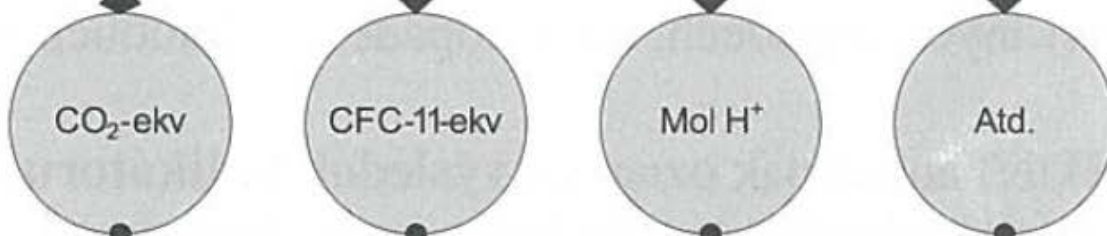
Výstup z inventarizace



Klasifikace



Charakterizace



Normalizace
Seskupování
Vážení

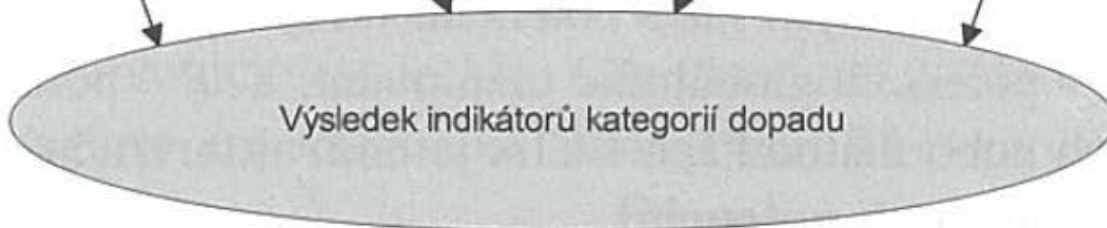


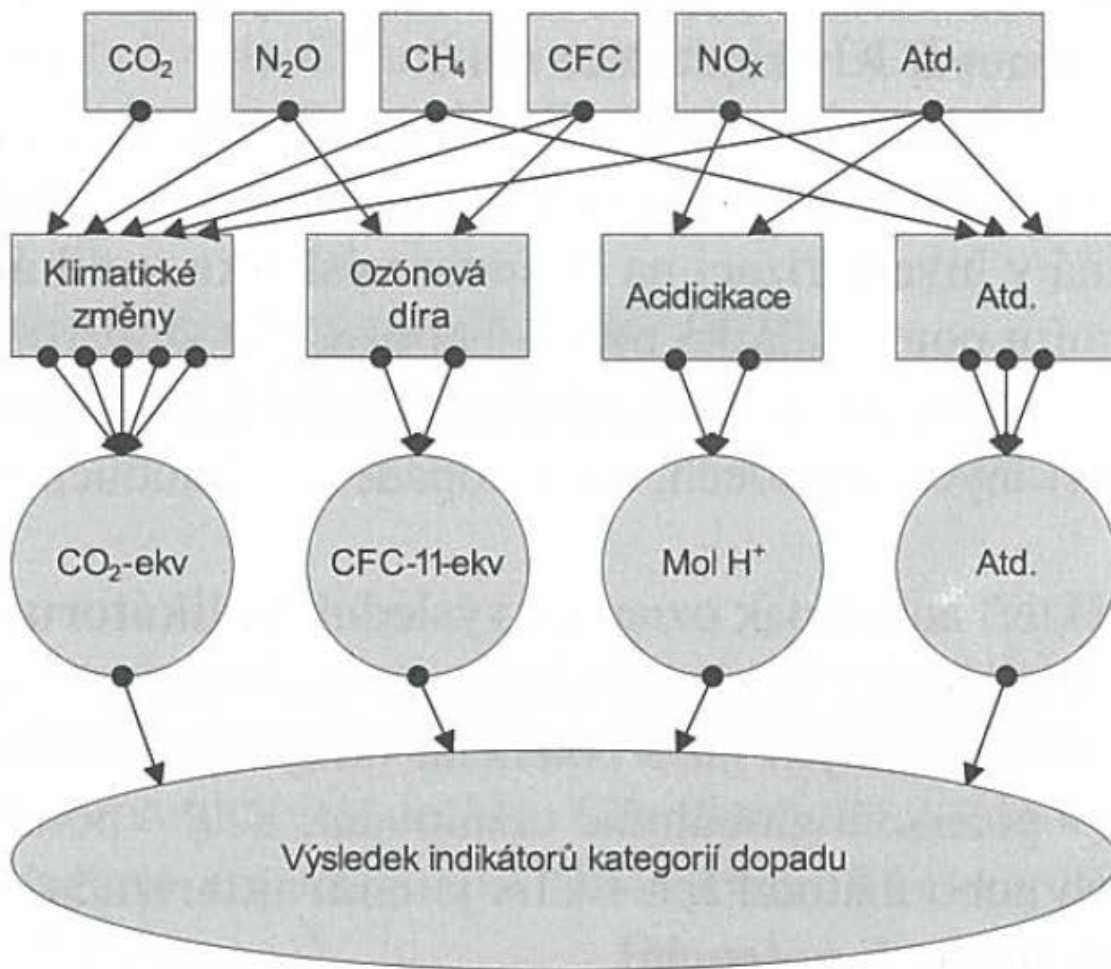
Schéma kroků LCIA pomocí midpointových indikátorů kategorií dopadu

