

# METODE IN MERILA IE

## LCA - Life Cycle Assessment

- od zgodnjih 1970
- Je metoda za oceno vpliva izdelka ali procesa na okolje.
- "Od zibelke do groba"/ "od zibelke do zibelke"
- Ocena vpliva vseh snovi na okolje, od surovin iz narave (zemeljska skorja, biomasa) do takrat, ko se te snovi spet vrnejo v naravo.
- **Definicija SETACa** (Society of Environmental Toxicology and Chemistry):  
*"Proces za oceno obremenitve okolje, povezane z izdelkom, procesom ali kakršnokoli aktivnostjo"*
- **Definicija EPA** (Environmental Protection Agency, ZDA):  
*"Orodje za določanje vpliva produkta ali aktivnosti v celotnem življenjskem ciklu"*

# METODE IN MERILA IE

## LCA - Life Cycle Assessment

- LCA lahko ocenjuje celovit vpliv izdelka, procesa ali storitve. Pri zasnovi obravnava izbiro surovin in njenih količin, izbiro tehnologije izdelave, vrsto in količino za izdelavo (proizvodnjo) uporabljene energije, ter definira količino odpadkov. Pri življenjski dobi se presoja uporabnost, rok trajanja ter vpliv na okolje. Po končani življenjski cobi izdelka se presoja o načinu uničenja, odlaganja, predelave in reciklaži.
- LCA omogoča neposredno primerjavo okoljskih bremen posameznega izdelka, storitve ali procesa, tako da lahko izberemo najboljšo oz. optimalno možno rešitev - najmanj problematične izdelke, storitve ali procese, ter tako zmanjšamo njihov vpliv na okolje na najnižjo možno raven.
- LCA omogoča večjo preglednost, ter izboljševanje izdelkov in procesov.

# METODE IN MERILA IE

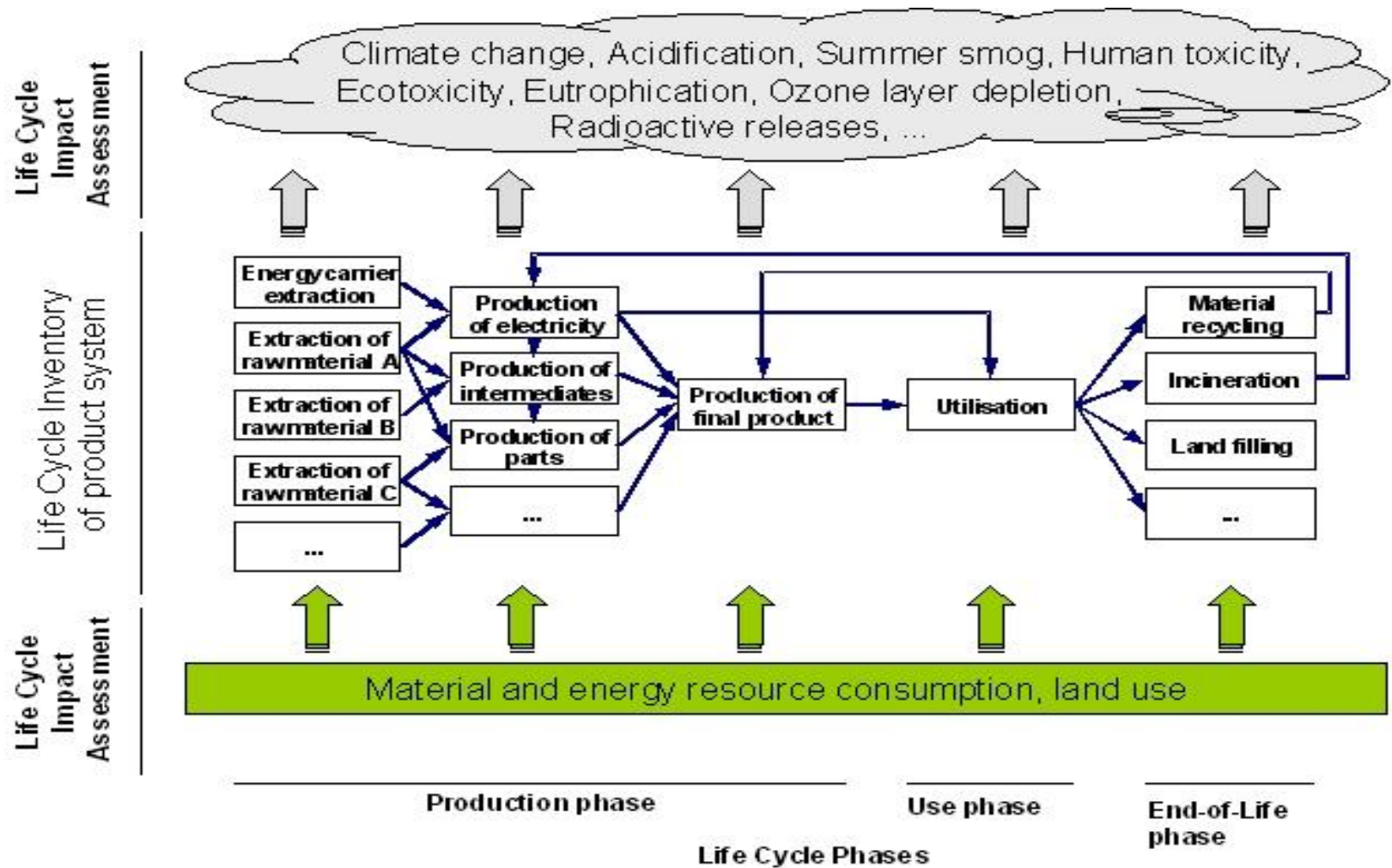
## LCA - Life Cycle Assessment

### Zgodovinski pregled:

- Coca-Cola: ZDA, 1970
- 1974: vpliv različnih načinov embaliranja
- Zgodnje študije se osredotočijo na:
  - potrebe po surovinah
  - poraba po energiji
  - tvorba odpadkov
- 1970 - vpliv energijske krize na razvoj LCA:
  - globalna naftna kriza 1974/1979
  - namesto nafte **bioetanol** (Brazilija):  
**Rezultat** ? Več energije za proizvodnjo (kmetijstvo, živinoreja) kot je energije v bioetanolu.
  - Razvoj FFCA: Full Fuel Cycle Assessment

