

III. Fáze – Kategorie dopadu

- problém v ŽP, který je **způsobován lidskou činností** a ke kterému lze přiřadit výsledky z inventarizace
- hlavní důvod LCIA je **ochrana kvality ŽP pro další gen.**
- výběr kategorií dopadu předurčuje **komplexnost studie**
- LCA neupřednostňuje žádnou kat. dop., ale nabízí nástroje, jak **vyčíslit zásahy** do jednotlivých kategorií a jak **porovnat jejich závažnost**

- jaké znáte kategorie dopadu???

Nejčastěji používané kat. dop. v LCA

Kategorie dopadu	Midpointové kategorie dopadu	Endpointové kategorie dopadu
Základní kategorie dopadu většiny metodik LCIA	<p>Úbytek neobnovitelných (abiotických) zdrojů</p> <p>Globální oteplování</p> <p>Úbytek stratosférického ozónu</p> <p>Humánní toxicita</p> <p>Ekotoxicita (sladkovodní, mořská, terestrická)</p> <p>Vznik fotooxidantů</p> <p>Acidifikace</p> <p>Eutrofizace</p>	<p>Úbytek dostupnosti surovin na trhu</p> <p>Klimatické změny</p> <p>Lidské zdraví</p> <p>Kvalita ekosystémů</p>
Specifické kategorie dopadu některých metodik LCIA	<p>Využívání krajiny – zabor a přeměna krajiny</p> <p>Ekotoxicita (sladkovodní a mořské sedimenty)</p> <p>Ionizační záření</p> <p>Využívání krajiny (pokles množství využitelné krajiny)</p>	<p>Využívání krajiny – produkční schopnost ekosystémů</p> <p>Finanční hodnota</p> <p>Ekofaktor</p> <p>Biodiverzita</p> <p>Ztráty na životech</p>
Další kategorie dopadu, jež dosud nebývají součástí metodik LCIA	<p>Úbytek obnovitelných (biotických) zdrojů</p> <p>Odpadní teplo</p> <p>Hluk</p> <p>Zápach (zapáchající plyny)</p> <p>Dezertifikace (vznik pouští)</p> <p>Zápach (zapáchající kapaliny)</p>	

Dělení kategorií dopadu

surovinové (spotřeba zdrojů)

x

intervenční (emise do ŽP)



Dělení kategorií dopadu

surovinové (spotřeba zdrojů)

x

intervenční (emise do ŽP)

globální - látky působící dlouhodobě, rel. persistentní, mobilní – **př?**

x

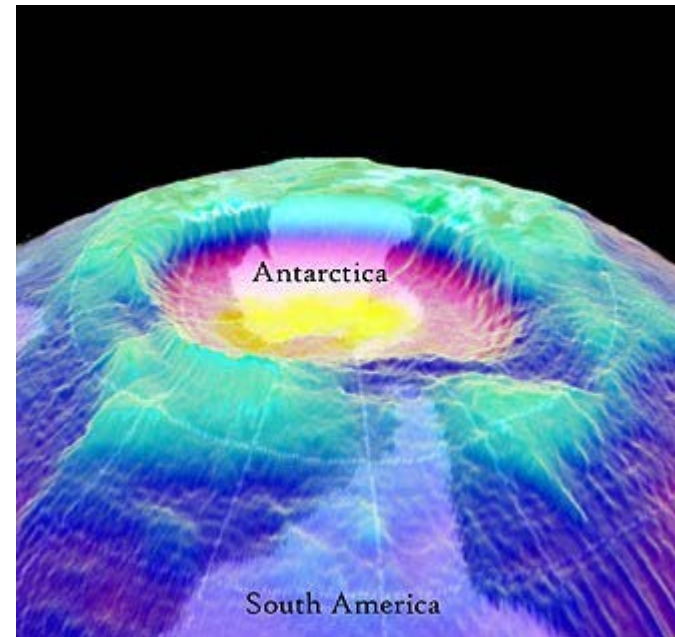
regionální - působení v regionu (100-1000 km), kde znečišťováno – **př?**

x

lokální – dopady způsobení konkrétním zdrojem (jednotky km) – **př?**

Časový rozsah env. dopadů

- různé dopady působí v různých časových horizontech




Časový rozsah env. dopadů

Kategorie dopadu	Časový rozsah
Globální oteplování	Po dobu přítomnosti plynu v atmosféře; od okamžitého účinku po staletí
Úbytek stratosférického ozónu	Po dobu přítomnosti plynu v atmosféře; mezi 2–5 lety až po staletí
Vznik fotooxidantů	Závisí na reaktivitě plynů; hodiny až týdny
Acidifikace	Dny až roky
Eutrofizace vod a půd	Dny až roky
Persistentní toxicita	Měsíce u nejjedovatějších látek a nejcitlivějších organismů a desetiletí pro nejstálější látky
Toxicita a ekotoxicita	Od hodin v případě akutní toxicity jedovatých látek a bodových zdrojů znečištění až po desetiletí u stabilních látek s dlouhodobou emisí do prostředí
Odpady	Od týdnů u vzdušných emisí ze skládek až po staletí u stabilních materiálů a průsaků do podzemních vod
Čerpání neobnovitelných surovin	U nevratného využívání fosilních surovin – milióny let
Čerpání obnovitelných surovin	Závisí na rychlosti obnovy zdroje



I. Globální oteplování a klimatické změny

Globální oteplování x klimatické změny ?




Introduction

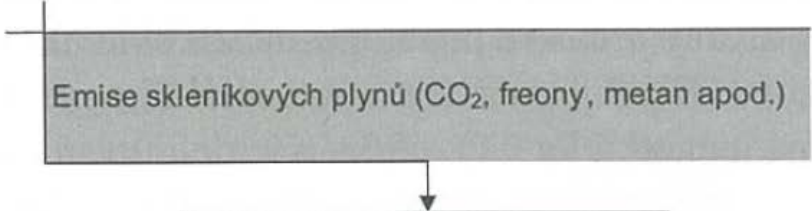
How does Earth stay warm and comfortable in the coldness of space? Temperatures on Earth are livable because of a natural process we call the greenhouse effect.

[It Starts With the Sun ▶](#)

[INTRO](#) [IT STARTS WITH THE SUN](#) [GREENHOUSE EFFECT](#) [GREENHOUSE GASES](#) [EXPLORE MORE](#)

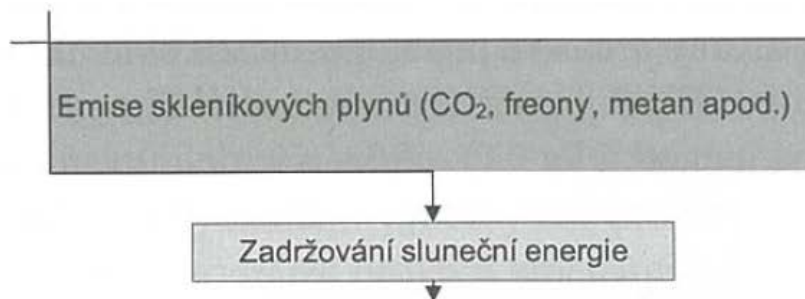


Část dopadového řetězce emise skleníkových plynů



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

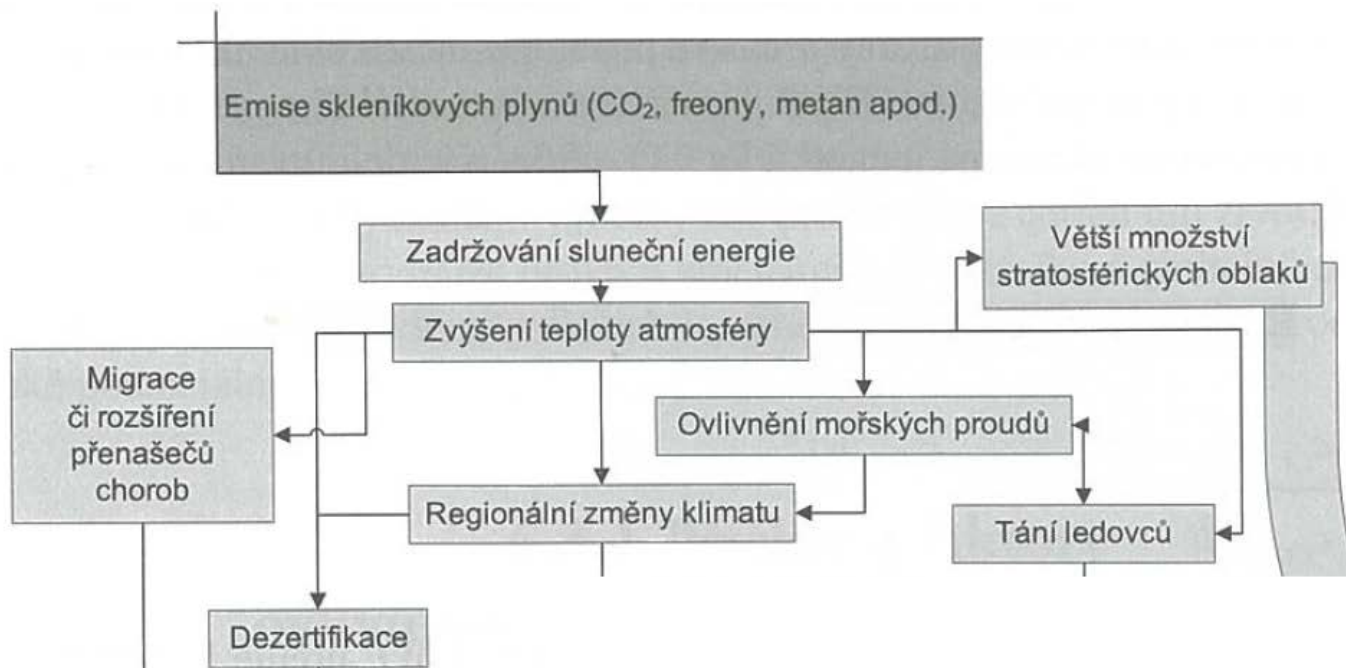
Část dopadového řetězce emise skleníkových plynů



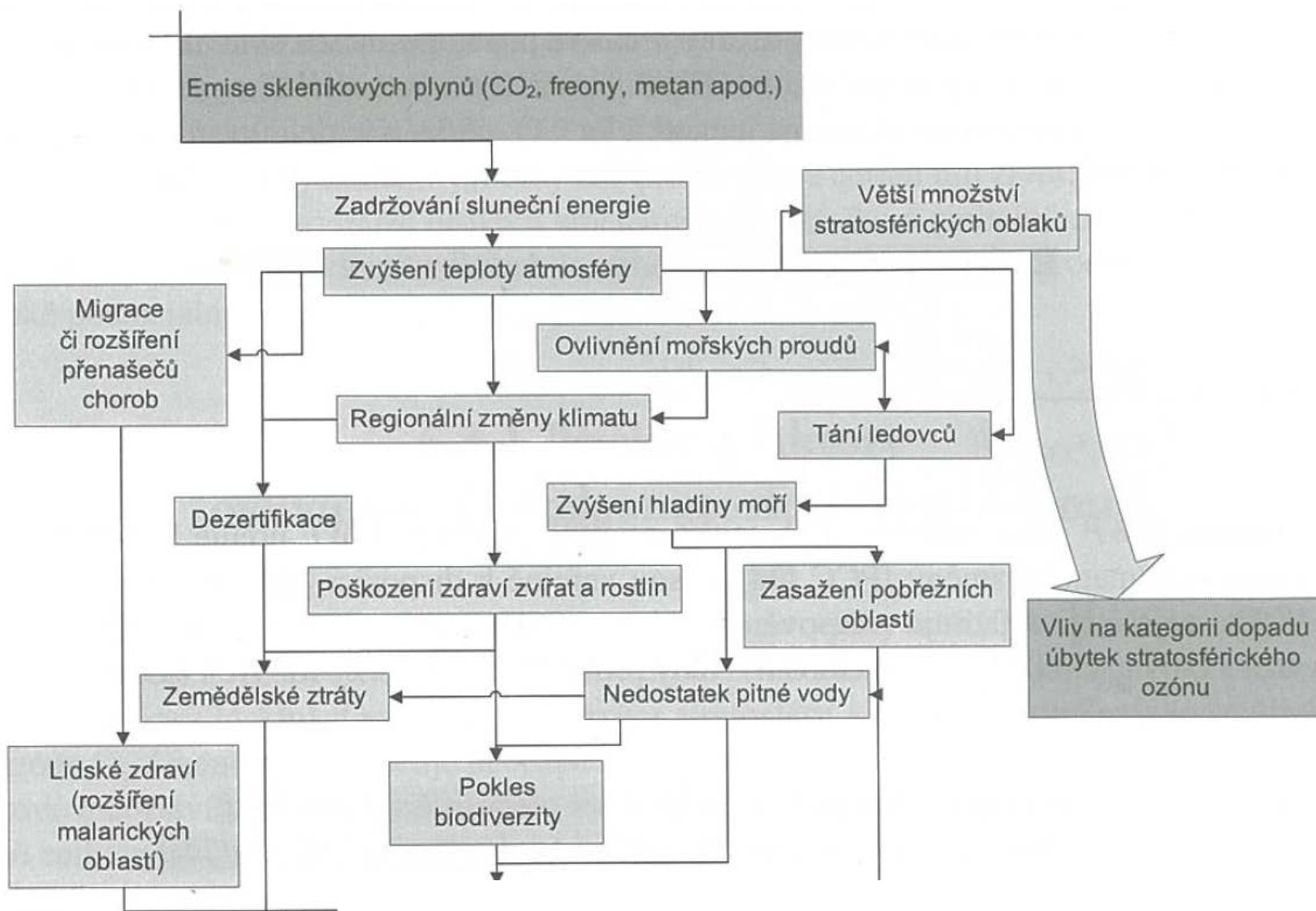
Část dopadového řetězce emise skleníkových plynů



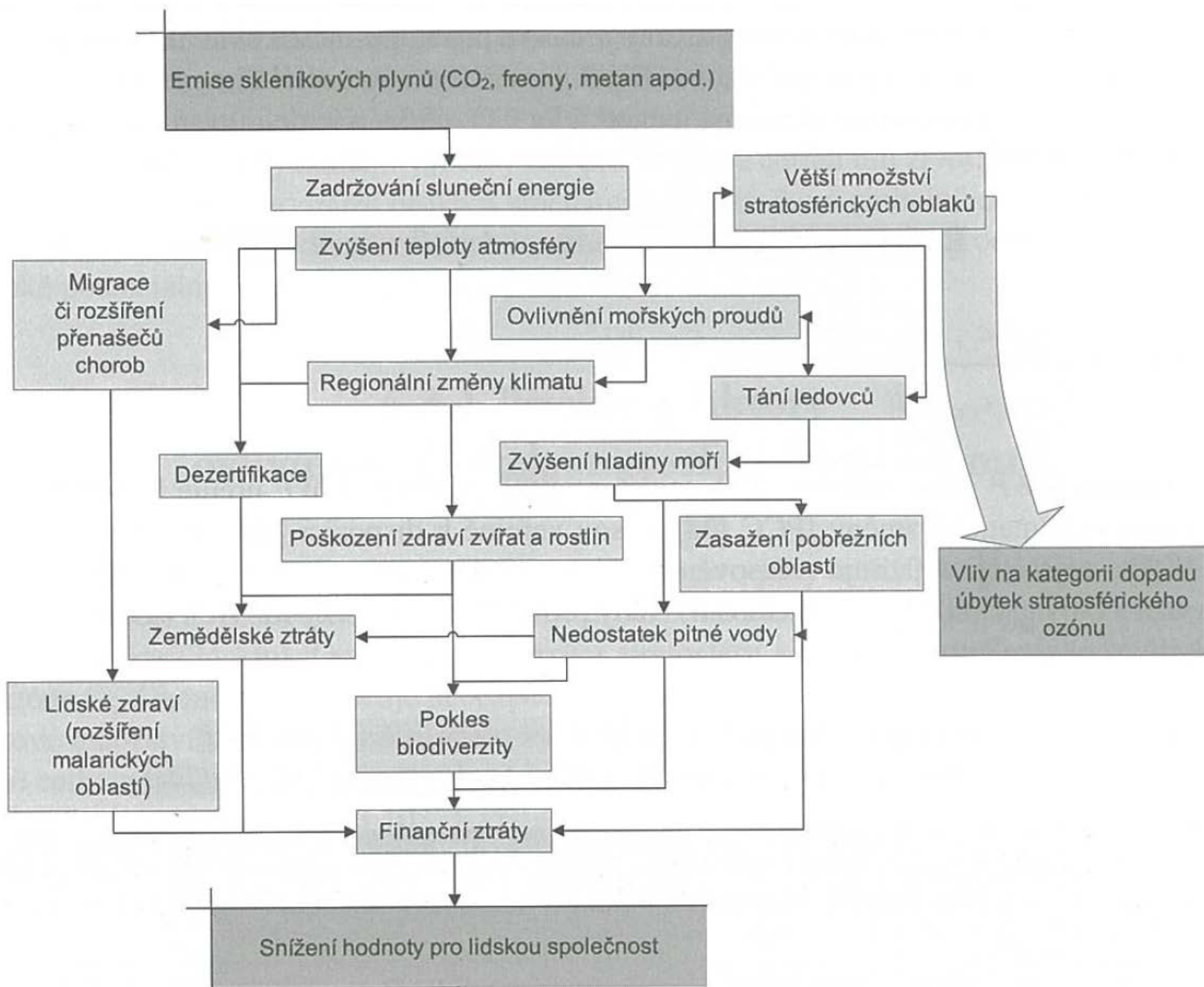
Část dopadového řetězce emise skleníkových plynů



Část dopadového řetězce emise skleníkových plynů



Část dopadového řetězce emise skleníkových plynů



Indikátory globálního oteplování

Midpointový indikátor – radiační účinnost (W/m^2)

- množství E absorbovaného IR vztažené / plochu země / sek.
- bilance mezi dopadem zář. na zem a vyzář. zpět do vesm.
- radiační účinnost je popisována **potenc. glob. otepl. GWP**

Plyn	GWP_{20} kg CO_2 -eq/kg	GWP_{100} kg CO_2 -eq/kg	GWP_{500} kg CO_2 -eq/kg
CO_2	1	1	1
CH_4	62	23	7
N_2O	275	296	156
CHF_3 (HFC-23)	9400	12000	10000
SF_6	15100	22200	32400

Indikátory globálního oteplování

Midpointový indikátor – radiační účinnost (W/m^2)

- množství E absorbovaného IR vztažené / plochu země / sek.
- bilance mezi dopadem zář. na zem a vyzář. zpět do vesm.
- radiační účinnost je popisována **potenc. glob. otepl. GWP**

Endpointový indikátor klimatických změn – př. zvyšování hladiny moří, mizení druhů, dopady na lidské zdraví...