Výstup z inventarizace

Klasifikace

Charakterizace

Normalizace
Seskupování
Vážení



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

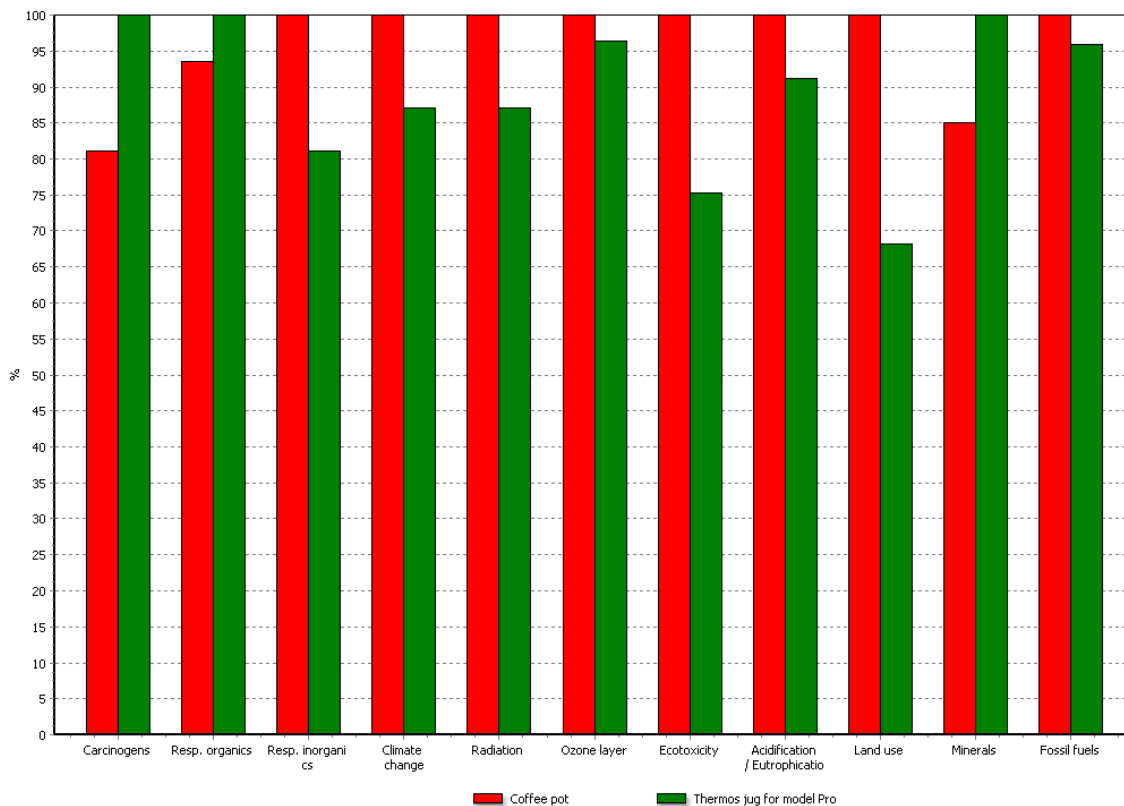
$$V_{GW} = 26,57 \text{ kg CO}_2\text{-eq}$$

