

Univerza v Ljubljani
Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo



VARSTVO OKOLJA I

doc. dr. Andreja Žgajnar Gotvajn

Katedra za kemijsko, biokemijsko in ekološko inženirstvo



Univerzitetni študijski program:

TEHNIŠKA VARNOST

ZGRADBA PREDMETA ?

105 ur

- **Predavatelj:** 45 ur - 3 ure/teden

doc. dr. Andreja Žgajnar Gotvajn

- 15 ur seminar, 15 ur dodatnih oblik
- domača naloga

doc. dr. Andreja Žgajnar Gotvajn

- 30 ur seminarskih vaj - 2 uri/teden

doc. dr. Andreja Žgajnar Gotvajn

- **Izpiti:** doc. dr. Andreja Žgajnar Gotvajn

pisno + ustno

ZGRADBA PREDMETA ?

Izpiti: doc. dr. Andreja Žgajnar Gotvajn:

- 2 vmesna kolokvija:
 - **XX. 11. 2012 ?**
 - po novem letu - **X. 1. 2013 ?**

vsak 10 točk: 60% (6 točk) = pozitivno

- **oba pozitivno:** samo ustni izpit
- **en pozitiven:** drug negativen: pisni $\frac{1}{2}$ + ustni izpit
- **oba negativna:** pisni + ustni izpit
- termini izpitov: študentska pisarna (2 x pozimi, 2 x junij, 2 x avgust)

DELO PRI PREDMETU ?

domače naloge

Različne predlagane tematike - izbira po interesu:

- med predavanji
- en znanstven članek
- 5 minutna predstavitev + **A4 izroček za kolege** (material za izpit)
- 2-3 tedne za pripravo
- predstavitve: 3. 1. 2013 in 10. 1. 2013
- ocena: 30% ocene izpita

DELO PRI PREDMETU ?

: **ekskurzije**

- CČN Ljubljana
- deponija Barje
- CRO Vrhnika ?
- Reaktorski center Brinje

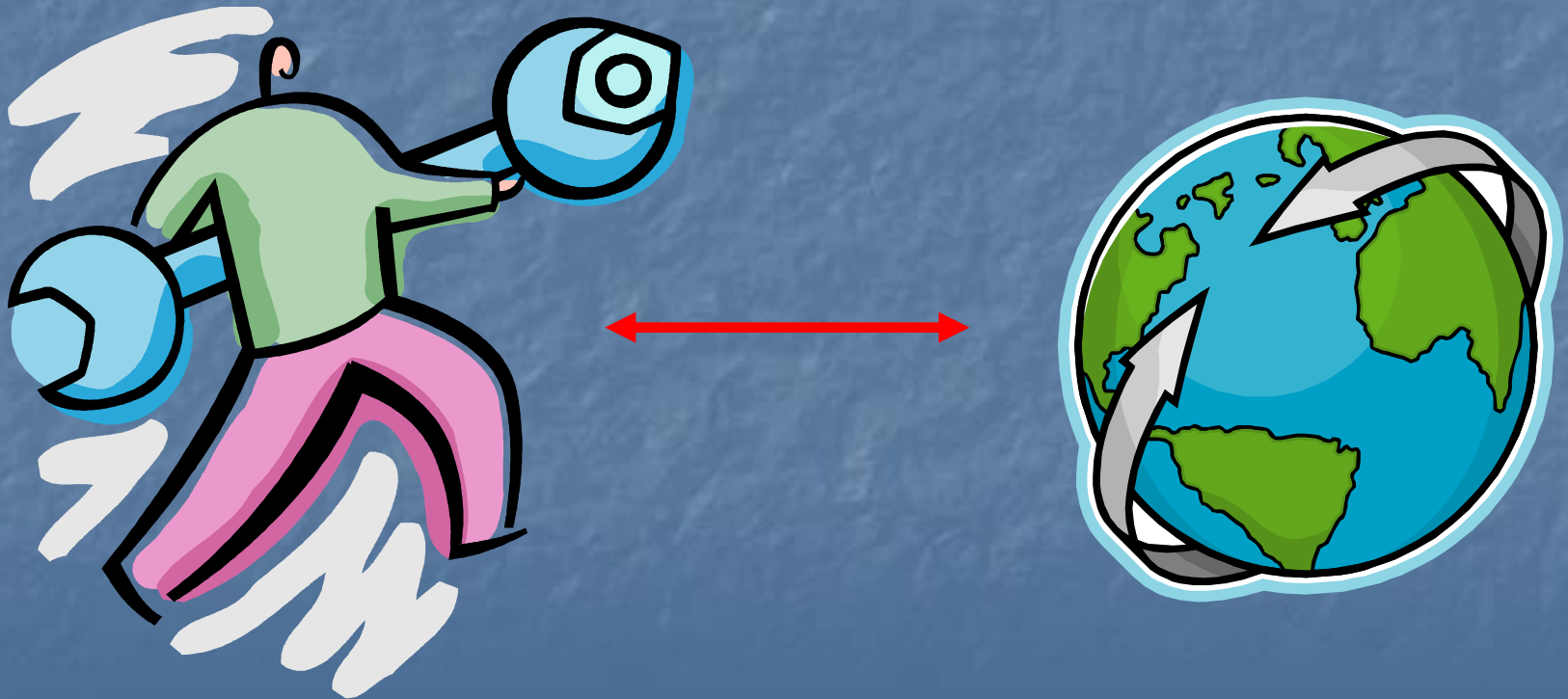
DELO PRI PREDMETU ?

