

INDUSTRIJSKA EKOLOGIJA

Metabolizam industrijskih sistema

dr Srđan Glišović, red. prof.
srdjan.glisovic@znrfak.ni.ac.rs

Univerzitet u Nišu



Metabolizam

Kako to radi priroda...

Kako to radi priroda...

METABOLIZAM



Metabolizam (gr: μεταβολήσμός - promena) - biohemijski proces u kome dolazi do modifikacije hemijskih jedinjenja u živim organizmima i ćelijama.

Sveukupni biohemijski procesi u jednom organizmu se jednom rečju nazivaju **metabolizam**.

Metabolizam se deli na **anabolizam** odnosno biosintezu (stvaranje) kompleksnih organskih molekula i na **katabolizam** koji je obrnuti proces od anabolizma - razdvajanje kompleksnih organskih jedinjenja u jednostavnija jedinjenja.

Kako to radi priroda...

METABOLIZAM



ANABOLIZAM

Anabolizam je proces stvaranja kompleksnih jedinjenja od jednostavnih organskih molekula:

- Glikogeneza
- Glukoneogeneza

KATABOLIZAM

Katabolizam ugljenih hidrata
Glikogenoliza proces razgradnje glikogena do glukoze
Glikoliza proces razgradnje glukoze do piruvata uz produkciju ATP

Sekundarni metabolizam,
metabolizam koji nije neophodan za rast, preživljavanje i reprodukciju, ali ima ekološke funkcije.

Kako to radi priroda...

METABOLIZAM



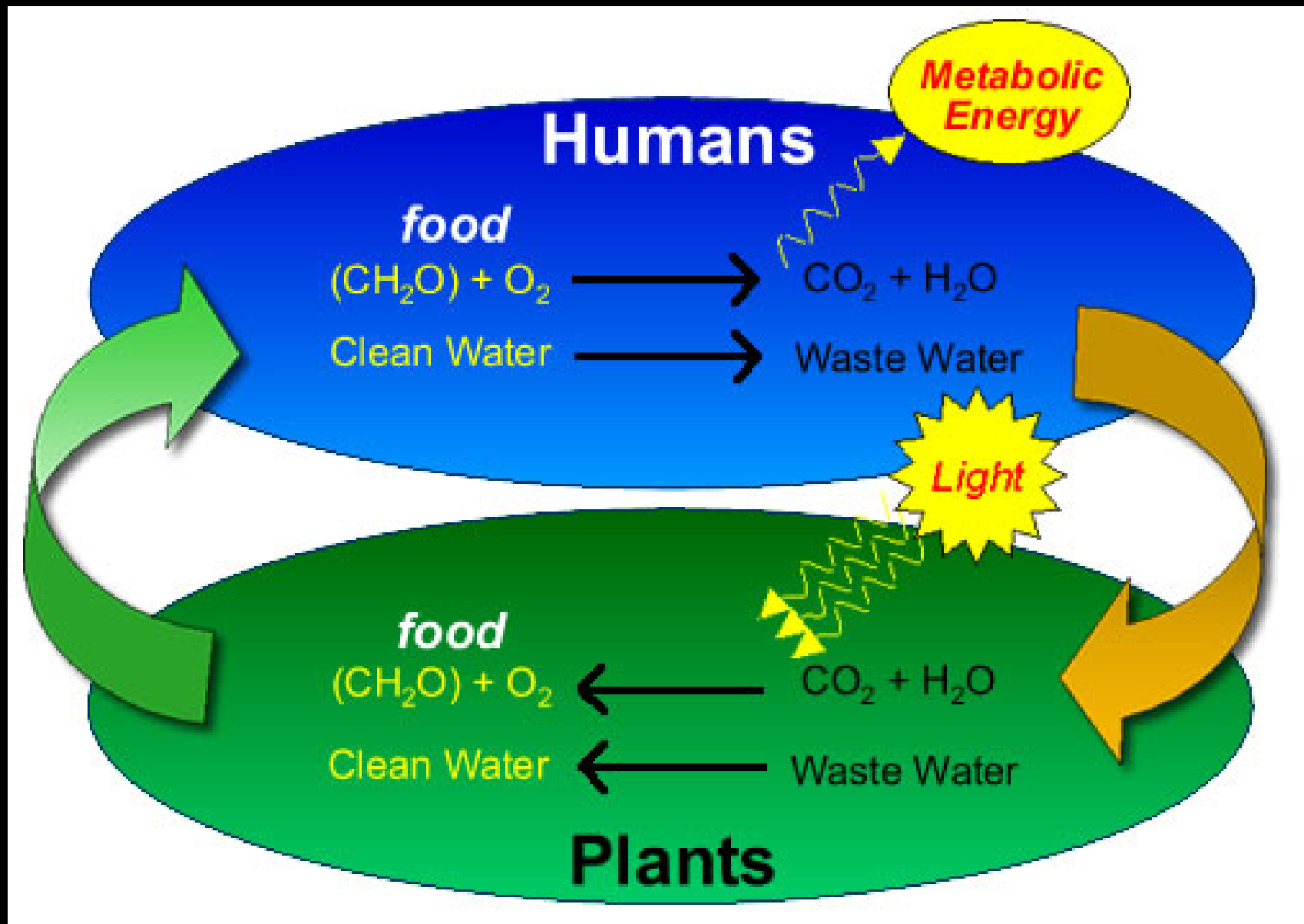
Metabolizam Azota

Azotni metabolizam podrazumeva procese u kojima se sintetiše i u kojima dolazi do ispuštanja azota iz organizama, kao i biološki proces azotnog ciklusa

Metabolizam ugljenih hidrata

U jetri, - polisaharid se pretvara reakcijom u glikogen, koji će biti transformisan u glukozu, koja će zatim naći put do krvotoka.