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



Fresh Promotions



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 $1/RV_{xy}$

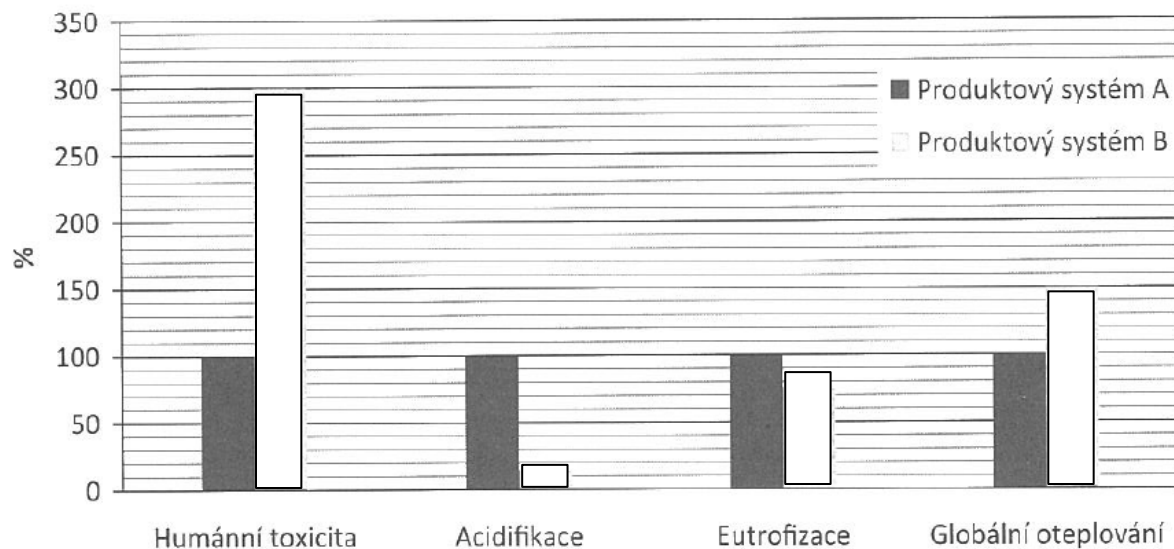
$$NV_{xy} = V_{XY} * NF_{XY} \quad (\text{bezrozměrné})$$



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

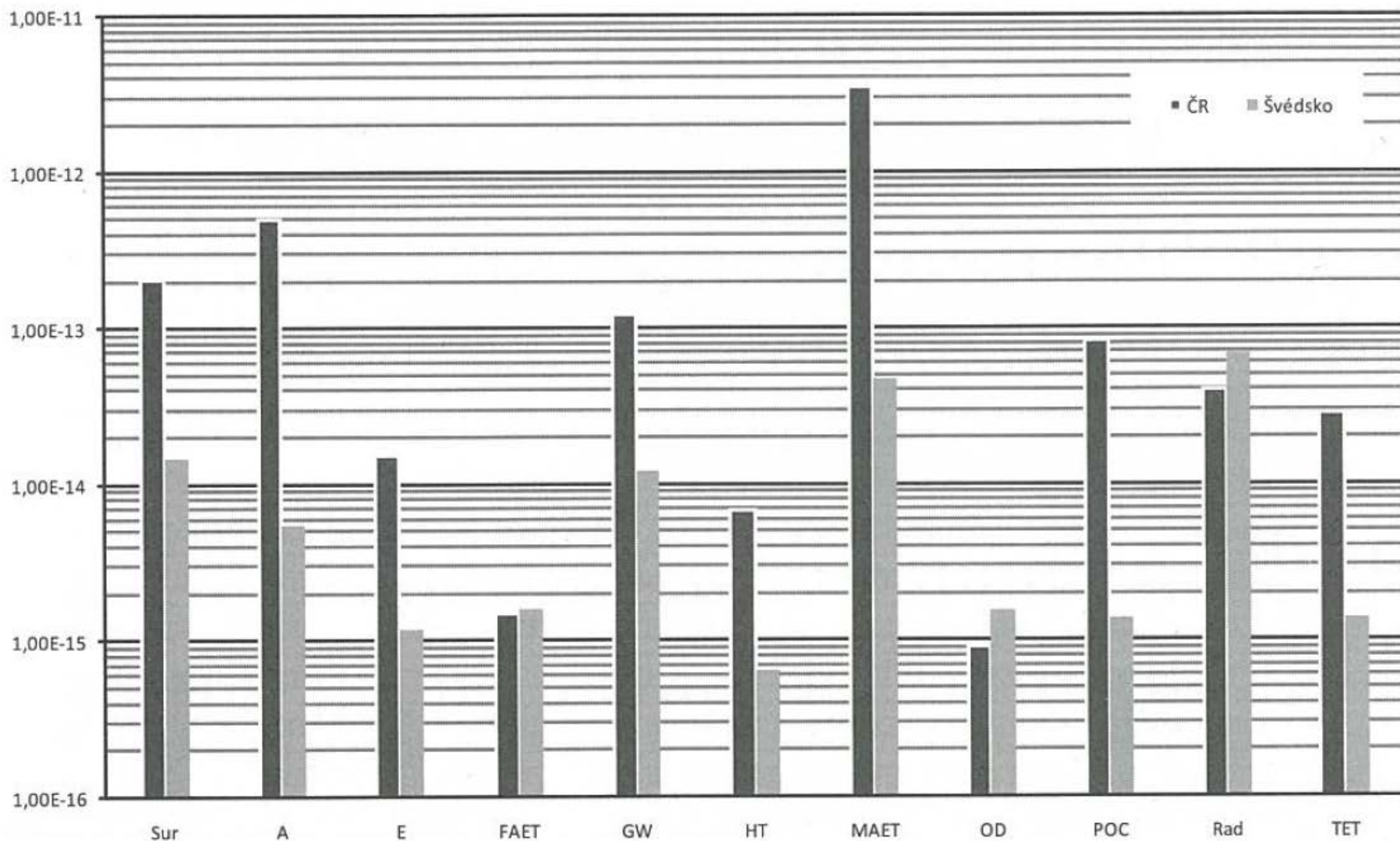
- porovnání ED výroby elektřiny v ČR a ve Švédsku