: **Berlin 2012**

- **Green Chemistry**
- 3 EKT
- 10% stroškov letalske vozovnice
- 2. in 3. teden marca 2013

VARSTVO OKOLJA

- Delo ekološkega/okoljskega inženirja ?



VARSTVO OKOLJA ?

Delo ekološkega/okoljskega inženirja ?

1. Identifikacija problema:

- Določanje vzroka onesnaženja na različnih nivojih (mikro in makro okolje).
- Določanje vpliva onesnaženja na različnih nivojih (mikro in makro okolje).
- Poznavanje celotnega življenjskega cikla izdelka in njegov vpliv na okolje v različnih fazah (proizvodnja, uporaba, odlaganje, uničenje).
- Poznavanje mehanizmov in obsega transporta onesnaženja v različnih okoljih.
- Poznavanje pretvorb onesnaženja v različnih okoljih.
- Presoja tveganja.
- Poznavanje ekotoksikologije.
- Poznavanje kemijskih procesov v okolju.
- Poznavanje bioloških procesov v okolju.

2. Reševanje problema:

- Tehnični pristop: rekonstrukcija/ zamenjava obstoječega sistema v celoti/delno...
- Sociološki pristop: reorganizacija, motivacija.
- Ekonomska ocena rešitve.

VARSTVO OKOLJA

■ Delo ekološkega/okoljskega inženirja ?

1. Sociološki pristop

- Poznavanje družbe.
- Poznavanje mentalitete družbe.
- Upoštevati mikro razmere.

odlagališče Teneriške, Kranj

■ 2. Etika odločitev:

- Dobrobit človeštva.
- Vpliv na lokalno in širšo skupnost.
- Vpliv odločitev na splošno družbeni klimo.

NEK, Krško

ločevanje odpadkov

Volovja reber

VARSTVO OKOLJA



EKOSISTEM

EKOLOGIJA = ŠTUDIJ EKOSISTEMOV

Zakonnost ekosistema:
Vsaka stvar je povezana še z neko stvarjo

VARSTVO OKOLJA

ponovitev - definicije

1. **EKOSISTEM** - uvedel angleški botanik A. G. Tansley

- = življenjska združba (biocenoza) + življenjski prostor (biotop)
- tekmovalnost organizmov biocenoze - uspešnejši prevladajo
- biološko ravnovesje