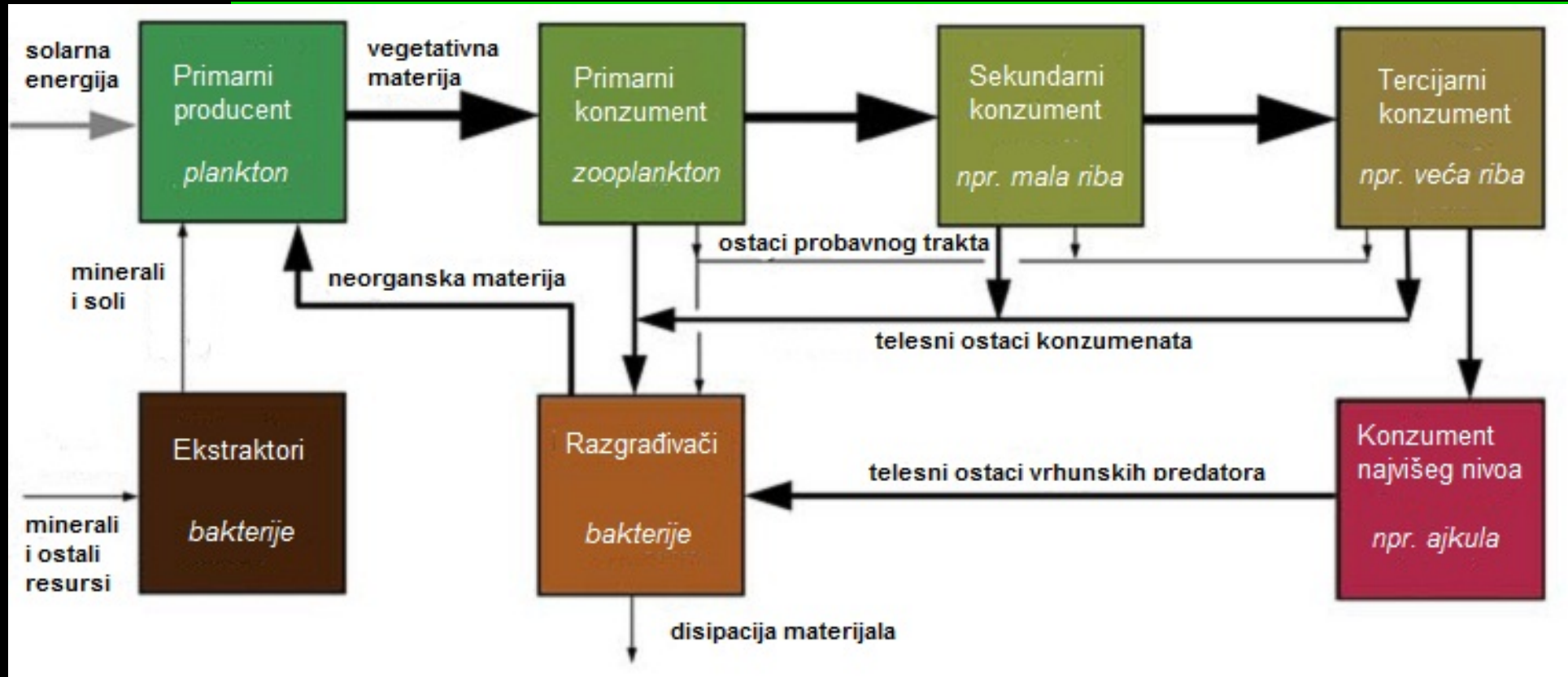
Kako to radi priroda...