Kategorie dopadu	V_{xy}		RV_{xy} (Evropa 2001)	NV_{xy}	
	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'

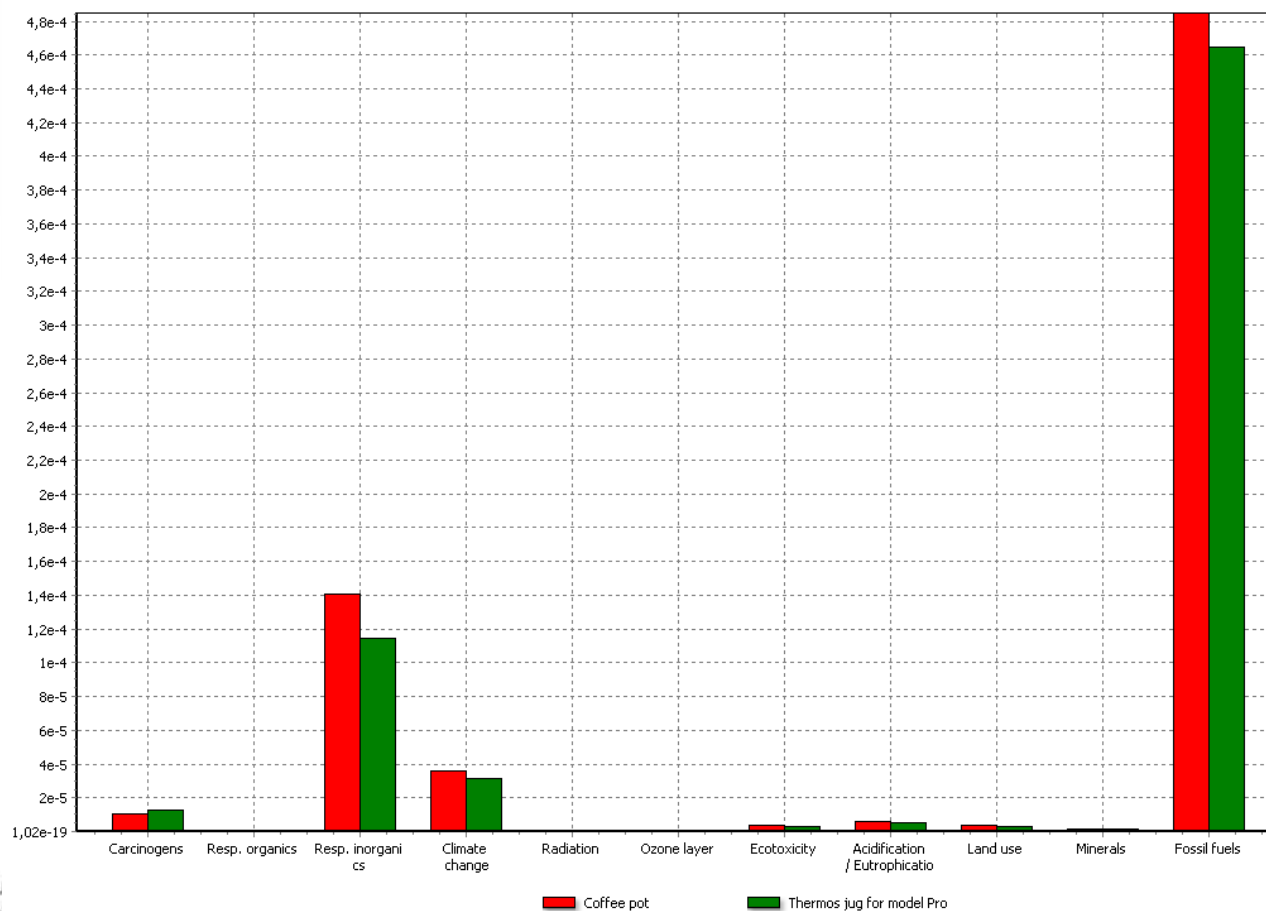
General	Characterization	Normalization
Normalization/weighting set	Impact category	Normalization
the Netherlands, 1997	Abiotic depletion	6,39E-12
West Europe, 1995	Acidification	3,11E-12
World, 1995	Eutrophication	7,56E-12
World, 1990	Global warming 20a	1,85E-14
	Global warming 100a	2,41E-14
	Global 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



