

II. Fáze – Inventarizační analýza

- podstata technického provádění LCA studií
- náročné na:
 - 1) dostupnost dat
 - 2) praktickou zkušenost s modelováním produktových systémů
 - 3) zvládnutí databázových nástrojů a pochopení jejich funkcí
- tři kroky:
 - 1) sestavení vývojového diagramu
 - 2) sběr dat
 - 3) výpočet ekovektoru



Tvorba schématu produktového systému

- nutno poznat celý LC produktu a identifikovat zúčastněné **procesy** (v rámci dříve určených hranic systému) a jejich **vstupy a výstupy**

čištění vody

Vstupy:
povrch. voda (V)
energie (kWh)

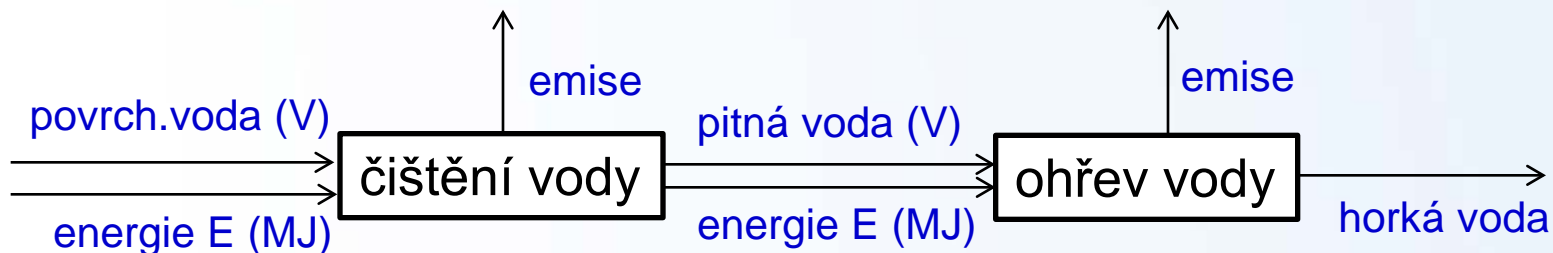
Výstupy:
pitná voda (V)
emise

ohřev vody

Vstupy:
pitná voda (V)
energie (MJ)

Výstupy:
horká voda (V)
emise

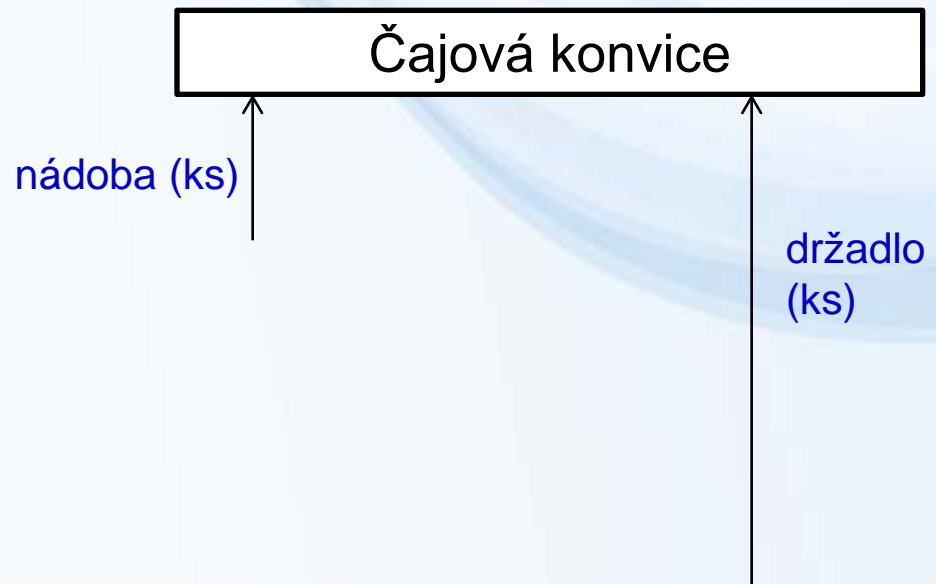
- pospojování procesů pomocí jednotlivých toků získáme **schéma produktového systému**



Tvorba schématu produktového systému



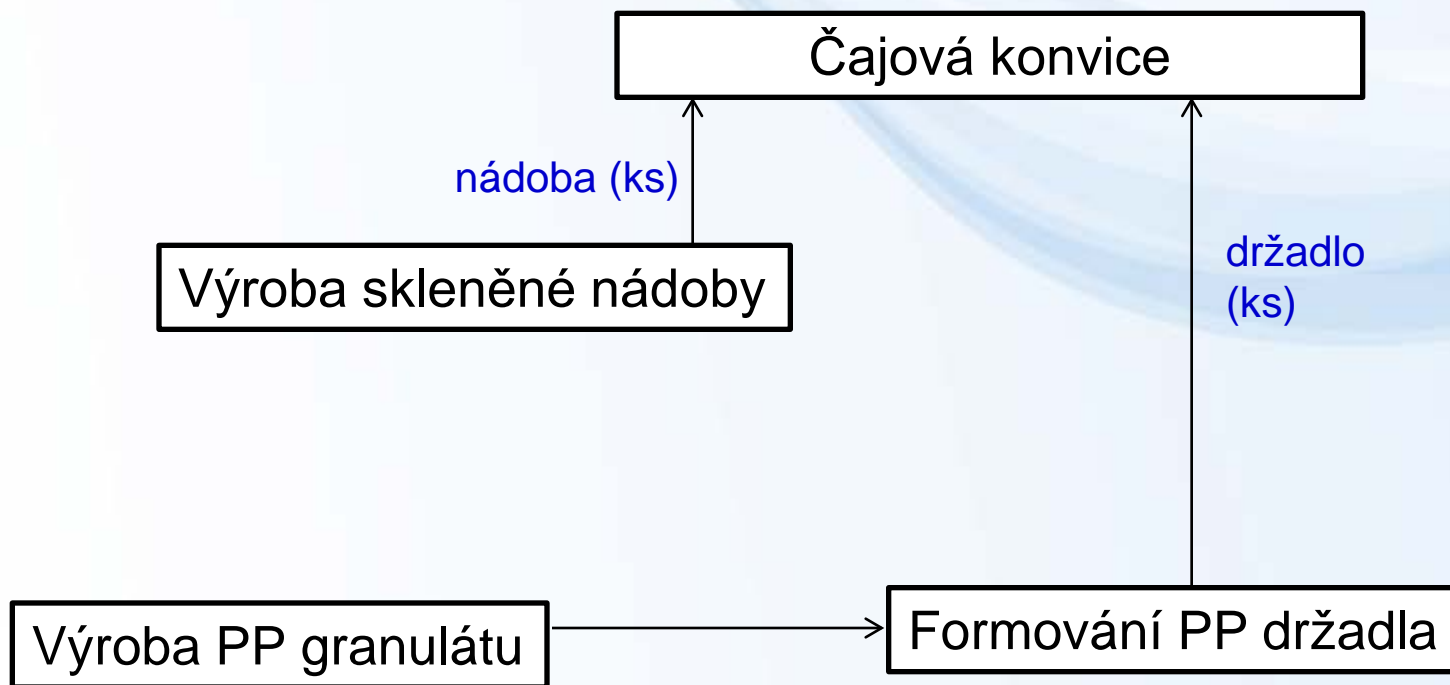
- příklad: životní cyklus čajové konvice (jež je součástí kávovaru)
- **podprocesy výroby skleněné nádoby a plastového držadla**



Tvorba schématu produktového systému



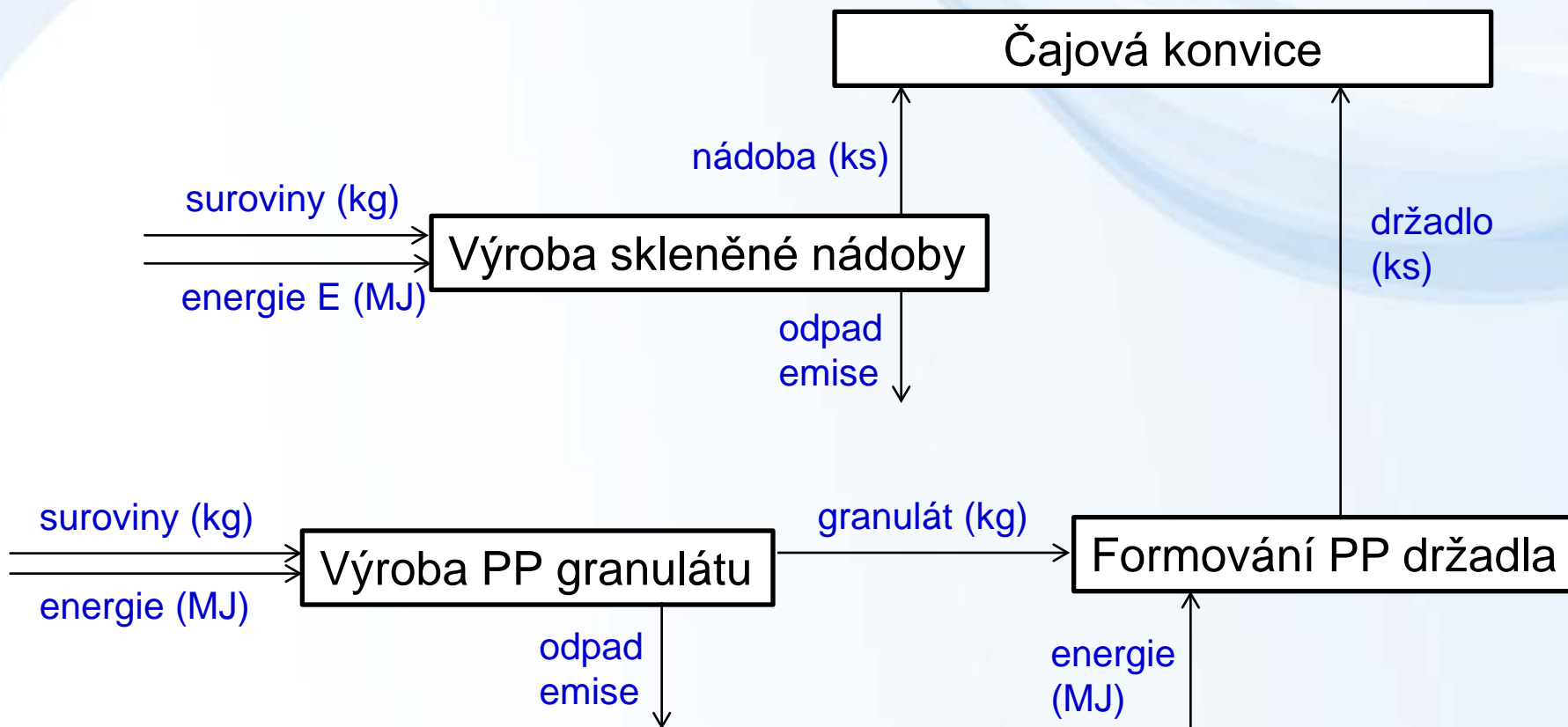
- příklad: životní cyklus čajové konvice (jež je součástí kávovaru)
- **podprocesy výroby skleněné nádoby a plastového držadla**



Tvorba schématu produktového systému



- příklad: životní cyklus čajové konvice (jež je součástí kávovaru)
- **podprocesy výroby skleněné nádoby a plastového držadla**




Využití software pro modelaci

- zadání dat do programu SimaPro

S:\Documents and Settings\All Users\Dokumenty\SimaPro\Database\Starter; Introduction to SimaPro 7 - [Edit assembly product stage 'Coffee pot']

File Edit Calculate Tools Window Help

Input/output Parameters

Name: Coffee pot
Image: 
Comment: Coffee pot for model Sima: glass jug with PP handle.