# METODE IN MERILA IE

## LCA - Life Cycle Assessment

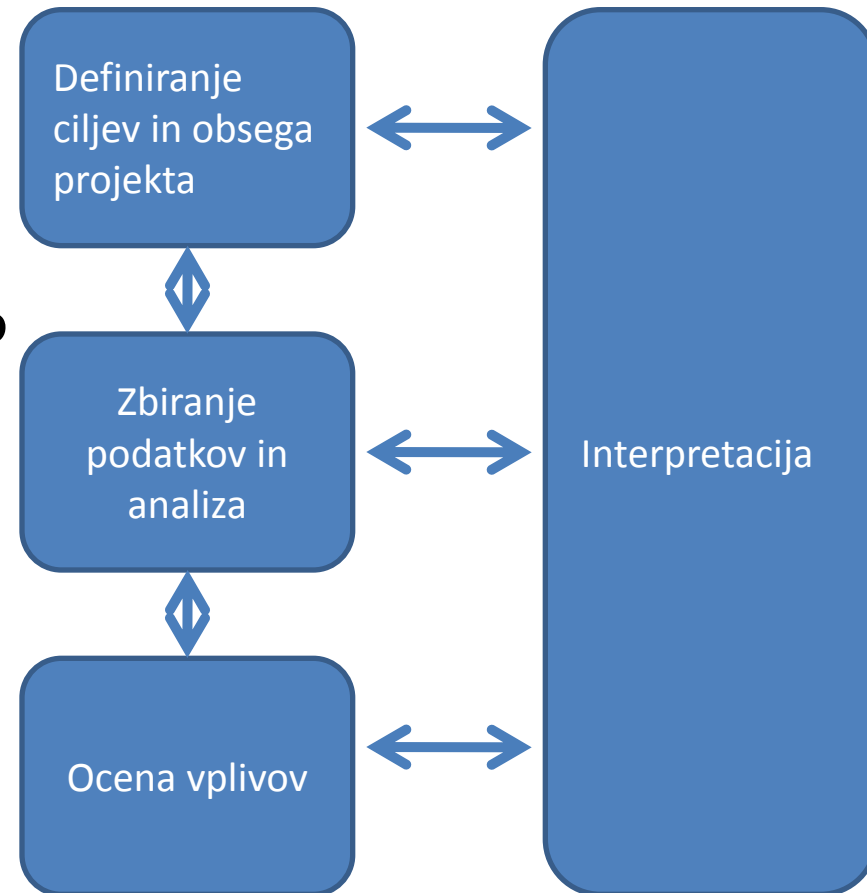


# METODE IN MERILA IE

## LCA - Life Cycle Assessment

Pet faz:

- definiramo cilje in obseg analize,
- zberemo podatke in jih analiziramo
- ocenimo vpliv
- interpretiramo dobljene rezultate
- opravimo revizijo

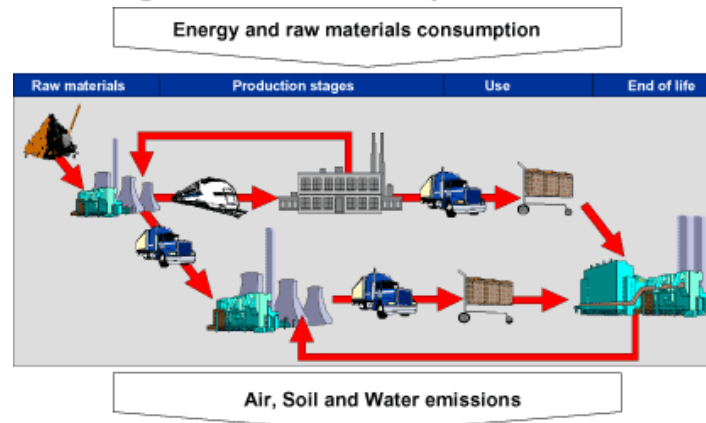


# METODE IN MERILA IE

## LCA - Life Cycle Assessment

### standardizirani postopki:

- **ISO 14040** Environmental management - Life cycle assessment - Principles and framework (2006)
- **ISO 14041** Environmental management - Life cycle assessment - Scopes definition and inventory assessment (1998)
- **ISO 14042** Environmental management - Life cycle assessment - Impact assessment (2000)
- **ISO 14043** Environmental management - Life cycle assessment - Interpretation (2000)
- **ISO 14044** Environmental management - Life cycle assessment - Requirements and guidelines (2006)



# METODE IN MERILA IE

## LCA - Life Cycle Assessment

### Problemi LCA:

- visoki stroški (strokovnjaki)
- nizka kvaliteta podatkov (različne metode pridobivanja)
- slaba dostopnost podatkov (podatkovne baze)
- izbira pomembnih faktorjev: kaj bistveno vpliva in kaj ne
- ni enovitega pristopa:
  - ni poenotene metode
  - subjektivne ocene
  - pretirava z nevarnostjo nekaterih proizvodov
  - nevarne proizvode se zanemari