Fresh Promotions

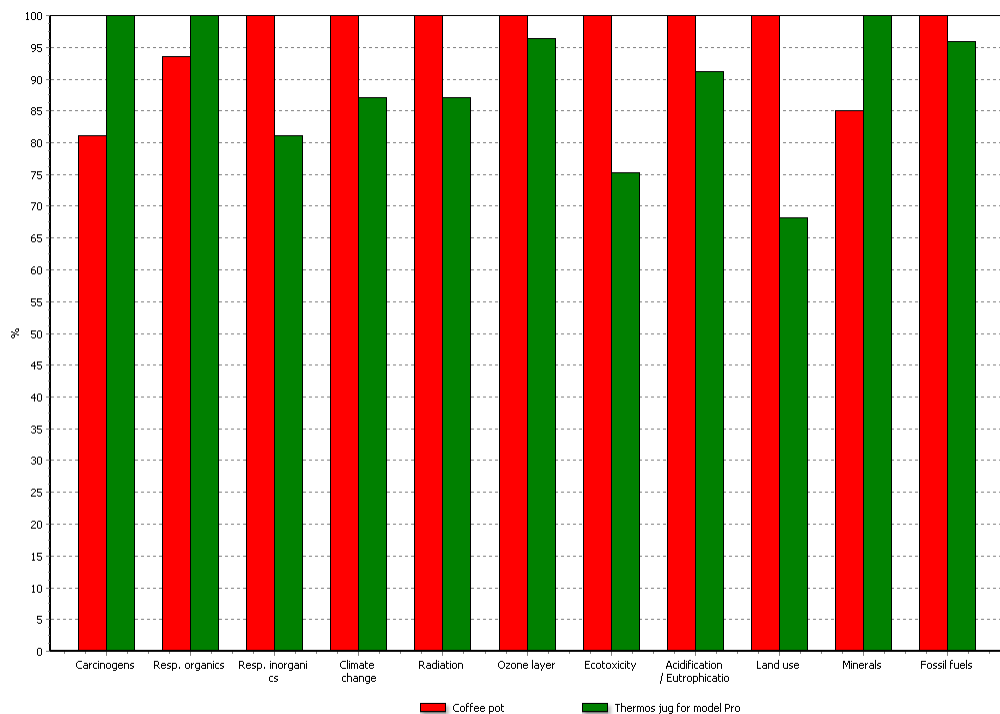


Centru
toxický
v prostředí

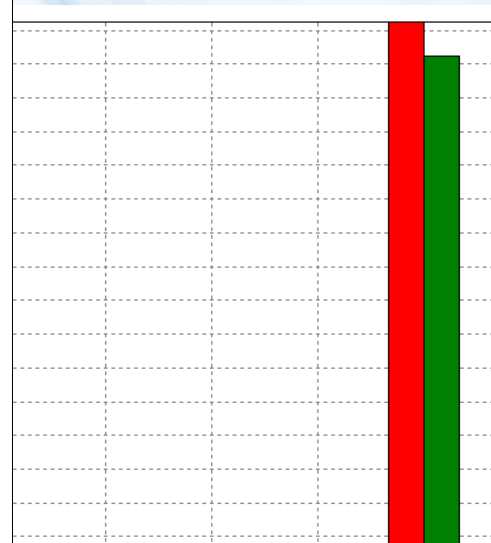
Comparing 1 p 'Coffee pot' with 1 p 'Thermos jug for model Pro';
Method: Eco-indicator 99 (H) V2.08 / Europe EI 99 H/A / Normalization