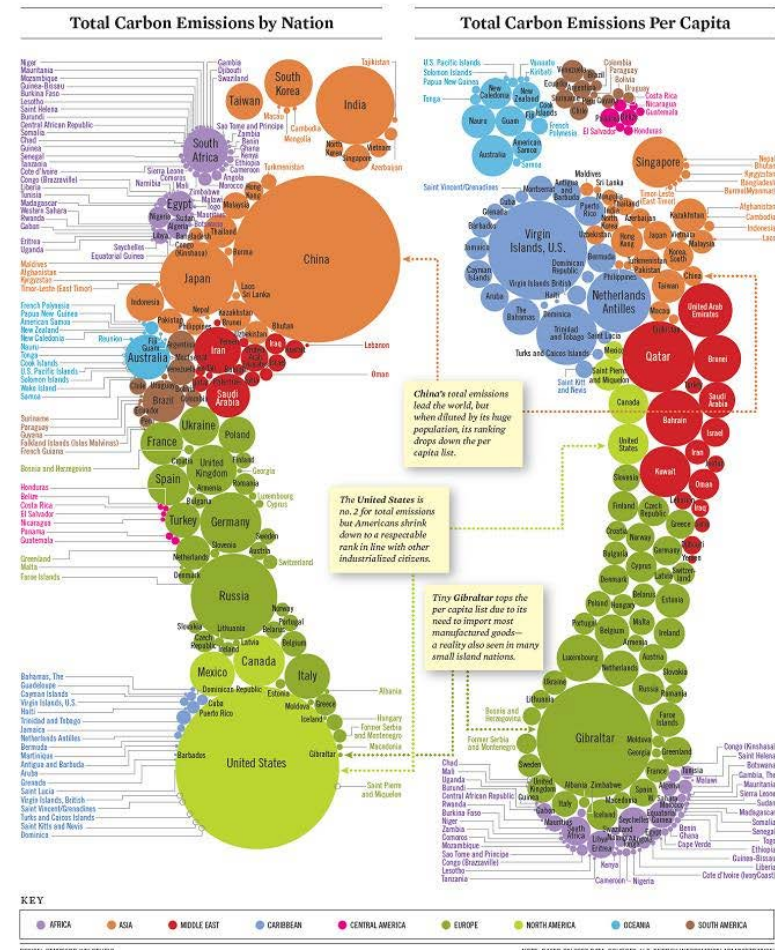
Plyn	GWP_{20} kg CO_2 -eq/kg	GWP_{100} kg CO_2 -eq/kg	GWP_{500} kg CO_2 -eq/kg
CO_2	1	1	1
CH_4	62	23	7
N_2O	275	296	156
CHF_3 (HFC-23)	9400	12000	10000
SF_6	15100	22200	32400

Uhlíková stopa (carbon footprint)

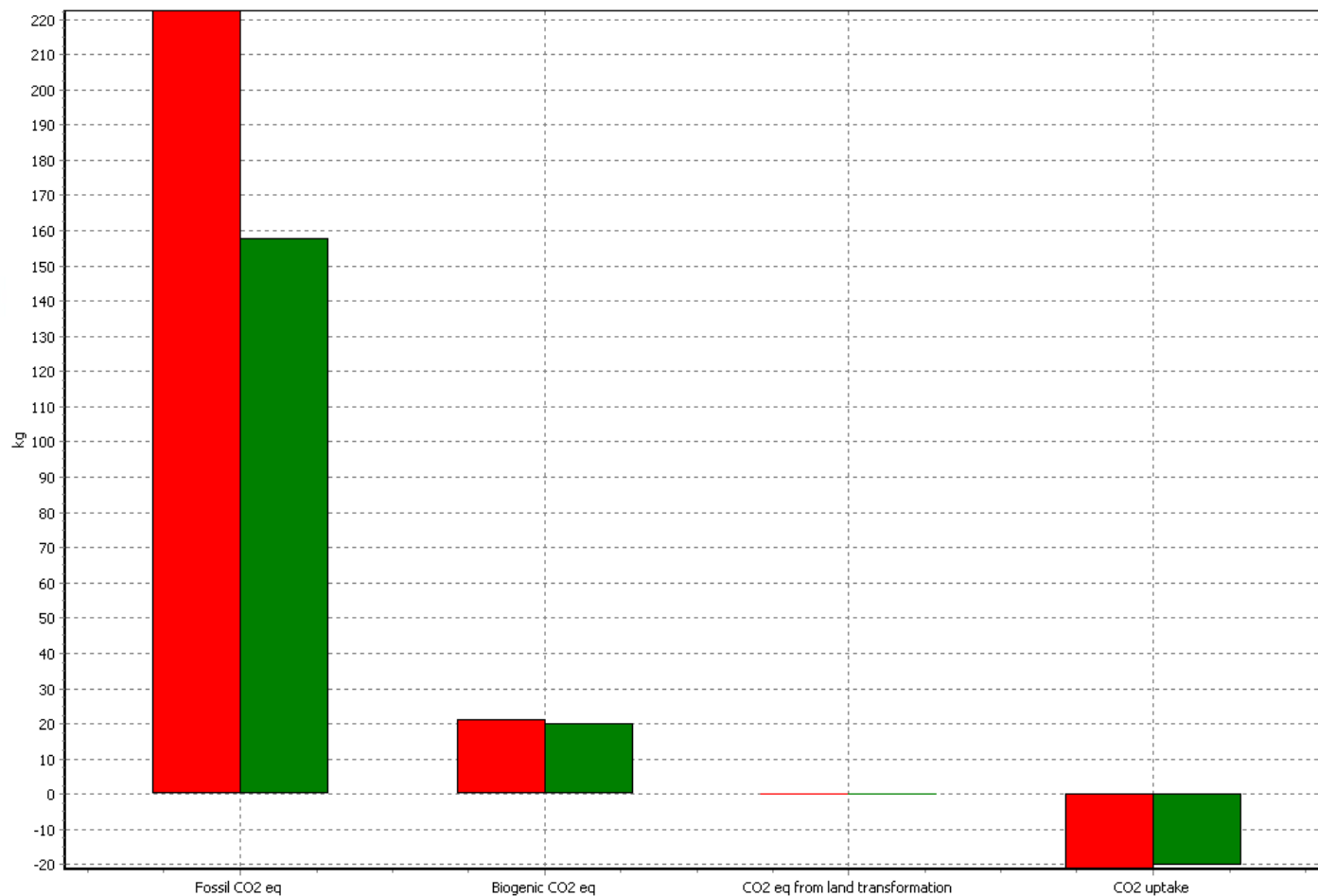
- celkové množství GHG vyprodukovaných během ŽC prod.
- vyjadřuje se jako **CO₂ ekv.**
- zjednodušená LCA zaměřená jen na midpointovou kategorii dopadu globální oteplování
- metodou LCIA pro uhlík. st. je **GHG protocol**

Tracking Carbon Emissions

A footprint comparison of total carbon dioxide emissions by nation and per capita shows there's plenty of room for smaller countries to reduce their carbon footprints.
By Stanford Kay



Uhlíková stopa – LCA dvou kávovarů



Fresh Promotions

■ Life cycle model Sima (plastic) ■ Life cycle Pro, no takeback

Comparing 1 p 'Life cycle model Sima (plastic)' with 1 p 'Life cycle Pro, no takeback';
Method: Greenhouse Gas Protocol V1.01 / CO2 eq (kg) / Weighting

II. Úbytek stratosférického O₃ (OD - Oz. depl.)

The ozone Hole



Indikátory úbytku stratosférického O₃

- midpointový ind. – rozklad molekul O₃
- potenciál úbytku strat. O₃ (*Ozone depletion potencial* – ODP) umožňuje porovnat různé látky mezi sebou

$$ODP_i = \frac{\delta[O_3]_i}{\delta[O_3]_{CFC11}} \quad - \quad \text{kg CFC11 ekv. /kg}$$

Látka	ODP, kg CFC-11-ekv/kg							
	t = 5	t = 10	t = 15	t = 20	t = 25	t = 30	t = 40	t = ∞
CFC-11	1	1	1	1	1	1	1	1
1,1,1-trichlorethan	1,03	0,75	0,57	0,45	0,38	0,32	0,26	0,11
CFC-113	0,55	0,56	0,58	0,59	0,60	0,62	0,64	0,90
Halon-1211	11,3	10,5	9,7	9,0	8,5	8,0	7,1	5,1
Halon-2402	12,8	12,2	11,6	11,0	10,6	10,1	9,4	7
HCFC-22	0,19	0,17	0,15	0,14	0,13	0,12	0,10	0,034
Methyl bromid	15,3	5,4	3,1	2,3	1,8	1,5	1,2	0,37
Tetrachlormetan	1,26	1,25	1,23	1,22	1,22	1,20	1,14	1,2

Část dopadového řetězce látek poškozujících O₃

Emise látky způsobující úbytek stratosférického ozónu
(freony, halony apod.)



Část dopadového řetězce látek poškozujících O₃

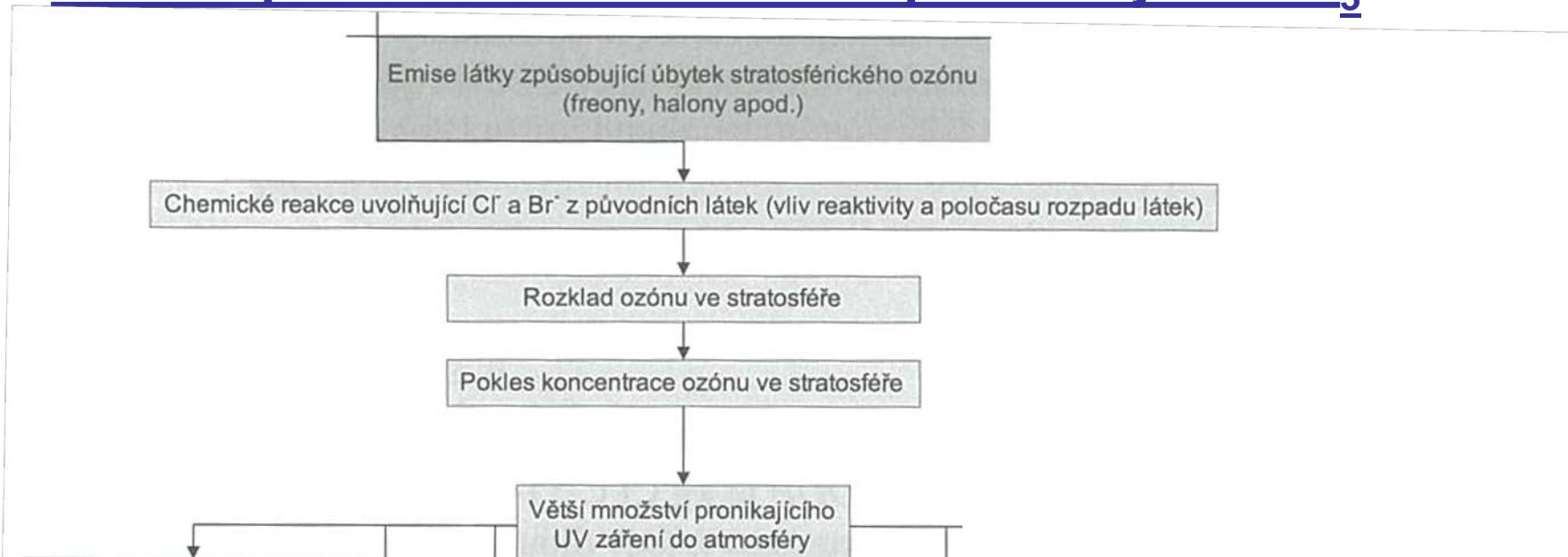
Emise látky způsobující úbytek stratosférického ozónu
(freony, halony apod.)

Chemické reakce uvolňující Cl[•] a Br[•] z původních látek (vliv reaktivity a poločasu rozpadu látek)

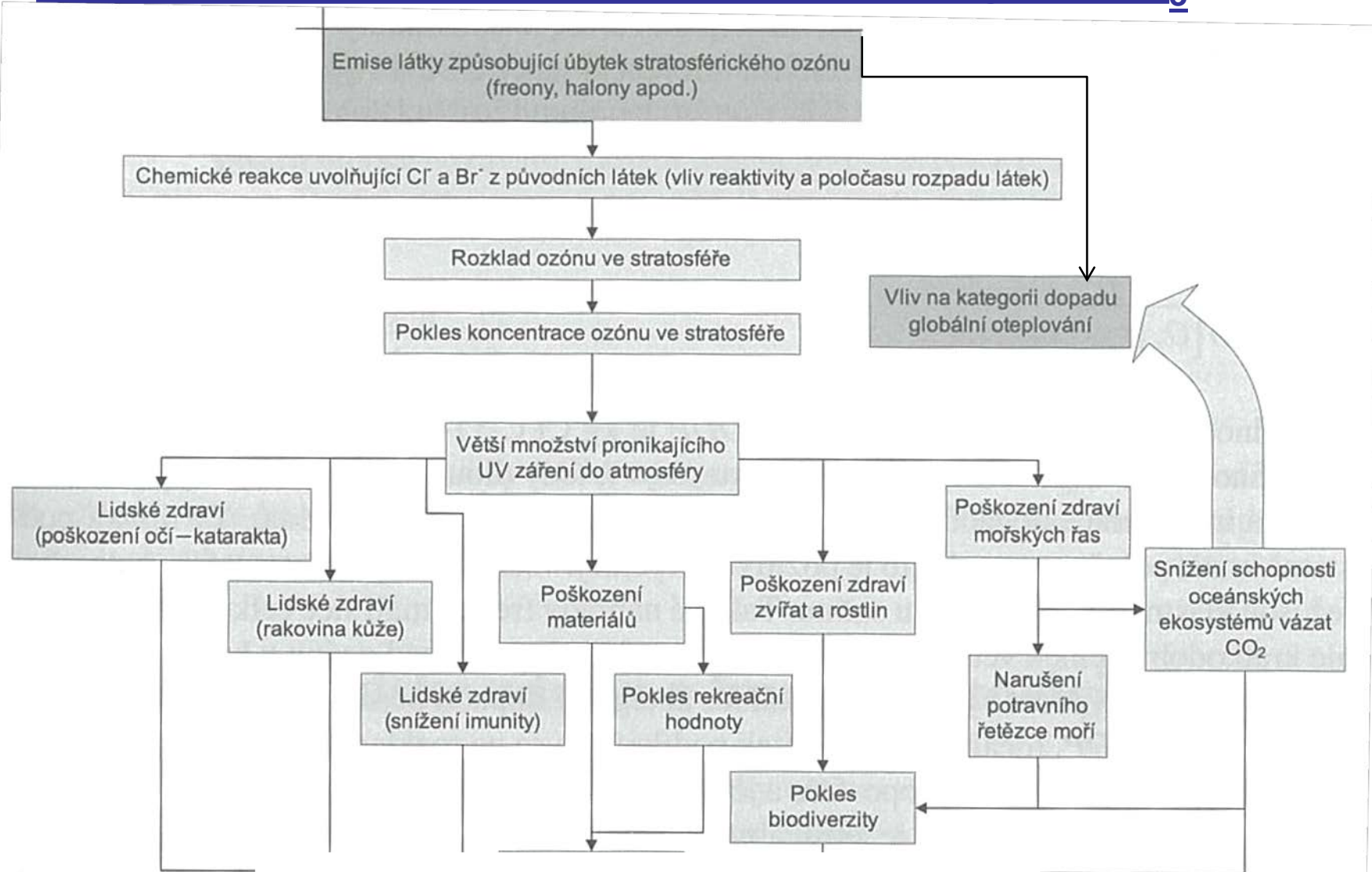
Část dopadového řetězce látek poškozujících O₃



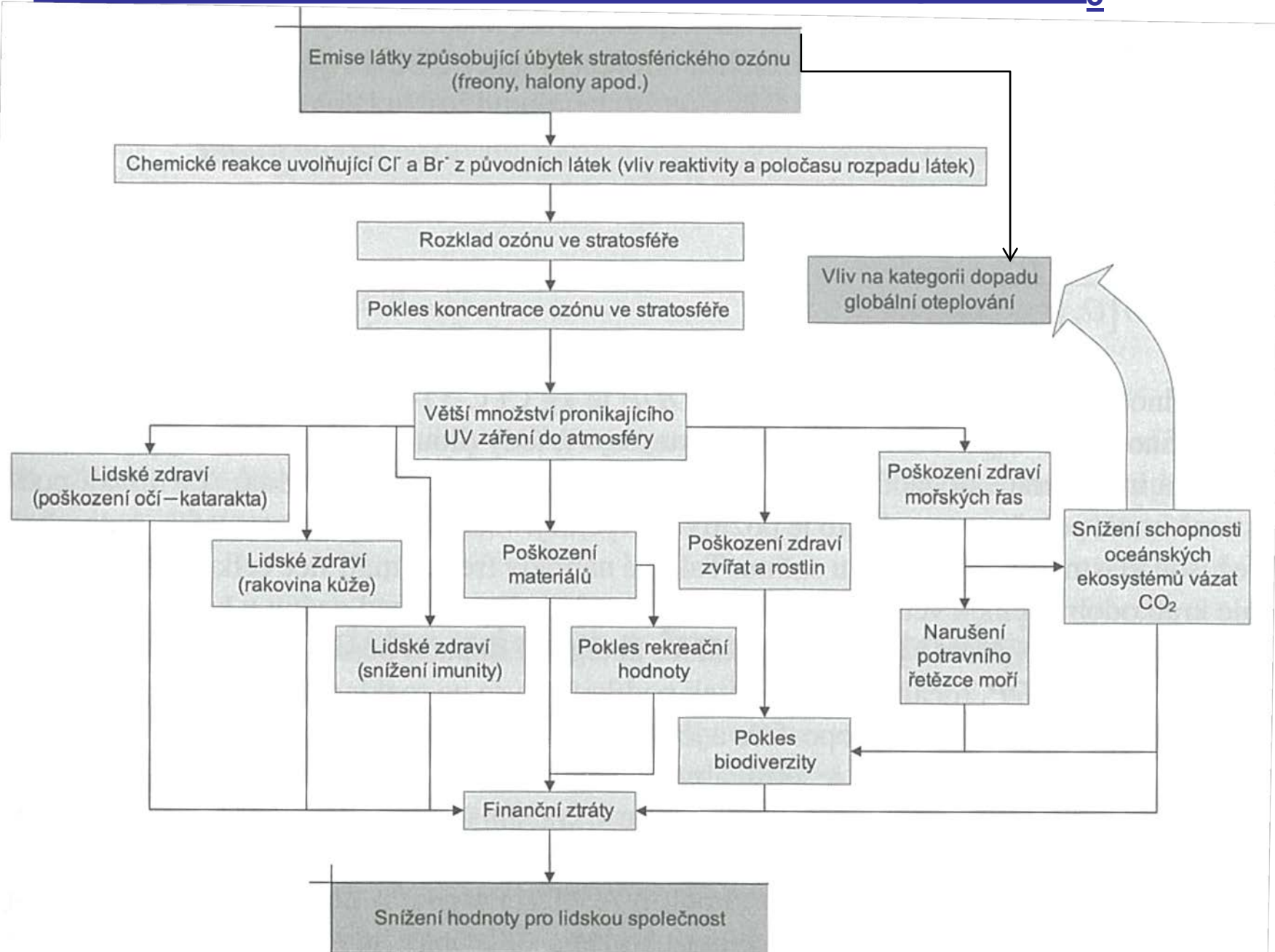
Část dopadového řetězce látek poškozujících O₃



Část dopadového řetězce látek poškozujících O₃

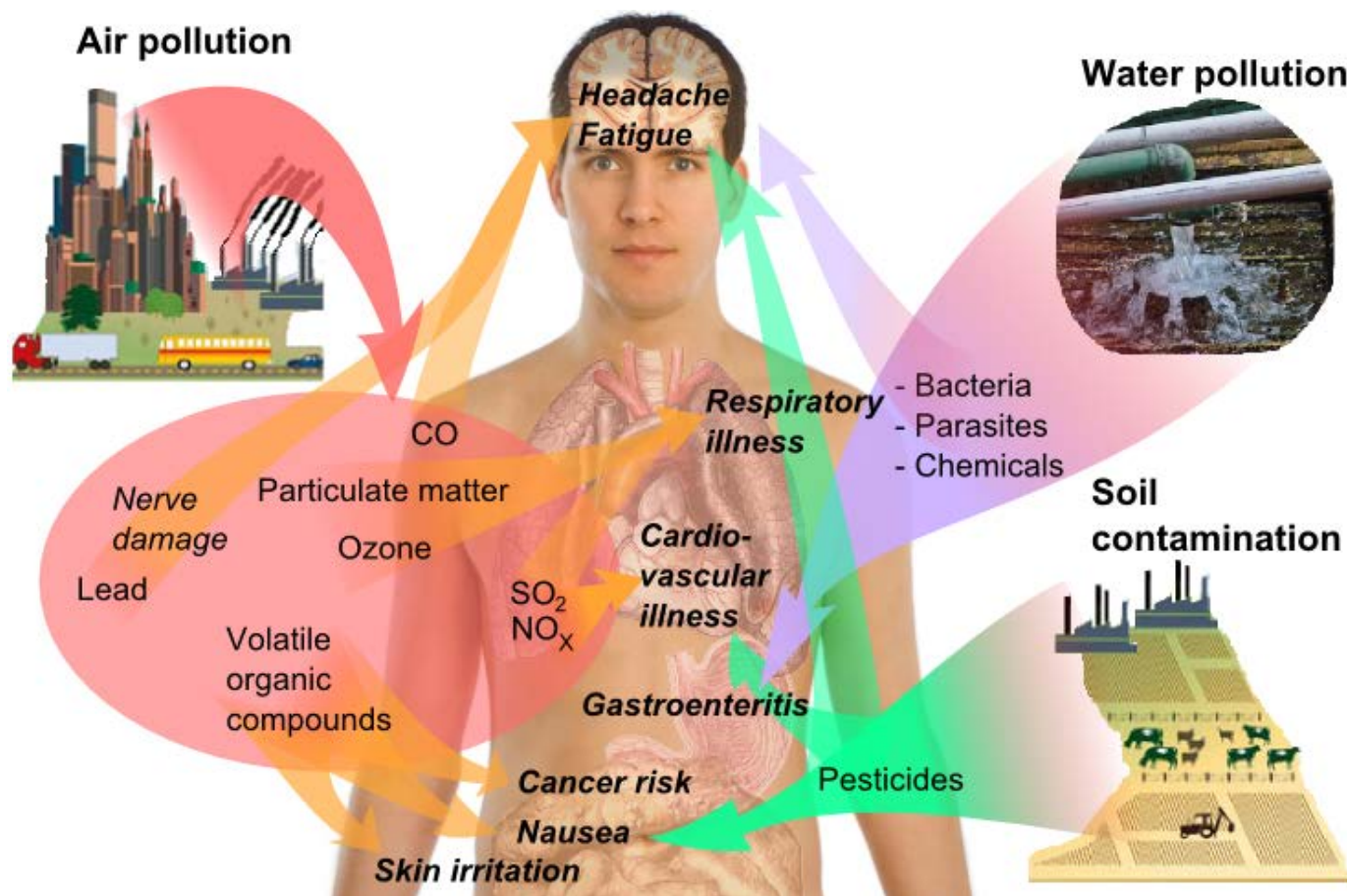


Část dopadového řetězce látek poškozujících O₃



III. Humánní toxicita a lidské zdraví

- **humánní toxicita** – **midpointová** kategorie dopadu
 - vztaženo k toxicitě referenční látky např. 1,4-DCB
- **lidské zdraví** – **endpointová** kategorie dopadu
 - dopady toxických látek na délku života - DALY



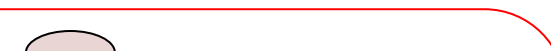
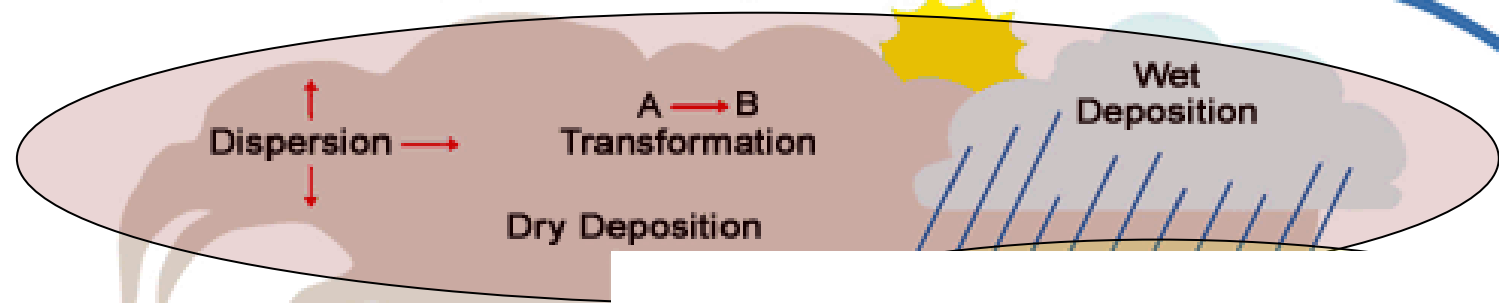


