

INDUSTRIJSKA EKOLOGIJA

“Master” jednačina i “IPAT” formula

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

Univerzitet u Nišu



**“Master” jednačina i
IPAT formula:**

**Povezanost rasta populacije,
intenziteta upotrebe resursa i
degradacije životne sredine**



Ukupna degradacija i zagađenje životne sredine na datom području zavisi od tri osnovna faktora:

1. Brojnosti populacije
2. Prosečne količine resursa koje svaka jedinka koristi u toku obavljanja svojih životnih aktivnosti
3. Intenziteta degradacije životne sredine koje prouzrokuje korišćenje jedinice resursa

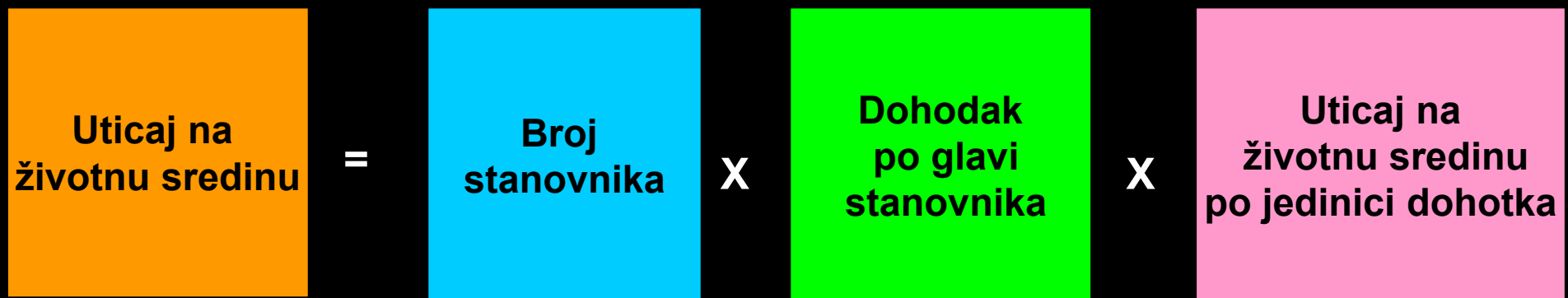
Pojednostavljeni model uticaja na životnu sredinu:



Osnovna (glavna) jednačina (eng. "*Master Equation*")



Uticaj industrijskih / ekonomskih aktivnosti na životnu sredinu



“IPAT” formula ($I = P \times A \times T$)

I - uticaj na životnu sredinu;

P - populacija (broj individua);

A - materijalno blagostanje (BDP po glavi stanovnika);

T - tehnološki faktor (uticaj na ž.s. po jedinici ostvarenog BDP)

“IPAT” formula (jednačina Paul–a Ehrlich–a)
(Ehrlich & Daily 1993)

...opisuje uticaj antropogenih aktivnosti na životnu sredinu

$$I = P \times A \times T$$

Antropogeni uticaj na životnu sredinu na nekom području (I) jednak je proizvodu :

- broja individua (P),
- materijalnog blagostanja zadate populacije (A) i
- tehnološkog faktora (T) – uticaja na životnu sredinu prouzrokovano ostvarivanjem jedinice BNP.

Ova jednačina predstavlja model koji povezuje demografske, ekonomske i ekološke faktore koji su od uticaja na životnu sredinu.

- **I** - uticaj na životnu sredinu;
- **P** - populacija;
- **A** - materijalno blagostanje;
- **T** - tehnološki faktor

I [ukupni uticaj na životnu sredinu jedne zajedince] = **P** [broj individua] × **A** [BNP po glavi stanovnika] × **T** [ekološki uticaj po jedinici BNP]

BNP (bruto nacionalni proizvod – vrednost svih proizvoda i usluga koje se realizuju u jednoj nacionalnoj privredi tokom godine)

Uticaj potrošnje industrijskih proizvoda na životnu sredinu

Porast potrošnje značajno utiče na povećanje čovekovog uticaja na životnu sredinu, jer mnogi industrijski proizvodi zahtevaju upotrebu značajnih prirodnih resursa.