Externí normalizace

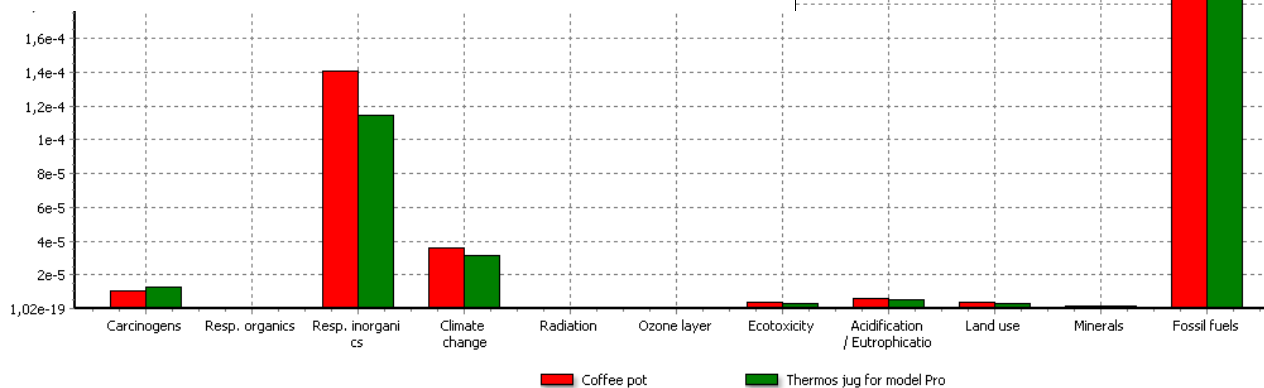
ěné konvice a termosky



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



Fresh Promotions



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



Vážení

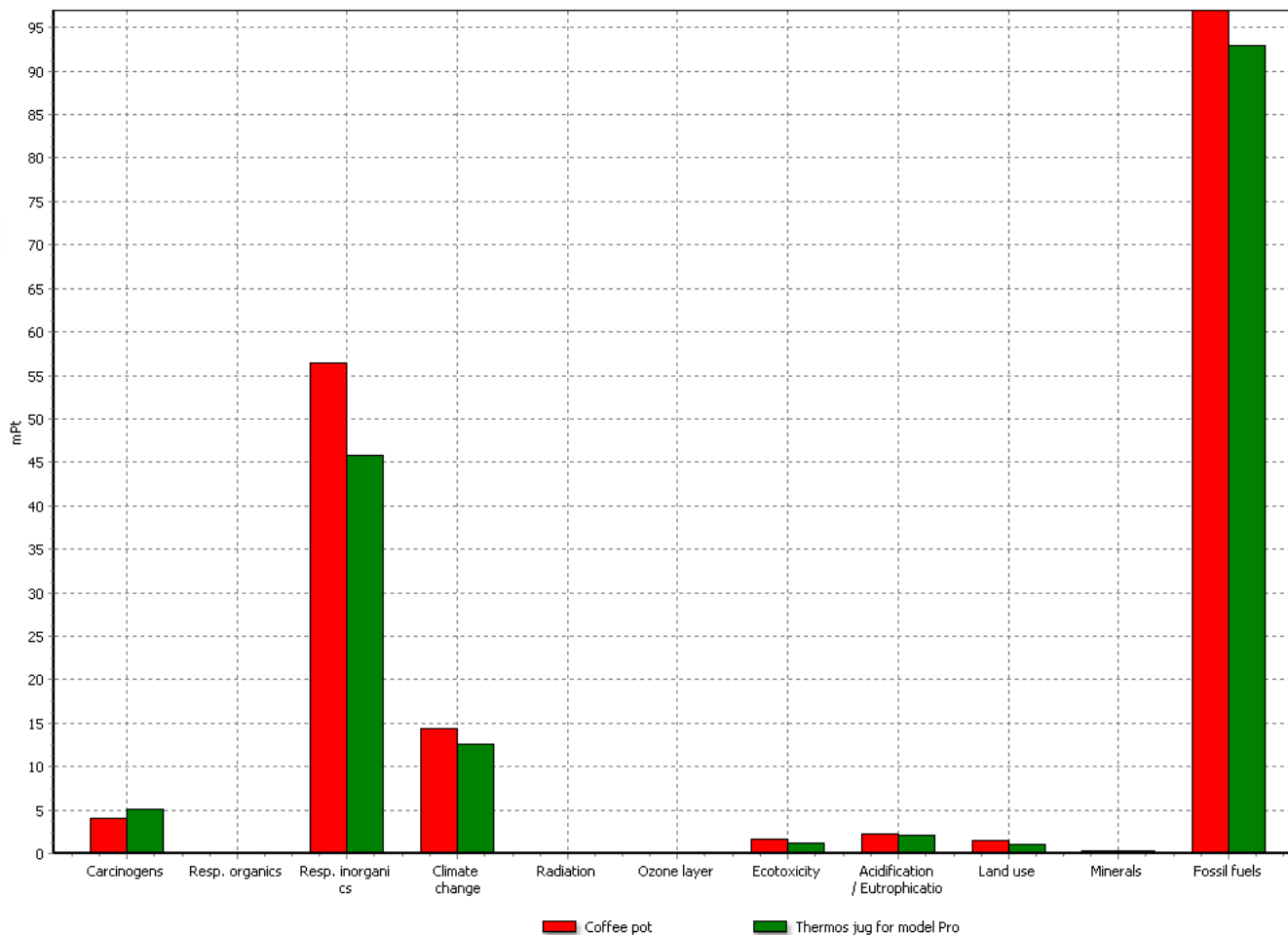
- vyjadřování významnosti kategorií dopadu s ohledem na **socio-ekonomická hlediska**