Humánní toxicita (*HT – Human toxicity*)

- problém různých mechanismů tox. účinků
- jak agregovat různé elem. toky, které jsou emitovány do různých složek ŽP, do jedné kategorie HT?
- ovlivněno faktory **přenosu, přestupu, příjmu a účinku**



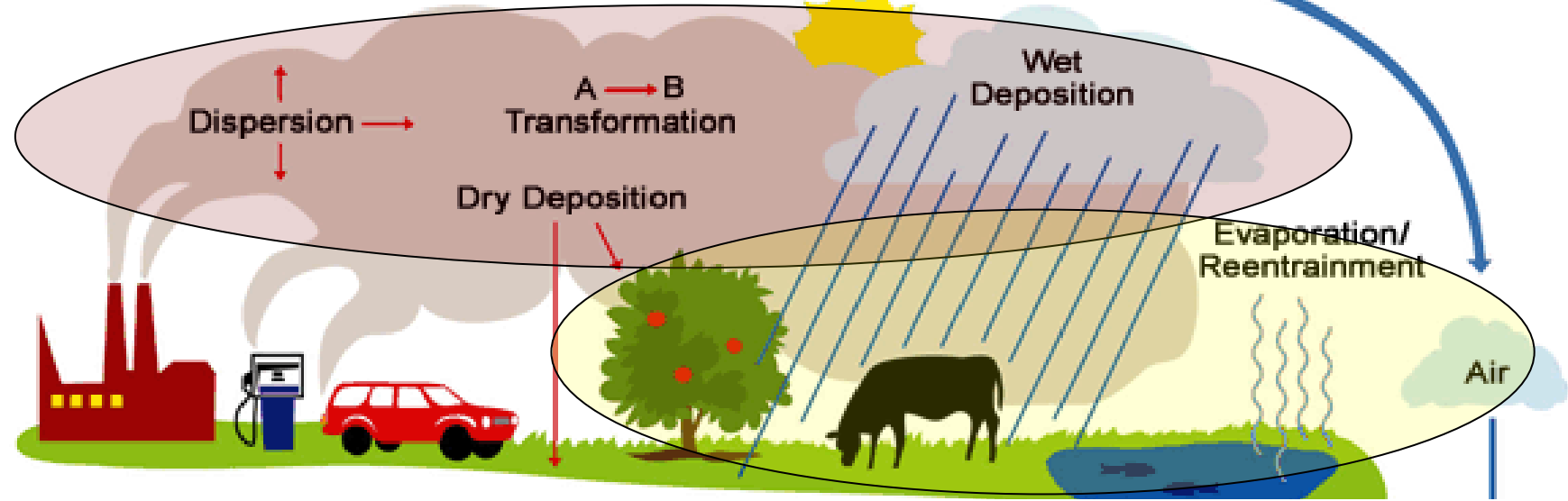
Wind Direction →



-
-
-
-



Wind Direction →



Dispersion →

A → B Transformation

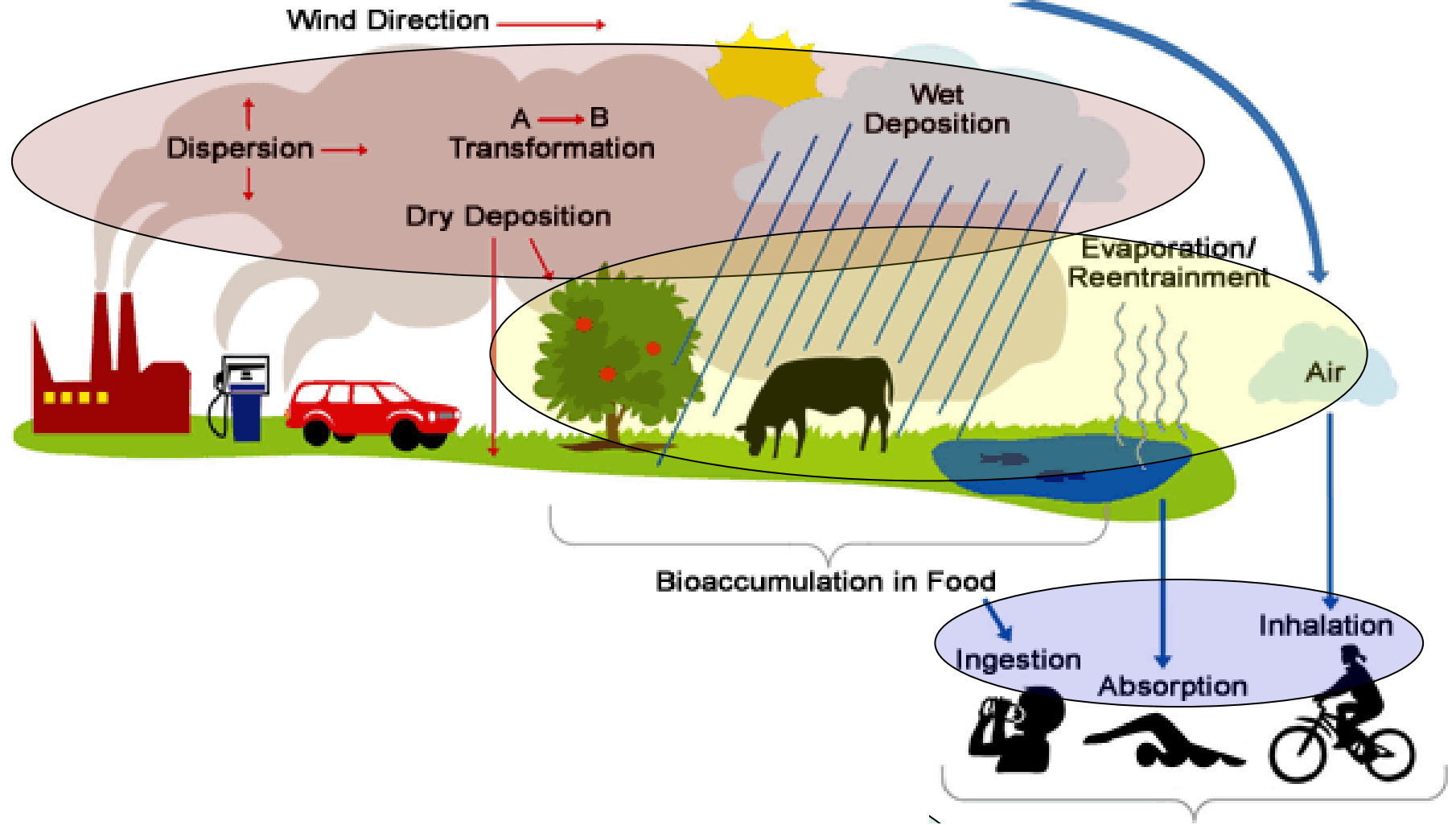
Wet Deposition

Dry Deposition

Evaporation/ Reentrainment

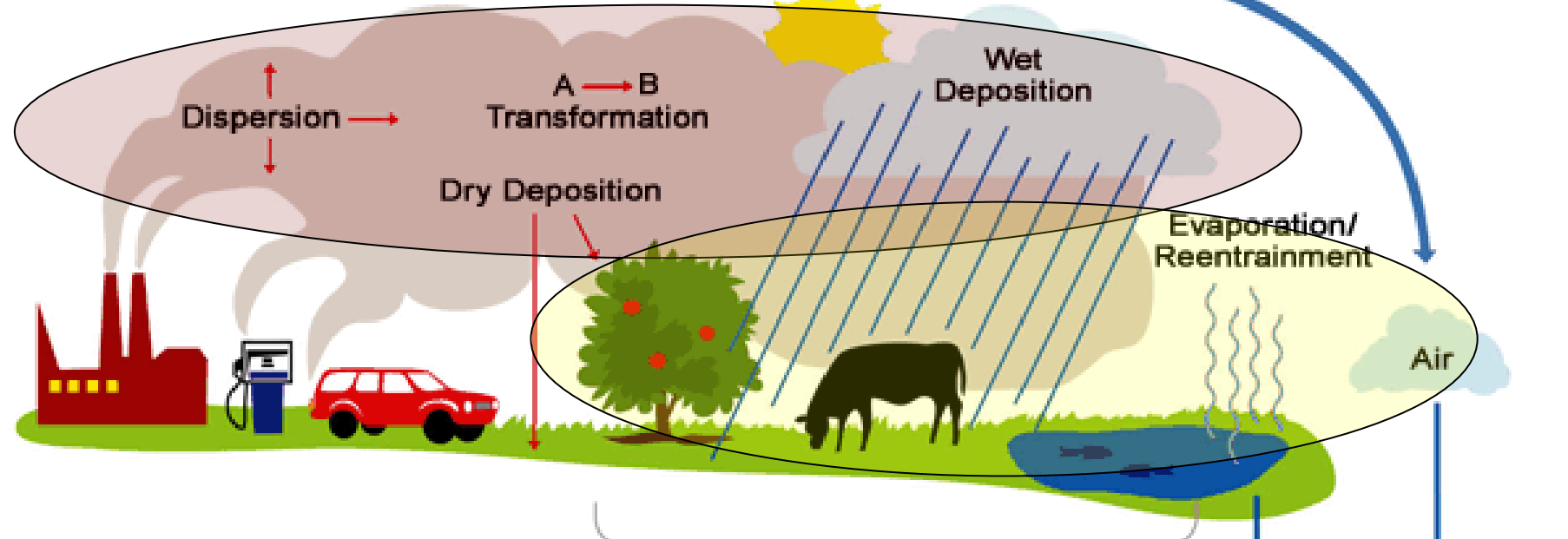
Air

-
-
-
-

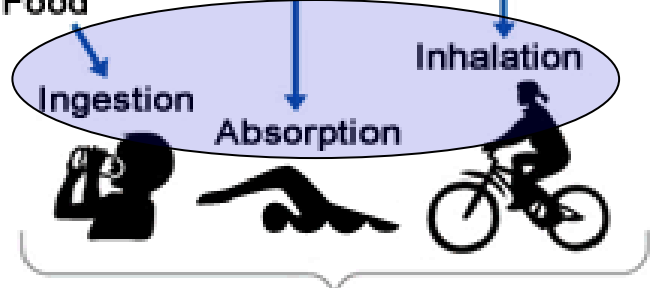




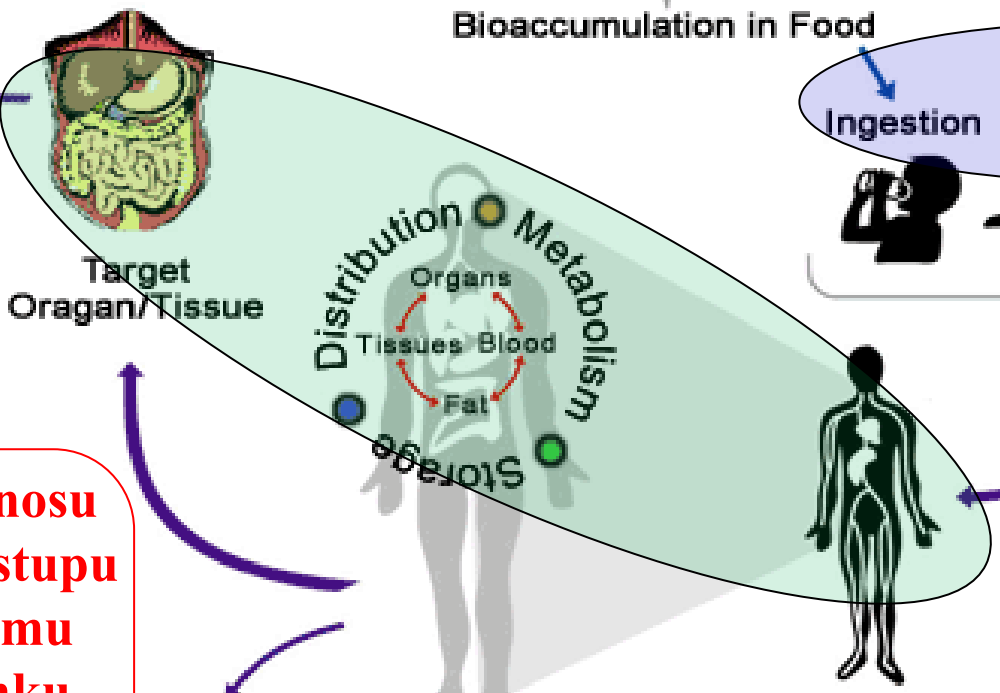
Wind Direction →



Bioaccumulation in Food



- HEALTH EFFECTS**
- Reproductive effects
 - Respiratory effects
 - Neurological effects
 - Birth defects
 - Cancer
 - Other effects



Intake/Uptake

- Faktory přenosu**
- Faktory přestupu**
- Faktory příjmu**
- Faktory účinku**

Humánní toxicita (*HT – Human toxicity*)

- problém různých mechanismů tox. účinků
- jak agregovat různé elem. toky, které jsou emitovány do různých složek ŽP, do jedné kategorie HT?
- ovlivněno faktory **přenosu, přestupu, příjmu a účinku**

Faktory přenosu

- ovlivňují přestup látek ze složky ŽP, do které byly vypuštěné (*ecomp - emission compartment*), do složky prostředí, ze které na člověka působí (*fcomp – final compartment*)
- dáno fyz-chem. vlastnostmi emisí a složek prostředí
 - **reaktivita** – vazba na složky pr., reakce, sorpce atd.
 - **perzistence** – doba setrvání v ŽP
 - **biodegradace** – rozklad v prostředí
- pro látku *i* se faktory **přenosu** souhrnně značí $F_{i, ecomp, fcomp}$



Faktory přestupu

- faktory, jež popisují přestup látky i ze složky ŽP f_{comp} do **expozičního vektoru** (př. vdechnutý vzduch, mléko, maso...)
- expoziční vektor r – prostředek transportu látky do organ.
- pro látku i se faktory **přestupu** značí $T_{i, f_{comp}, r}$



Faktory přestupu

- faktory, jež popisují přestup látky i ze složky ŽP f_{comp} do **expozičního vektoru** (př. vdechnutý vzduch, mléko, maso...)
- expoziční vektor r – prostředek transportu látky do organ.
- pro látku i se faktory **přestupu** značí $T_{i, f_{comp}, r}$

Faktory příjmu

- faktory, jež ovlivňují **příjem tox. látky z vektoru r** člověkem
- př. množství přijímané potravy a vody, rychlost vyluč. atd.
- pro látku i se faktory **příjmu** značí I_r



Faktory přestupu

- faktory, jež popisují přestup látky i ze složky ŽP f_{comp} do **expozičního vektoru** (př. vdechnutý vzduch, mléko, maso...)
- expoziční vektor r = prostředek transportu látky do organ.
- pro látku i se faktory **přestupu** značí $T_{i, f_{comp}, r}$

Faktory příjmu

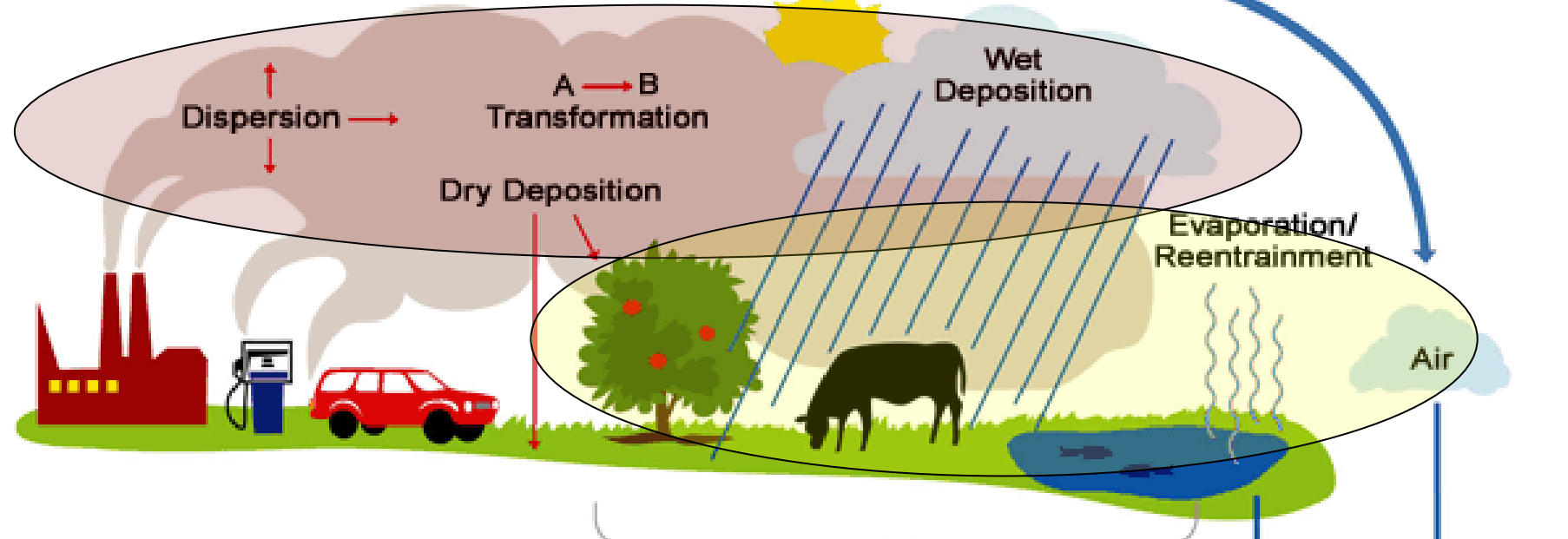
- faktory, jež ovlivňují **příjem tox. látky z vektoru r** člověkem
- př. množství přijímané potravy a vody, rychlost vyluč. atd.
- pro látku i se faktory **příjmu** značí I_r

Faktory účinku

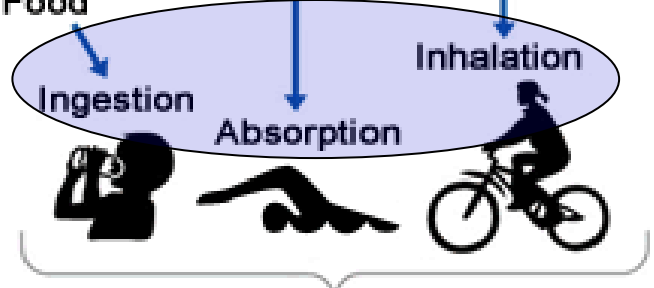
- popisují **míru jedovatosti** látky, je to ve vztahu k vektoru r
- označují se $E_{i,r}$ a odpovídá převrácené hodnotě přijatelné denní dávky ADI (*Acceptable Daily Intake*), $E_{i,r} = 1/ADI_{i,r}$



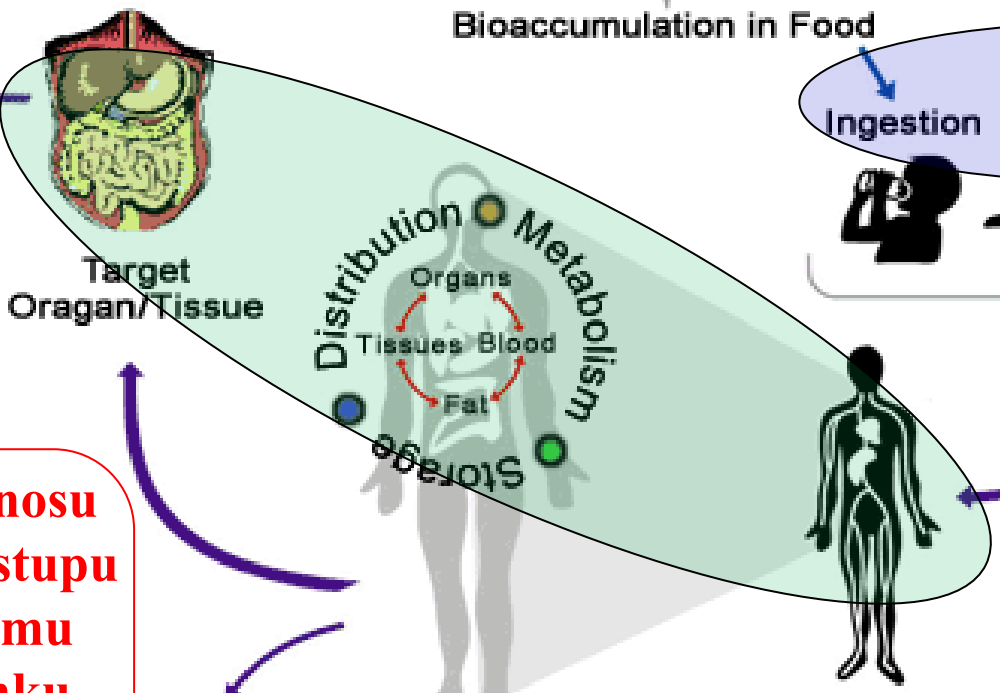
Wind Direction →



Bioaccumulation in Food



- HEALTH EFFECTS**
- Reproductive effects
 - Respiratory effects
 - Neurological effects
 - Birth defects
 - Cancer
 - Other effects