Ekosistem i industrijski sistem - analogije

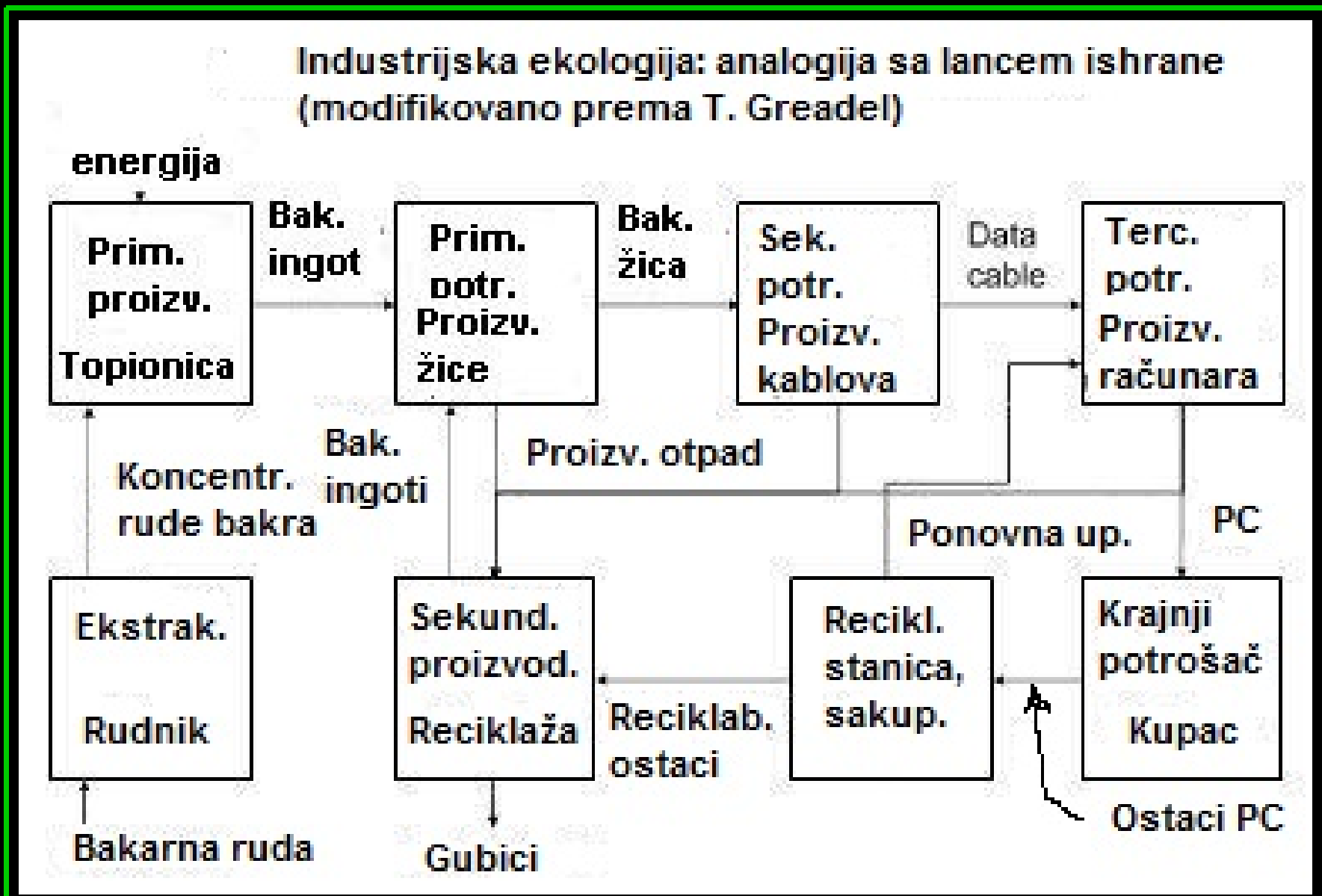
BIOSFERA	TEHNOSFERA
Životna sredina	Tržište
Organizam	Kompanija
Prirodni produkt	Industrijski proizvod
Prirodna selekcija	Konkurencija
Ekosistem	Eko-industrijski parkovi
Ekološka niša	Tržišna niša
<u>Anabolizam - Katabolizam</u>	<u>Proizvodnja - upravljanje otpadom</u>
Mutacija i selekcija	Projektovanje ekološki podobnih proizvoda
Sukcesija	Ekonomski rast
Adaptacija	Inovacija
Lanac ishrane	Životni ciklus proizvoda

Kako to radi priroda:



Zatvoreni ciklus lanca ishrane, dekompozicija i recirkulacija materije

“Lanac ishrane” u antropogenom sistemu:



Anropogeni, poluotvoreni sistem

**Metabolizam
ANTROPOGENIH
sistema**

METABOLIZAM INDUSTRIJSKIH SISTEMA

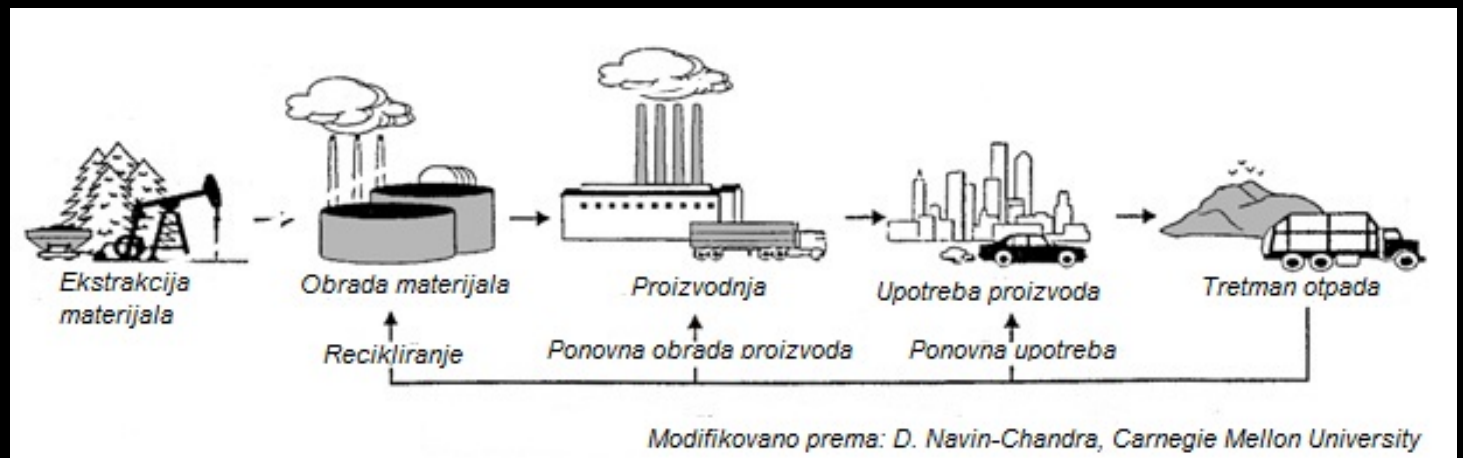


Metabolizam industrijskih sistema se odnosi na protok i transformaciju materijala i energije kroz antropogeni sistem u kome se, angažovanjem ljudskog rada, stvaraju dobra (proizvodi) i nusproizvodi (otpad u sva tri agregatna stanja, i energetske viškovi iz proizvodnih procesa).

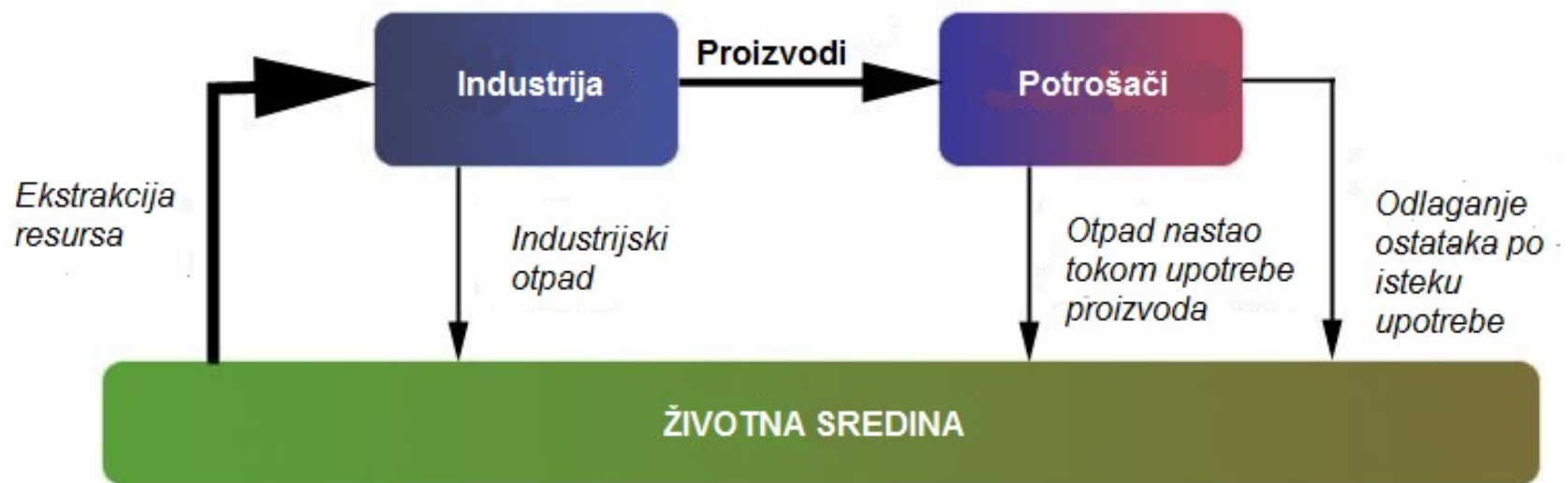
Nastojanje da se upotrebe nusproizvodi je motorna snaga evolucije industrijskih sistema:

- **prirodni gas je prvobitno spaljivan na naftonosnim poljima, a postao je primarni energent krajem XX veka; đubriva, sintetička guma**
- **hlor – nusproizvod u proizvodnji hemikalija sa sodijumom**

Tipičan industrijski sistem



Generički prikaz otvorenog (brutalnog) industrijskog ciklusa



OSNOVNE RAZLIKE IZMEĐU PRIRODNIH I INDUSTRIJSKIH METABOLIČKIH PROCESA



1. Motorna snaga prirodnih sistema je solarna radijacija – proizvodnja energije antropogenih sistema je prostorno distribuisana.

2. Prirodni metabolički procesi se odvijaju u uslovima atmosferske temperature i pritiska – industrijski metabolički procesi po pravilu zahtevaju uslove povišene temperature i pritiska.

3. Prirodna transformacija materijala ima karakteristike kontinualnog procesa – antropogena transformacija materijala predstavlja seriju diskretnih transformacija (industrijskih operacija)

METABOLIZAM INDUSTRIJSKIH SISTEMA i ZAKON O ODRŽANJU MASE



Analiza protoka materije se zasniva na zakonu o održanju mase (masa ne može nestati ni nastati unutar zatvorenog sistema)

Primena zakona o održanju mase pomaže u proceni materijalnih tokova industrijskih procesa i potrošačkih aktivnosti čak i u uslovima nepotpunih podataka.