Status:

Materials/Assemblies	Amount	Unit	Distribution	SD ² or 2*SDMin	Max	Comment
Polypropylene, granulate, at plant/RER 5 demo7	0,2	kg	Undefined			coffee pot handle
Glass, virgin/RER 5 demo7	0,4	kg	Undefined			jug
(Insert line here)						

Processes	Amount	Unit	Distribution	SD ² or 2*SDMin	Max	Comment
Injection moulding/RER 5 demo7	0,2	kg	Undefined			injection moulding for the coffee pot handle
Heat, natural gas, at industrial furnace >100kW/RER 5 demo7	4	MJ	Undefined			estimated for jug production
(Insert line here)						

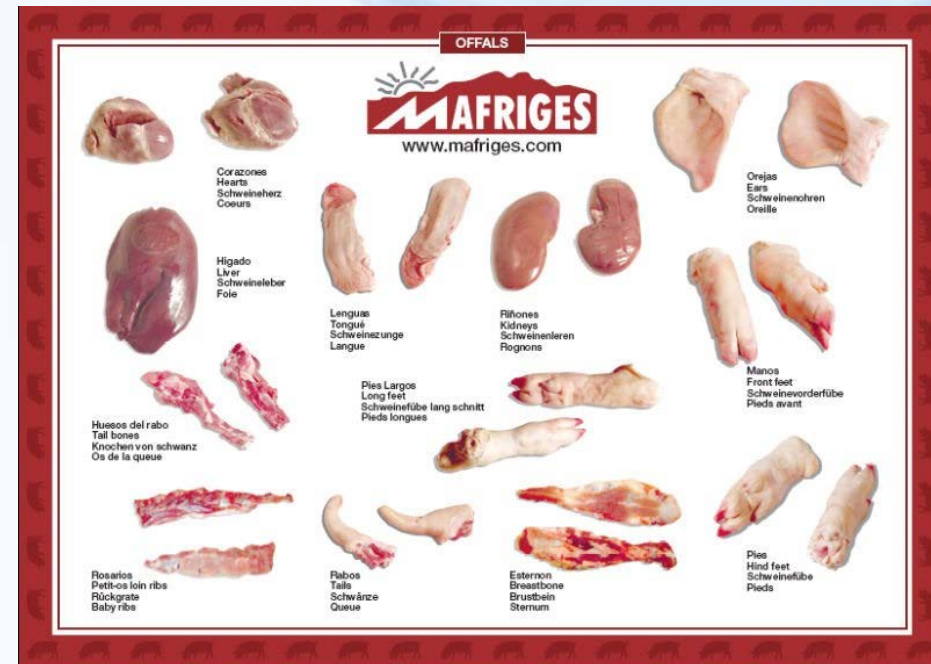


Alokace - podrobněji

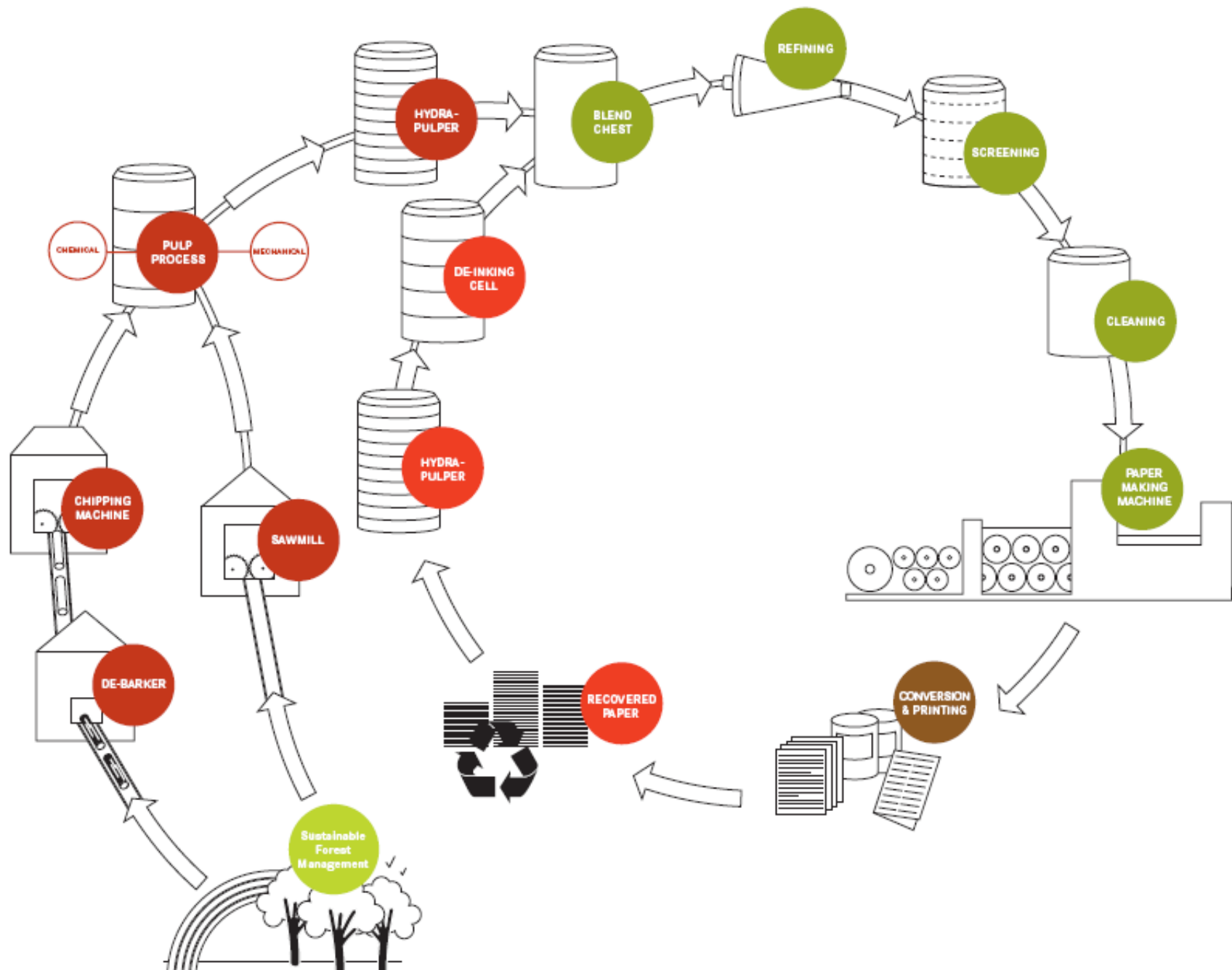
- situace, kdy:

- 1) jeden tok z jednoho procesu se podílí na vzniku dvou a více různých produktů (či procesů) vznikajících paralelně ve stejném procesu
 - např. proces kogenerační výroby elektřiny a tepla (produktů)
 - chov dobytka – jaké jsou produkty?
 - elektrolýza solného roztoku – produkty?

- 2) více stejných (paralelních) toků je zaústěno do jednoho procesu



The Papermaking Process





Alokace – jak se s ní vypořádat

- dvě možné strategie
 - 1) vyhnout se alokaci
 - 2) rozdělit (alokovat) env. dopady ŽC mezi jednotlivé produkty

1) Vyhnutí se alokaci

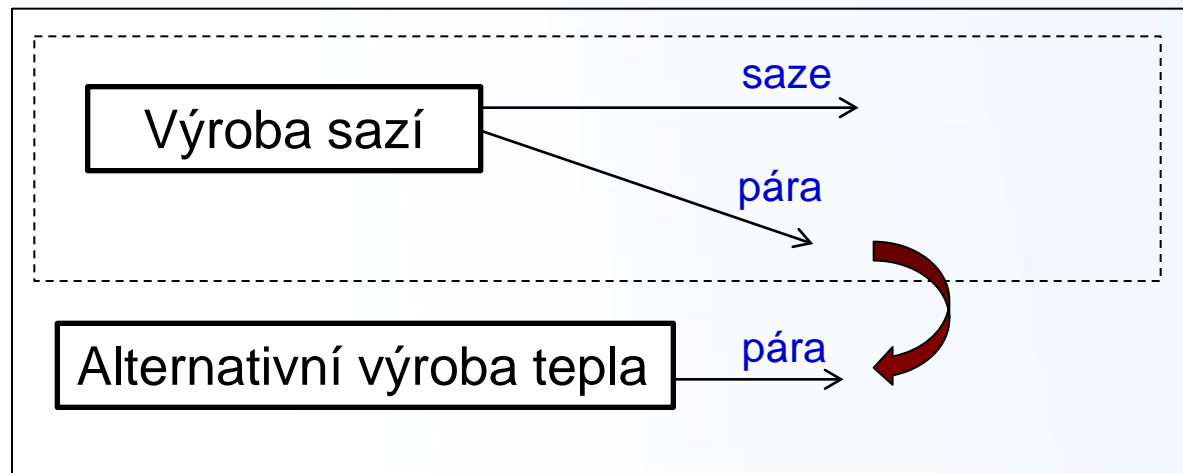
Metoda **rozšíření hranic**

- určení alternativního procesu pro vedlejší produkty, mezi které se env. dopady dělí (alokují)
- provedeme LCA těchto vedlejších produktů a env. dopady pak odečteme od původního procesu