Za jedan automobil, potrebno je (između ostalog) :

- utrošiti 2293 litra vode, da bi se proizveli delovi i gume.
- odbaciti 309 kilograma nusproizvoda pri radu u rudniku (da bi se proizveo olovni akumulator).
- ispustiti 988 kg efluenta u vodotokove (da bi se dobilo približno 10kg bakra koliko je sadržano u automobilu).

Na primer, ako proizvodnja automobila zahteva prethodno navedenu potrošnju resursa i emisiju polutanata, onda povećanje broja automobila po glavi stanovnika očigledno dovodi do znatno većeg pritiska na životnu sredinu.

S obzirom na to da ekološki uticaj većine proizvoda za masovnu upotrebu izaziva dalekosežne posledice, povećanje potrošnje ubrzano dovodi do pogoršanja stanja u životnoj sredini.

Izvor: Andriantiatsaholainaina, L. A.; Kouikoglou, V. S.; Phillis, Y. A. (2004). "Evaluating strategies for sustainable development: Fuzzy logic reasoning and sensitivity analysis". [Ecological Economics](#) 48 (2): 149

IPAT na globalnom nivou

$$I = P_1 \boxed{A_1} T_1 + P_2 A_2 \boxed{T_2} + \boxed{P_3} A_3 T_3$$


The diagram shows three arrows originating from the bottom of the slide and pointing upwards to the three boxed terms in the equation: A_1 , T_2 , and P_3 . The first arrow points to A_1 and is associated with 'Razvijene zemlje'. The second arrow points to T_2 and is associated with 'Zemlje u razvoju'. The third arrow points to P_3 and is associated with 'Nerazvijene zemlje'.

Razvijene zemlje: EU, Amerika, Kanada, Japan, Australija

(osnovni problem predstavlja prekomerna potrošnja)

Zemlje u razvoju: "BRICS":

(osnovni problem predstavlja upotreba "prljavih" tehnologija)

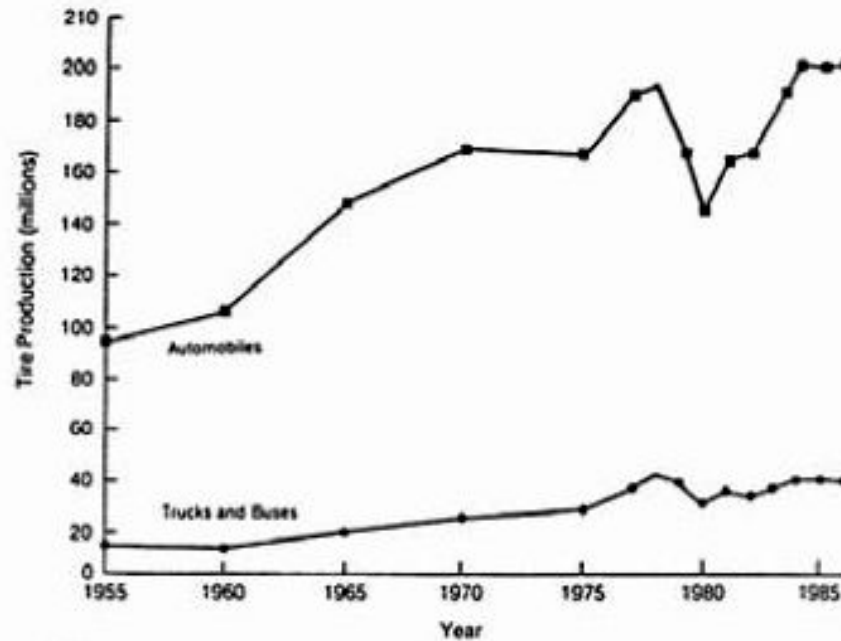
Nerazvijene zemlje: ostatak sveta

(osnovni problem predstavlja suviše brojna populacija)

IPAT – problemi i perspektive



PRIMER: automobilske gume



- Sa jedne strane, pravimo sve bolje i kvalitetnije materijale. To nam omogućava da koristimo manje količine materijala ili da postojeće proizvode koristimo duže.