Analiza protoka energije i mase otkriva netransparentne (skrивene) tokove materijala (rudnici, termocentrale, fabrike, farme, deponije)

METABOLIZAM INDUSTRIJSKIH SISTEMA



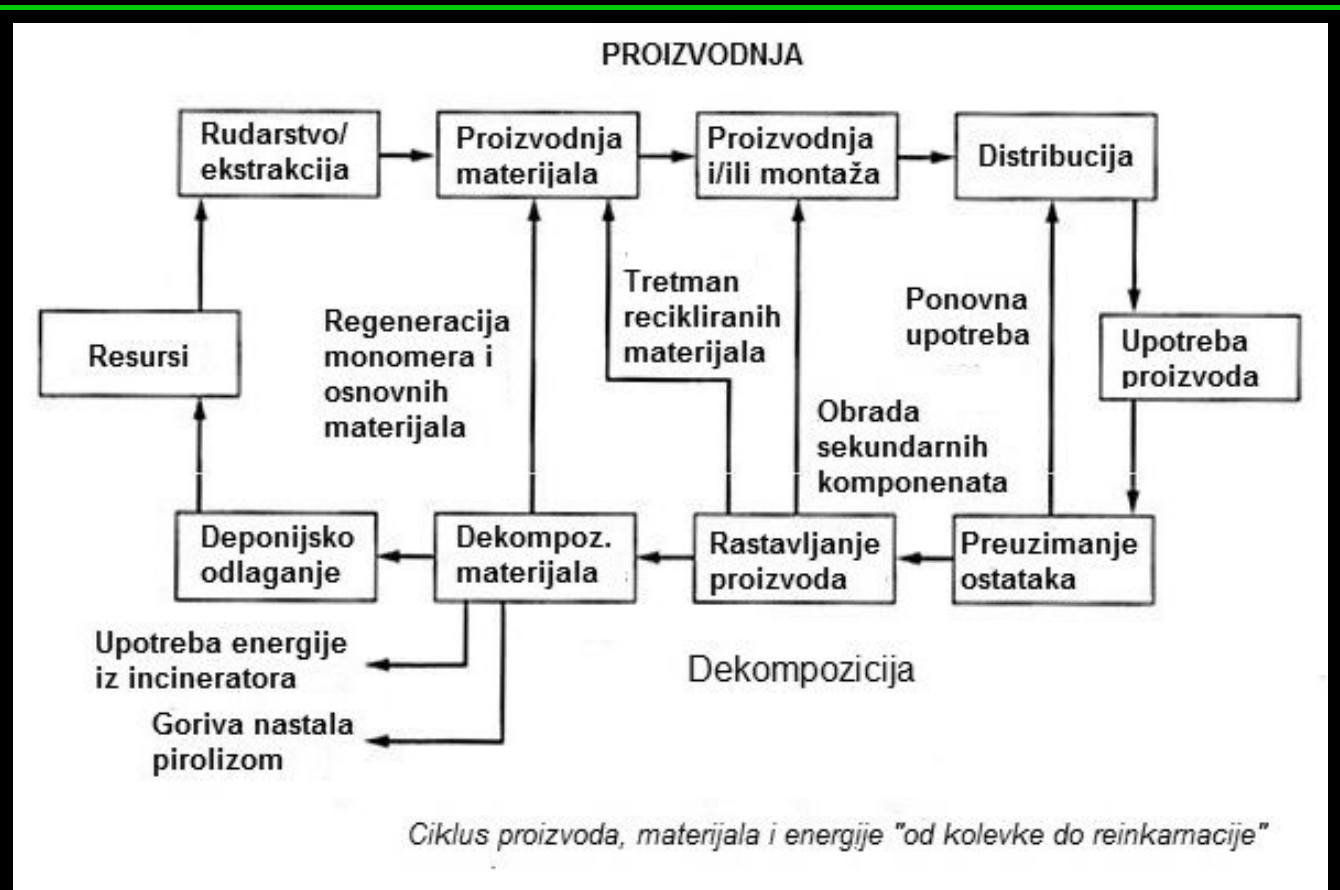
Analiza industrijskog metabolizma obuhvata:

- **Glavne tokove materijala**
(kvantiteti su ponekad
izraženi u milionima tona)
- **Toksične materije**
(kvantiteti su često izraženi u
mikrogramima)