Rozšíření hranic – odečtení procesu

- např. výroba sazí, kdy zároveň vzniká využitelné teplo (pára)
- jaké env. dopady připočteme jen hlavnímu produktu – sazím?
- rozšíříme hranice systému výroby sazí o alternativní proces výroby páry, a env. dopady tohoto procesu pak odečteme (tzv. **inverzní tok**)

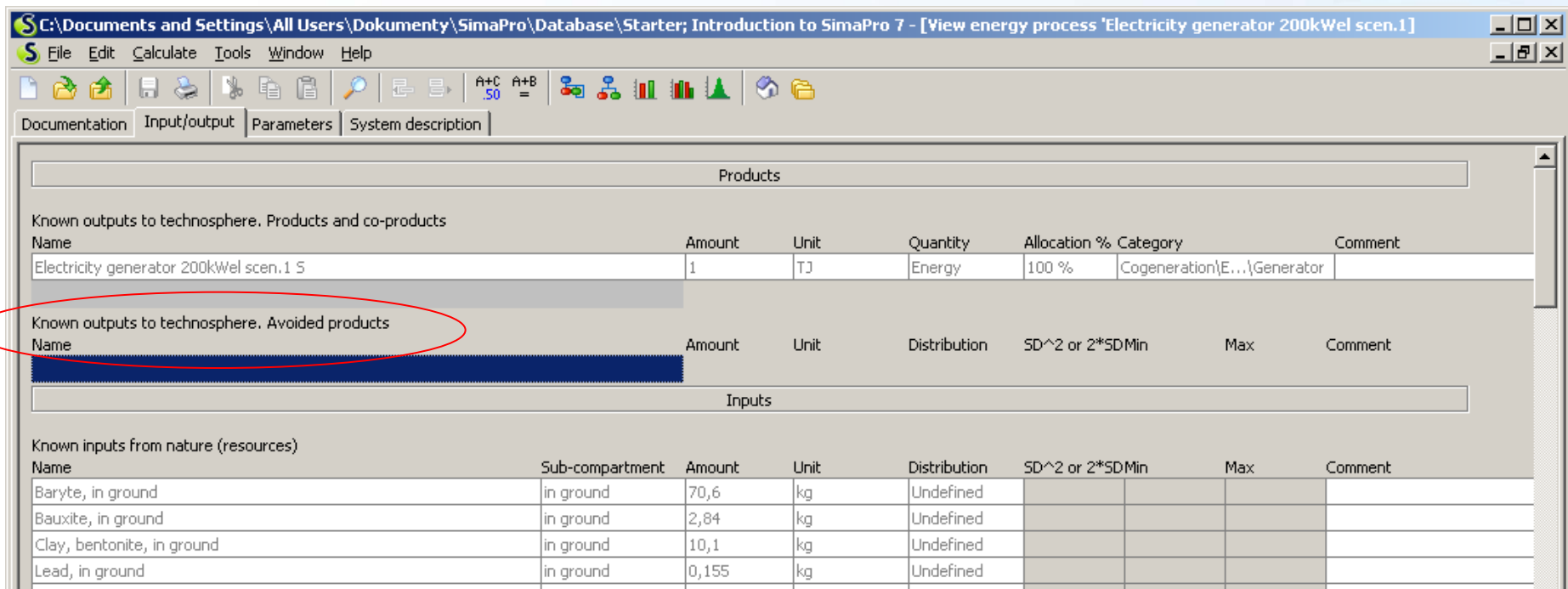


- např. výroba hovězího masa – env. dopady alok. mezi další produkty
 - o jaké procesy bychom mohli rozšířit hranic prod. systému?



Rozšíření hranic – odečtení procesu

- v programu SimaPro můžeme env. dopady vedlejšího produktu odečíst (máme-li charakterizovaný jeho ŽC)
- např. kogenerační výroba elektřiny a tepla – chceme znát env. dopady jen výroby **elektřiny** – namodelujeme LCA jiného druhu výroby tepla (třeba ve výtoně) a to pak zadáme jako „**avoided product**“



The screenshot shows the SimaPro software interface. The window title is "C:\Documents and Settings\All Users\Dokumenty\SimaPro\Database\Starter; Introduction to SimaPro 7 - [View energy process 'Electricity generator 200kWel scen.1]". The menu bar includes File, Edit, Calculate, Tools, Window, and Help. The toolbar contains various icons for file operations and calculations. The main window has tabs for Documentation, Input/output, Parameters, and System description. The 'Products' section is active, showing a table of known outputs to the technosphere. The 'Avoided products' section is highlighted with a red circle, indicating the process being subtracted. The 'Inputs' section is also visible, showing known inputs from nature (resources).

Products							
Known outputs to technosphere. Products and co-products							
Name	Amount	Unit	Quantity	Allocation %	Category	Comment	
Electricity generator 200kWel scen.1 5	1	TJ	Energy	100 %	Cogeneration\E...\Generator		

Known outputs to technosphere. Avoided products							
Name	Amount	Unit	Distribution	SD^2 or 2*SDMin	Max	Comment	

Inputs							
Known inputs from nature (resources)							
Name	Sub-compartment	Amount	Unit	Distribution	SD^2 or 2*SDMin	Max	Comment
Baryte, in ground	in ground	70,6	kg	Undefined			
Bauxite, in ground	in ground	2,84	kg	Undefined			
Clay, bentonite, in ground	in ground	10,1	kg	Undefined			
Lead, in ground	in ground	0,155	kg	Undefined			

2) Alokace mezi jednotlivé produkty

1) za použití **fyzikálních** vlastností určíme %:
- množstevní či energetická alokace

2) za použití **socio-ekonomických** vlastností určíme %



	<u>Alokace</u>	
	hmot.	ekon.
Elektrolýza solanky	Chlor 46%	63%
	NaOH 52%	35%
	Vodík 2%	2%



2) Alokace mezi jednotlivé produkty

1) za použití **fyzikálních** vlastností určíme %:
- množstevní či energetická alokace

2) za použití **socio-ekonomických** vlastností určíme %

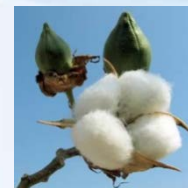
	<u>Alokace</u>		hmot.		ekon.
	hmot.	ekon.			
Elektrolýza solanky	Chlor	46%	63%		88%
	NaOH	52%	35%		
	Vodík	2%	2%		

- vliv použití alokačního pravidla je vhodné ověřit **analýzou citlivosti** !



Alokace mezi jednotlivé produkty

- alokace mezi jednotlivé produkty (procesy) popisuje **alokační faktor**
- např. určitý tok se rozděluje mezi dva procesy A a B v poměru 37 % a 63 %
- alokační faktory pak mají hodnotu
$$AF_r(A) = 0,37$$
$$AF_r(B) = 0,63$$
- ověření správnosti alokace – env. dopady jednotlivých alokovaných podílů = 100 %



hmot.

37%



ekon.