2. **DEJAVNIKI EKOSISTEMA:**

- **neživi** = abiotški: voda, svetloba, hranila, substrat, fizikalno-kemijski pogoji...
- **živi:**
 - proizvajalci = producenti: organske snovi
 - potrošniki = porabniki = konzumenti: živali
 - razgrajevalci = razkrojevalci = dekompozitorji: mikroorganizmi (bakterije, glive)
 - energija

prehranjevalne verige

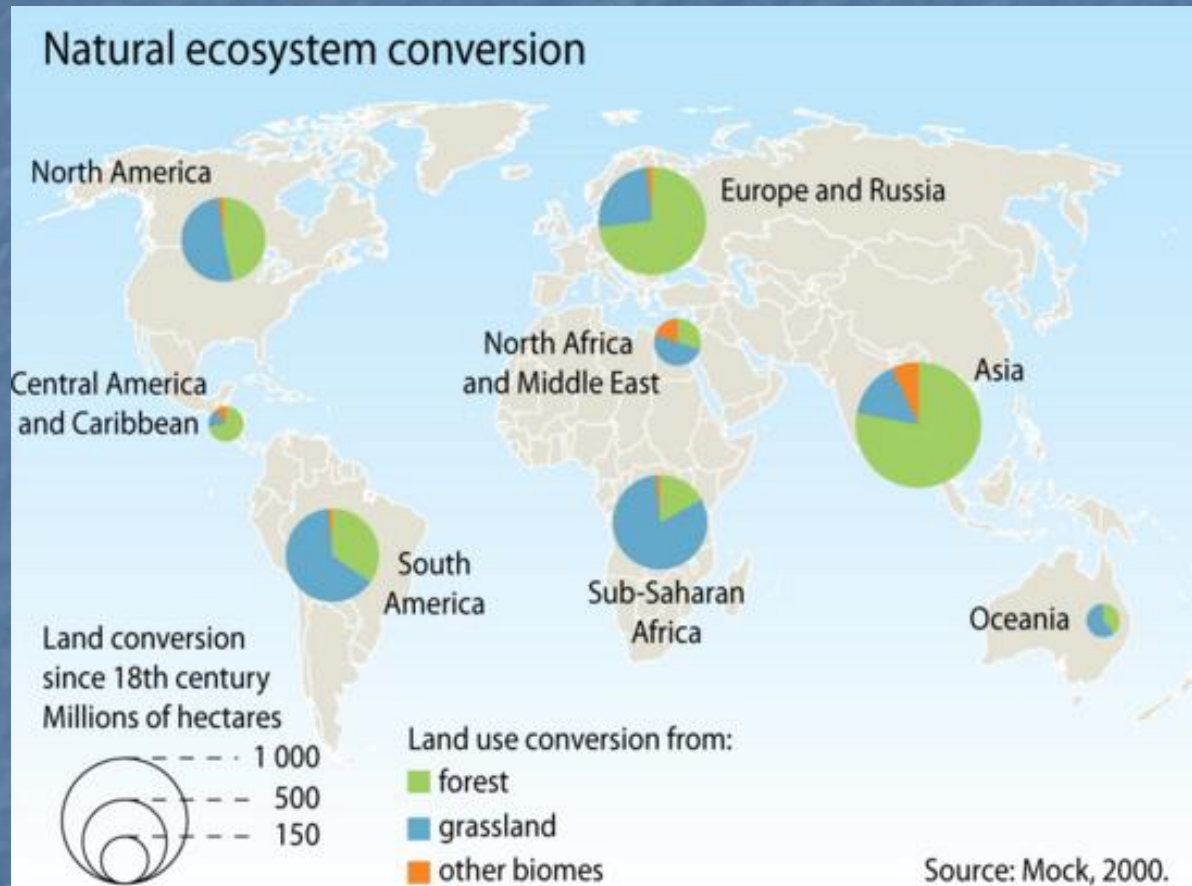
VARSTVO OKOLJA

ponovitev - definicije

1. VRSTE EKOSISTEMOV:

- popolni ekosistem: vse 3 komponente (organizmi)
- nepopolni ekosistem: ena komponenta manjka – podzemske jame
ali:
- vodni ekosistem
- kopenski ekosistem
- **ali:**
- naravni ekosistem
- spremenjeni ekosistem: poudarjen vpliv človeka, naravno ravnovesje minimalno spremenjeno
- umetni ekosistem: intenzivni posegi človeka, ranljiv, porušen sistem

VARSTVO OKOLJA



Sources

Mock, 2000.