**Protoci velikog obima: ugljovodonici,
proizvodnja energije, azot u
poljoprivrednoj proizvodnji**

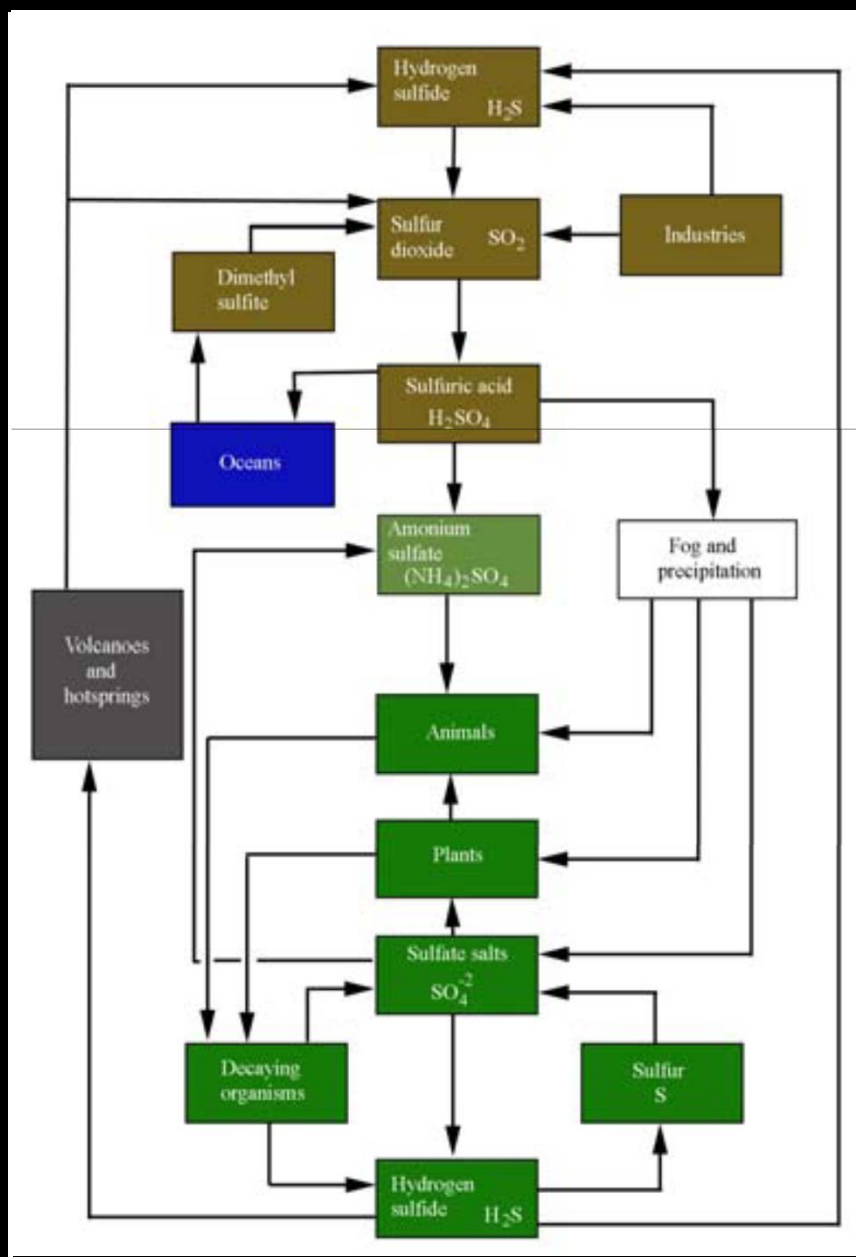
**Protoci malog obima: toksične materije
koje ulaze u lanac ishrane i prete
biološkom balansu ekosistema**

Simulacija prirodnog sistema



**Interkonekcija
prirodnog i
industrijskog
sistema**

(generički prikaz)



METABOLIZAM INDUSTRIJSKIH SISTEMA – granice sistema



**Industrijski metabolizam se
proučava unutar granica
definisanog sistema**

**Unutar definisanog sistema
treba prepoznati prelaz
materije iz prirodnog u
antropogeni domen**

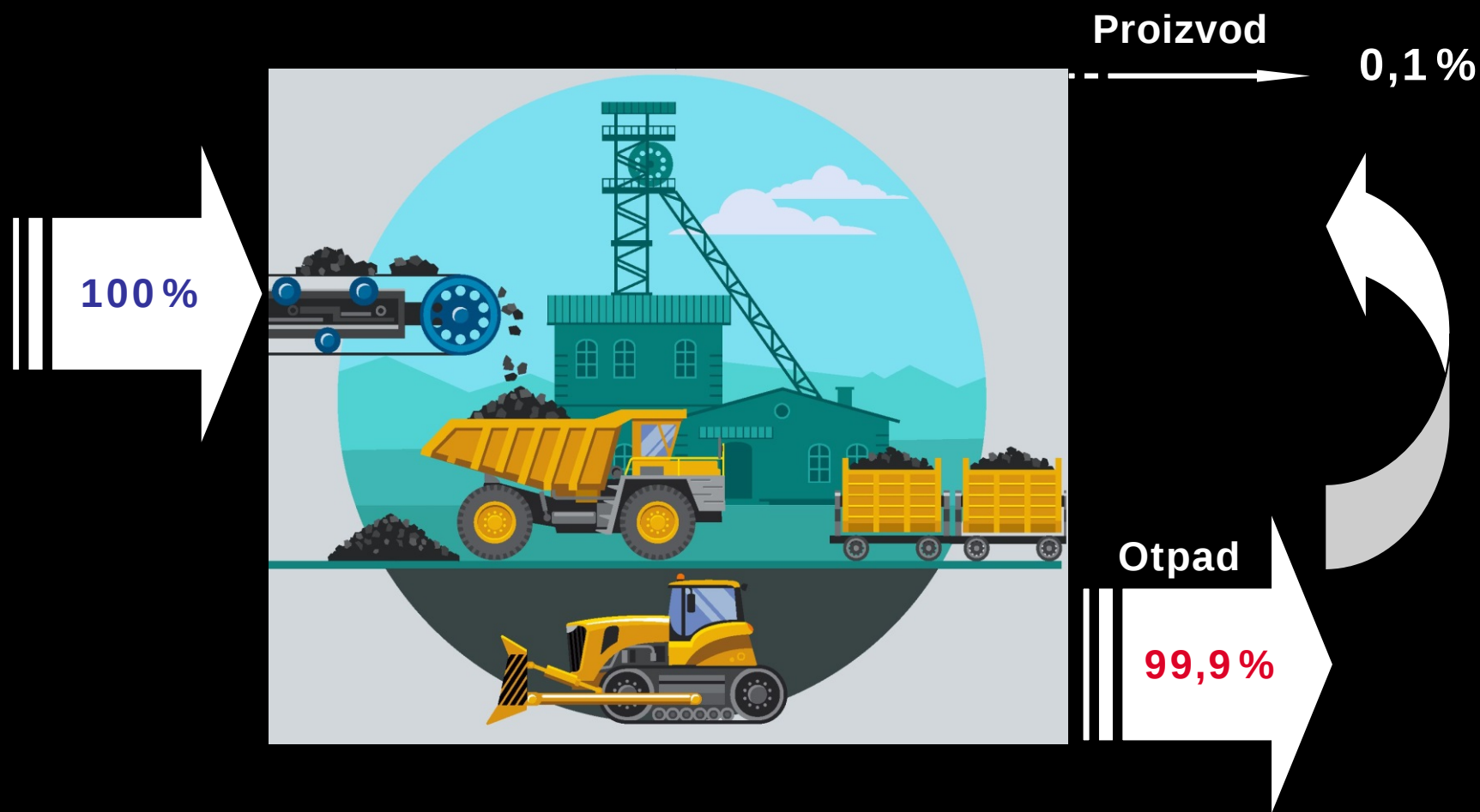
**- Geografski zasnovana analiza
("izvori" i "ponori" materijala i energije
uslovljeni industrijskim,
poljoprivrednim i urbanim
aktivnostima)**