88%

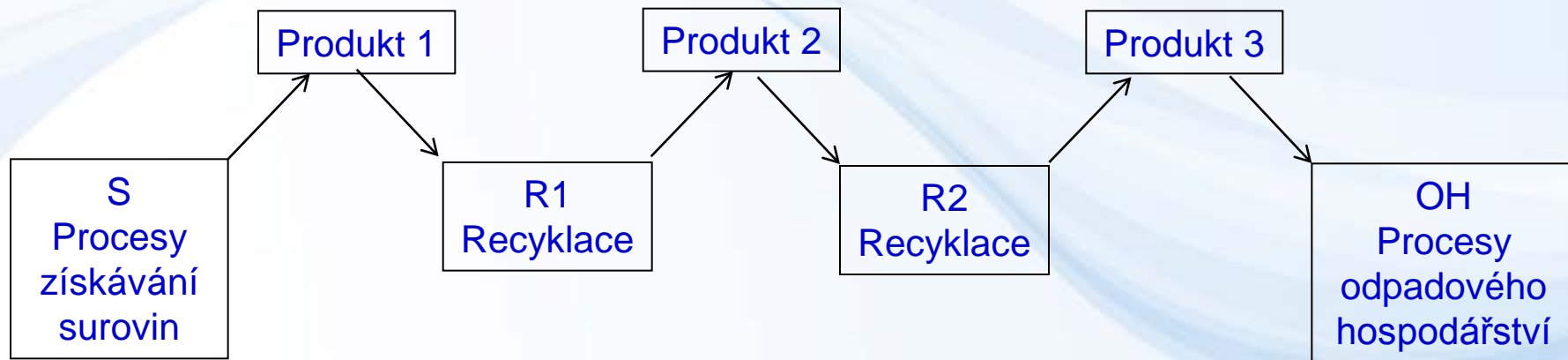
63%



12%



Alokace otevřené externí recyklace I

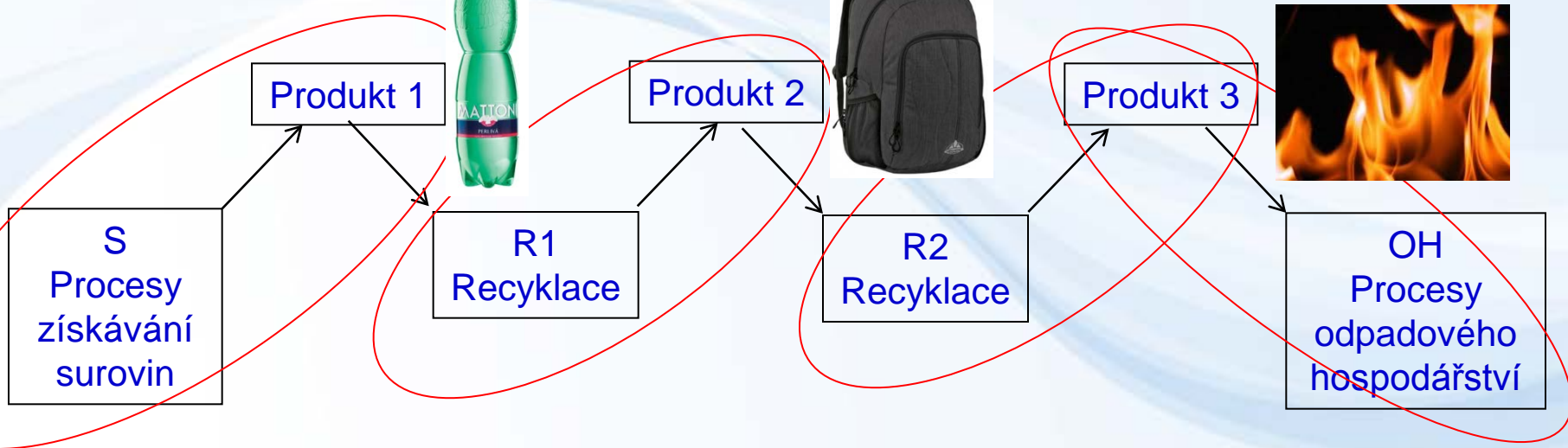


Cut-off alokace

- env. dopady se přiřazují procesům bezprostředně spojených s daným produktem



Alokace otevřené externí cykly I

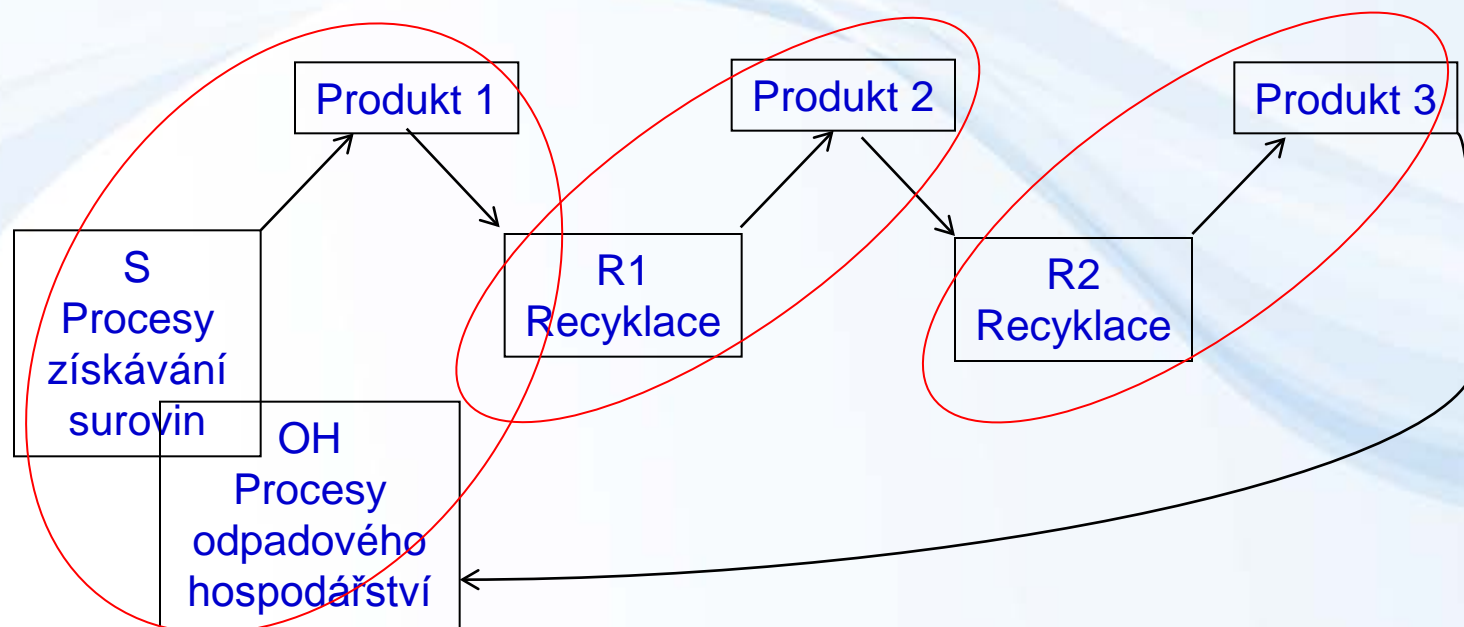


Cut-off alokace

- env. dopady se přiřazují procesům bezprostředně spojených s daným produktem
- procesy spojené s recyklací R1 jsou alokovány k Prod. 2,...
- env. dopady (ED) se pak alokují: **ED1 = S**
ED2 = R1
ED3 = R2 + OH



Alokace otevřené externí recyklace II



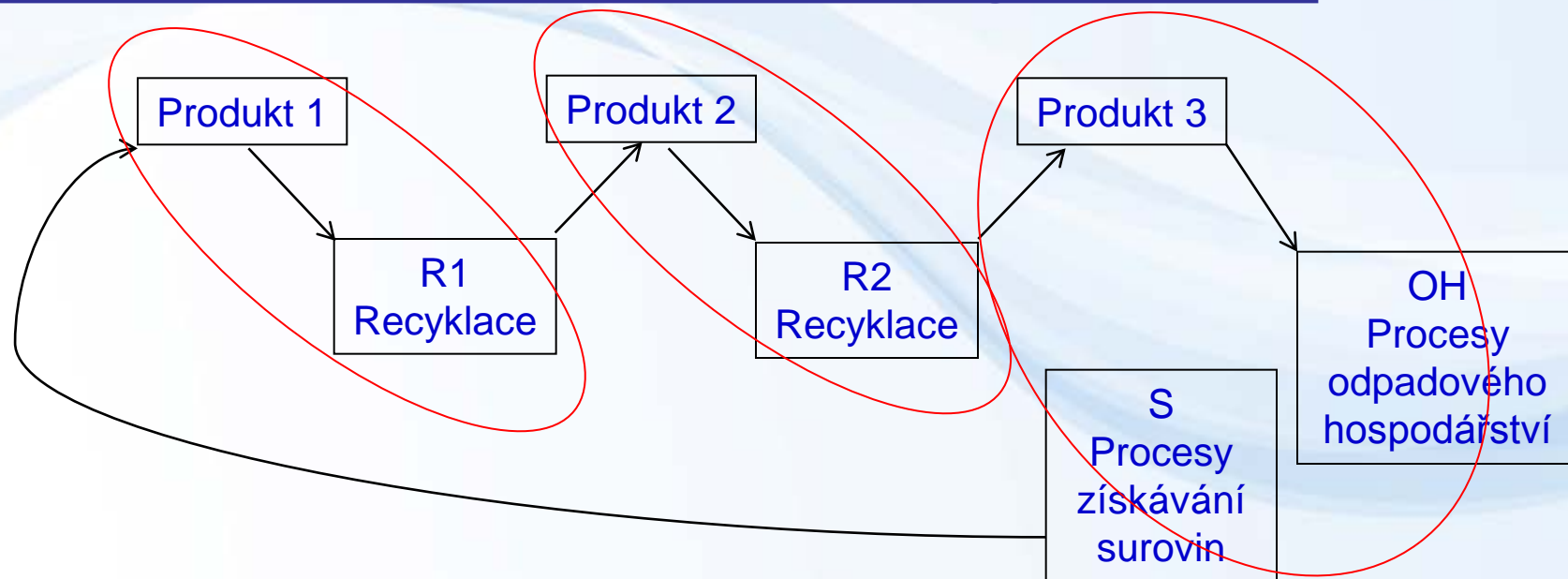
- je také možno přiřadit env. dopady **OH** k Produktu 1 dle logiky, kdy k procesu získávání surovin přiřadíme i proces likvidace odpadů
- env. dopady (ED) se pak alokují: **ED1 = S + OH**

$$ED2 = R1$$

$$ED3 = R2$$



Alokace otevřené externí recyklace III

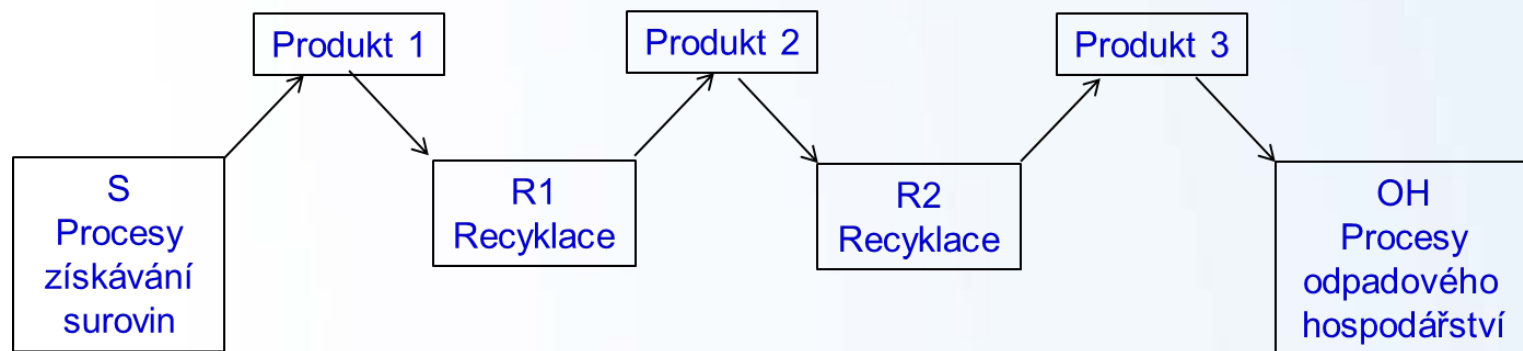


- recykl. materiály mohou být ale vnímány jako suroviny, jež by v případě odstranění musely být nahrazeny jinými sur., jejichž získávání by představ. env dopady
- env. dopady (ED) se pak alokují: $ED1 = R1$
 $ED2 = R2$
 $ED3 = S+OH$



Alokace otevřené externí recyklace IV

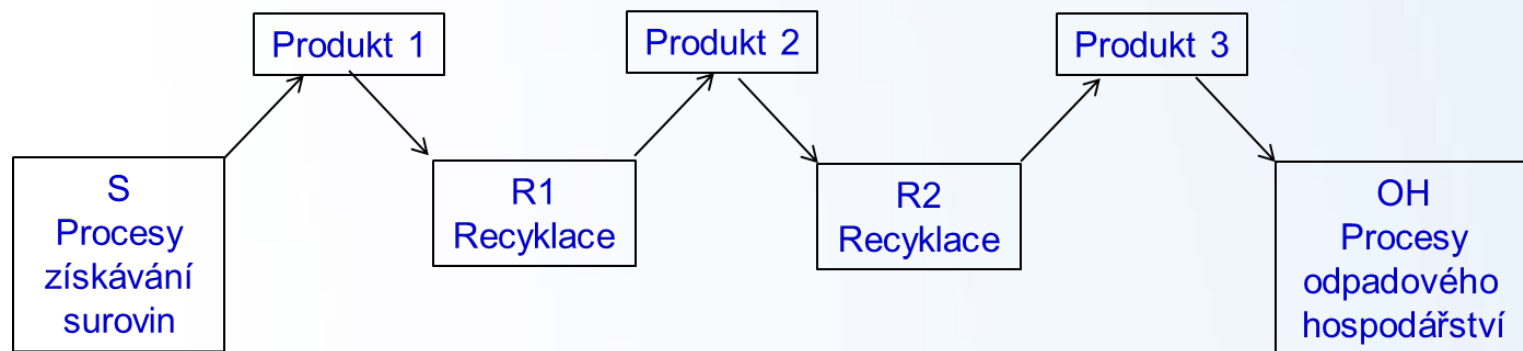
- diskutované alokační postupy se snaží identifikovat podíl jednotlivých produktů na env. dopadech produkt. systému
- rozšíření hranic systému tak, aby zahrnoval všechny produkty a procesy s nimi spojené by bylo ideální, ale obrovsky by stoupla datová náročnost
- rozšíření syst. je možno aproximovat **uzavřenou interní recyklací = env. dopady se rozdělí rovným dílem**
- toto možné jen u materiálů bez změny kvality – např. kovy