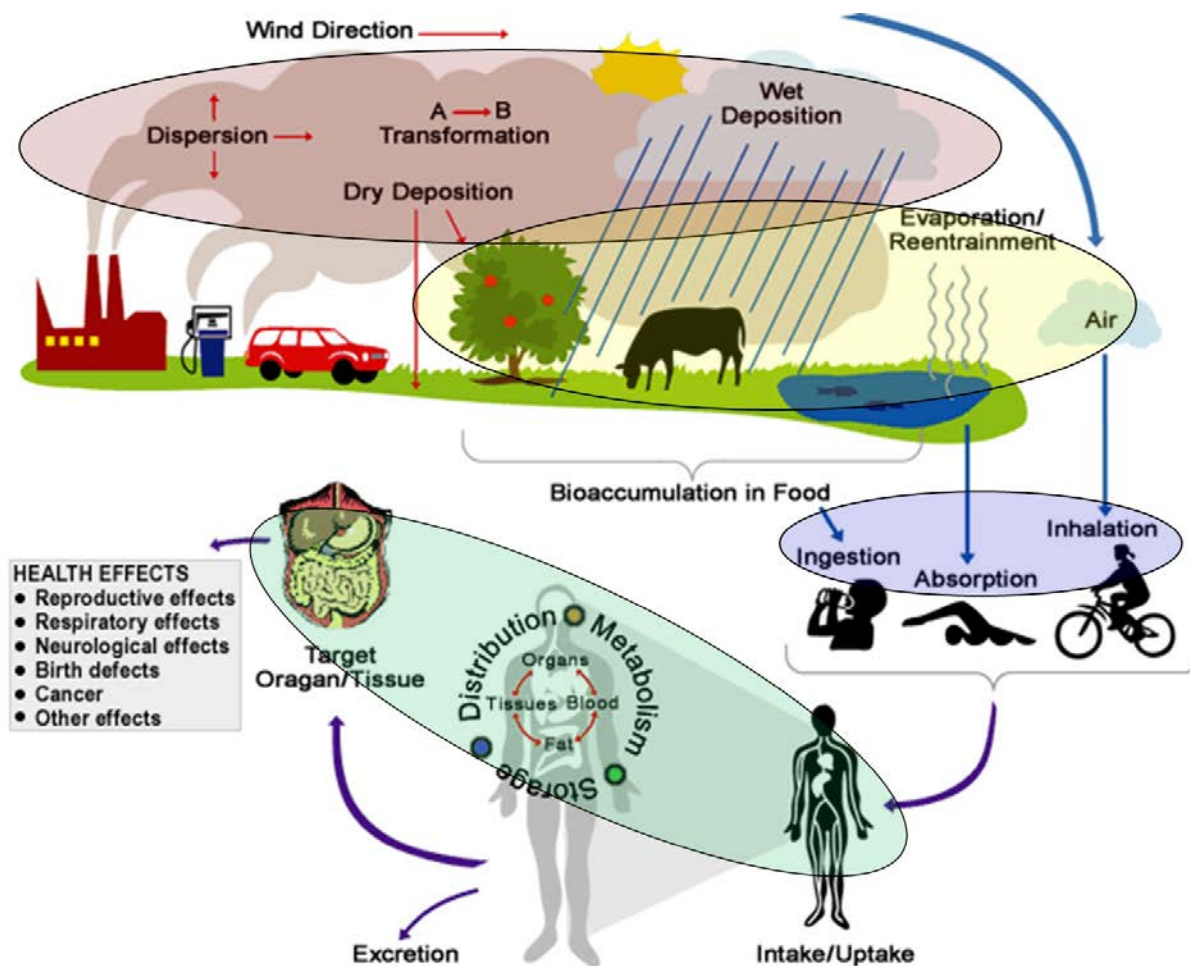


Intake/Uptake

- Faktory přenosu**
- Faktory přestupu**
- Faktory příjmu**
- Faktory účinku**

Obecný souhrnný vzorec pro humánní toxicitu – $HT_{i, ecomp}$

$$HT_{i, ecomp} = \sum_{fcomp} \sum_r F_{i, ecomp, fcomp} * T_{i, fcomp, r} * I_r * E_{i, r}$$



Obecný souhrnný vzorec pro humánní toxicitu – $HT_{i, ecomp}$

$$HT_{i, ecomp} = \sum_{fcomp} \sum_r F_{i, ecomp, fcomp} * T_{i, fcomp, r} * I_r * E_{i, r}$$

- toxické účinky emisí látky i zaústěných do složky ŽP $ecomp$, působící na člověka ve složce prostředí $fcomp$ prostřednictvím vektoru příjmu r

Obecný souhrnný vzorec pro humánní toxicitu – $HT_{i, ecomp}$

$$HT_{i, ecomp} = \sum_{fcomp} \sum_r F_{i, ecomp, fcomp} * T_{i, fcomp, r} * I_r * E_{i, r}$$

- toxické účinky emisí látky i zaústěných do složky ŽP $ecomp$, působící na člověka ve složce prostředí $fcomp$ prostřednictvím vektoru příjmu r
- **potenciál humánní toxicity** – vztaženo k toxicitě 1,4-DCB

$$HTP_{i, ecomp} = \frac{\sum_{fcomp} \sum_r F_{i, ecomp, fcomp} * T_{i, fcomp, r} * I_r * E_{i, r}}{\sum_{fcomp} \sum_r F_{DCB, ecomp, fcomp} * T_{DCB, fcomp, r} * I_r * E_{DCB, r}}$$

- modely LCIA používají několik modelů popisujících transport, degradaci v ŽP a toxické působení na člověka
- např. modely **IMPACT 2002**, **USEtox**, atd.

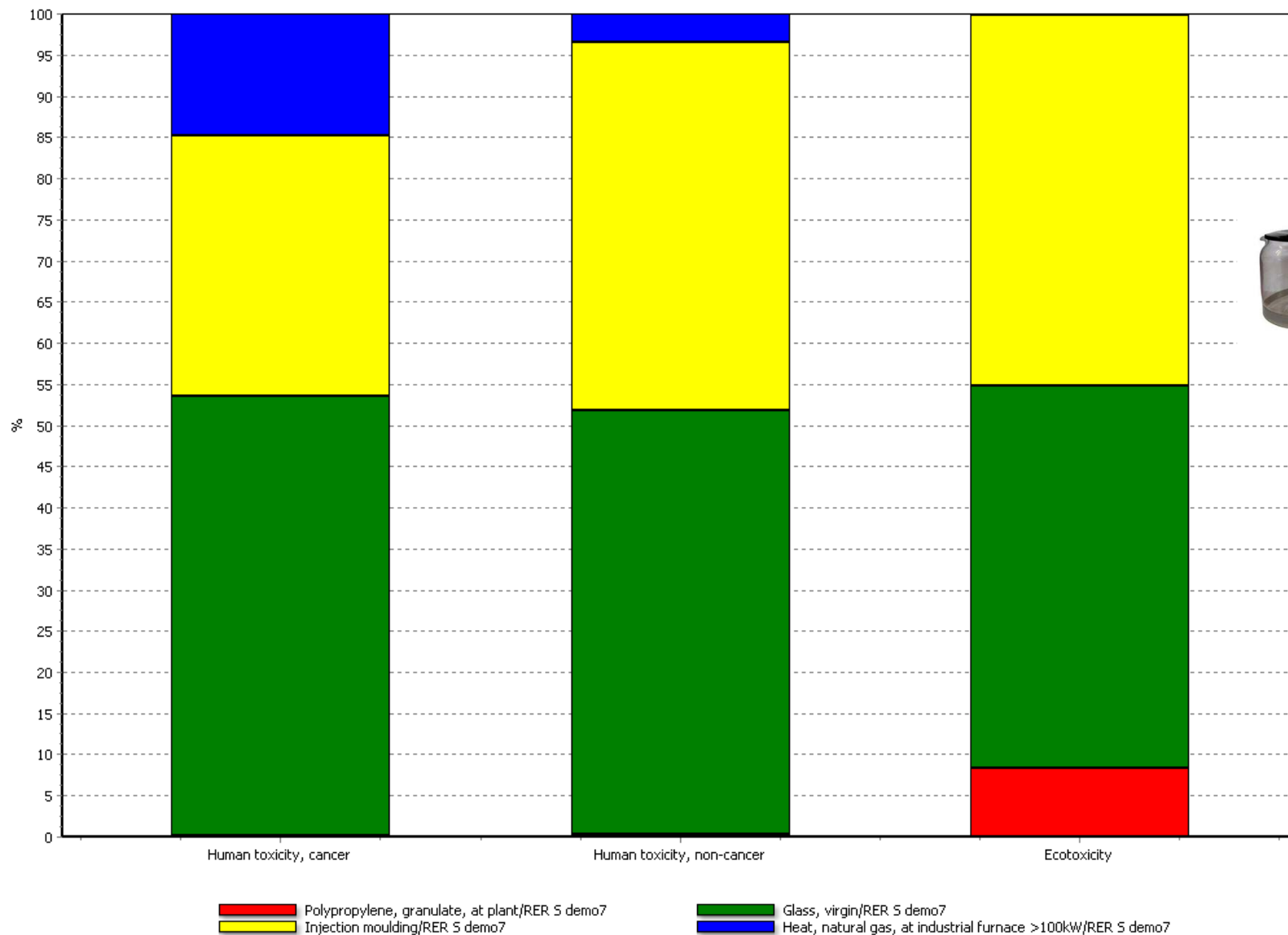
View method 'ReCiPe Midpoint (H) V1.08'

General Characterization Normalization

Impact category	Unit	Compartment	Subcompartment	Substance	CAS number	Factor	Unit
Climate change	kg CO2 eq	Air	stratosphere + trop	Dioxin, 2,3,7,8 Tetrachlorodibenzo-p-	001746-01-6	1,1E8	kg 1,4-DB eq / kg
Ozone depletion	kg CFC-11 eq	Air	low. pop., long-term	Dioxin, 2,3,7,8 Tetrachlorodibenzo-p-	001746-01-6	1,1E8	kg 1,4-DB eq / kg
Terrestrial acidification	kg SO2 eq	Air	low. pop.	Dioxin, 2,3,7,8 Tetrachlorodibenzo-p-	001746-01-6	1,1E8	kg 1,4-DB eq / kg
Freshwater eutrophication	kg P eq	Air	high. pop.	Dioxin, 2,3,7,8 Tetrachlorodibenzo-p-	001746-01-6	1,01E8	kg 1,4-DB eq / kg
Marine eutrophication	kg N eq	Air		Dioxin, 2,3,7,8 Tetrachlorodibenzo-p-	001746-01-6	1,01E8	kg 1,4-DB eq / kg
Human toxicity	kg 1,4-DB eq	Water	river	Dioxin, 2,3,7,8 Tetrachlorodibenzo-p-	001746-01-6	3,1E7	kg 1,4-DB eq / kg
Photochemical oxidant formation	kg NMVOC	Air	stratosphere + trop	Dioxin, 1,2,3,7,8,9-hexachlorodibenzo-	019408-74-3	6,12E6	kg 1,4-DB eq / kg
Particulate matter formation	kg PM10 eq	Air	low. pop., long-term	Dioxin, 1,2,3,7,8,9-hexachlorodibenzo-	019408-74-3	6,12E6	kg 1,4-DB eq / kg
Terrestrial ecotoxicity	kg 1,4-DB eq	Air	low. pop.	Dioxin, 1,2,3,7,8,9-hexachlorodibenzo-	019408-74-3	6,12E6	kg 1,4-DB eq / kg
Freshwater ecotoxicity	kg 1,4-DB eq	Air	high. pop.	Dioxin, 1,2,3,7,8,9-hexachlorodibenzo-	019408-74-3	5,12E6	kg 1,4-DB eq / kg
Marine ecotoxicity	kg 1,4-DB eq	Air		Dioxin, 1,2,3,7,8,9-hexachlorodibenzo-	019408-74-3	5,12E6	kg 1,4-DB eq / kg
Ionising radiation	kBq U235 eq	Soil	agricultural	Dioxin, 2,3,7,8 Tetrachlorodibenzo-p-	001746-01-6	4,8E6	kg 1,4-DB eq / kg
Agricultural land occupation	m2a	Soil	industrial	Dioxin, 2,3,7,8 Tetrachlorodibenzo-p-	001746-01-6	4,37E6	kg 1,4-DB eq / kg
Urban land occupation	m2a	Soil	forestry	Dioxin, 2,3,7,8 Tetrachlorodibenzo-p-	001746-01-6	4,35E6	kg 1,4-DB eq / kg
Natural land transformation	m2	Water	river	Polychlorinated biphenyl, PCB-1254	011097-69-1	1,53E6	kg 1,4-DB eq / kg
Water depletion	m3	Air	stratosphere + trop	Polychlorinated biphenyl, PCB-1254	011097-69-1	1,5E6	kg 1,4-DB eq / kg
Metal depletion	kg Fe eq	Air	low. pop., long-term	Polychlorinated biphenyl, PCB-1254	011097-69-1	1,5E6	kg 1,4-DB eq / kg
Fossil depletion	kg oil eq	Air	low. pop.	Polychlorinated biphenyl, PCB-1254	011097-69-1	1,5E6	kg 1,4-DB eq / kg
		Air	high. pop.	Polychlorinated biphenyl, PCB-1254	011097-69-1	1,46E6	kg 1,4-DB eq / kg
		Air		Polychlorinated biphenyl, PCB-1254	011097-69-1	1,46E6	kg 1,4-DB eq / kg
		Water	ocean	Polychlorinated biphenyl, PCB-1254	011097-69-1	8,67E5	kg 1,4-DB eq / kg
		Water	river	Dioxin, 1,2,3,7,8,9-hexachlorodibenzo-	019408-74-3	6,56E5	kg 1,4-DB eq / kg
		Soil	agricultural	Gold	007440-57-5	6,2E5	kg 1,4-DB eq / kg
		Air	high. pop.	Mercury	007439-97-6	5,18E5	kg 1,4-DB eq / kg
		Air		Mercury	007439-97-6	5,18E5	kg 1,4-DB eq / kg
		Soil	agricultural	Dioxin, 1,2,3,7,8,9-hexachlorodibenzo-	019408-74-3	5,07E5	kg 1,4-DB eq / kg
		Water	ocean	Dioxin, 2,3,7,8 Tetrachlorodibenzo-p-	001746-01-6	4,74E5	kg 1,4-DB eq / kg
		Air	stratosphere + trop	Gold	007440-57-5	4,3E5	kg 1,4-DB eq / kg
		Air	low. pop., long-term	Gold	007440-57-5	4,3E5	kg 1,4-DB eq / kg
		Air	low. pop.	Gold	007440-57-5	4,3E5	kg 1,4-DB eq / kg
		Soil	agricultural	Polychlorinated biphenyl, PCB-1254	011097-69-1	3,95E5	kg 1,4-DB eq / kg
		Soil	industrial	Polychlorinated biphenyl, PCB-1254	011097-69-1	3,84E5	kg 1,4-DB eq / kg
		Soil	forestry	Polychlorinated biphenyl, PCB-1254	011097-69-1	3,83E5	kg 1,4-DB eq / kg
		Water	river	7,12-Dimethylbenz(a)anthracene	000057-97-6	3,72E5	kg 1,4-DB eq / kg
		Air	high. pop.	Beryllium	007440-41-7	3,54E5	kg 1,4-DB eq / kg
		Air		Beryllium	007440-41-7	3,54E5	kg 1,4-DB eq / kg
		Soil	agricultural	Triaziquone	000068-76-8	3,14E5	kg 1,4-DB eq / kg
		Air	high. pop.	Gold	007440-57-5	3,09E5	kg 1,4-DB eq / kg
		Air		Gold	007440-57-5	3,09E5	kg 1,4-DB eq / kg
		Air	high. pop.	Tetraethyl lead	000078-00-2	1,57E5	kg 1,4-DB eq / kg
		Air		Tetraethyl lead	000078-00-2	1,57E5	kg 1,4-DB eq / kg
		Water	river	Tetraethyl lead	000078-00-2	1,51E5	kg 1,4-DB eq / kg
		Air	stratosphere + trop	Triaziquone	000068-76-8	1,19E5	kg 1,4-DB eq / kg
		Air	low. pop., long-term	Triaziquone	000068-76-8	1,19E5	kg 1,4-DB eq / kg
		Air	low. pop.	Triaziquone	000068-76-8	1,19E5	kg 1,4-DB eq / kg
		Water	river	Methylmercury	022967-92-6	1,05E5	kg 1,4-DB eq / kg
		Water	river	Polychlorinated biphenyl, PCB-1016	012674-11-2	9,93E4	kg 1,4-DB eq / kg
		Soil	agricultural	Cadmium	007440-43-9	9,52E4	kg 1,4-DB eq / kg
		Air	stratosphere + trop	Arsenic	007440-38-2	7,7E4	kg 1,4-DB eq / kg



Modelace *HT* metodikou USEtox





Lidské zdraví (HH - Human health)

- expozice toxické látky se projeví na zdraví člověka **nemocí trvající určitou dobu, nebo předčasným úmrtím**
- tox. účinky látek jsou vyjádřeny jako **počet roků života ovlivněných nezpůsobilostí (DALY – disability adjusted life years)**

Lidské zdraví (HH - Human health)

- expozice toxické látky se projeví na zdraví člověka **nemocí trvající určitou dobu, nebo předčasným úmrtím**
- tox. účinky látek jsou vyjádřeny jako **počet roků života ovlivněných nezpůsobilostí (DALY – disability adjusted life years)**

Hodnota DALY je určována

- na základě analýzy: transportu látek v ŽP, expozice, účinků na lidské zdraví a poškození využívající odhady **počtu let osob žijících s vyvolaným poškozením (YLD – years lived disabled)** a **počtu let zkrácení lidského života v exponov. lidské populaci (YLL – years of life lost)**

$$YLD = I * Z * T$$

$$YLL = N * R$$

$$DALY = YLL + YLD$$

N – počet úmrtí, R – počet let od věku úmrtí do hodnoty průměrného věku života, I – počet výskytů onemocnění, Z – závažnost onemocnění, T – průměrná doba trvání onemocnění



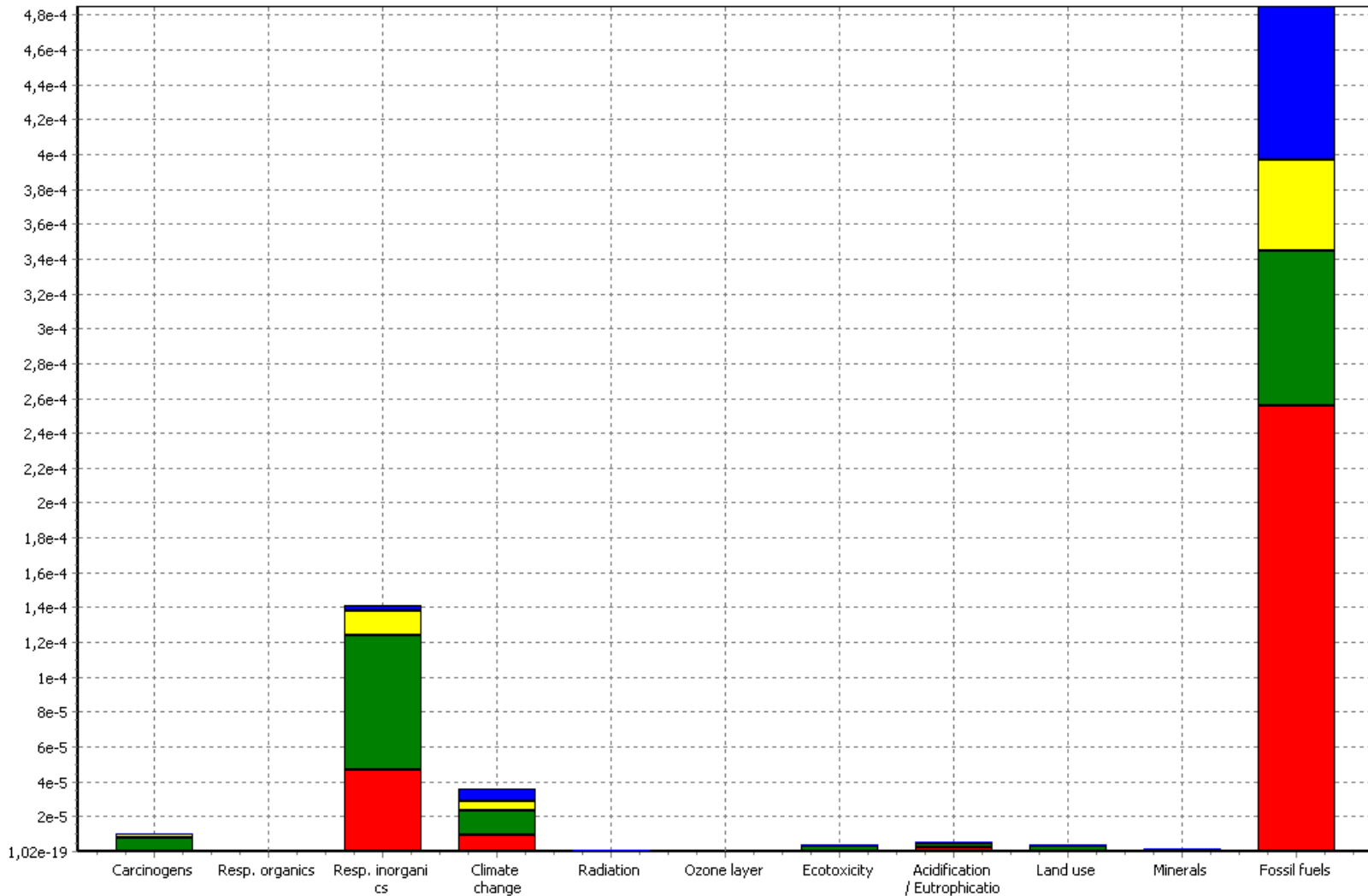
Do kat. HH jsou řazena onemocnění

- infekční nemoci, kardiovaskulární a respirační onem. a vynucená migrace v důsledku **klimatických změn**
- rozvoj nádor. onemocnění v důsledku **radiace**
- poškození očí a karcinomy v důsledku **poškození O₃ vrstvy**
- respirační choroby a karcinomy způsobené **tox. látkami ve vzduchu, pitné vodě a potravě**