**- Analiza individualnih postrojenja ili
kompletnih industrijskih sektora**

**Kriterijumi za sagledavanje materijala u
analizi industrijskog metabolizma:**

- Restriktivni**
- Inkluzivni**

Trenutno stanje u ekstrakciji sirovina



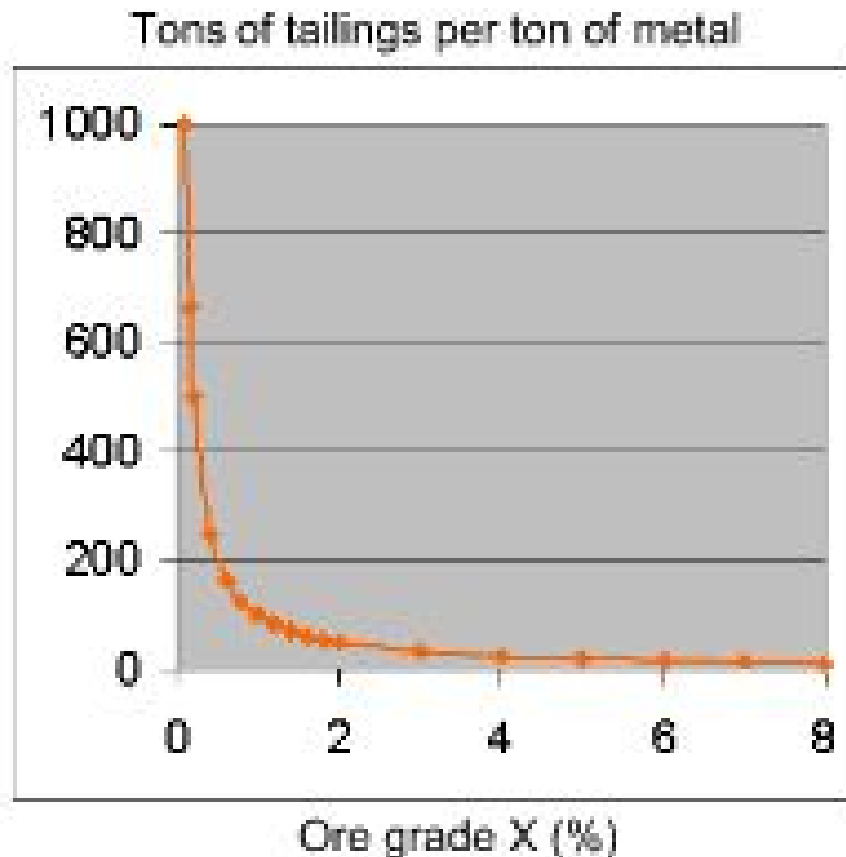
- *World Gold Council*: visokokvalitetni rudnici sa podzemnom eksploatacijom imaju gustinu sadržaja zlata od **8 do 10 g/t (grama po toni)**,
- podzemni rudnici niskog kvaliteta imaju gustinu zlata od **1 do 4 g/t**. Otvoreni kopovi su obično nižeg stepena izdašnosti, ali je njihova vrednost u nižim prosečnim operativnim troškovima neophodnim za dobijanje zlata.