- **ED1=?**

Alokace otevřené externí recyklace IV

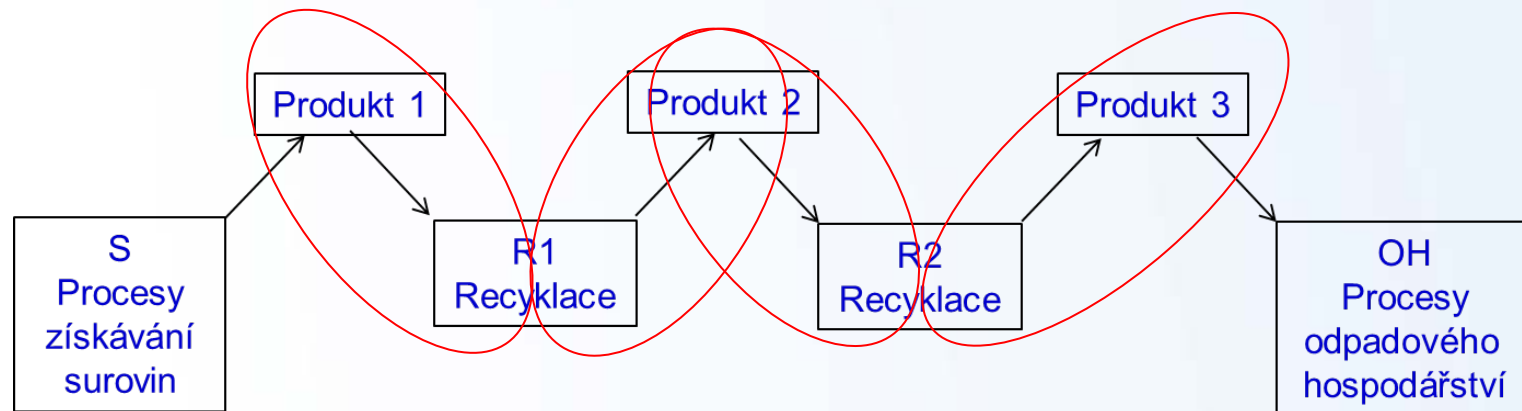
- diskutované alokační postupy se snaží identifikovat podíl jednotlivých produktů na env. dopadech produkt. systému
- rozšíření hranic systému tak, aby zahrnoval všechny produkty a procesy s nimi spojené by bylo ideální, ale obrovsky by stoupla datová náročnost
- rozšíření syst. je možno aproximovat **uzavřenou interní recyklací = env. dopady se rozdělí rovným dílem**
- toto možné jen u materiálů bez změny kvality – např. kovy



- **$ED1=ED2=ED3=S/3+(R1+R2)/3+OH/3$**

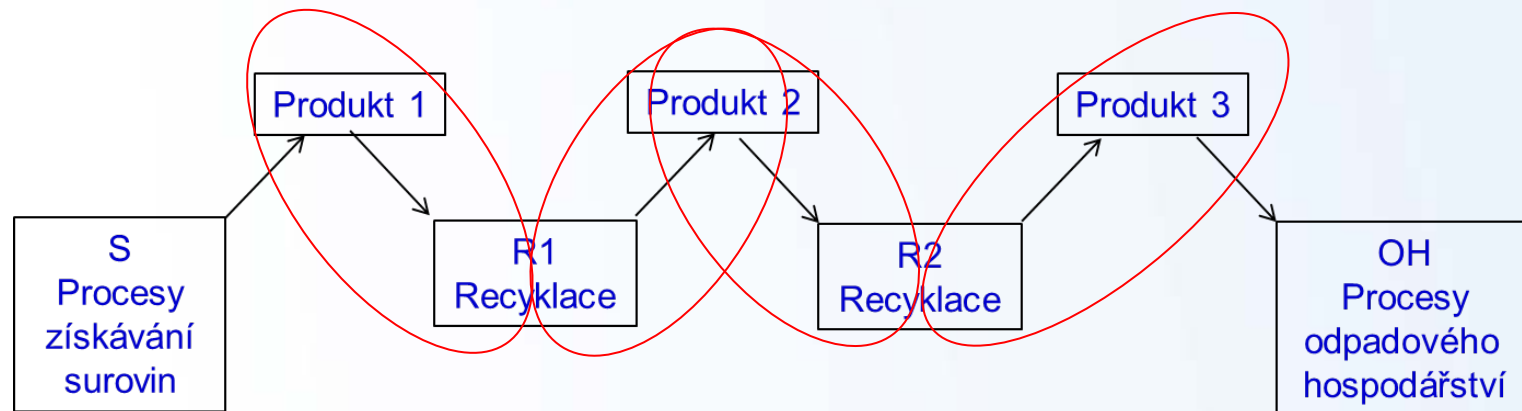
Alokace otevřené externí recyklace V

- můžeme také alokovat ekonomicky – např. dle toho, kdo kolik platí za recyklaci:
 - např. Prod. 1 platí 100 Kč za likvidaci
 - Prod. 2 platí 200 Kč za nákup recykl. mater. a 50 Kč za recyklaci svého produktu
 - Prod. 3 platí 150 Kč za nákup prod.



Alokace otevřené externí recyklace V

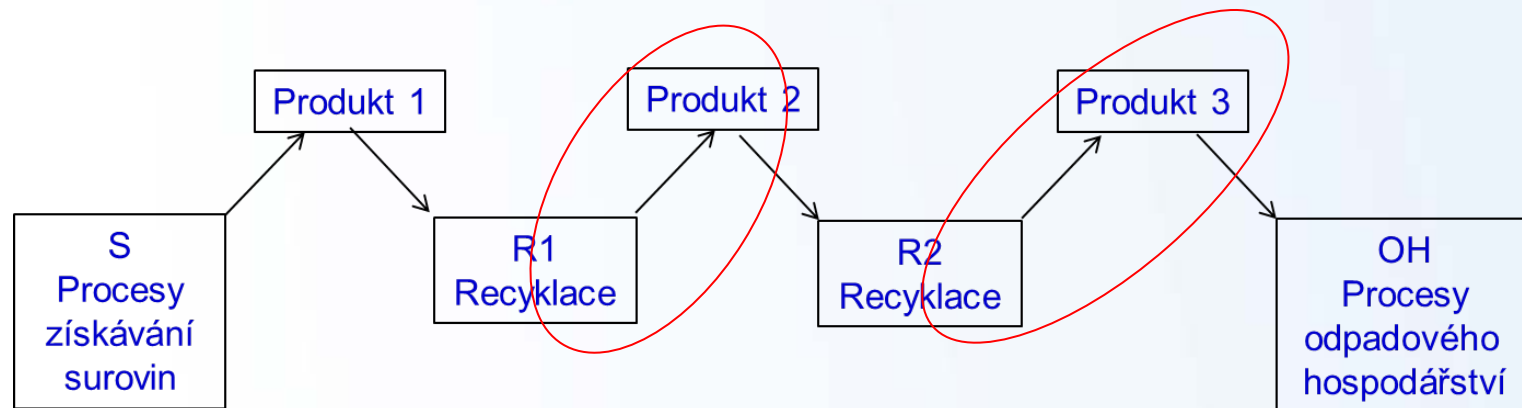
- můžeme také alokovat ekonomicky – např. dle toho, kdo kolik platí za recyklaci:
 - např. Prod. 1 platí 100 Kč za likvidaci
 - Prod. 2 platí 200 Kč za nákup recykl. mater. a 50 Kč za recyklaci svého produktu
 - Prod. 3 platí 150 Kč za nákup prod.



- jak ekonomicky alokovat ED recyklace pokud sběr recyklovatelného materiálu hradí město?