# METODE IN MERILA IE

## LCA - Life Cycle Assessment

### Komponente LCA:

#### ● Osnovne analize:

- identifikacija in kvantifikacija potreb po surovinah in energiji ter količina odpadkov (zrak, zemlja, voda)

#### ● Določanje vpliva:

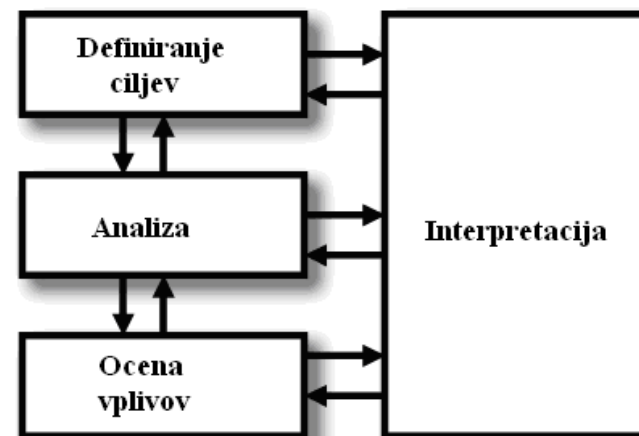
- tehnična kvantifikacija (merjenje) vplivov in posledic na okolja

#### ● Analiza možnih izboljšav/interpretacija:

- da čimbolj zmanjšamo posledice in vpliva na okolje

#### ● Nekatere metodologije še definicijo ciljev na začetku:

- da vse analize izvedemo čimbolj usmerjeno, da je rezultat maksimalen
- včasih zavajajoče ?





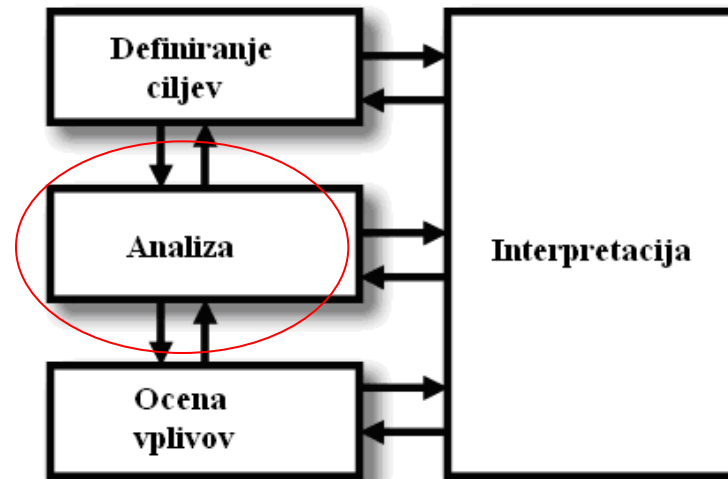
# METODE IN MERILA IE

## LCA - Life Cycle Assessment

### Komponente LCA:

#### Osnovne analize:

- kvantifikacija masnih in energijskih tokov: koliko/kaj/kdaj
- v praksi: bilanca med vstopom in izstopom
- različni viri podatkov:
  - direktna merjenja
  - znanstvena literatura
  - masne in energijske bilance
  - statistični podatki iz različnih baz in literature
  - mnenja strokovnjakov

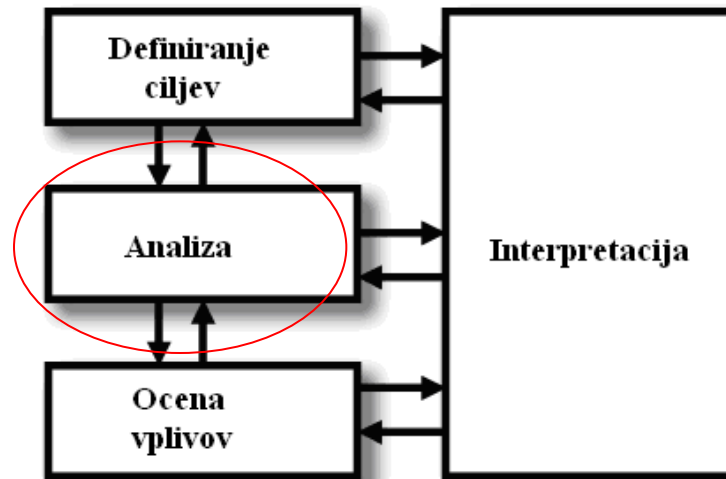


# METODE IN MERILA IE

## LCA - Life Cycle Assessment

**Komponente LCA:**

**Osnovne analize:**



● **Indikatorji za dodatno okoljsko informacijo:**

- ✱ Odlaganje nevarnih odpadkov (kg)
- ✱ Odlaganje ne-nenevarnih odpadkov (kg)
- ✱ Odlaganje radioaktivnih odpadkov (kg)

● **Indikatorji izhodnih tokov iz sistema:**

- ✱ Sestavine primerne za ponovno uporabo (kg)
- ✱ Materiali primerni za recikliranje (kg)
- ✱ Material primeren za vračanje odpadne toplote (ne s sežigom) (kg)
- ✱ Oddana energija - po nosilcu energije (MJ, kWh)