- Sa druge strane, sve je više potrošača i svako od njih troši sve više resursa.



Ukupna potrošnja materijala u nekom sistemu = (Količina materijala po proizvodu) X (Broj jedinica proizvoda)

$$I = P \times A \times T$$

energy consumption # of people \$ of GDP per person energy used per \$ of economic activity

$\underbrace{\hspace{10em}}_{GDP}$

Postoje brojne varijante IPAT formule

IPAT formula može da se primeni na različite polutante ili energente

A variation of the IPAT equation:

Because energy consumption leads to all kinds of environmental impacts, both upstream (depletion of non-renewable energy sources & oil spills) and downstream (air pollution and greenhouse gases), it can serve as a good measure of the "Impact".

Environmental impact of energy use

=

Environmental impact per unit of energy (This combines the renewability and cleanliness factors. On one side, one should consider that petroleum reserves are being depleted and, on the other side, elements such as oil spills, air pollution and greenhouse gas emissions. Reduction lies in adopting the following forms of energy: solar, wind, hydro-electric and biomass-derived fuels.)

X

Number of energy units used per unit of economic activity (This is the energy-efficiency factor. It has improved, undergoing a 60% reduction from 1958 to 1990.)

X

Number of units of economic activity per person (This is the affluence factor. If everyone in the world were to adopt a standard of living equal to that in the United States, this factor would become 5 times larger.)

X

Number of people (This is the population factor. It is expected to double on earth before it levels off.)

KAYA jednačina: još jedna varijanta IPAT formule

- Kaya jednačina je varijanta IPAT formule koja se odnosi na globalne emisije ugljendioksida.
- Autor tzv. Kaya jednačine je Japanski energetska ekonomista **Yoichi Kaya**, koji je formulisao ovaj izraz u knjizi “Životna sredina, energija i ekonomija: strategije za održivost” čiji je autor zajedno sa **Keiichi Yokobori** (1993 : *Tokyo, Japan*). Jednačina, u opštem obliku, glasi:

$$\text{Global CO}_2 \text{ Emissions} = (\text{Global Population}) \left(\frac{\text{Gross World Product}}{\text{Global Population}} \right) \left(\frac{\text{Gross Energy Consumption}}{\text{Gross World Product}} \right) \left(\frac{\text{Global CO}_2 \text{ Emissions}}{\text{Gross Energy Consumption}} \right)$$

Another variation of the IPAT equation

As for the affluence factor, one can take the Gross Domestic Product (GDP) of the nation.

Thus, the IPAT equation can be read as

$$I = P \times A \times T$$

energy consumption

of people

\$ of GDP per person

energy used per \$ of economic activity

GDP

From this follows that the reduction in environmental impact

Ukupna potrošnja energije na nacionalnom nivou je proizvod bruto nacionalnog dohotka i prosečne količine energije koja se upotrebljava da bi se ostvarila svaka novčana jedinica koja potiče iz ekonomske aktivnosti određenog društva.

Npr. količina emitovanog ugljendioksida zavisi od broja stanovnika, BNP po glavi stanovnika, energije potrebne za ostvarivanje zadatog BNP, udela fosilnih goriva u energetsom miksu i prosečne emisije ugljendioksida koja nastaje sagorevanjem tih fosilnih goriva.