Link to web-site

<http://grida.no/publications/rr/the-natural-fix>

VARSTVO OKOLJA

Interdisciplinarna veda

- KEMIJA
- BIOLOGIJA
- GRADBENIŠTVO
- MEDICINA
- ETIKA
- EKONOMIJA
- PRAVO
- itd.



INŽENIRSKÉ
TEHNIKE

*VKLJUČITEV EKOLOŠKIH PRINCIPOV V
INŽENIRSKÉ ODLOČITVE*

VARSTVO OKOLJA

GRADBENIŠTVO

- Preskrba z vodo
- Gradnja kanalizacije
 - Stari vek*
 - Babilon, Jeruzalem, Aleksandrija, Atene, Rim*
- Prve čistilne naprave
 - Druga polovica 19. stoletja*
 - Malo pozornosti posvečene varovanju okolja*

VARSTVO OKOLJA

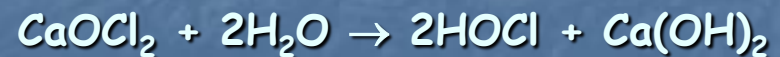
KEMIJA

➔ Filtracija pitne vode

sredina 19. stoletja; 1885 $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$

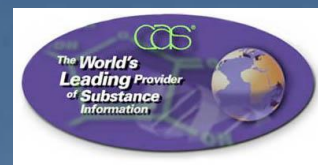
➔ Dezinfekcija vode s klorom

1902 Belgija



VARSTVO OKOLJA

KEMIJA

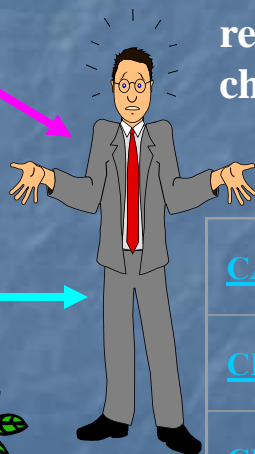
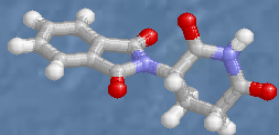


CAS is the leading provider of organic, inorganic, and biosequence substance information.

The Latest CAS Registry Number® and Substance Count

Date	3 October 2010
Count	38,450,494 organic and inorganic substances 62,343,025 sequences
CAS RN	1056550-41-4 is the most recent CAS Registry Number

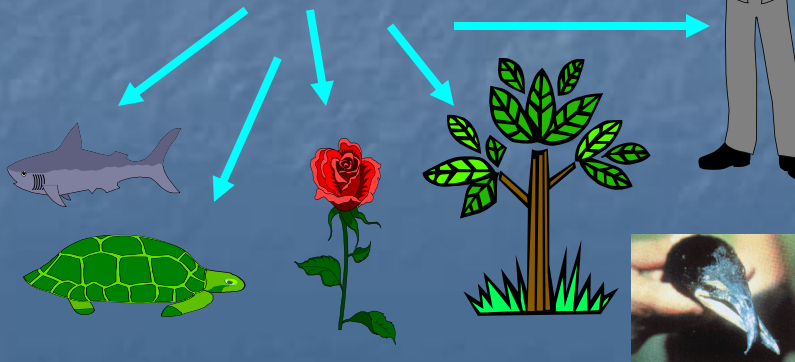
Thalidomid
12.000 otrok



CAS also provides specialized databases of chemical reactions, regulated chemicals, commercially available chemicals and Markush substance information.

Specialized Substance Collections Count

<u>CASREACT®</u>	15,781,240 Single- and multi-step reactions
<u>CHEMLIST®</u>	247,386 Inventoried/regulated substances
<u>CHEMCATS®</u>	24,791,712 Commercially available chemicals
<u>MARPAT®</u>	780,933 Searchable Markush structures