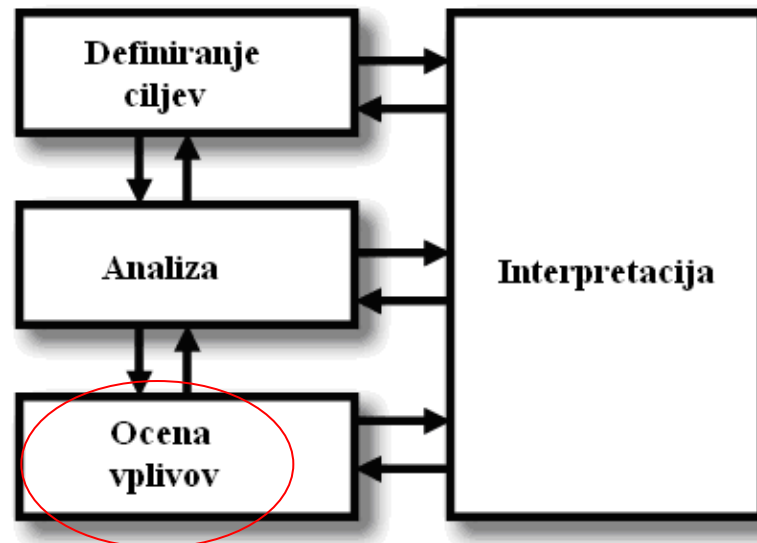
# METODE IN MERILA IE

## LCA - Life Cycle Assessment

**Komponente LCA:**

**Določanje vpliva:**

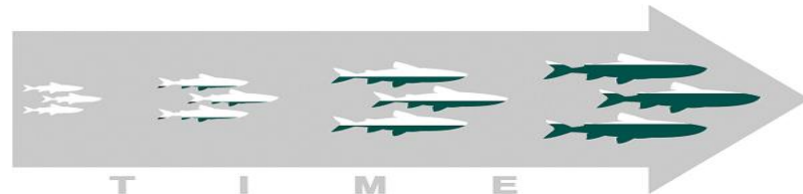
- Analize in primerjave okoljskih bremen na osnovi masnih in energijskih tokov v prvi fazi.
- Bremana razdelimo v specifične kategorije - jih normiramo:
  - globalno segrevanje
  - dokončna izraba naravnih virov
  - ekotoksikologija
  - ....
- Tehtanje/vrednotenje bremen - kateri je pomemben: izračun ustreznih indeksov



# METODE IN MERILA IE

## BIORAZGRADNJA/ BIOAKUMULACIJA

### BIOAKUMULACIJA



- V organizmu določenega ekosistema s časom.
- Snov se vnaša/kopiči v organizmu hitreje, kot se metabolizira.
- Proces zahteva energija za svoj potek.
- Snov je prisotna v sestavnih elementih celic.

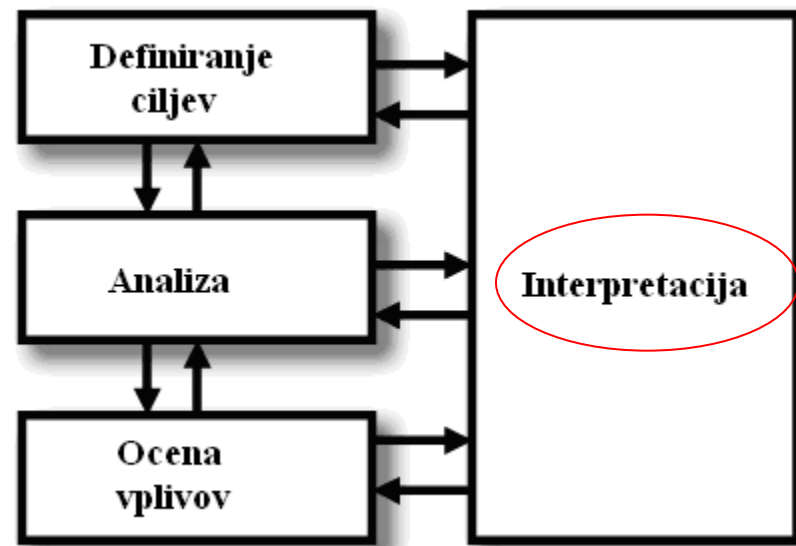
$$1 \log P_{ow} = \frac{c(\text{oktanol})}{c(\text{voda})} 2$$

**BCF:** razmerje med koncentracijo snovi v organizmu in koncentracijo snovi v okolici (stacionarno stanje)

**BIOAKUMULACIJA: 3 – 7 ?**

# METODE IN MERILA IE

## LCA - Life Cycle Assessment



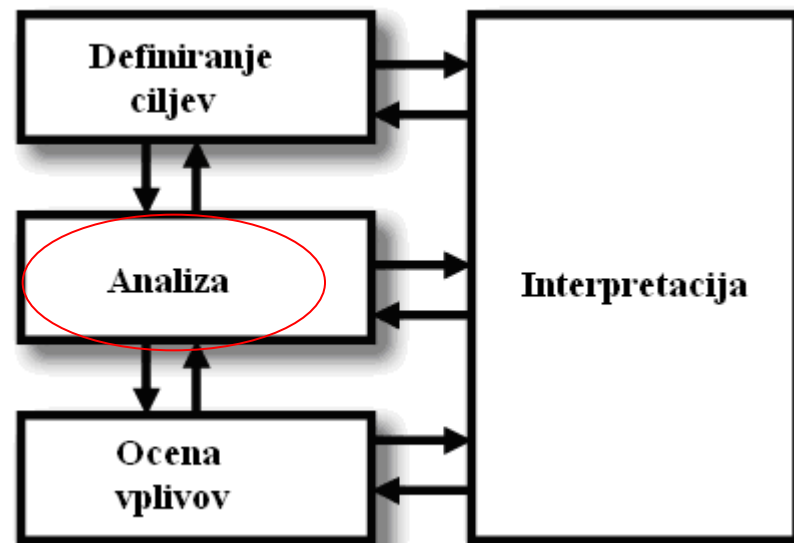
### Komponente LCA:

#### Določanje možnih izboljšav/interpretacija

- pravilna interpretacija (posplošitve, splošne ugotovitve...)
- Rezultat: Plan dela in izboljšav
- Najprej na vročih točkah: sprememba sistema
- upoštevati tudi politične in družbene vidike

# METODE IN MERILA IE

## LCA - Life Cycle Assessment



**Komponente LCA:**

Revizija = ponovna naliza

- zaradi možnosti napačne interpretacije uporabljene metodologije ali pa obsega zastavljene LCA analize
- notranja ali zunanja
- nadzorna skupina: osebe iz različnih področij oziroma krogov (vladnih, akademskih, gospodarskih, okoljevarstvenih, potrošnikov in tudi izvajalcev LCA analiz)

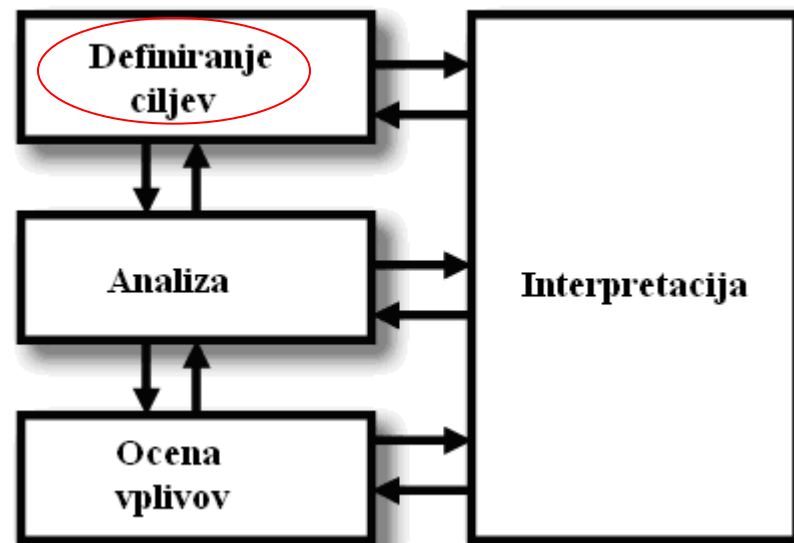
# METODE IN MERILA IE

## LCA - Life Cycle Assessment

### Komponente LCA:

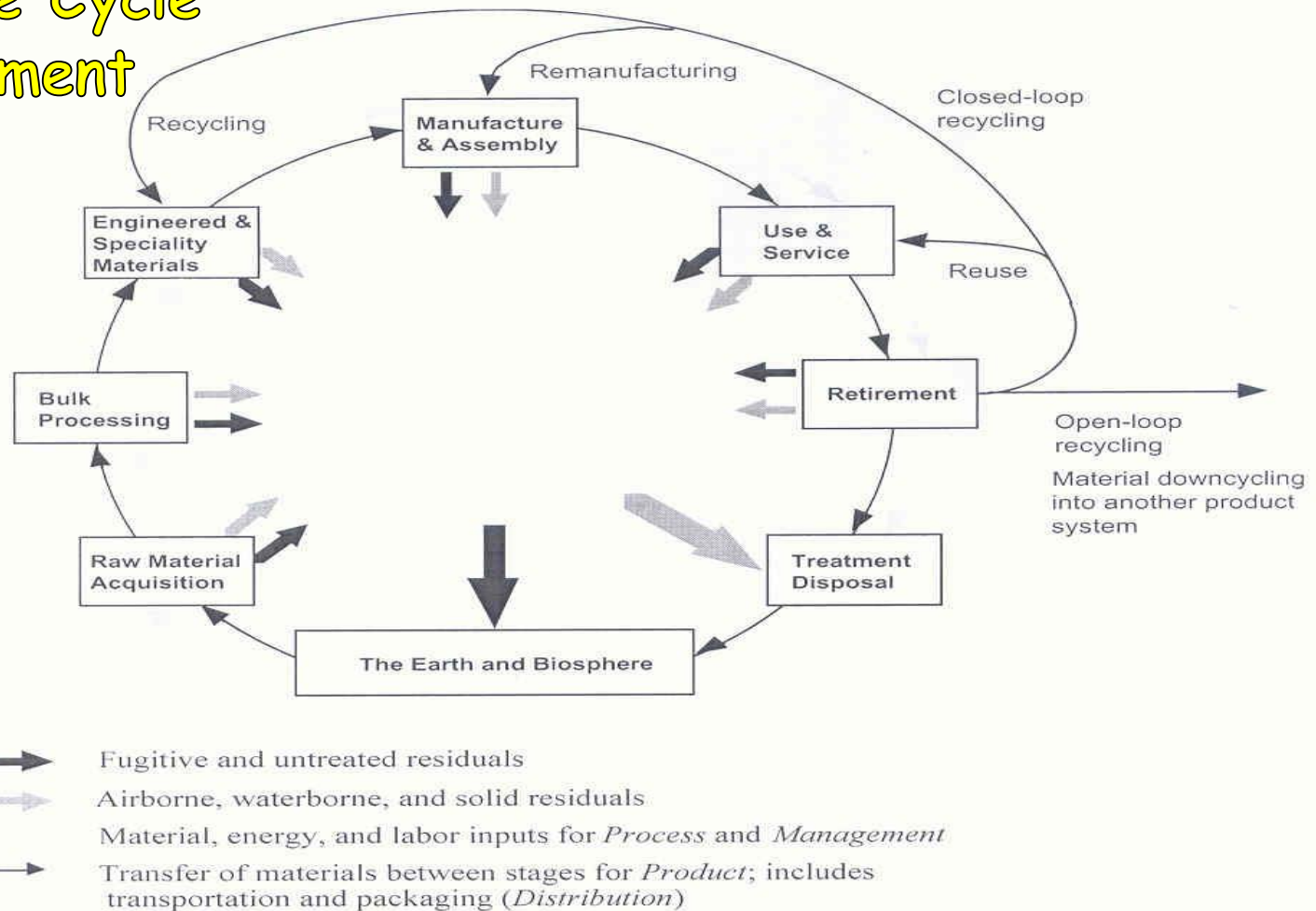
#### Določanje cilja:

- namen dela ?
- predpostavke, ki jih želimo potrditi/ovreči
- možnosti: - zmanjšanje okoljskega vpliva za obstoječi sistem  
- izbira optimalnega proizvoda
- LCA izvedemo v celoti (vse 4 stopnje) ali le delno



# METODE IN MERILA IE

## LCA - Life Cycle Assessment



Source: Gregory A. Keoleian and Dan Menerey, *Life Cycle Design Guidance Manual* (Cincinnati: U.S. EPA Risk Reduction Engineering Lab, 1993), 14.

FIGURE 7: THE PRODUCT LIFE CYCLE SYSTEM

potrebni koraki



# METODE IN MERILA IE

## LCA - Life Cycle Assessment

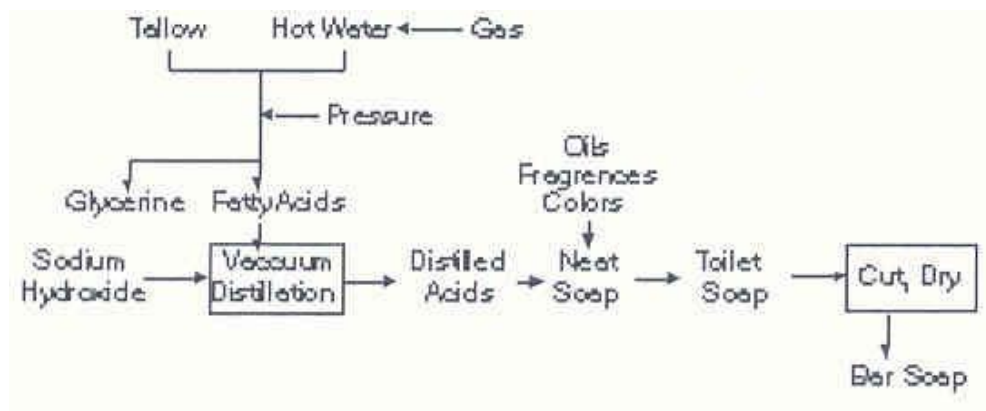
### Tehnični del pristopa:

- Izbira ustreznega tehnološkega postopka: **BAT**:
  - ✱ ne samo moderna tehnologija
  - ✱ postavitve procesa, vzdrževanje, delovanje in tudi zaprtje
  - ✱ nadomeščanje nevarnih snovi z manj nevarnimi
  - ✱ malo odpadkov
  - ✱ energetska učinkovitost
  - ✱ možnosti recikliranja, ponovne uporabe....
- Optimizacija procesa: - matematično modeliranje
  - modifikacije obstoječega procesa
  - ...
- Oblikovanje procesa: LCPD (Life Cycle Process Design)
- Razvoj izdelka ob upoštevanju LCA