- hodnoty **DALY** jsou k dispozici v databázích LCA software či webu WHO

General		Characterization		Damage assessment		Normalization and Weighting	
Impact category	Unit	Compartment	Subcompartment	Substance	CAS number	Factor	Unit
Climate change Human Health	DALY	Air	stratosphere + trop	Dioxin, 2,3,7,8 Tetrachlorodibenzo-p-	001746-01-6	76,9	DALY / kg
Ozone depletion	DALY	Air	low. pop., long-terr	Dioxin, 2,3,7,8 Tetrachlorodibenzo-p-	001746-01-6	76,9	DALY / kg
Human toxicity	DALY	Air	low. pop.	Dioxin, 2,3,7,8 Tetrachlorodibenzo-p-	001746-01-6	76,9	DALY / kg
Photochemical oxidant formati	DALY	Air		Dioxin, 2,3,7,8 Tetrachlorodibenzo-p-	001746-01-6	70,7	DALY / kg
Particulate matter formation	DALY	Air		Mercury	007439-97-6	0,363	DALY / kg
Ionising radiation	DALY	Air		Beryllium	007440-41-7	0,248	DALY / kg
Climate change Ecosystems	species.yr	Soil	agricultural	Cadmium	007440-43-9	0,0666	DALY / kg
Terrestrial acidification	species.yr	Air	stratosphere + trop	Arsenic	007440-38-2	0,0504	DALY / kg
Freshwater eutrophication	species.yr	Air	low. pop., long-terr	Arsenic	007440-38-2	0,0504	DALY / kg
Terrestrial ecotoxicity	species.yr	Air	low. pop.	Arsenic	007440-38-2	0,0504	DALY / kg
Freshwater ecotoxicity	species.yr	Air	stratosphere + trop	Mercury	007439-97-6	0,0396	DALY / kg
Marine ecotoxicity	species.yr	Air	low. pop., long-terr	Mercury	007439-97-6	0,0396	DALY / kg
Agricultural land occupation	species.yr	Air	low. pop.	Mercury	007439-97-6	0,0396	DALY / kg
Urban land occupation	species.yr	Air		Arsenic	007440-38-2	0,0359	DALY / kg
Natural land transformation	species.yr	Air	stratosphere + trop	Cadmium	007440-43-9	0,0317	DALY / kg
Metal depletion	\$	Air	low. pop., long-terr	Cadmium	007440-43-9	0,0317	DALY / kg
Fossil depletion	\$	Air	low. pop.	Cadmium	007440-43-9	0,0317	DALY / kg
		Air		Silver	007440-22-4	0,0275	DALY / kg
		Air		Cadmium	007440-43-9	0,0252	DALY / kg
		Air	stratosphere + trop	Silver	007440-22-4	0,0221	DALY / kg
		Air	low. pop., long-terr	Silver	007440-22-4	0,0221	DALY / kg
		Air	low. pop.	Silver	007440-22-4	0,0221	DALY / kg
		Water		Mercury	007439-97-6	0,0176	DALY / kg
		Soil	agricultural	Silver	007440-22-4	0,0144	DALY / kg
		Soil	agricultural	Thallium	007440-28-0	0,014	DALY / kg
		Air		Phosphorus	007723-14-0	0,0131	DALY / kg
		Air	stratosphere + trop	Lead	007439-92-1	0,0114	DALY / kg
		Air	low. pop., long-terr	Lead	007439-92-1	0,0114	DALY / kg
		Air	low. pop.	Lead	007439-92-1	0,0114	DALY / kg
		Air		Lead	007439-92-1	0,011	DALY / kg
		Air	stratosphere + trop	Beryllium	007440-41-7	0,0106	DALY / kg
		Air	low. pop., long-terr	Beryllium	007440-41-7	0,0106	DALY / kg
		Air	low. pop.	Beryllium	007440-41-7	0,0106	DALY / kg
		Air	stratosphere + trop	Phosphorus	007723-14-0	0,0104	DALY / kg
		Air	low. pop., long-terr	Phosphorus	007723-14-0	0,0104	DALY / kg
		Air	low. pop.	Phosphorus	007723-14-0	0,0104	DALY / kg
		Water		Arsenic, ion	017428-41-0	0,0104	DALY / kg
		Air		Toluene diisocyanate	026471-62-5	0,00914	DALY / kg
		Soil	agricultural	Mercury	007439-97-6	0,00875	DALY / kg
		Water		Toluene diisocyanate	026471-62-5	0,00863	DALY / kg

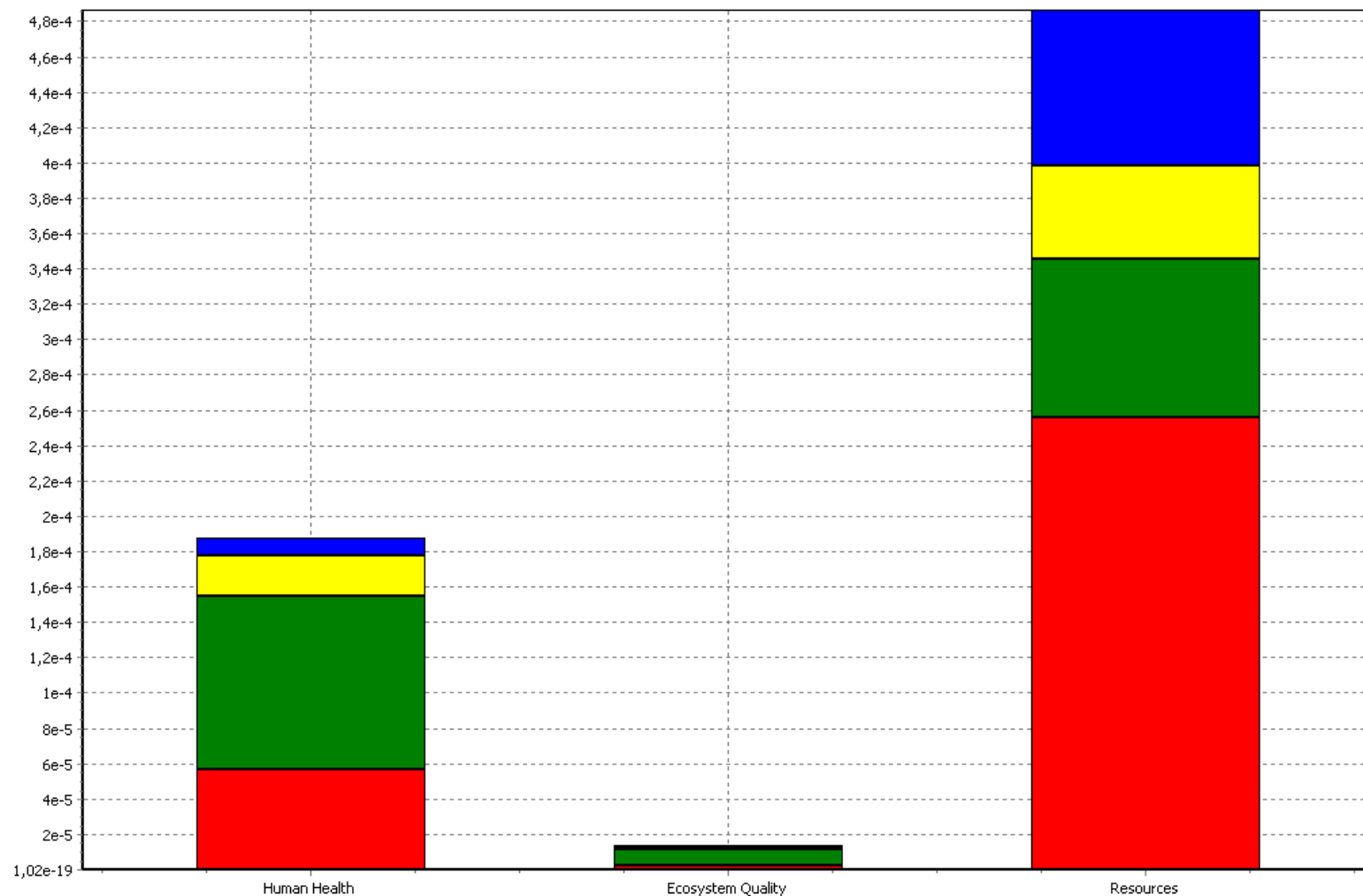
Modelace *HT* metodikou Eco-Indicator 99 - midpointy



■ 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

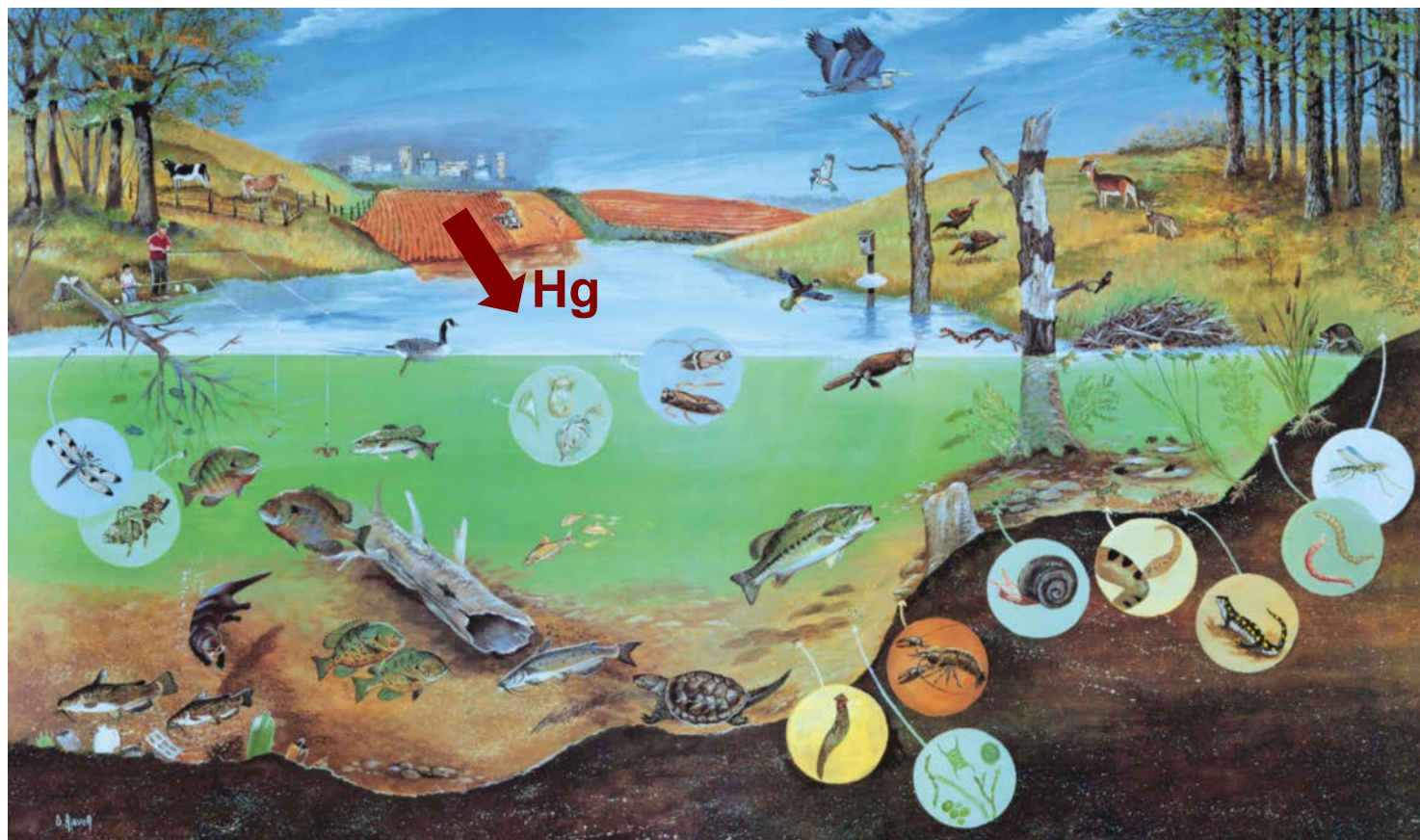
Modelace *HH* metodikou Eco-Indicator 99 - endpointy



- 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

IV. Ekotoxicitata (*ET* - ecotoxicity)

- nepříznivé dopady tox. látek na stav ekosystémů
- nesleduje se zde tox. působení na jednotlivce, ale na **rovnováhu a funkčnost ekosystémů**
- sledovány tedy jiné mechanismy účinku než u *HT*





Ekotoxická

- ekotoxicky významné jsou hlavně **kovy a organické látky** uvolňované z komun. i prům. **odpadů**
- dále také **pesticidy** používané v zemědělské produkci
 - hlavní dopad na **půdní ekosystémy** a jejich funkce (spjaté hlavně s **mikroorg.**), jako jsou cyklování nutrientů, čištění vody, produkce zeměd'. plodin
- novou skupinou významných ekotoxických látek jsou **léčiva**



Důsledky ekotoxického působení látek

- 1) Snížení produkční schopnosti ekosystémů (úrodnosti)
- 2) Snížení biodiverzity

- ekosystémy často provázané – narušení př. půdního ekosyst. vede jak ke snížení úrodnosti, tak i kvality podzemních vod...

Výslednou ekotoxicitu látky určuje

- 1) **Chem-fyz. vlastnosti látky** - skupenství, rozpustnost, lipofilita, ionizovatelnost atd.
 - 2) **Čas a způsob expozice** – kontinuální či akutní expozice
 - 3) **Env. faktory** – teplota, vlhkost, světlo
 - 4) **Interakce mezi toxikanty** (toxicita směsí)
 - 5) **Biologické faktory** příjemce – rozdílné působení dle věku, výživy, genetických dispozic, pohlaví, nemoci atd.
- dle množství výše uvedených faktorů nelze určit **individuální prognózu ekotoxicity** pro konkrétního jedince
 - pro účely LCA se ekotoxicita určuje v měřítku **populací**, tedy po značném zjednodušení

Ekotoxicita

- LCA hodnotí dopady na **sladkovodní, mořské, půdní ekos.**
a ekosystémy **sladkovodních a mořských sedimentů**

Ekotoxicita

- LCA hodnotí dopady na **sladkovodní, mořské, půdní ekos.** a ekosystémy **sladkovodních a mořských sedimentů**

Ekotox. určují:

- env. faktory účinku E_{fcomp} a faktory přenosu $F_{ecomp, fcomp}$
- hodnota $E_{fcomp} = 1/PNEC$ (z výsledků experim. stanovení)
- $F_{i,ecomp, fcomp}$ popisuje (jak u HT) osud látky od emise do složky ŽP po přestup do složky, kde působí toxicky, př. $F_{DDT, vzduch, voda}$

Obecná rovnice vyjádření ekotoxicity látky i při emisi do $ecomp$

$$ET_{i, ecomp} = \sum_{fcomp} F_{i, ecomp, fcomp} * E_{i, fcomp}$$

? v čem se liší: $HT_{i, ecomp} = \sum_{fcomp} \sum_r F_{i, ecomp, fcomp} * T_{i, fcomp, r} * I_r * E_{i, r}$

Indikátory kategorie dopadu *ET*

- na úrovni **midpointu** – potenciál ekotoxicity – ***ETP***
- ekotox. vztažena k referenční látce **1,4-DCB** nebo **2,4-D**

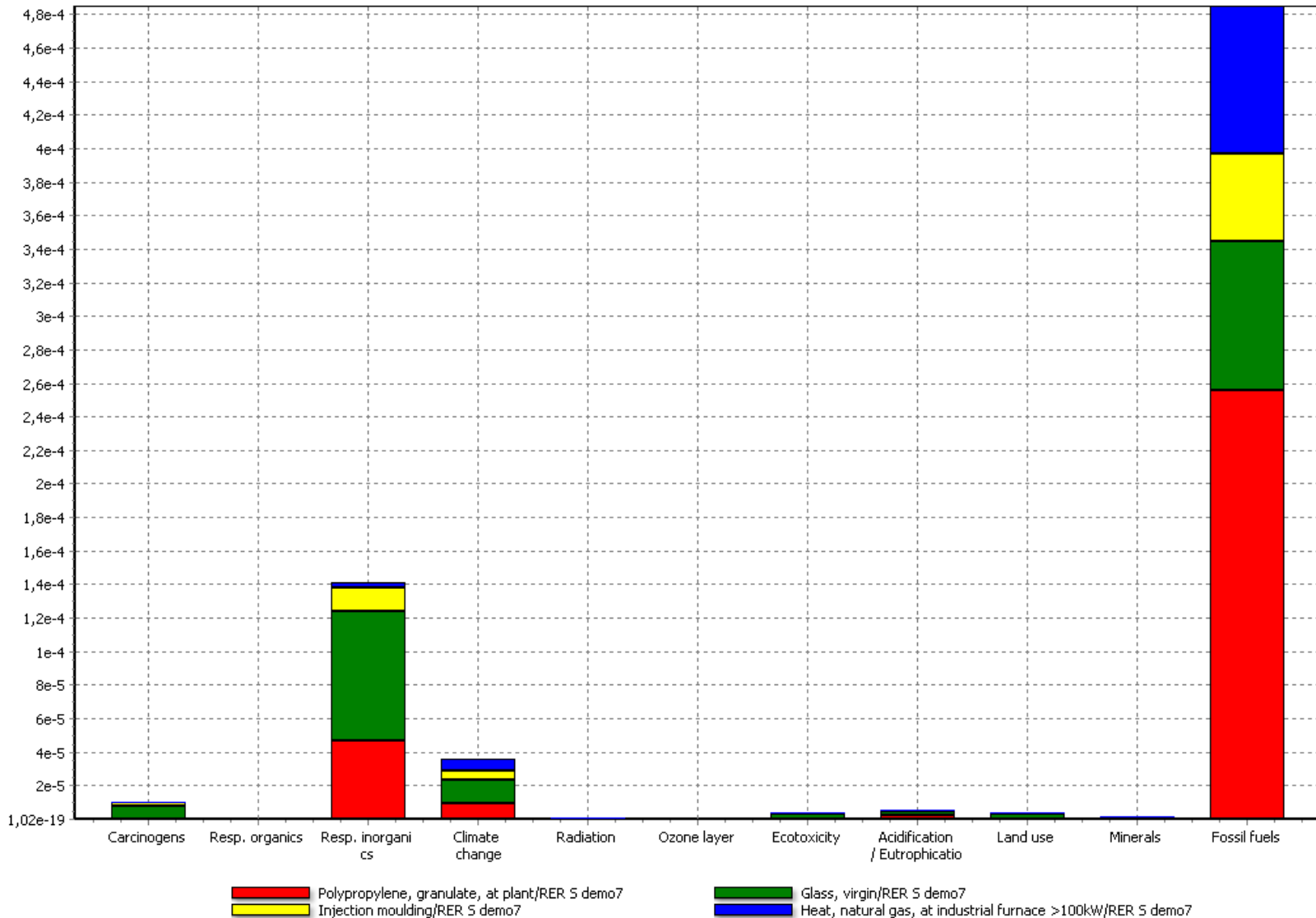
$$ETP_{i, ecomp} = \frac{\sum_{fcomp} F_{i, ecomp, fcomp} * E_{i, fcomp}}{\sum_{fcomp} F_{DCB, ecomp, fcomp} * E_{DCB, fcomp}}$$

- na úrovni **endopointu** – podíl ovlivněných druhů ***PAF***
(*potentially affected fraction*)

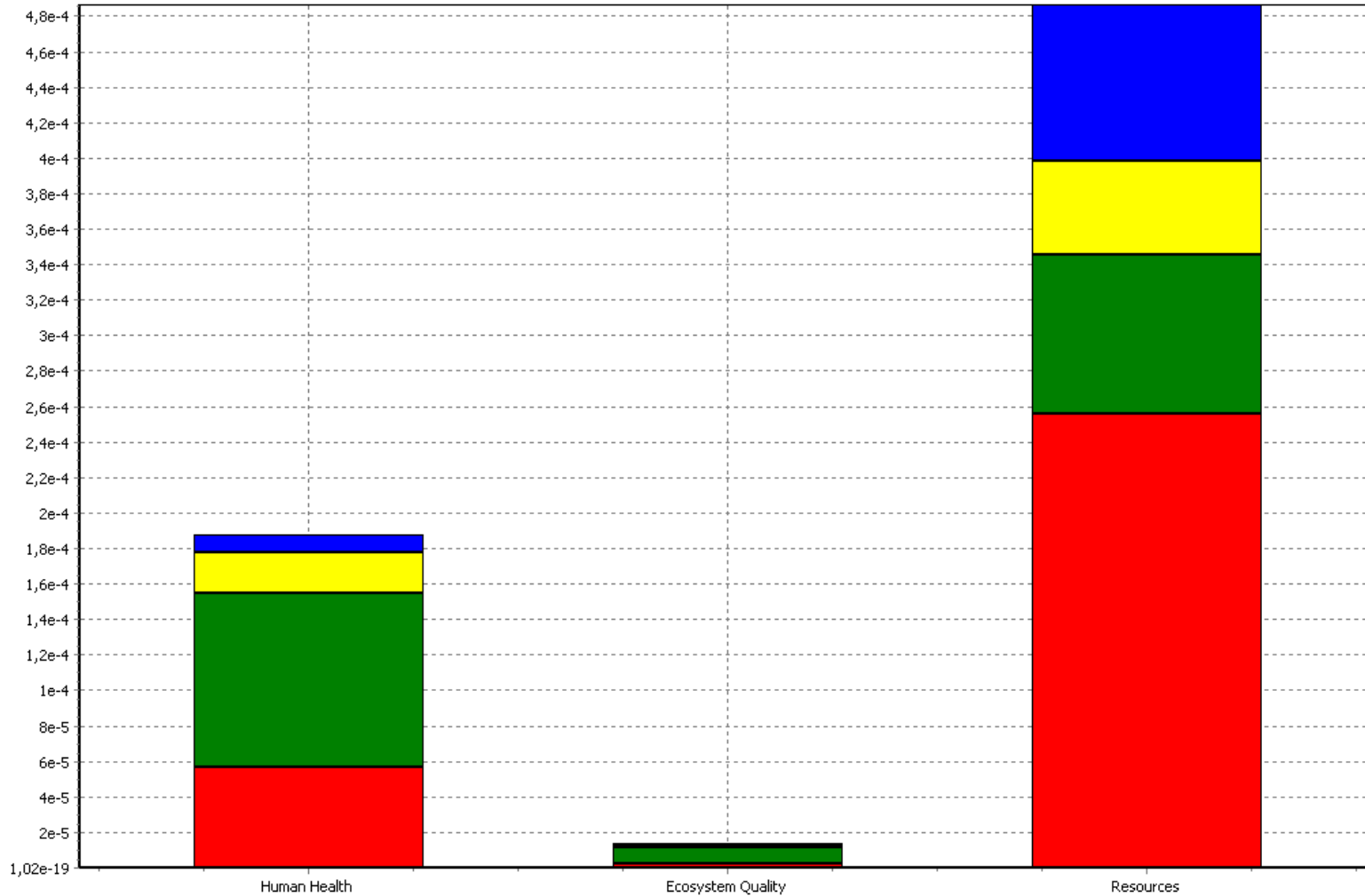
$$PAF = \frac{\text{podíl druhů pod toxickým stresem}}{\text{počet všech druhů v oblasti}} \quad \text{jednotka: } PAF * m^2 * \text{rok}$$

- toxickým stresem se rozumí život pod exponovanou látkou jejíž množství odpovídá či překračuje hodnotu NOEC
- *PAF* vyjadřuje efekt spíše na nižší vodní a půdní organizmy (korýši, atd.)