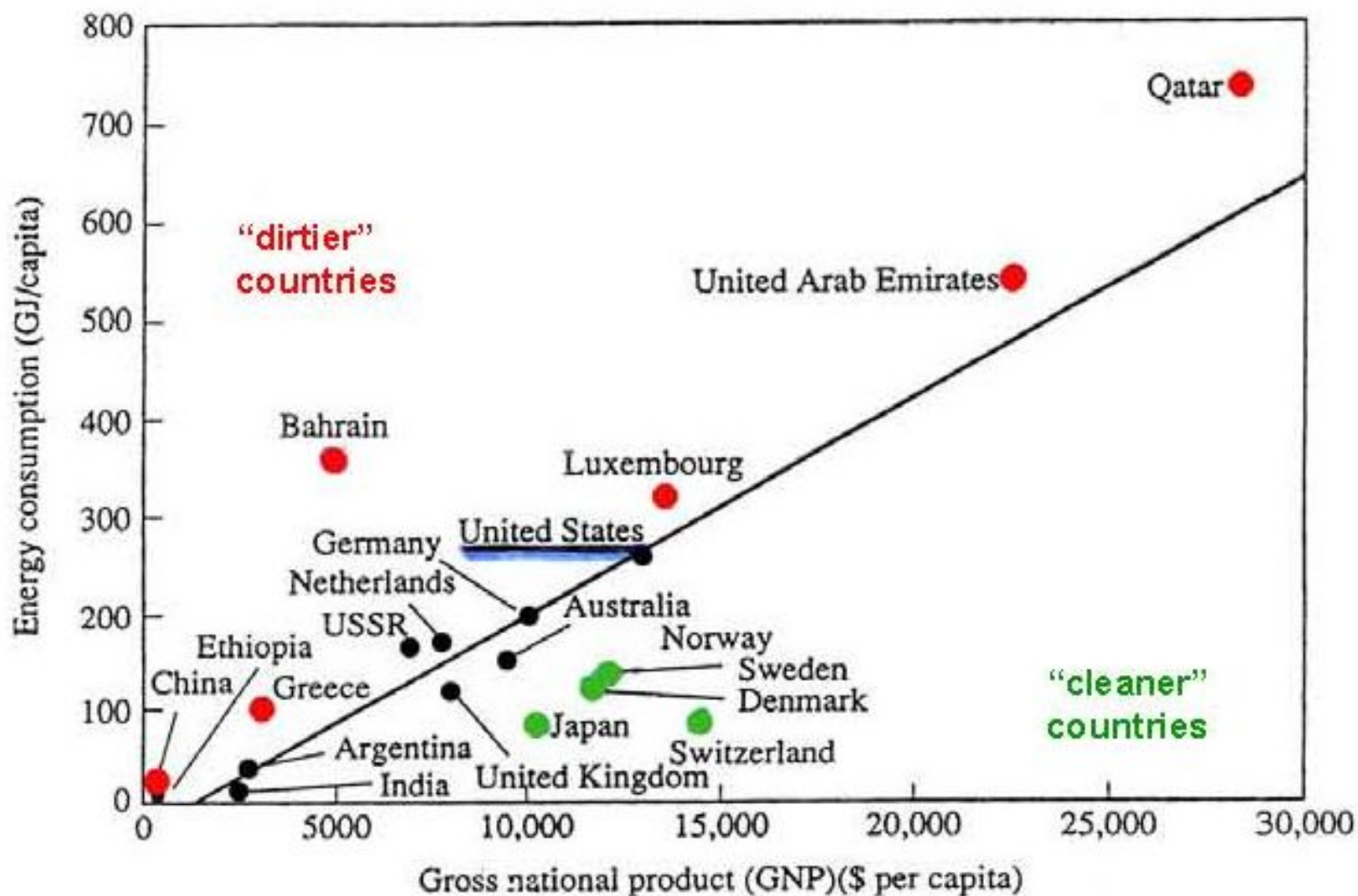
$$\frac{CO_2}{Year} = Population \left(\frac{GDP}{Population} \right) \left(\frac{Energy}{GDP} \right) \left(\frac{FossilFuels}{Energy} \right) \left(\frac{CO_2}{FossilFuels} \right)$$

Energy Intensity (Negawatts)