# METODE IN MERILA IE

## LCA - Life Cycle Assessment

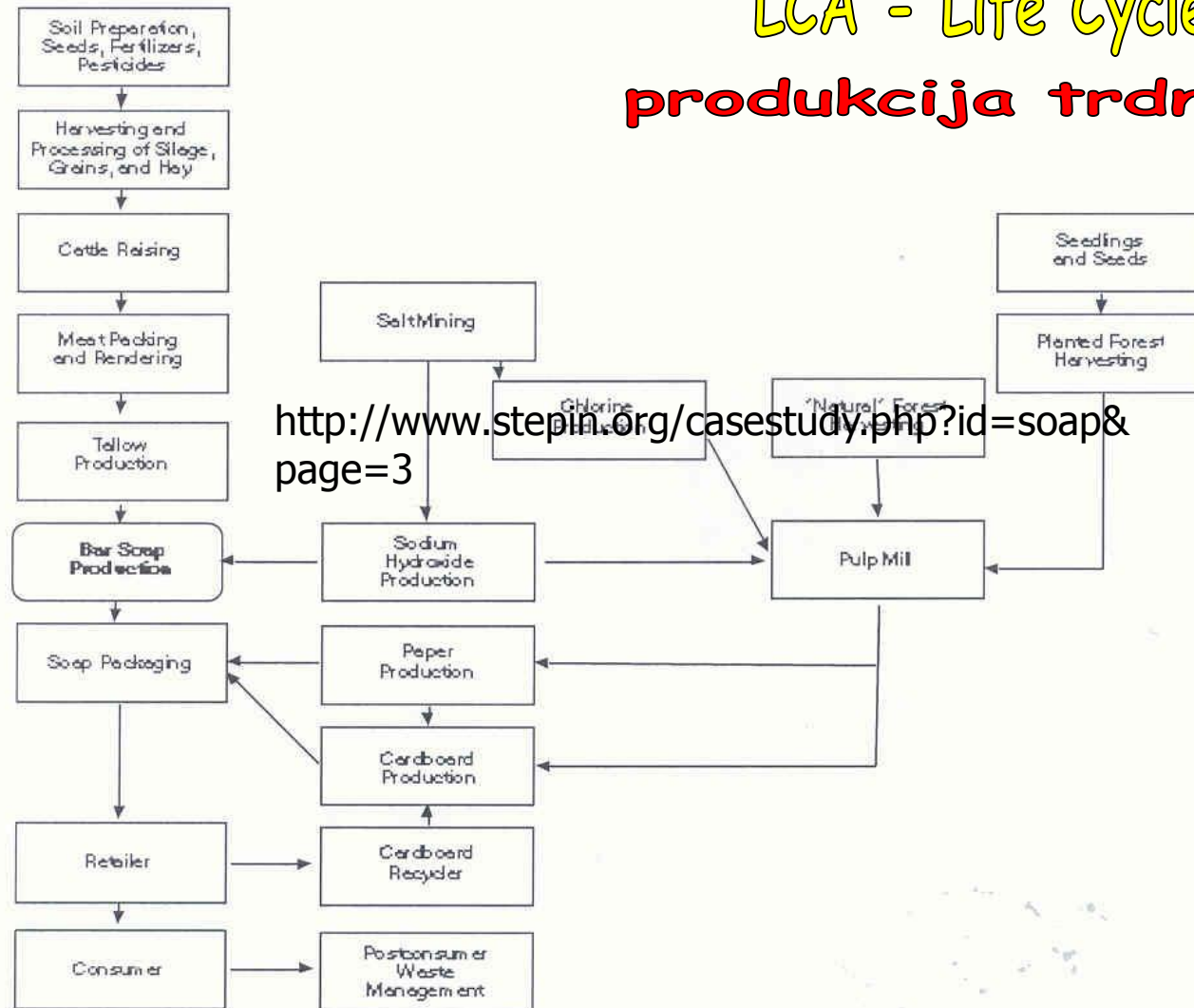
### produkcija trdnega mila - TEHNOLOŠKI DEL



# METODE IN MERILA IE

## LCA - Life Cycle Assessment

### produkcija trdnega mila



<http://www.stepin.org/casestudy.php?id=soap&page=3>

# METODE IN MERILA IE

## LCA - Life Cycle Assessment

### Uporaba LCA:

#### ● v podjetju:

- ✱ poiščemo zahteve, ki jih mora izpolnjevati produkt
- ✱ identificiramo vpliv izdelkov na okolje
- ✱ spreminjamo surovine
- ✱ spreminjamo tehnologijo
- ✱ spreminjamo ravnanje z odpadki

#### ● zunaj podjetja:

- ✱ primerjamo različne produkte/izdelke/procese med sabo
- ✱ podpora marketinškim prijemom
- ✱ podpora javni politiki
- ✱ podpora eko programom

# METODE IN MERILA IE

## LCA - Life Cycle Assessment

### Bistveni problemi LCA:

- predvsem manjša podjetja: pomanjkanje osebja, časa, denarja, podatkov
- po posameznih fazah:
  - definicija ciljev:
    - veliko denarja za analizo kompleksnih produktov (avto)
    - težko, če je življenjski cikel izdelka kratek
    - težko, če se izdelki v proizvodnji hitro menjajo
  - zbiranje podatkov:
    - njihova kvaliteta
    - njihova statistična obdelava
  - ocena podatkov:
    - pomanjkanje modelov in njihovih parametrov
  - prenos podatkov: nimamo podatkov o okoljskem vplivu posameznih faktorjev: na okolje, na ljudi, na živali

# METODE IN MERILA IE

## LCA - Life Cycle Assessment - del označevanja izdelkov

- Čistilna sredstva
- Gospodinjski aparati:
  - pomivalni stroji
  - toplotne črpalke
  - žarnice
  - PC/prenosniki
  - hladilniki
  - TV...
- Papirnati izdelki:
  - kopirni papir
  - papir za tiskalnike...
- Dom in vrt:
  - vzmetnice
  - pohištvo...
- Oblečilo:
  - čevlji
  - tekstil
- Turizem
- Maziva



# METODE IN MERILA IE

LCA - Life Cycle Assessment - del označevanja izdelkov

Ecolabel Index is the largest global directory of ecolabels, currently tracking 458 ecolabels in 197 countries, and 25 industry sectors



Carbon Neutral Certification

[Carbon Neutral Certification website](#)

# METODE IN MERILA IE

## LCA - Life Cycle Assessment

**Kavne skodelice za enkratno uporabo: Coffee to go**

**Polistirenska pena (1,9 g)**

za proizvodnjo: 2,4 g CH + 0,08 g kemikalij

**Papir/karton (8,2 g)**

za proizvodnjo: 21 g lesa + 1,2 g kemikalij

- stroški pridobivanja lesa: sejanje, vzgajanje, pogozdovanje, vzdrževanje, sečnja, transport, obdelava?
- stroški črpanja CH, rafiniranje, obdelava, transport?

- CH-polistiren: voda, energija
- potek: nafta-etilen/benzen-etilbenzen-stiren-polistiren
- upoštevamo, da jo po uporabi sežgemo za energijo (33% učinek): 4,5 g/skodelico

- les-vlakna-papir: voda, energija
- če delamo z nafto: 3,8 g/skodelico



# METODE IN MERILA IE

## LCA - Life Cycle Assessment

**Kavne skodelice za enkratno uporabo: Coffee to go**

**Polistirenska pena (1,9 g)**

**Papir/karton (8,2 g)**

emisije v vodo, zrak, zemljo?