Modelace *ET* metodikou Eco-Indicator 99 - midpointy



Modelace *ET* metodikou Eco-Indicator 99 - endpointy



■ 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

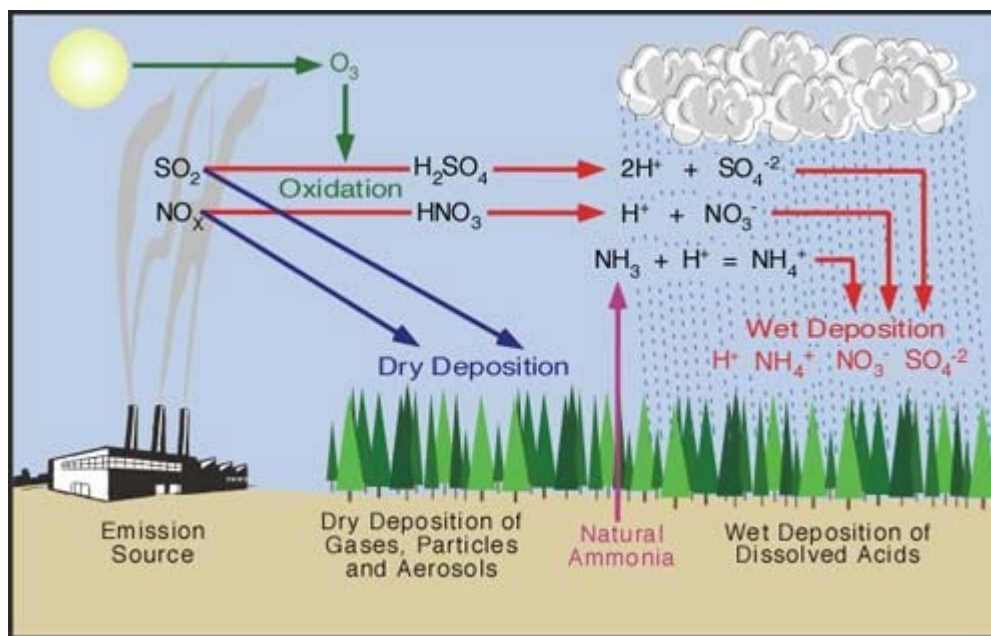


V. Acidifikace (*A – acidification*)

- proces **okyselování** půdního či vodního prostředí \uparrow **c** H_3O^+
- díky emisím kyselinotvorných látek do ovzduší, vody, půdy
- přirozené pH srážek = 5,6 – **proč?**
- jaké emise nejvýrazněji přispívají acidifikaci?

V. Acidifikace (A – acidification)

- proces **okyselování** půdního či vodního prostředí \uparrow c H_3O^+
- díky emisím kyselinotvorných látek do ovzduší, vody, půdy
- přirozené pH srážek = 5,6 – **proč?**
- jaké emise nejvýrazněji přispívají acidifikaci?



Zdroje acidifikujících emisí

- SO_2 ?
- NO_x ?
- kyseliny HCl , H_2SO_4
- NH_3 ?

Zdroje acidifikujících emisí

- SO_2 – spalováním fosilních paliv (hnědé uhlí)

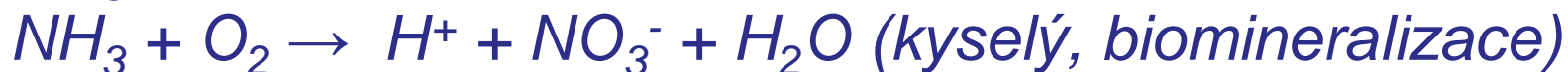


- NO_x – emise z dopravy



- kyseliny HCl , H_2SO_4

- NH_3 – chov hospodářských zvířat



- zdroje možno vyhledat v [Integrovaném registru znečištění](#)

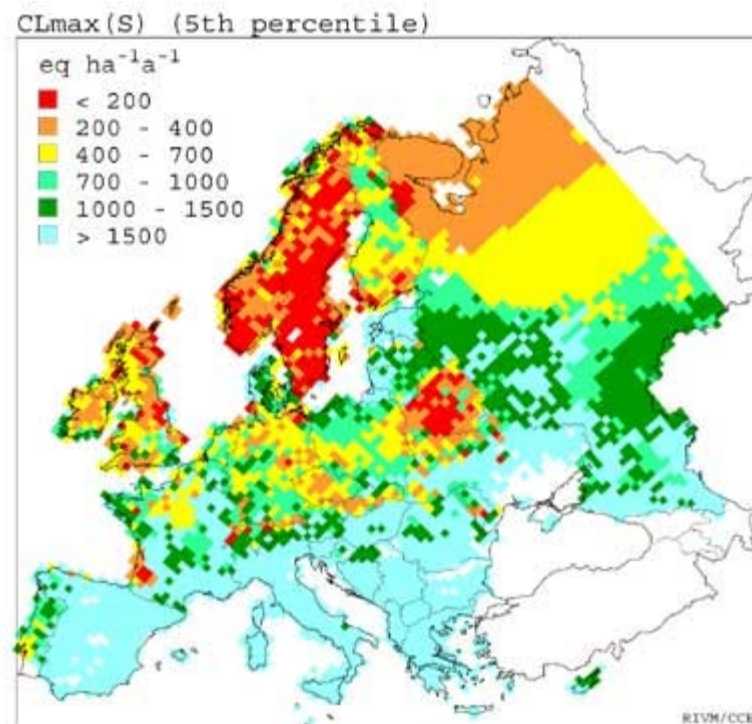
Citlivost lokalit k acidifikaci

Půda

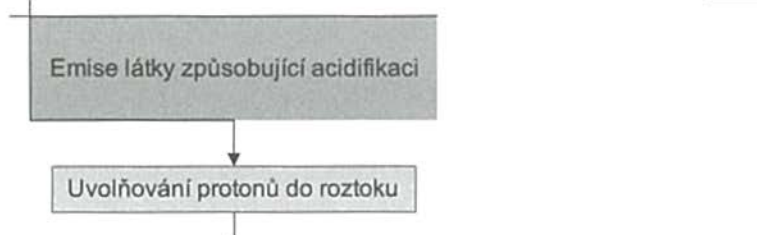
- významný vliv má typ **podloží** – žula x vápenec
- ↑ bazických kationtů (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+) = ↑ odolnost
- popisováno **tolerovatelnou depozicí H_3O^+**
- jehličnaté lesy ↑ acidifikaci
- listnaté ↓ acidifikaci
- odebírání biomasy ↑

Voda

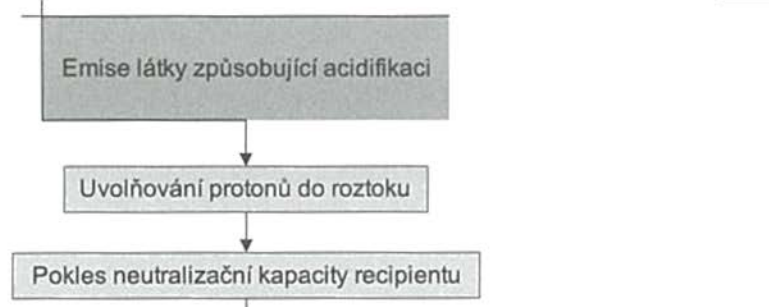
- analogicky k půdám
- k acidif. citlivější horské oblasti, kde je méně Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ a větší výskyt jehličnatých lesů



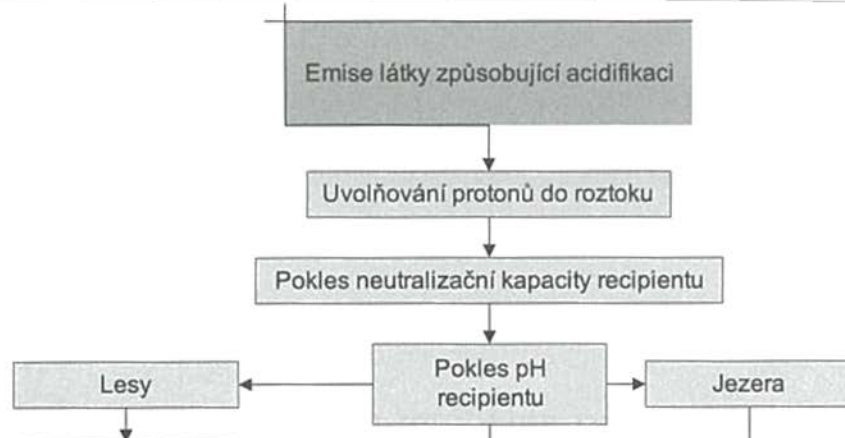
Část dopad. řetězce emisí acidifikujících látek



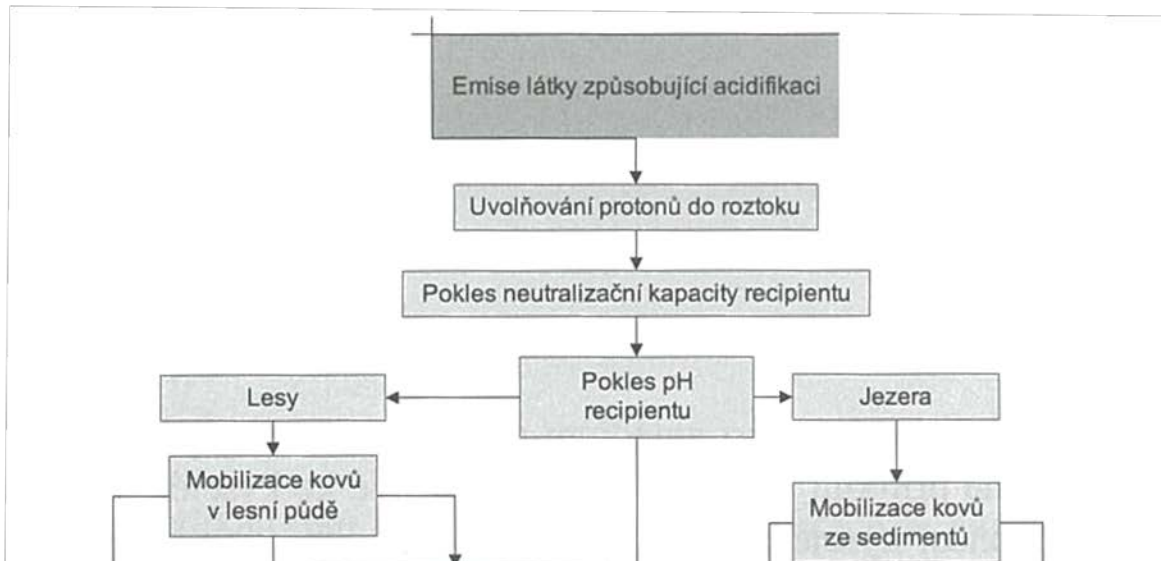
Část dopad. řetězce emisí acidifikujících látek



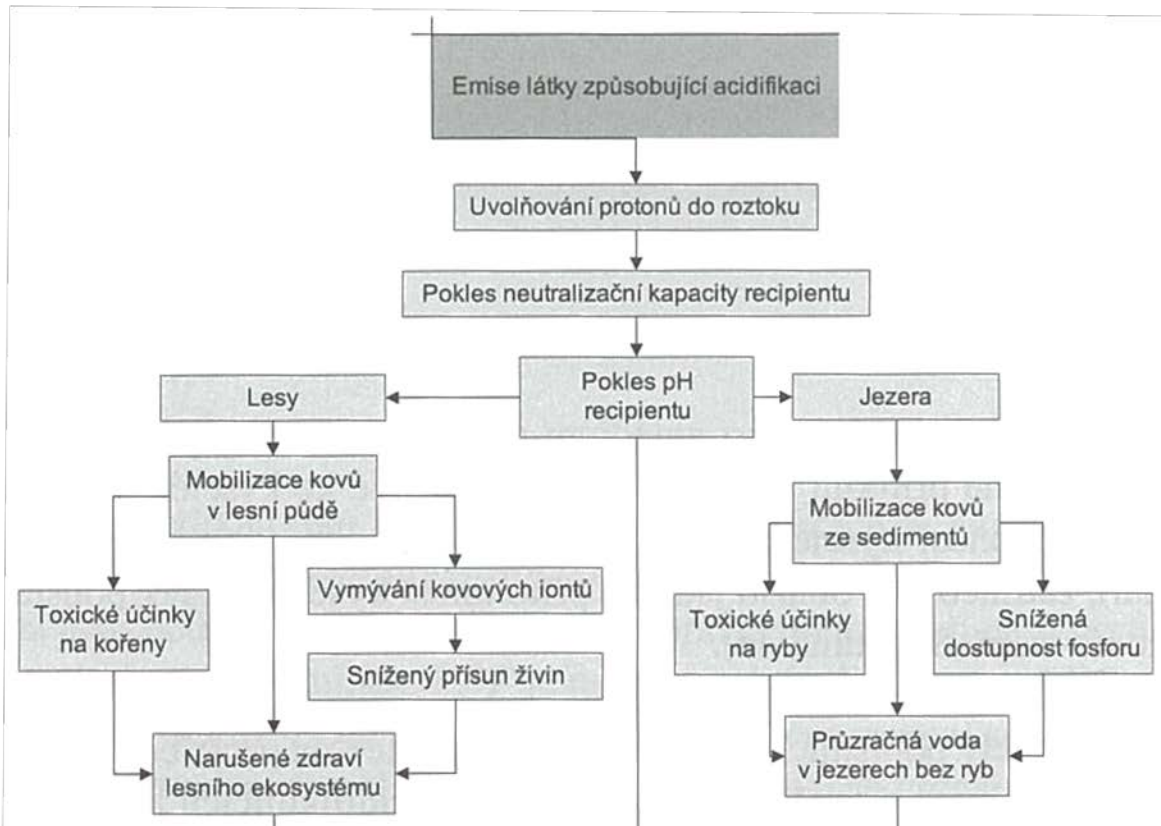
Část dopad. řetězce emisí acidifikujících látek



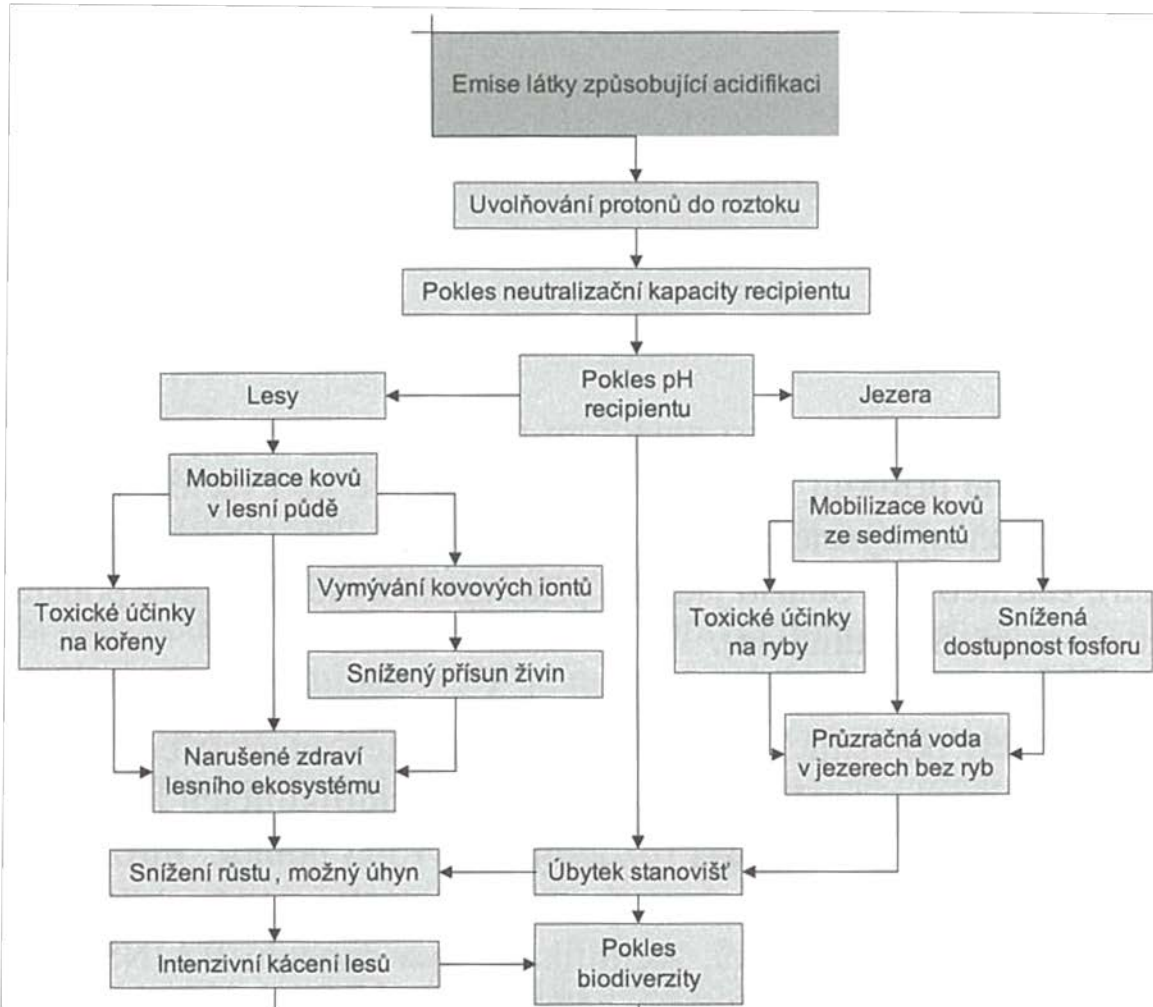
Část dopad. řetězce emisí acidifikujících látek