Alternative Energy

Choice of Fossil Fuel

Potrošnja energije u odnosu na BNP po glavi stanovnika



Populacija i BNP

Country	Population (in million)	GDP (in \$ billion)	GDP per capita
Somalia	9.926	5.896	\$600
Ethiopia	90.874	84.02	\$1,000
Haiti	9.720	11.18	\$1,200
Nigeria	155.216	369.8	\$2,400
India	1,189.17	4,046	\$3,400
China	1,336.72	9,872	\$7,400
Brazil	203.430	2,194	\$10,900
Mexico	113.724	1,560	\$13,800
Russia	138.740	2,229	\$15,900
Turkey	78.786	958.3	\$12,300
Slovenia	2.000	56.81	\$28,400
Italy	61,017	1,782	\$30,700
France	65,103	2,160	\$33,300
Germany	81.472	2,960	\$35,900
Canada	34.031	1,335	\$39,600
USA	313.232	14,720	\$47,400

(Source:
CIA World Factbook 2011
2010 numbers)

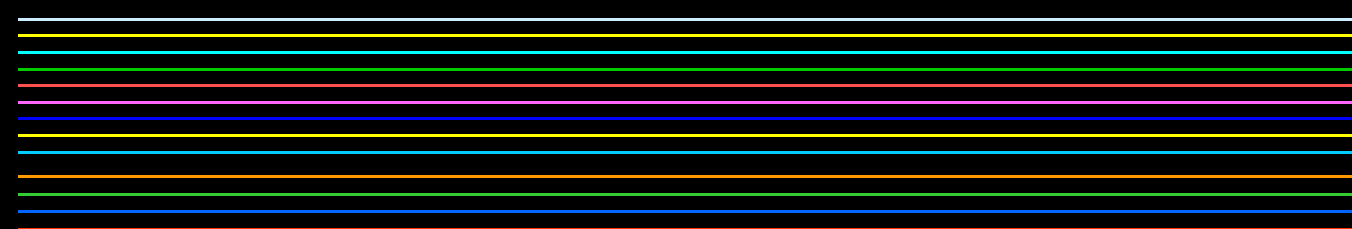
Sa stanovišta navedenih faktora moguće je govoriti o dve vrste preopterećenosti raspoloživih resursa i životne sredine:

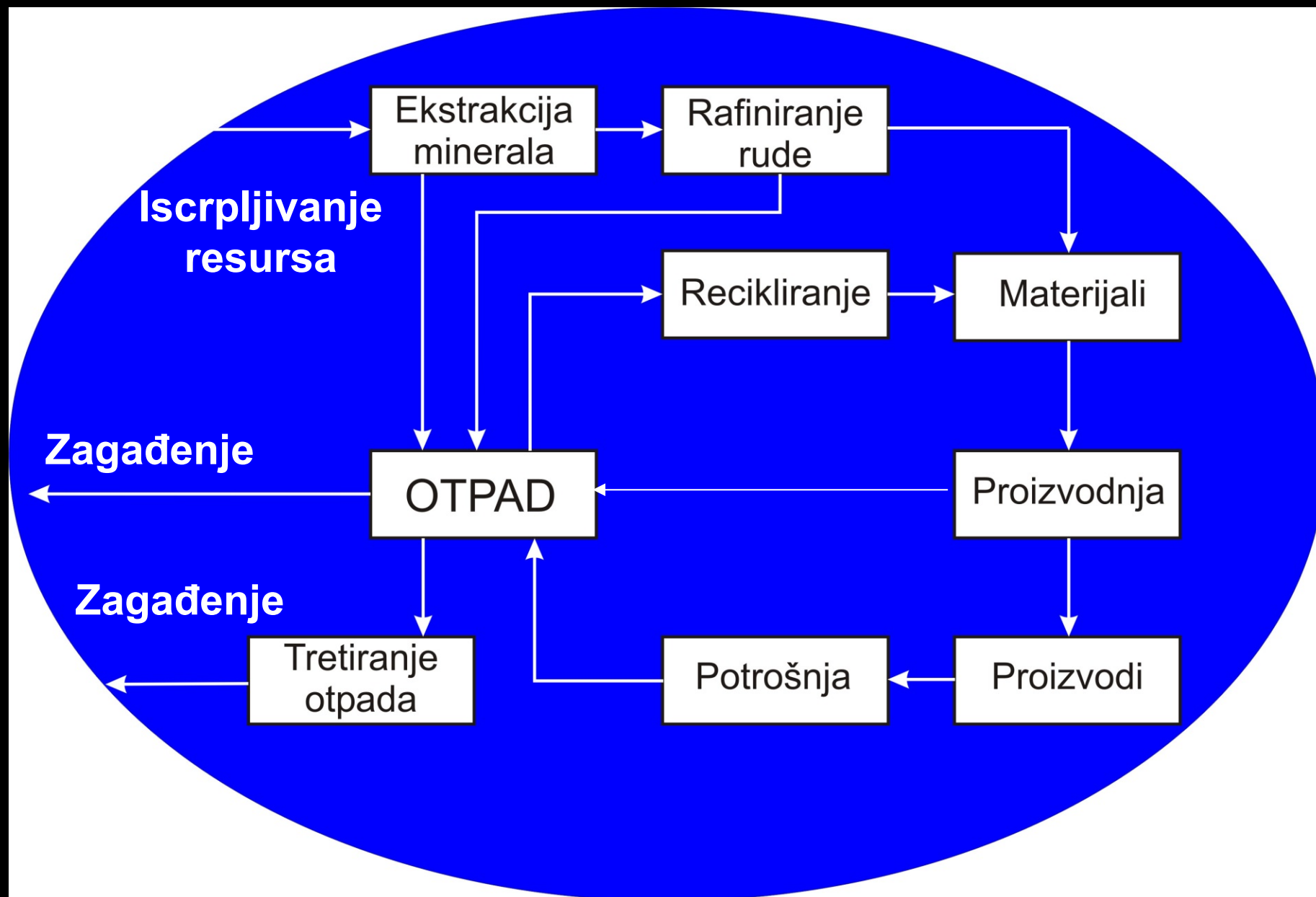
1. Populaciona preopterećenost
kada ima više jedinki nego raspoloživih
zaliha hrane, vode i drugih značajnih
resursa koji obezbeđuju određeni minimum
egzistencijalnih uslova
(dugoročno neodrživ sistem, gašenje vrste)



2. Potrošačka preopterećenost

Manji broj jedinki koristi resurse intezitetom koji vodi brzom iscrpljivanju resursa i ubrzanoj degradaciji životne sredine.