Najizdašniji rudnici u svetu

- Sa gustinom zlata od **28 g/t**, Tua Tona u Južnoj Africi je 2013. godine imao 30% veći sadržaj zlata u rudi od sledećeg rudnika po izdašnosti, Great Noligwa (takođe u Južnoj Africi).
- Od 10 najvećih rudnika zlata, šest se nalazi u Južnoj Africi, uključujući i prva tri: Tua Tona, Velika Great Noligwa i Moab Khotson.
- Mponeng, rudnik u Južnoj Africi sa devetom najvišom relativnom količinom zlata u rudi od **14,24 g/t**, sadrži više procenjenog zlata od svih ostalih 10 najbolje rangiranih rudnika zajedno.
- Južnoafrički rudnici daju veću prosečnu količinu zlata, **6 g/t**, od bilo koje zemlje na svetu. Sledeća najbolje plasirana zemlja, Tanzanija, ima rude sa prosečnim sadržajem zlata od svega **2,84 g/t**.

Rastuće količine otpada usled osiromašanja rude

Declining ore grades greatly increases the amount of wastes generated during mining and refining



Ore grade (%) $\rightarrow$ Tailings (tons / ton)

$$X \mapsto \frac{100}{X} - 1$$

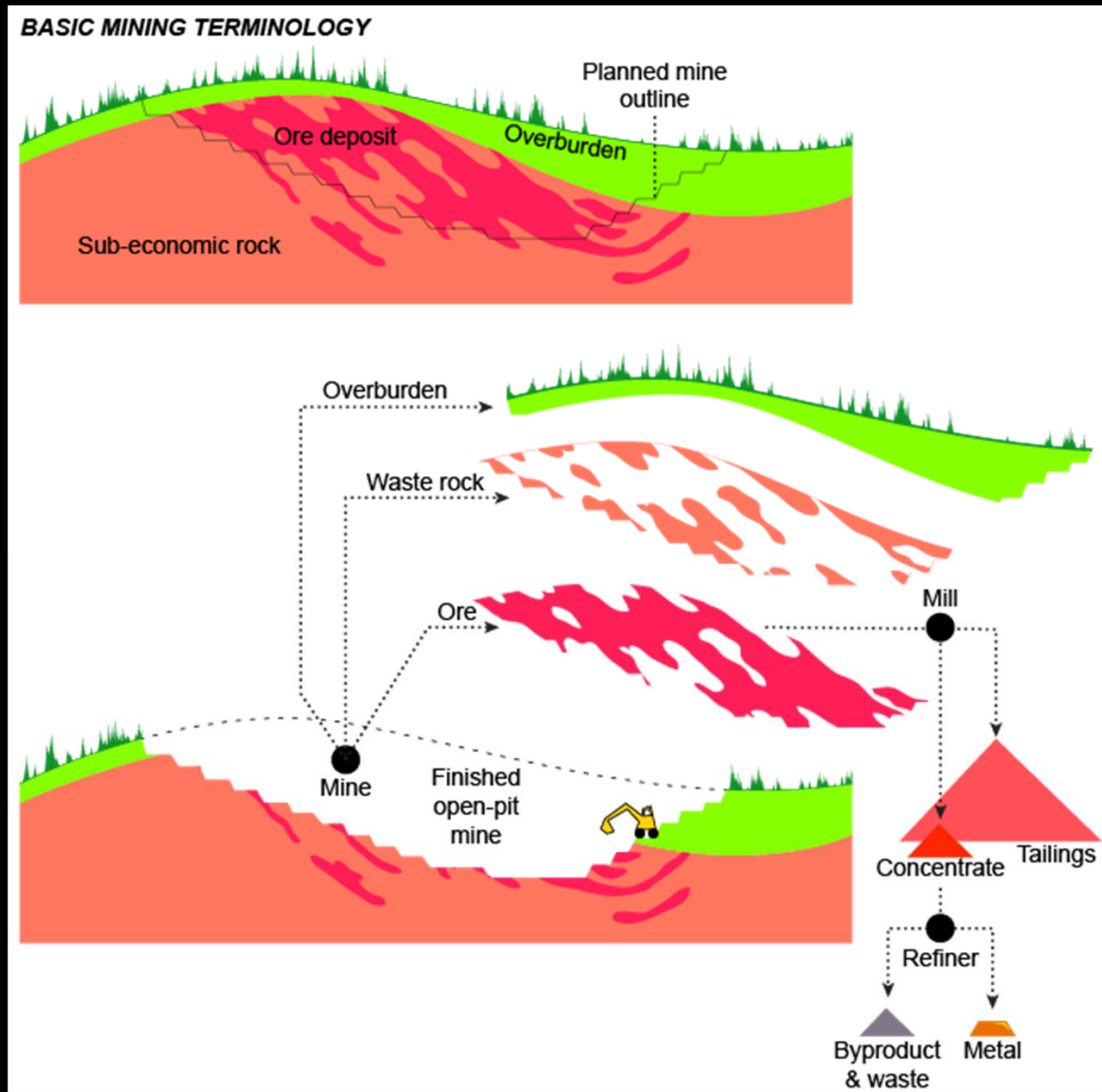
Examples:

$$0.4 \% \mapsto 249 \text{ tons}$$

$$0.000005 \% \mapsto 19,999,999 \text{ tons}$$

Does not account for overburden
or ancillary materials

Ležište, jalovina, koncentrat



Koncept “Čistija proizvodnja”

(eng. *Cleaner Production*)