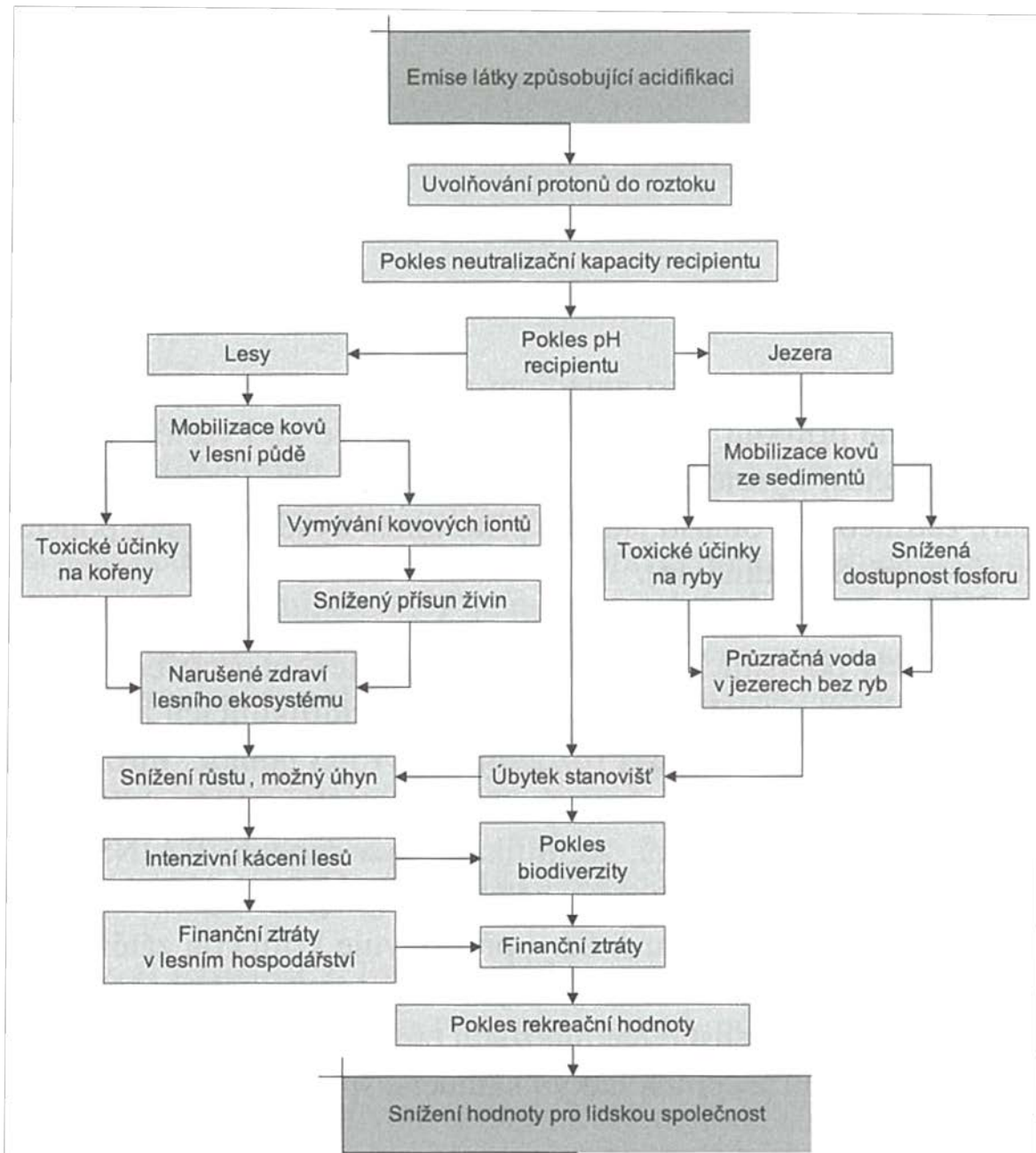
Část dopad. řetězce emisí acidifikujících látek



Část dopad. řetězce emisí acidifikujících látek



Část dopad. řetězce emisí acidifikujících látek



Indikátory kategorie dopadu acidifikace

Midpointovým ind. je **acidifikační potenciál - AP**

- určení počtu potenciálně uvolněných H_3O^+ po úplné disociaci látky, vztaženo na M_W látky

$$AP_i = \frac{\eta_i}{\eta_{SO_2}} \quad \eta_i - \text{počet uvolněných protonů při disoc. 1kg látky (mol/kg)}$$

- nevýhodou AP_i je, že nezohledňuje pufr. kapacitu prostředí
- pokročilejší metodiky již zohledňují vlastnosti prostředí, pak se hodnotí překročení kritické zátěže v obl. (metoda **RAINS**)

Endpointovým ind. je **podíl chybějících druhů v oblasti - PDF**

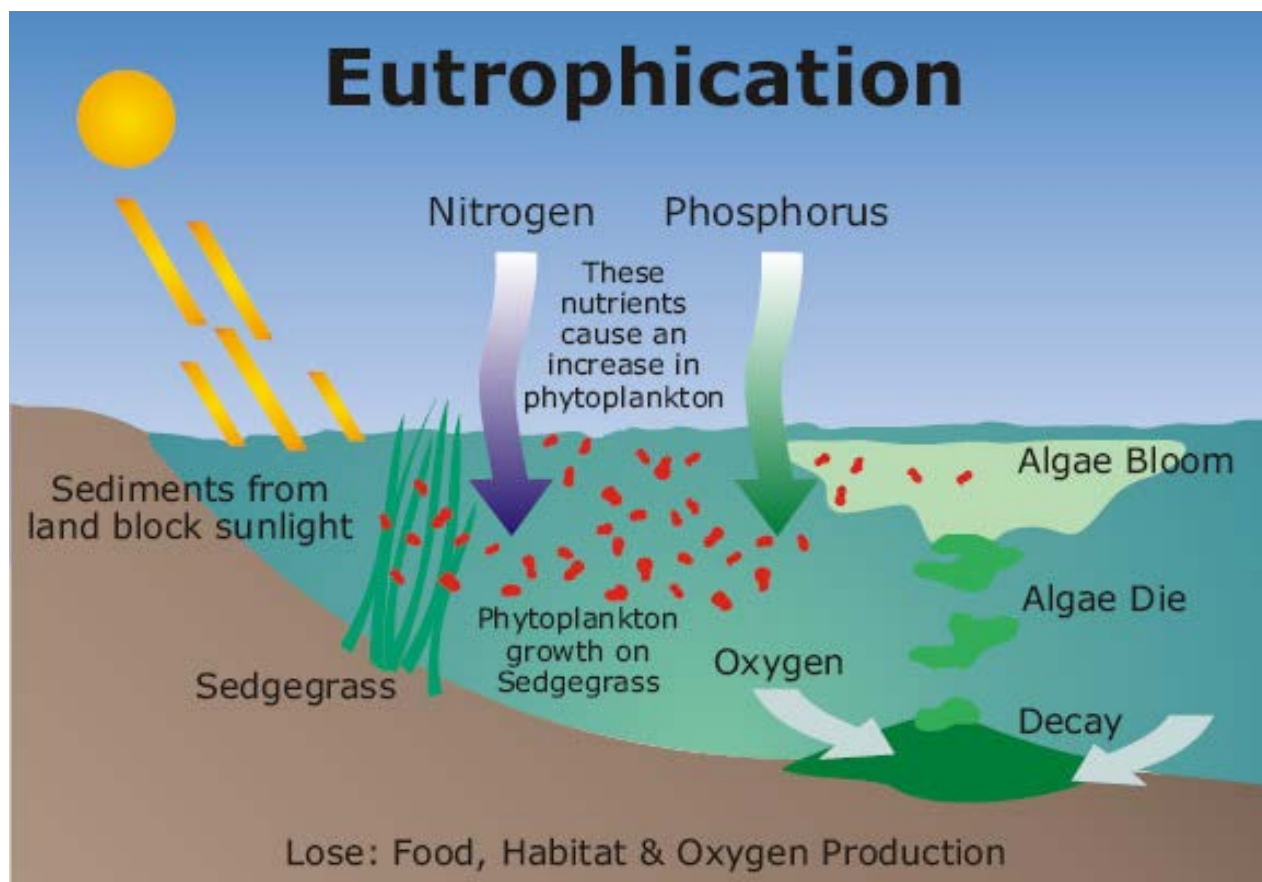
- podíl druhů, jež se s \uparrow pravděp. v okyselené lokalitě nevysk.
 $PDF = 1 - POO$ (POO – Probability of occurrence) – pro cévnaté rostl.

Existing Characterisation Factors of Ecotoxic substances air emissions impact on PDF

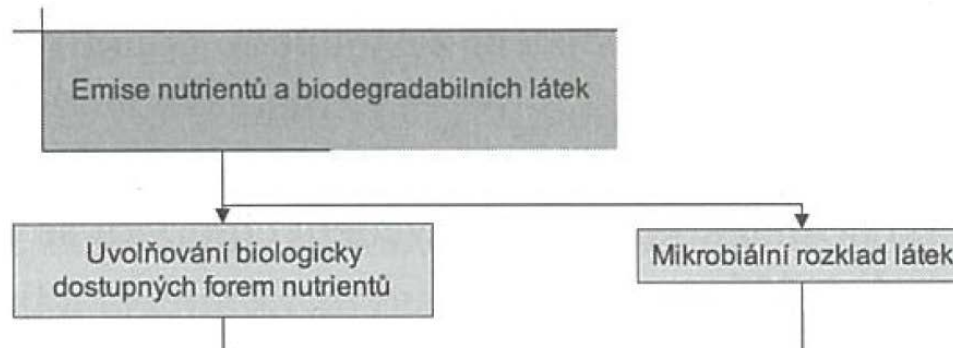
Characterisation Parameter	Category Indicator	Impact Indication Principle	Aspect	Substance	Quantity	Unit	Notes
CFactor	PDF	ECO-indicator/1999	Type = Emission Direction = Output Media = Air Geography = *	Malathion	2.28E-02	PDF m2 yr/kg	
CFactor	PDF	ECO-indicator/1999	Type = Emission Direction = Output Media = Air Geography = *	Zinc	5.63E-01	PDF m2 yr/kg	
CFactor	PDF	ECO-indicator/1999	Type = Emission Direction = Output Media = Air Geography = *	Di(2-ethylhexyl)phthalate	3.78E-07	PDF m2 yr/kg	
CFactor	PDF	ECO-indicator/1999	Type = Emission Direction = Output Media = Air Geography = *	Carbendazim	4.68E-01	PDF m2 yr/kg	
CFactor	PDF	ECO-indicator/1999	Type = Emission Direction = Output Media = Air Geography = *	Benzo(a)pyrene	2.77E-02	PDF m2 yr/kg	
CFactor	PDF	ECO-indicator/1999	Type = Emission Direction = Output Media = Air Geography = *	Bentazon	1.43E-03	PDF m2 yr/kg	
CFactor	PDF	ECO-indicator/1999	Type = Emission Direction = Output Media = Air Geography = *	Azinphos-methyl	2.14E-00	PDF m2 yr/kg	
CFactor	PDF	ECO-indicator/1999	Type = Emission Direction = Output Media = Air Geography = *	1,3,5-trichlorobenzene	2.51E-05	PDF m2 yr/kg	
CFactor	PDF	ECO-indicator/1999	Type = Emission Direction = Output Media = Air Geography = *	1,2,4-trichlorobenzene	4.95E-06	PDF m2 yr/kg	
CFactor	PDF	ECO-indicator/1999	Type = Emission Direction = Output Media = Air Geography = *	1,2,3-trichlorobenzene	6.84E-06	PDF m2 yr/kg	
CFactor	PDF	ECO-indicator/1999	Type = Emission Direction = Output Media = Air Geography = *	Diquat-dibromide	4.66E-01	PDF m2 yr/kg	
CFactor	PDF	ECO-indicator/1999	Type = Emission Direction = Output Media = Air Geography = *	Thiram	4.41E-02	PDF m2 yr/kg	
CFactor	PDF	ECO-indicator/1999	Type = Emission Direction = Output Media = Air Geography = *	Diuron	8.64E-01	PDF m2 yr/kg	

VI. Eutrofizace (*Eutrophication – E*)

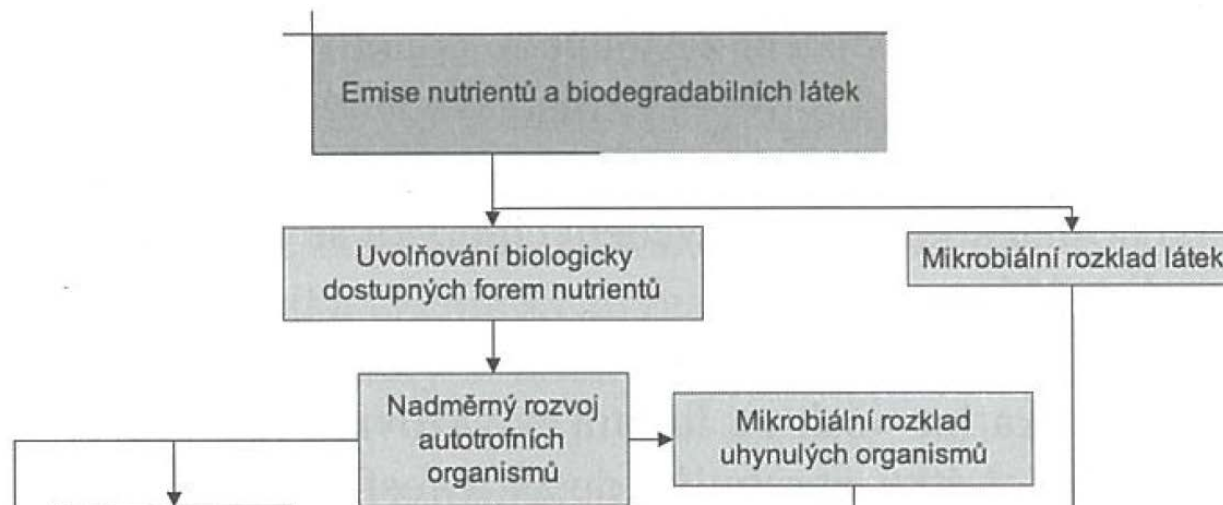
- obohacování vod o živiny s negativními důsledky pro ekos.
- limitující živiny – nejčastěji **N** a **P**



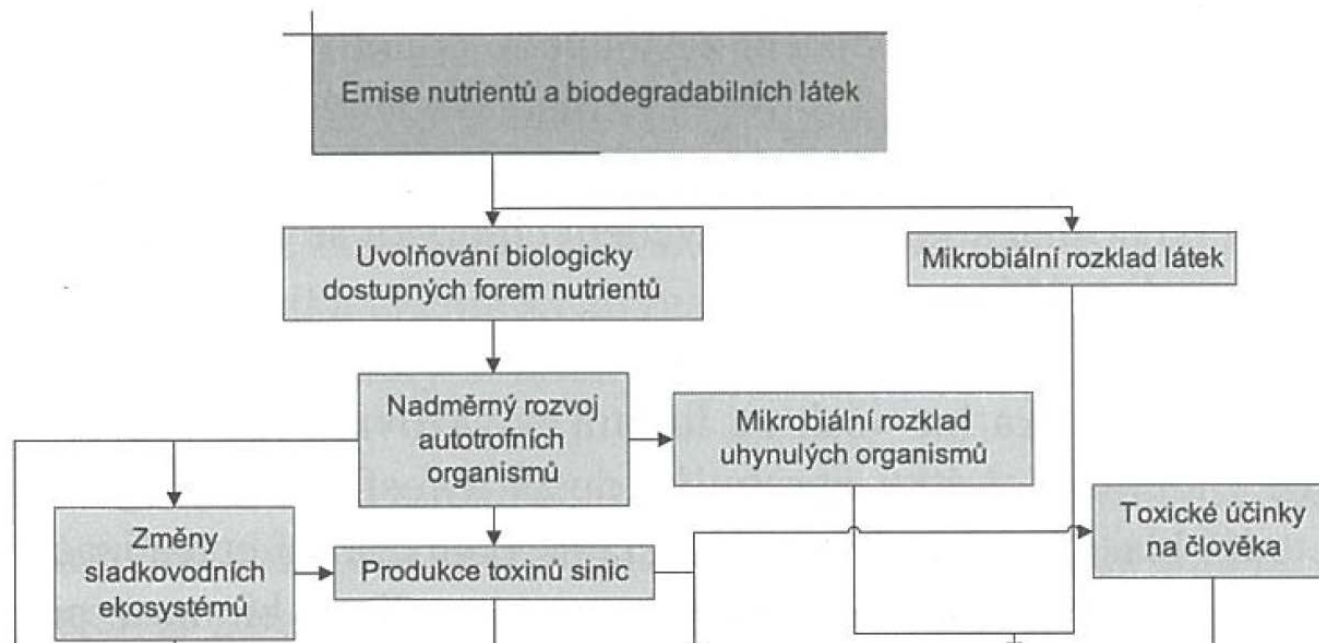
Část dopadového řetězce emisí eutrofizujících látek



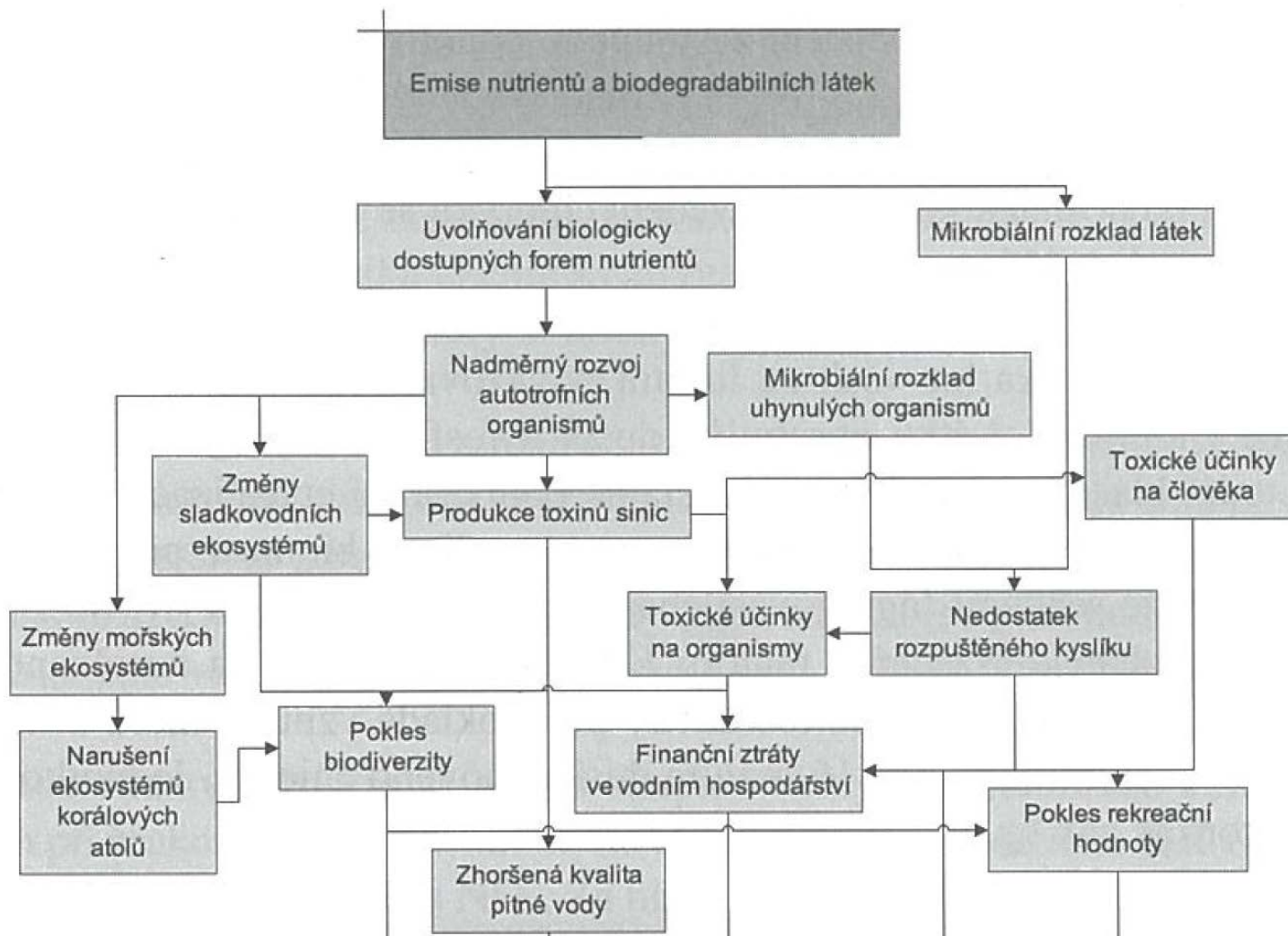
Část dopadového řetězce emisí eutrofizujících látek



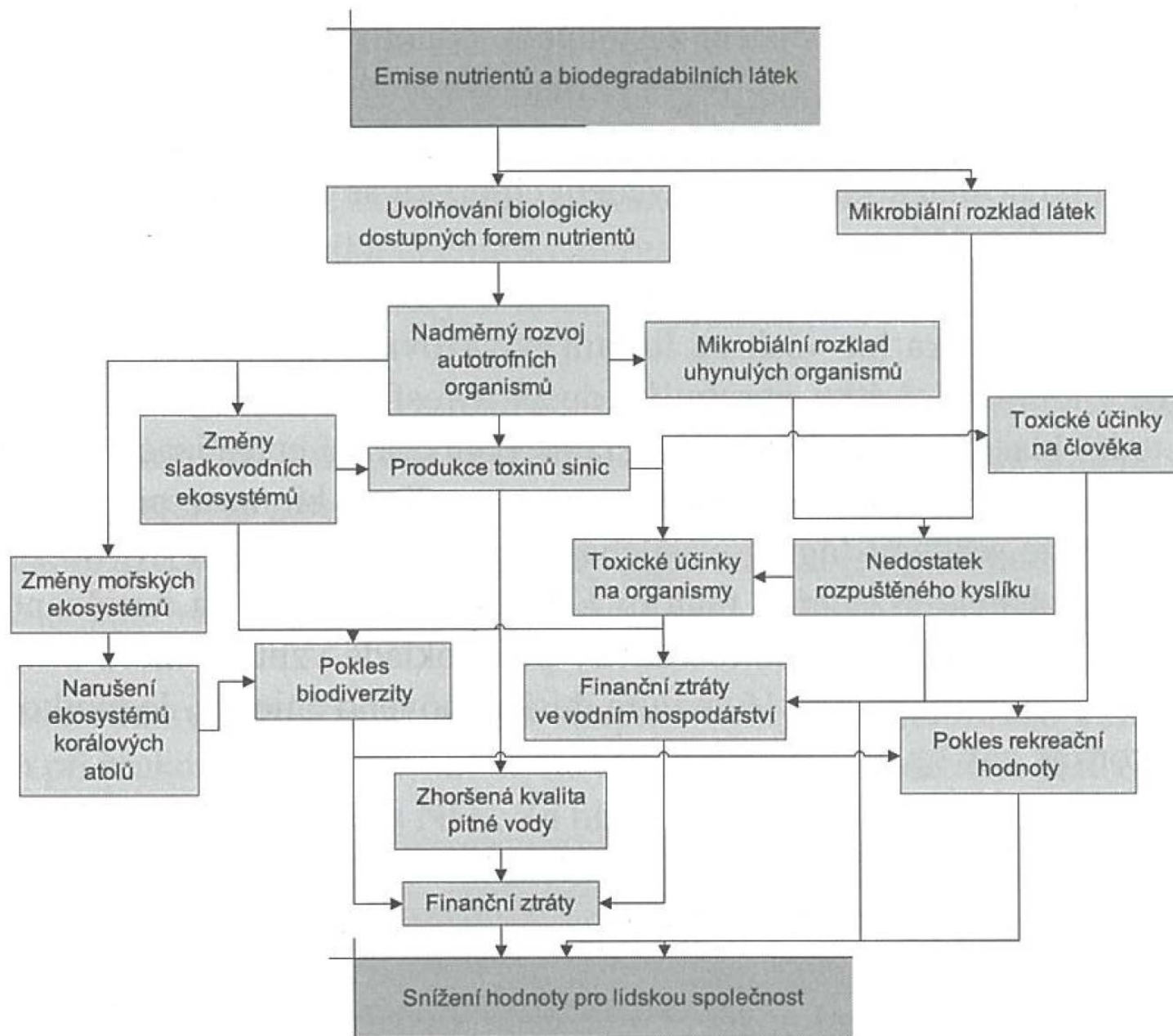
Část dopadového řetězce emisí eutrofizujících látek



Část dopadového řetězce emisí eutrofizujících látek



Část dopadového řetězce emisí eutrofizujících látek



Environmental Costs of Freshwater Eutrophication in England and Wales

Jules N. Pretty,^{*†} Christopher F. Mason,[‡] David B. Nedwell,[‡] Rachel E. Hine,[‡] Simon Leaf,[§] and Rachael Dils[§]

Centre for Environment and Society and Department of Biological Sciences, University of Essex, Colchester CO4 3SQ, U.K., and the Environment Agency, Wallingford, Evenlode House, Howberry Park, Wallingford, OX10 8BD, U.K.