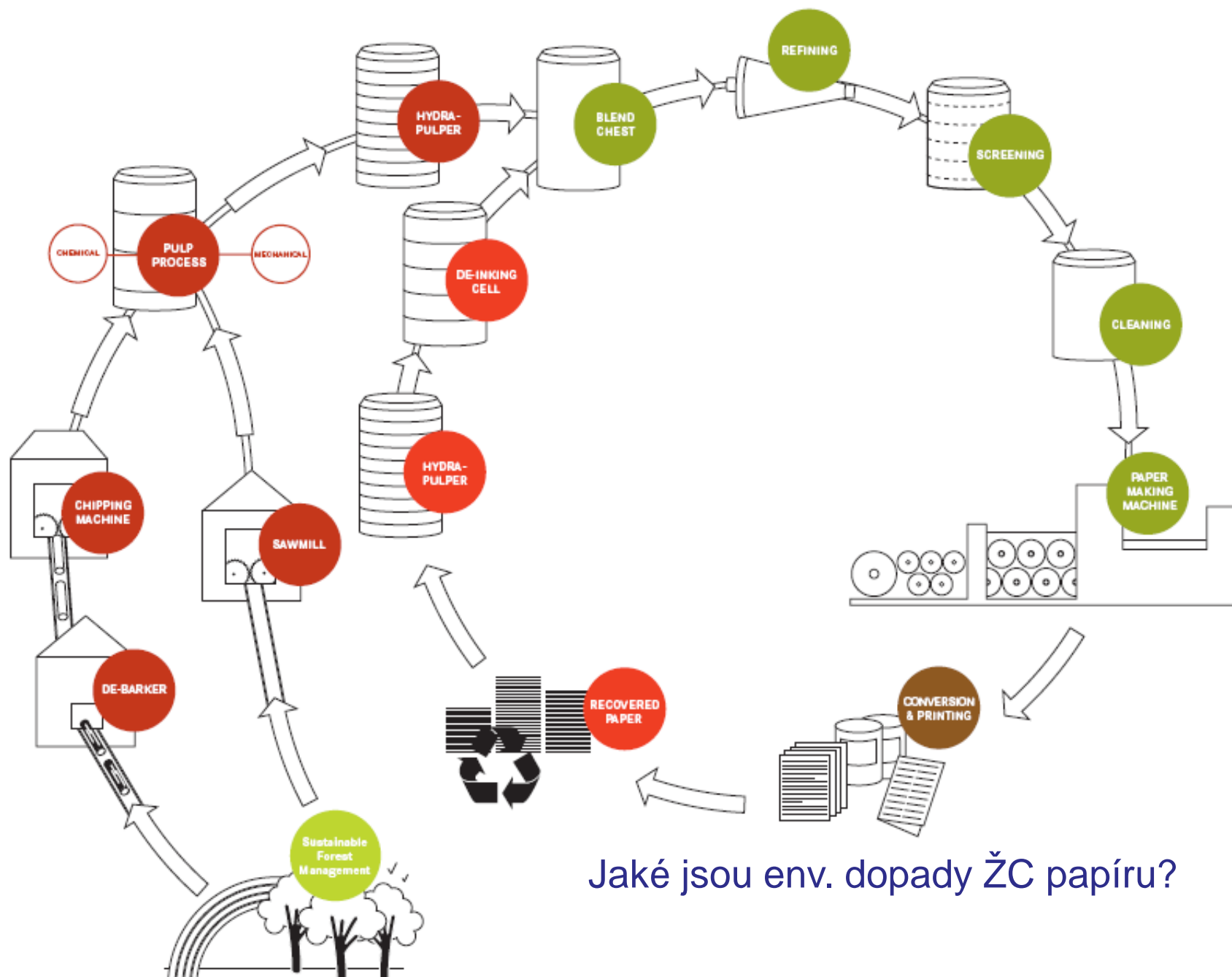
Alokace otevřené externí recyklace V

- můžeme také alokovat ekonomicky – např. dle toho, kdo kolik platí za recyklaci:
 - např. Prod. 1 platí 100 Kč za likvidaci
 - Prod. 2 platí 200 Kč za nákup recykl. mater. a 50 Kč za recyklaci svého produktu
 - Prod. 3 platí 150 Kč za nákup prod.



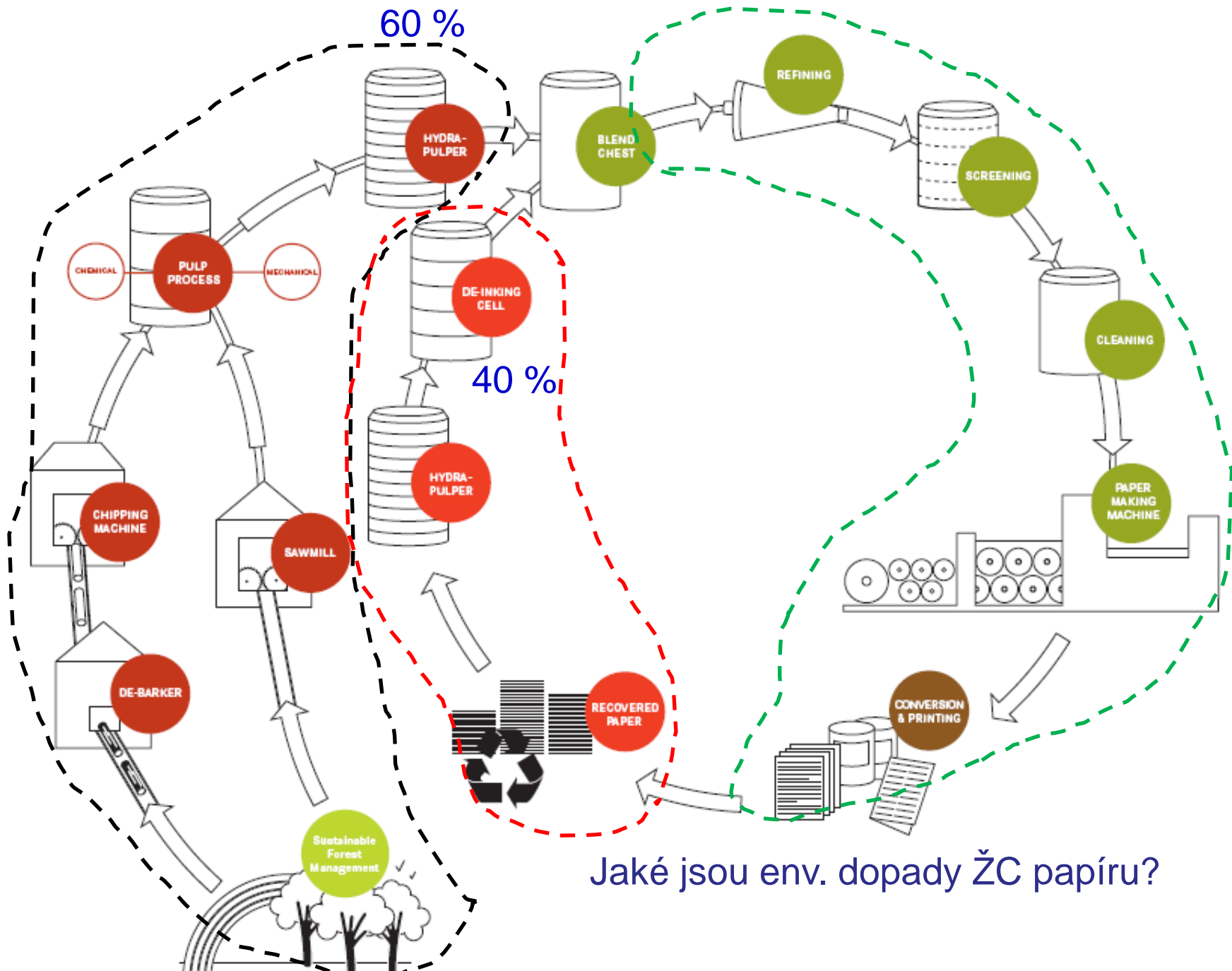
- - jak ekonomicky alokovat ED recyklace pokud sběr recyklovatelného materiálu hradí město?

The Papermaking Process



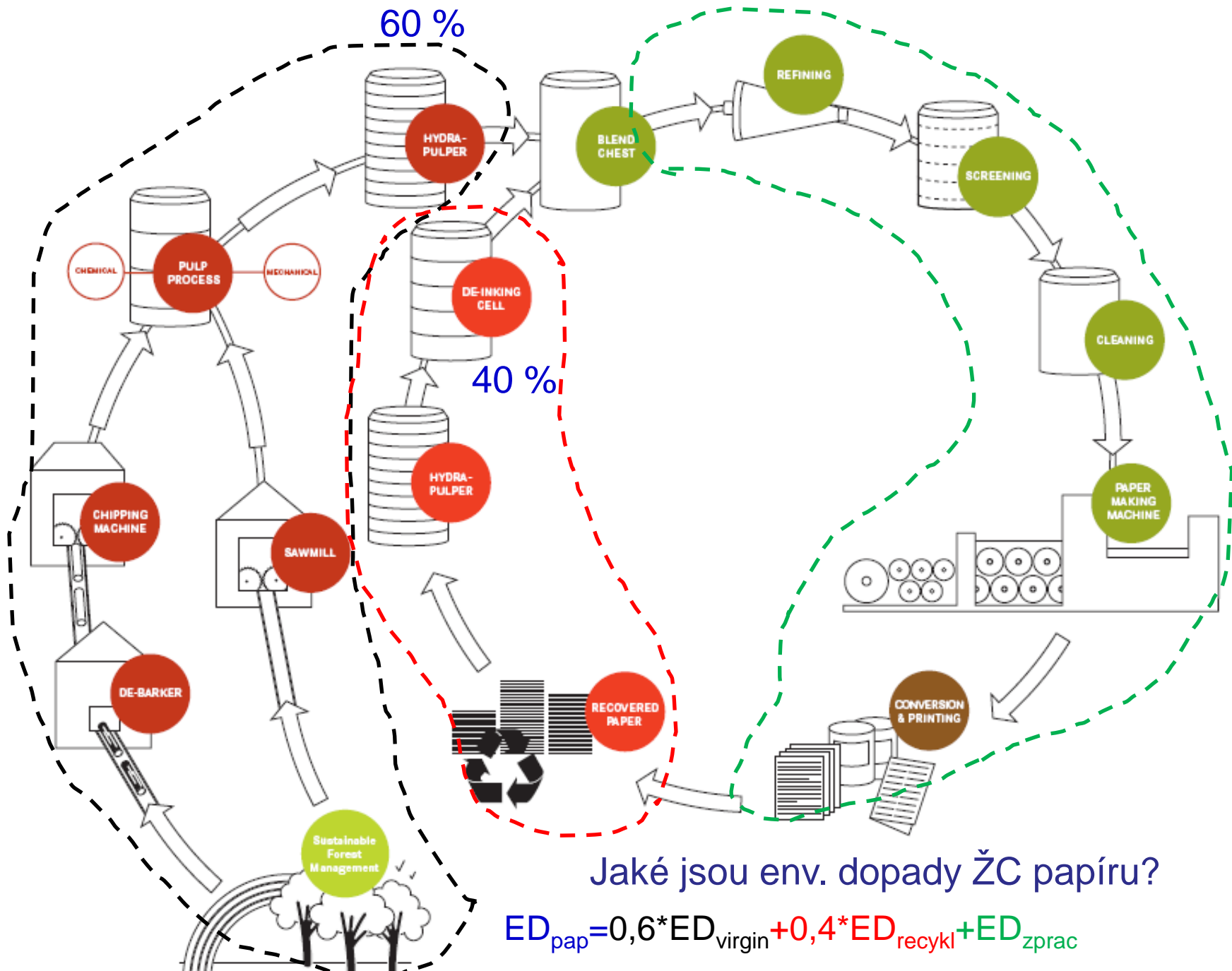
Jaké jsou env. dopady ŽC papíru?

The Papermaking Process



Jaké jsou env. dopady ŽC papíru?