- není založeno na exaktních základech, v hodnocení dle ISO 14040 nesmí být použito
- velký význam např. pro interní studie, kde např. klademe větší váhu na ekonomický aspekt env. dopadů

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

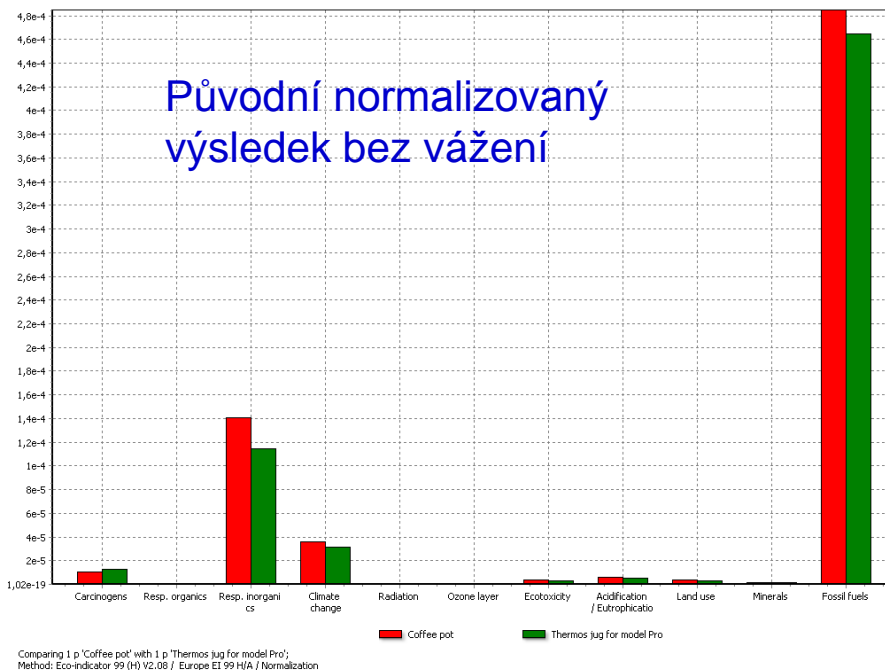


Fresh Promotions



Vážení

- např. váženě



a termosky