Environ. Sci. Technol., **2003**, *37* (2), pp 201-208

DOI: 10.1021/es020793k

Publication Date (Web): November 28, 2002

Copyright © 2003 American Chemical Society

ACS Section: [Water](#)

PDF [76 kB]

Abstract

PDF w/ Links [84 kB]

Reference QuickView

Full Text HTML

Citing Articles

 Add to ACS ChemWorx

Abstract

Eutrophication has many known consequences, but there are few data on the environmental and health costs. We developed a new framework of cost categories that assess both social and ecological damage costs and policy response costs. These findings indicate the severe effects of nutrient enrichment and eutrophication on many sectors of the economy. We estimate the damage costs of freshwater eutrophication in England and Wales to be \$105–160 million yr⁻¹ (£75.0–114.3 m). The policy response costs are a measure of how much is being spent to address this damage, and these amount to \$77 million yr⁻¹ (£54.8 m). The damage costs are dominated by seven items each with costs of \$15 million yr⁻¹ or more: reduced value of waterfront dwellings, drinking water treatment costs for nitrogen removal, reduced recreational and amenity value of water bodies, drinking water treatment costs for removal of algal toxins and decomposition products, reduced value of nonpolluted atmosphere, negative ecological effects on biota, and net economic losses from the tourist industry. In common with other environmental problems, it would represent net value (or cost reduction) if damage was prevented at source. A variety of effective economic, regulatory, and administrative policy instruments are available for internalizing these costs.

Indikátory kategorie dopadu eutrofizace

- midpointový ind. kat. dop. – ekv. množství biodostupného P nebo **N**, či úbytek **O₂** v důsledku nadměrné mikrob. činnosti
- eutrofizační potenciál **EP** vyjadřuje, jaké množství **P** či **N** se z emitované látky může do prostředí uvolnit (a eutrofizovat)

$$EP_i(P) = \frac{\pi * 30,97}{M_i}$$

π – počet atomů P v molekule i

$$EP_i(N) = \frac{\nu * 14,01}{M_i}$$

ν – počet atomů N v molekule i

Indikátory kategorie dopadu eutrofizace

- midpointový ind. kat. dop. – ekv. množství biodostupného P nebo N, či úbytek O_2 v důsledku nadměrné mikrob. činnosti
- eutrofizační potenciál **EP** vyjadřuje, jaké množství **P** či **N** se z emitované látky může do prostředí uvolnit (a eutrofizovat)

$$EP_i(P) = \frac{\pi * 30,97}{M_i}$$

$$EP_i(N) = \frac{\nu * 14,01}{M_i}$$

π – počet atomů P v molekule i

ν – počet atomů N v molekule i

- charakteriz. faktory **EP(P)** a **EP(N)** lze **seskupit do jednoho** přepočtem na fosforečnanový nebo dusičnanový aniont:

$$EP_i(PO_4^{3-}) = \frac{(\frac{\nu_i + \pi_i}{16}) * MPO_4^{3-}}{M_i}$$

$$EP_i(NO_3^-) = \frac{(\nu_i + 16\pi_i) * MNO_3^-}{M_i} \quad [\text{kg NO}_3^- \text{ ekv/kg}]$$

- za předpokladu konstant. poměru N/P v rostl. biomase = 16/1



- endpointový ind. – úbytek počtu druhů v lokalitě **PDF**

VII. Úbytek surovin

- spotřeba **neobnovitelných** surovin = znemožnění spotřeby v budoucnosti

příklad?

- spotřeba **obnovitelných** surovin = při nadměrné spotřebě vyčerpávána obnovitelná kapacita přírody = snížení dostupnosti suroviny a narušování/destrukce ekosystémů
- abiotické x biotické - **příklad?**

- získávání a spotřeba surovin
 - často **další env. dopady**
 - ty jsou ale samostatnými kat. dopadu

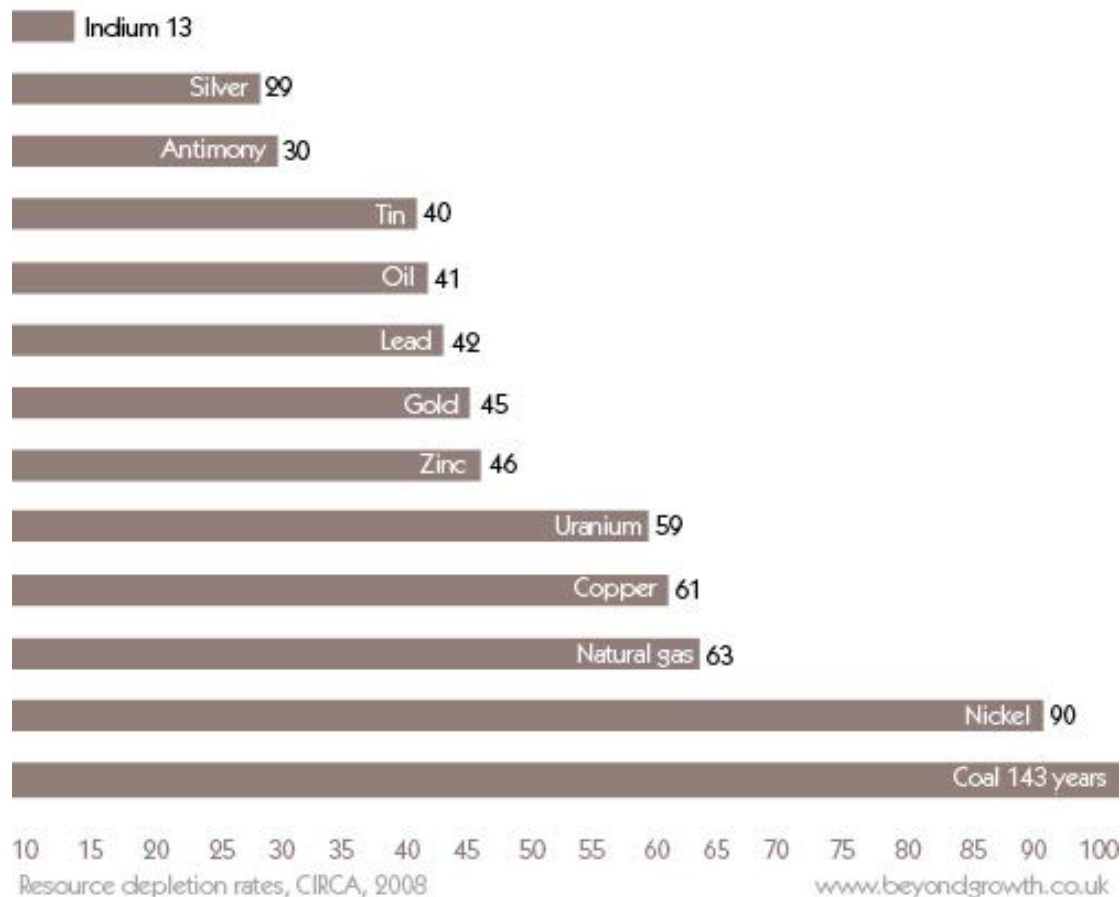


Předpokládané zásoby neobn. surovin

- nutno zvažovat ekonomickou stránku zisku surovin

Spotřebu určuje:

- zásoba
- dostupnost
- rychlost spotřeby
- rychlost obnovy



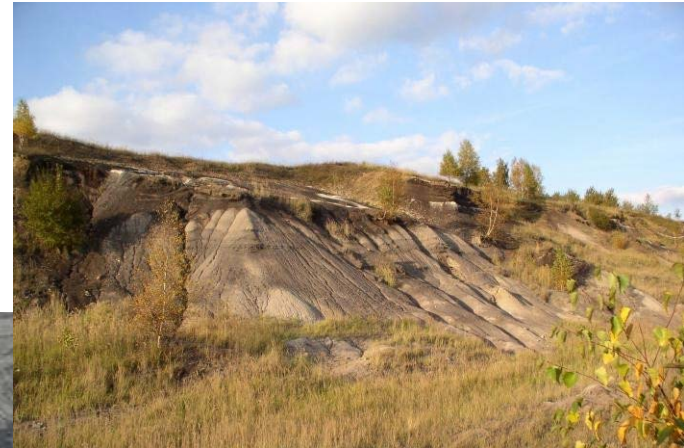
Důsledky úbytku surovin

- **nedostatek** v budoucnosti či větší **E náročnost** získávání
- omezená dostupnost povede ke zvýšenému **geopol. napětí**
- **env. důsledky** – poškození ekosystémů, vymírání druhů, ztráta estet. i kulturních hodnot krajiny atd.

Indikátory kat. dopadu úbytek surovin

- midpointový ind. kat. d. – hmotnost dané či referenční surov.
- endpointový ind. kat. d. – množství E [MJ] či \$, která bude v budoucnosti k zisku suroviny potřebná **navíc** ve srovnání s dneškem
 - předpoklad – dnes se využívají suroviny snadněji E dostupné

VIII. Využívání krajiny (LU – Land use)





Důl Jagersfontein

- kolik diamantů se vytěžilo?
- 2 tuny (cca 600 dm³)



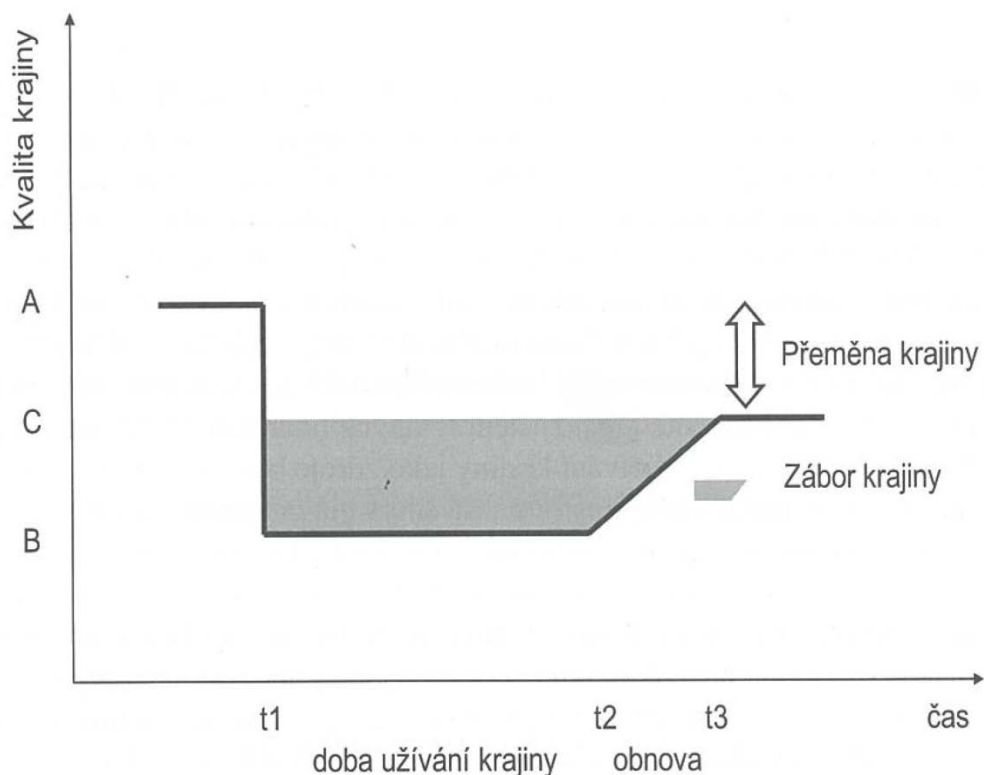
Důl Jagersfontein

- kolik diamantů se vytěžilo?
- 2 tuny (cca 600 dm³)



Typy zásahů do krajiny v LCIA

- přeměna krajiny – takové změny, které vedou ke změnám biodiverzity a změnám životadárných funkcí krajiny
- zábor krajiny – změny, jež mají za následek nemožnost krajinu využívat pro další lidské aktivity, a to v důsledku aktivity předešlé či trvající – **např?**



Kat. dop. obsazení krajiny a biodiverzita

- **obsaz. kraj. a biodiv.** shrnují zmíněnou přeměnu a zábor

Obsazení krajiny - úbytek využitelné krajiny v prostoru a čase

- krajina je využívána a nemůže být užita k jiným účelům (jedná se tedy o zábor krajiny)
- **midpoint. ind. dop.** - **plocha * doba** využívání [m²*rok]

Biodiverzita

- **midpoint. ind. dop.** je **počet rostlinných druhů na m²**

výsledek indikátoru při přeměně krajiny

$$V_{biodiv., \text{přeměna kraj.}} = A * \frac{\alpha_{zač} \alpha_{kon}}{\alpha_{ref}}$$

výsledek indikátoru při záboru krajiny

$$V_{biodiv., \text{zábor kraj.}} = A * t * \frac{\alpha_{ref} - \alpha_{akt}}{\alpha_{ref}}$$

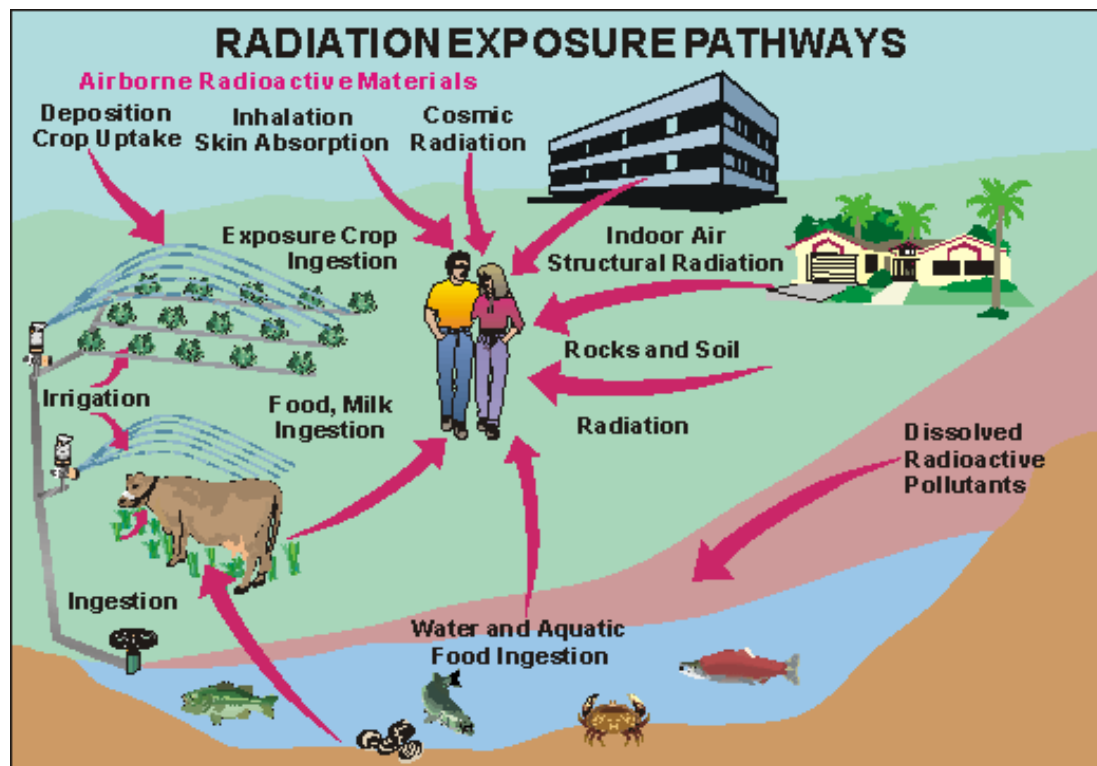
A – využívaná plocha, **t** - doba využ. krajiny, **α** – počet rostl. druhů

- volba ref. lokality však problematická

IX. Ionizační záření (*RAD* – radioactivity)

- dva typy emisních toků - **uvolňování radioakt. látek do ŽP** či **přímá expozice záření** např. ze staveb. materiálů
- ionizační záření poškozuje živé bytosti, materiály a sur. zdr.

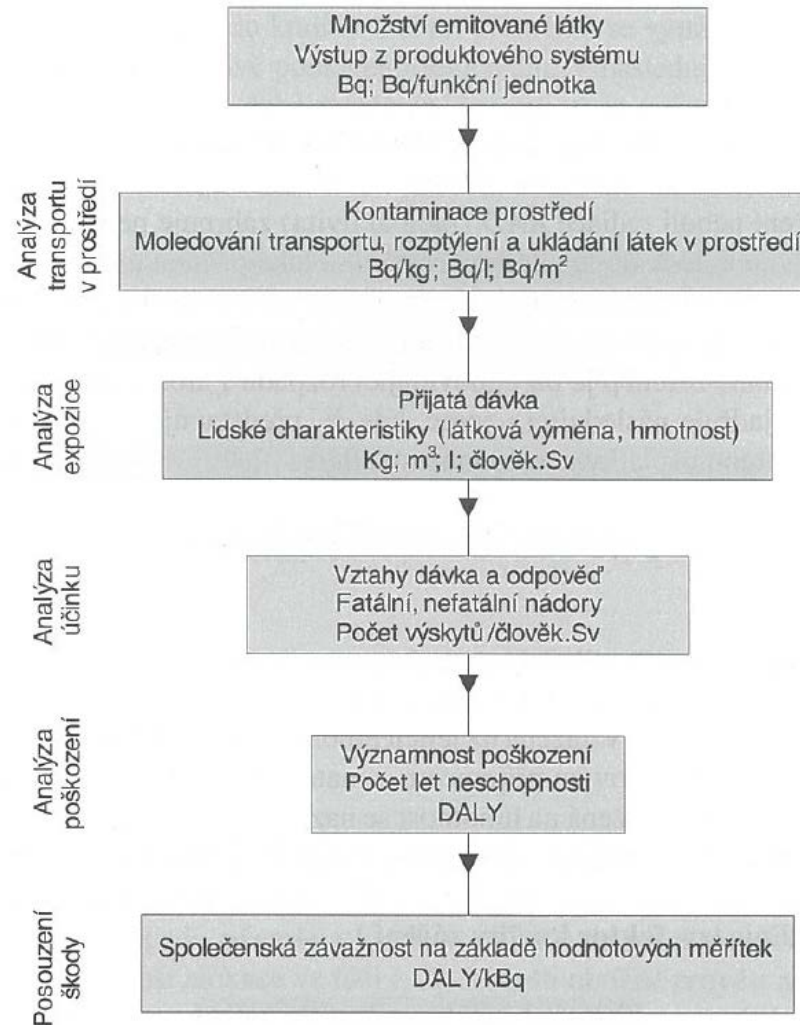
Typ záření	α	β	γ	n	X
Faktor kvality záření	20	1	1	10	1



Míra radiačního působení elementárních toků

- popisována charakterizačním fakt. **DF** (*damage factor*)
- hodnoty DF jsou určeny pro dopady zář. na člověka

Schéma: Princip určení charakterizačního faktoru radiace



Charakterizace dopadů elem. toků

- popisována charakterizačním fakt. **DF** (*damage factor*)
- hodnoty DF jsou určeny pro dopady zář. na člověka

charakterizace radiačního záření

$$V_{rad} = \sum_{ecomp} \sum_i DF_{ecomp, i} * a_{ecomp, i} \quad [\text{DALY nebo rok/kBq}]$$

$DF_{ecomp, i}$ – radiační potenciál látky i při emisi do složky ŽP

$a_{ecomp, i}$ – radiační aktivita látky i při emisi do složky ŽP

Látka	DF_{vzduch} r.kBq ⁻¹	$DF_{povrchová\ voda}$ r.kBq ⁻¹	$DF_{mořská\ voda}$ r.kBq ⁻¹
C-14	2,1E-07	-	1,2E-09
Cs-134	1,2E-08	1,4E-07	7,9E-08
Cs-137	1,3E-08	1,7E-07	7,9E-08
Co-58	4,3E-10	4,1E-11	-
Co-60	1,6E-08	4,4E-08	3,9E-10
Ra-226	9,1E-10	1,3E-10	-
Rn-222	2,4E-11	-	-
Th-230	4,5E-08	-	-
U-238	8,2E-09	2,3E-09	2,3E-11