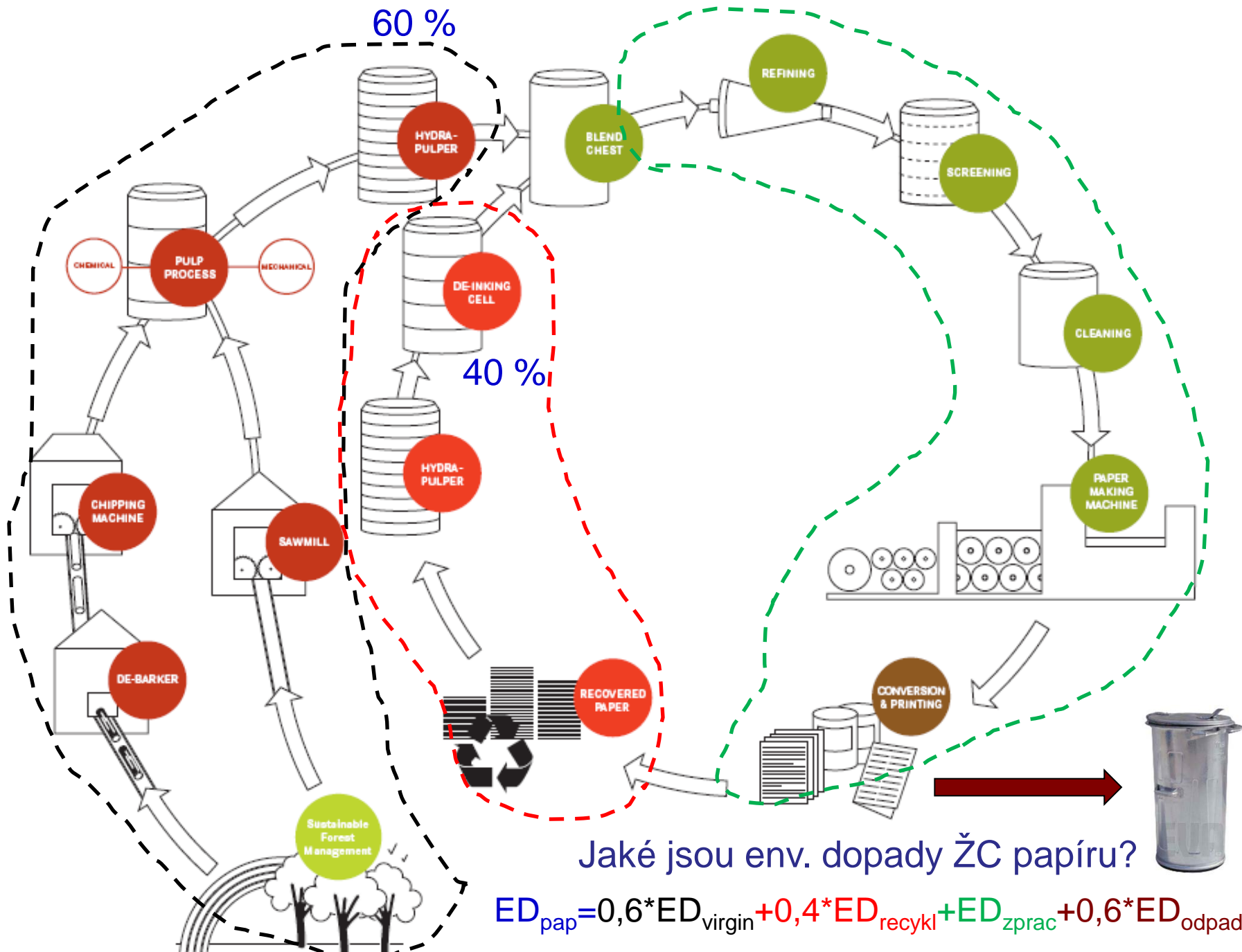
The Papermaking Process



Jaké jsou env. dopady ŽC papíru?

$$ED_{\text{pap}} = 0,6 * ED_{\text{virgin}} + 0,4 * ED_{\text{recykl}} + ED_{\text{zprac}}$$

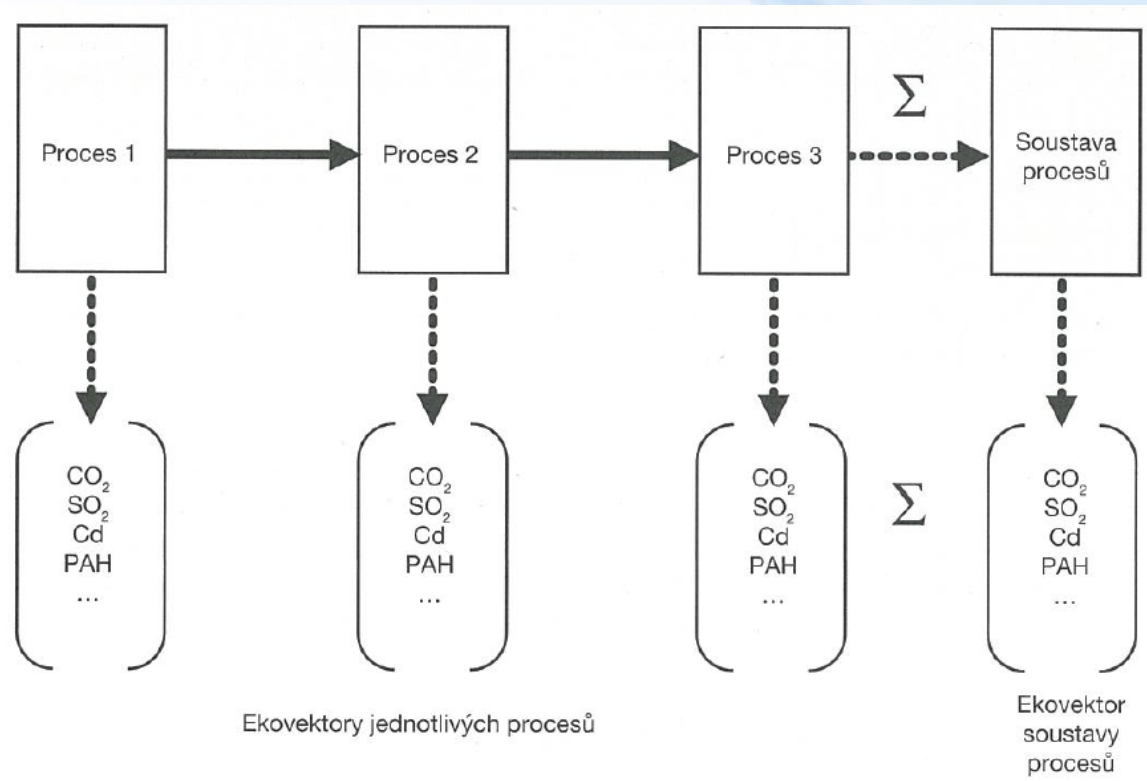
The Papermaking Process



$$ED_{\text{pap}} = 0,6 * ED_{\text{virgin}} + 0,4 * ED_{\text{recykl}} + ED_{\text{zprac}} + 0,6 * ED_{\text{odpad}}$$

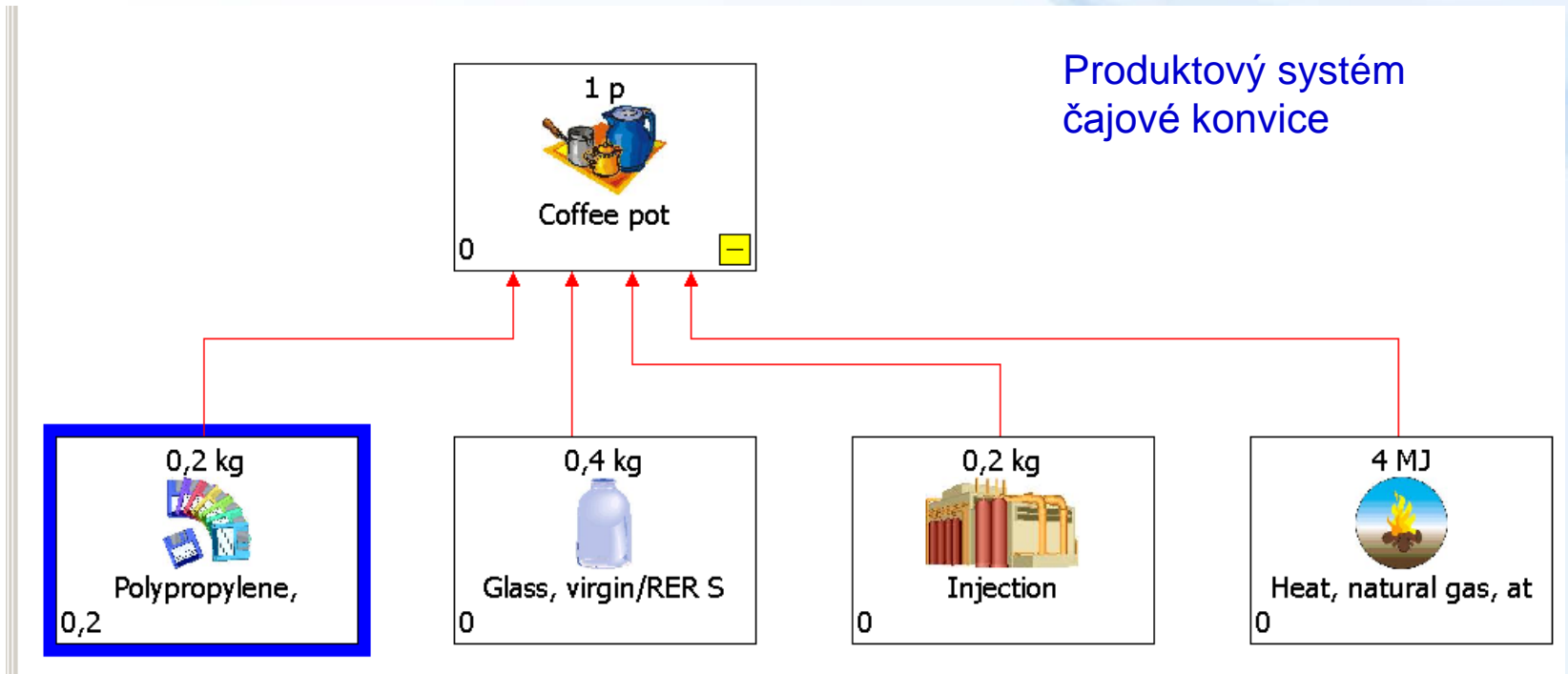
Ekovektor

- vyčíslení množství spotřebovaných surovin a E a odpadů
- vztažené k FU, která je vyjádřena referenčním tokem
- název ekovektor vychází z maticového počtu, kde se počítají vstupy a výstupy všech jednotkových procesů ŽC produktu