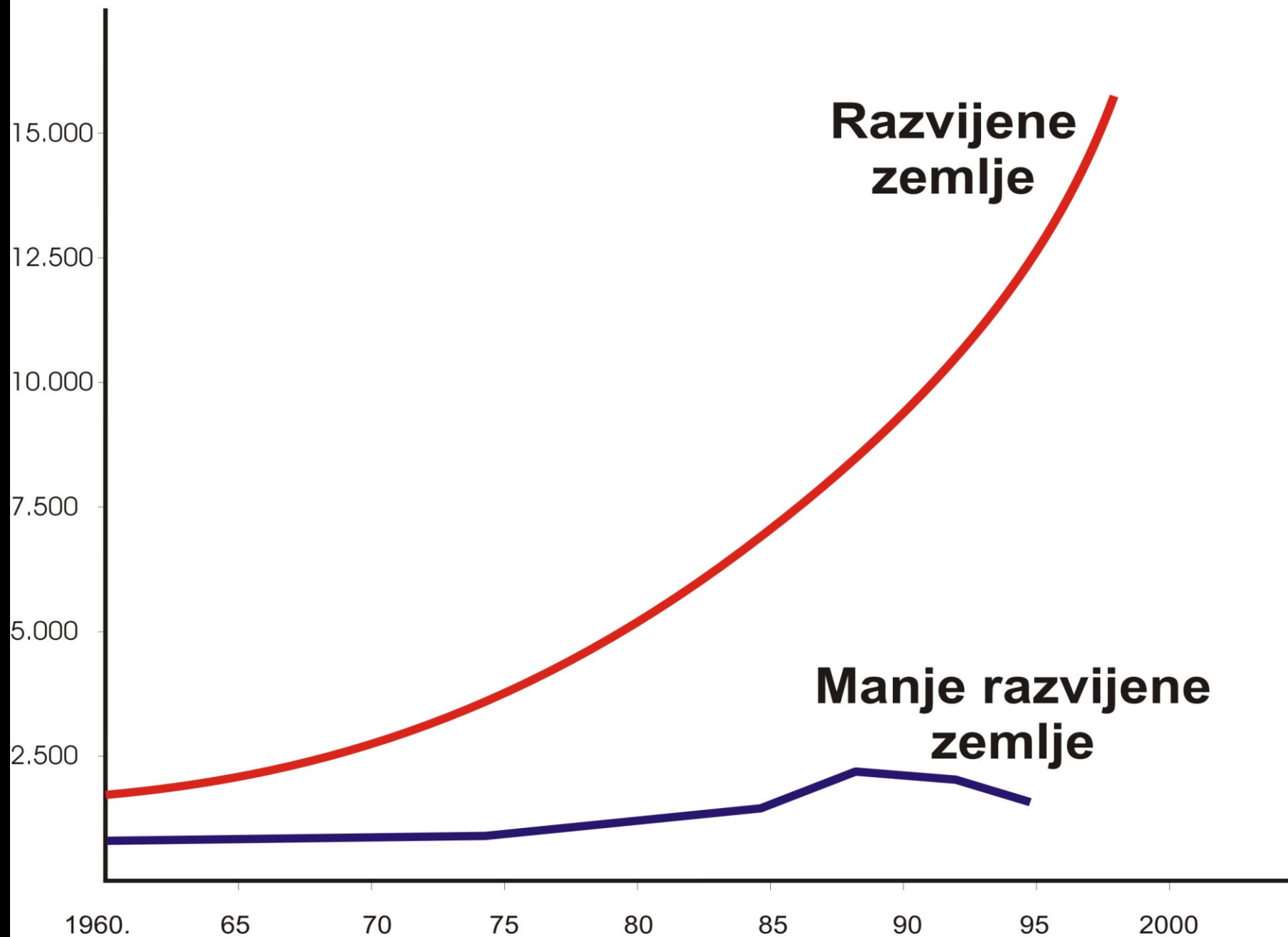




Globalni aspekt: sve izraženiji uticaj na životnu sredinu ima povećanje raskoraka u razvoju između industrijalizovanih i nerazvijenih zemalja.

Razvijene zemlje učestvuju sa 22% u ukupnoj svetskoj populaciji, raspolazu sa 80% svetskog ekonomskog bogatstva, koriste oko 80% svetskih mineralnih i energetskih resursa i proizvode najveći deo svetskog zagađenja i otpada.