- velike emisije pentana (preprečuje penjenje)
- prispeva k fotokemijskem smogu
- pri predelavi lesa jih ni

• strogi kriteriji plinskih emisij

uporaba, ponovna uporaba, recikliranje

- trdne
- daljša življenjska doba
- bolj uporabne: držijo toploto

- manj trdne
- krajša življenjska doba
- manj uporabne: mehčanje

# METODE IN MERILA IE

## LCA - Life Cycle Assessment

Kavne skodelice za enkratno uporabo: Coffee to go

Polistirenska pena (1,9 g)

Papir/karton (8,2 g)

uničenje/predelava po končani življenjski dobi

- dober sežig
- malo pepela
- več energije (2x)
- stisne na deponiji na enak V kot papirna

- dober sežig
- malo pepela
- biorazgradljiva: problem  $\text{CH}_4$

KATERO UPORABLJATI ?

# MET IE

## LCA - Life Cycle Assessment

**TABLE 9.3** Life-Cycle Assessment for Single-Use, Hot-Drink Cups (per 1000 cups)

	8.3 g Paper Cup	1.9 g Polyfoam Cup
<i>Raw Materials</i>		
Wood and bark (kg)	21	0
Petroleum feedstock (kg oil)	0	2.4
Other chemicals (kg)	1.2	0.08
<i>Purchased Energy</i>		
Process heat (kg oil)	1.8	1.9
Electricity (kg oil) <sup>a</sup>	2	0.15
<i>Water Effluent</i>		
Volume (m <sup>3</sup> )	1	0.05
Suspended solids (g)	80	1
BOD (g)	90	0.4
Organochlorines (g)	20	0
Inorganic salts (g)	500	30
Fiber (g)	10	0
<i>Air Emissions</i>		
Chlorine (g)	2	0
Chlorine dioxide (g)	2	0
Reduced sulfides (g)	10	0
Particulates (g)	20	0.8
Carbon monoxide (g)	30	0.2
Nitrogen oxides (g)	50	0.8
Sulfur dioxide (g)	100	7
Pentane (g)	0	80
Ethylbenzene, styrene (g)	0	5
<i>Recycle/Reuse Potential</i>		
Reuse	Possible	Easy
Recycle	Acceptable	Good
<i>Ultimate Disposal</i>		
Proper incineration	Clean	Clean
Heat recovery (MJ)	170	80
Mass to landfill (kg)	8.3	1.9
Volume in landfill (m <sup>3</sup> )	0.0175	0.0178
Biodegradability (landfill)	Yes	No

<sup>a</sup> Calculated using 33 percent efficient power plant burning residual fuel oil.

Source: Based on data in Hocking (1991).

**Kavne skodelice za enkratno uporabo: Coffee to go**

# METODE IN MERILA IE

## LCA - Life Cycle Assessment

- LCA vodi k bolj okolju prijazni proizvodnji (trajnostni) posameznih izdelkov:
  - okolju prijazno
  - socialna nota

Dve novi strategiji:

**LCD** - *Life Cycle Design*: ekološko in ekonomsko trajnostni sistemi/produkti

**DFE** - *Design for the Environment*: oblikovanje produktov z minimalnim okoljskim vplivom.

Včasih težko ločimo.

# METODE IN MERILA IE

## Določitev indikatorjev -kazalcev

- Če ne znamo pravilno izmeriti in ovrednotiti zadev, potem težko kaj spremenimo.
- Z meritvami moramo potrditi:
  - ali okoljski vpliv produkta/storitve dolgoročno raste ali se zmanjšuje
  - ali je izbrana politika dolgoročno uspešna ali ne.
- Na nivoju: tovarne, firme, regije, naroda, celine...  
Merimo:
  - masni tokovi (t/leto)
  - volumen
  - strupenost (EC, IC, LC...)
  - nekaj, kar je okolju relevantno...

# METODE IN MERILA IE

## Določitev indikatorjev -kazalcev

### nekaj primerov

Merimo:	Indeks	Način izračuna	Okoljska pomembnost
Celoten vnos snovi/prebivalca	Celoten vnos snovi/prebivalca	Količina snovi/št.preb.	Poraba surovin
Sestava vnešenih snovi	Razmerje goriva	Poraba/surovino	CO <sub>2</sub> in VOC emisije
	Uporaba neobnovljivih C	Neobnovljivi C/totalni C	Onesnaženje z CH <sub>4</sub> , lastnosti trdnih odpadkov
	Razmerje struktur materialov	(Keramika, kovine, plastika)/(celoti)	Za porabo vode, energije, vrsta in količina odpadka
	Kmetijska razmerja	Produkcija hrane/celotno kmetijstvo	Uporaba zemlje, emisije metana
Stopnjo recikliranja	Indeks deviškosti	Količina novih surovin/količina celotnih surovin	Poraba energije, količina odpadkov, odpadne vode

# METODE IN MERILA IE

## Določitev dinamike in zgodovine procesov

Če pogledamo v preteklost, se lažje odločimo za korake v sedanjosti ali prihodnosti:

- ✿ Kako smo prenesli neko rešitev v okolje: takoj, stopenjsko
- ✿ Kako so jo sprejeli ljudje ?
- ✿ Primeri v Sloveniji?

# METODE IN MERILA IE

## Mednarodne primerjave

- Primerjava praks ravnanja z odpadki:



- Manj razvite države poznajo probleme bolj razvitih, se jim lahko izognejo:
  - okoljska zakonodaja
  - ravnanje z odpadki...