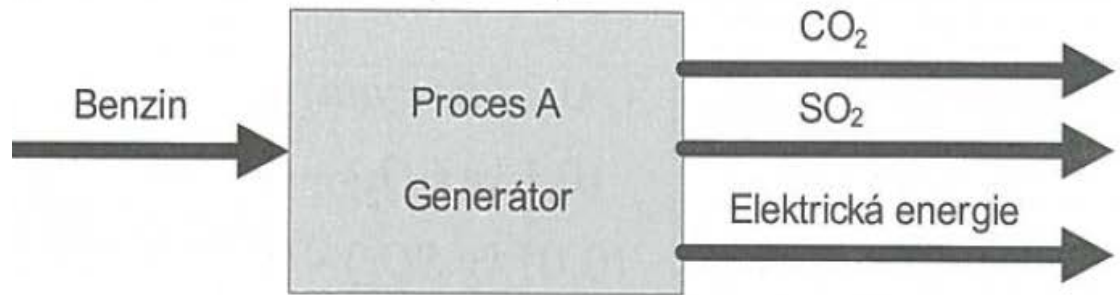
Ekovektor

- sběr dat o vstupech/výstupech je velmi náročný
- zjišťuje se nejlépe přímo od výrobců produktů, nebo z [IRZ](#) (Integrovaný Registr Znečištění - emise) či z databází



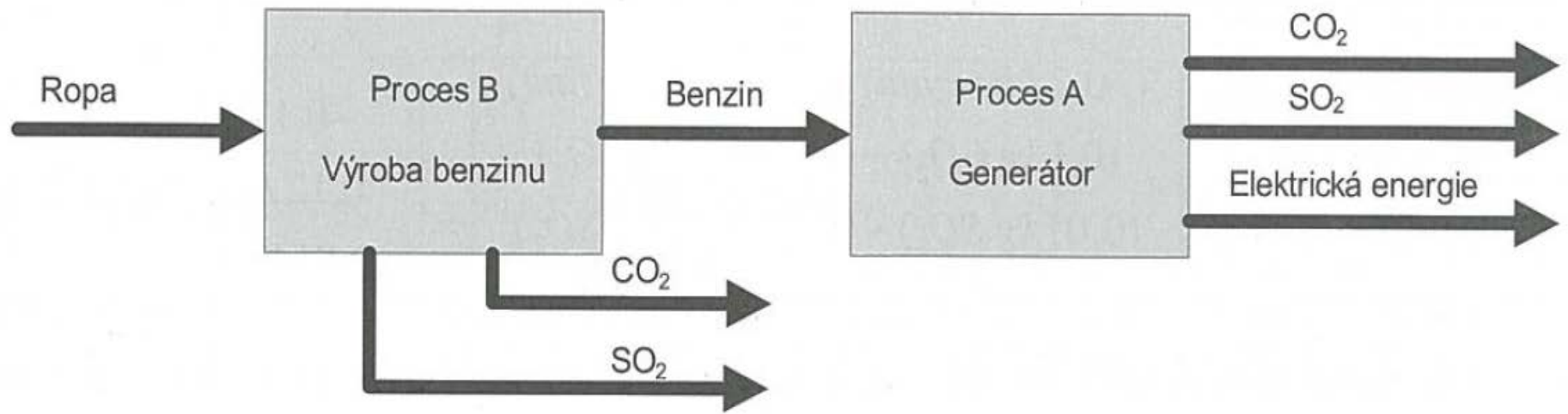
Ekovektor – maticový výpočet

- př.: LCA výroby elektřiny v benzínovém generátoru



Ekovektor – maticový výpočet

- př.: LCA výroby elektřiny v benzínovém generátoru



Ekovektor – maticový výpočet

- výroba **1 kWh elektřiny** v generátoru (proces A)
 - inventura toků –10kWh E:

spotřeba 2 l benzínu
emise 0,1 kg CO₂
0,01 kg SO₂

$$V_{1e} = \begin{pmatrix} -0,2 \text{ l benzínu} \\ 0,1 \text{ kg CO}_2 \\ 0,01 \text{ kg SO}_2 \\ 1 \text{ kWh el. E} \end{pmatrix}$$

- výroba **1 l benzínu** (proces B)
 - inventura toků –100 l benzínu:

spotřeba 500 l ropy
emise 10 kg CO₂
2 kg SO₂

$$V_{2m} = \begin{pmatrix} -5 \text{ l ropy} \\ 0,1 \text{ kg CO}_2 \\ 0,02 \text{ kg SO}_2 \\ 1 \text{ l benzínu} \end{pmatrix}$$



Ekovektor – maticový výpočet

- sloučení obou ekovektorů v jeden odpovídající výrobě 1kWh

$$V_{celk.e} = V_{1e} + 0,2 * V_{2m} = \left(\begin{array}{ll} -0,2 \text{ l benzínu} & + 0,2 * 1 \text{ l benzínu} \\ 0,1 \text{ kg CO}_2 & + 0,2 * 0,1 \text{ kg CO}_2 \\ 0,01 \text{ kg SO}_2 & + 0,2 * 0,02 \text{ kg SO}_2 \\ 1 \text{ kWh el. E} & + 0,2 * 0 \\ 0 & + 0,2 * (-5) \text{ l ropy} \end{array} \right)$$

$$V_{celk.e} = V_{1e} + 0,2 * V_{2m} = \left(\begin{array}{l} 0,12 \text{ kg CO}_2 \\ 0,014 \text{ kg SO}_2 \\ 1 \text{ kWh el. E} \\ -1 \text{ l ropy} \end{array} \right)$$



Využití software pro modelaci

- ekovektor
- data z databází

The screenshot shows the SimaPro software interface. The top menu bar includes File, Edit, Calculate, Tools, Window, and Help. Below the menu is a toolbar with various icons. The main window displays the 'Inventory' tab, showing a list of substances and their associated compartments, units, and total values. The table is filtered by 'Inventory' and '0%' cut-off. The table has columns for Substance, Compartment, Unit, Total, and several indicators (Polypropylene, granulate, at plant/RER 5 demo7 and Glass, virgin/RER 5 de). The table is sorted by Total value in descending order.

Substance	Compartment	Unit	Total	Polypropylene, granulate, at plant/RER 5 demo7	Glass, virgin/RER 5 de
Aluminium, 24% in bauxite, 11% in crude ore, in ground	Raw	mg	502	112	321
Anhydrite, in ground	Raw	µg	669	522	20,1
Barite, 15% in crude ore, in ground	Raw	mg	692	0,163	450
Basalt, in ground	Raw	mg	138	0,102	102
Borax, in ground	Raw	µg	19,9	0,00464	15,7
Calcite, in ground	Raw	g	84	0,511	79,9
Carbon dioxide, in air	Raw	g	62	0,0978	46,6
Cinnabar, in ground	Raw	µg	9,12	0,00855	8,31
Clay, bentonite, in ground	Raw	mg	108	8,45	52
Clay, unspecified, in ground	Raw	g	8,61	0,16	7,35
Coal, brown, in ground	Raw	g	77,6	0,793	24,6
Coal, hard, unspecified, in ground	Raw	g	70,3	12,6	27,2
Cobalt, in ground	Raw	ng	337	0,346	203
Colemanite, in ground	Raw	µg	336	0,0505	223
Copper, 0.99% in sulfide, Cu 0.36% and Mo 8.2E-3% in crude ore, in ground	Raw	mg	4,05	0,0016	2,47
Copper, 1.18% in sulfide, Cu 0.39% and Mo 8.2E-3% in crude ore, in ground	Raw	mg	22,4	0,00886	13,7
Copper, 1.42% in sulfide, Cu 0.81% and Mo 8.2E-3% in crude ore, in ground	Raw	mg	5,94	0,00235	3,63
Copper, 2.19% in sulfide, Cu 1.83% and Mo 8.2E-3% in crude ore, in ground	Raw	mg	29,5	0,0117	18
Diatomite, in ground	Raw	ng	29,4	0,0172	14,6
Dolomite, in ground	Raw	g	40	0,000892	40
Energy, gross calorific value, in biomass	Raw	kJ	716	20,1	524
Energy, kinetic (in wind), converted	Raw	kJ	56,8	0,0124	18,6
Energy, potential (in hydropower reservoir), converted	Raw	kJ	477	107	134
Energy, solar	Raw	J	752	0,252	246
Feldspar, in ground	Raw	ng	414	0,128	50,2
Fluorine, 4.5% in apatite, 1% in crude ore, in ground	Raw	mg	76,1	0,000288	75,9
Fluorine, 4.5% in apatite, 3% in crude ore, in ground	Raw	mg	33,4	0,000653	33,3
Fluorspar, 92%, in ground	Raw	g	1,94	0,00637	1,92
Gas, mine, off-gas, process, coal mining/m3	Raw	cm3	561	1,04	263
Gas, natural, in ground	Raw	dm3	344	147	18,6
Granite, in ground	Raw	mg	8,62	5,36	3,21
Gravel, in ground	Raw	g	340	0,478	318
Gypsum, in ground	Raw	mg	2,76	2,47	0,226
Chromium, 25.5% in chromite, 11.6% in crude ore, in ground	Raw	mg	88,8	0,0278	45,2
Chrysotile, in ground	Raw	µg	99,2	0,103	90,3
Iron, 46% in ore, 25% in crude ore, in ground	Raw	g	3,81	0,296	1,79
Kaolinite, 24% in crude ore, in ground	Raw	g	1,32	2,98E-6	0,579
Kieserite, 25% in crude ore, in ground	Raw	µg	95,9	0,0489	9,79
Lead, 5%, in sulfide, Pb 2.97% and Zn 5.34% in crude ore, in ground	Raw	mg	156	0,178	69,3
Magnesite, 60% in crude ore, in ground	Raw	mg	48,7	0,164	24,6
Magnesium, 0.13% in water	Raw	µg	6,54	0,022	4,05
Manganese, 35.7% in sedimentary deposit, 14.2% in crude ore, in ground	Raw	mg	10,2	0,0405	7,02
Molybdenum, 0.010% in sulfide, Mo 8.2E-3% and Cu 1.83% in crude ore, in ground	Raw	µg	548	0,217	335
Molybdenum, 0.014% in sulfide, Mo 8.2E-3% and Cu 0.81% in crude ore, in ground	Raw	µg	78	0,0308	47,7



Využití software pro modelaci

- zobrazení jednoduchého produktového systému
- produkt – čajová konvice
- procesy spojené s produktem – v šedých rámečcích
- rozsahy environmentálních dopadů spojených s každým procesem jsou vyjádřeny tloušťkou šipky