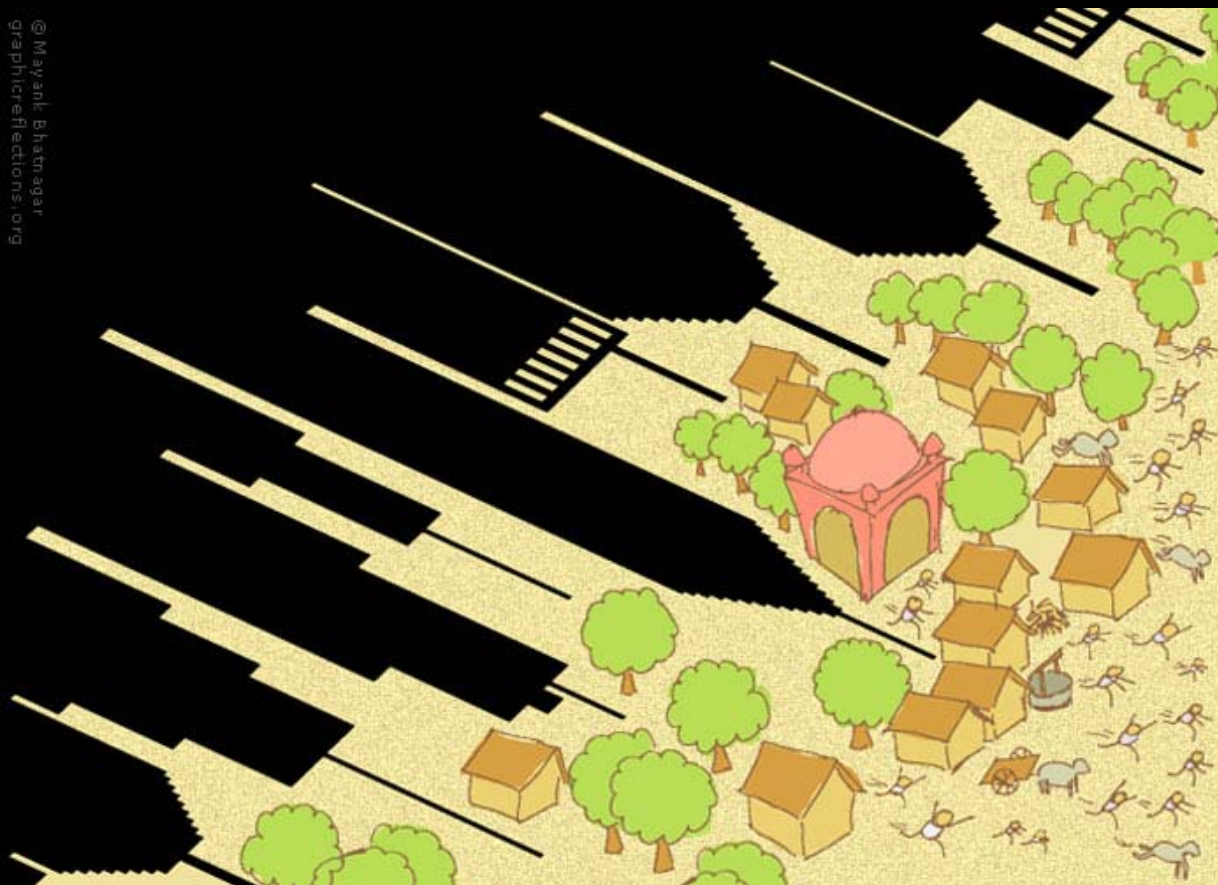
BNP po stanovniku
u \$



**Razvijene
zemlje**

**Manje razvijene
zemlje**

Raskorak u porastu BNP po stanovniku razvijenih i nerazvijenih zemalja



Sa stanovišta ekološke ekonomije i ekološkog menadžmenta, održivi razvoj se može definisati kao upravljanje Zemljinim resursima na način kojim se osigurava njihov dugoročni kvalitet i dovoljnost.

Identifikovana su četiri osnovna tipa kapitala:

**1. Kapital koji stvaraju ljudi
(mašine, oprema i infrastruktura)**

**2. Ljudski kapital
(obuhvata ljudsko znanje i veštine)**

**3. Prirodni kapital
(životna sredina sa prirodnim resursima)**

**4. Socijalni kapital
(institucije i principi neophodni za funkcionisanje društva)**

INDUSTRIJSKA EKOLOGIJA predstavlja sistemski pristup rešavanju problema u životnoj sredini

Promene u životnoj sredini postaju:

- globalne
- sve kompleksnije
- sveobuhvatne
- predmet preventivnih aktivnosti
- usko povezane sa rastućom potrošnjom dobara i energenata

Početkom 90-tih godina XX veka - nedostatak kadrova kompetentnih za sagledavanje ekoloških performansi i perspektiva industrijskih proizvoda i proizvodnih sistema u interakciji sa okruženjem.

INDUSTRIJSKA EKOLOGIJA

“Master” jednačina i “IPAT” formula

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

Univerzitet u Nišu