VARSTVO OKOLJA

KEMIJA

POPS

Hormonski motilci

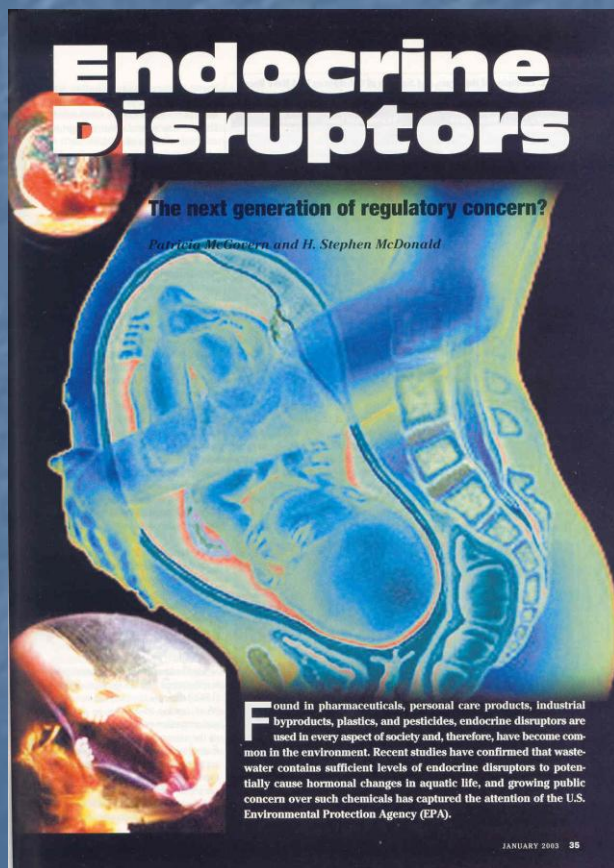


Table 1. Examples of the Types and Sources of Substances that Have Been Reported as Potential Endocrine Disrupting Chemicals

Category	Example of Substances	Examples of Uses	Example of Sources
polychlorinated compounds	polychlorinated dioxins, polychlorinated biphenyls	industrial production of by-products (mostly banned)	incineration, landfill
organochlorine pesticides	DDT, dieldrin, lindane	insecticides (many phased out)	agricultural runoff
current use pesticides	atrazine, trifluralin, permethrin	pesticides	agricultural runoff
organotins	tributyltin	antifoulants on ships	harbors
alkylphenolics	nonylphenol	surfactants (and their metabolites)	industrial and municipal effluents
phthalates	dibutyl phthalate, butylbenzyl phthalate	plasticisers	industrial effluent
sex hormones	17-beta estradiol, estrone	produced naturally by animals	municipal effluents
synthetic steroids	ethynylestradiol	contraceptives	municipal effluents
phytoestrogens	isoflavones, ligands, coumestans	present in plant material	pulp mill effluents

Source: Canadian Wildlife Service, Pacific Wildlife Research Center.

VARSTVO OKOLJA KEMIJA



VARSTVO OKOLJA

OKOLJE - Kaj pomeni?

- Kraj, kjer živimo?
- Zrak, ki ga dihamo in voda, ki jo pijemo?
- Neokrnjeni predeli zemlje, ki bodo lahko kmalu uničeni?
- Del atmosfere, ki nas ščiti pred škodljivim sevanjem?

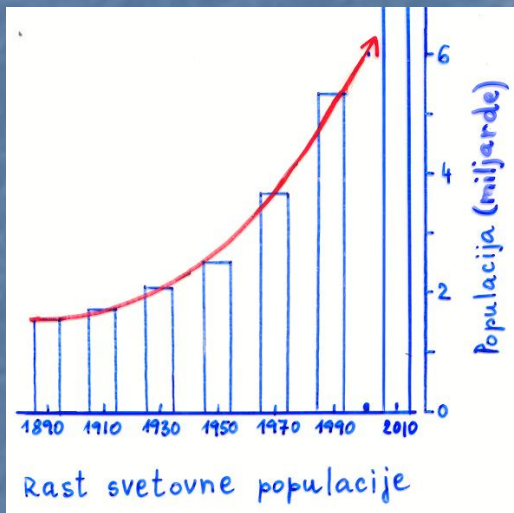


vsa tista področja oz. procesi, ki lahko vplivajo na blagostanje živih bitij

- fizikalni procesi (npr. globalno ogrevanje)
- kemijski procesi (zmanjšanje plasti ozona)
- biološki procesi (uničenje pragozdov)

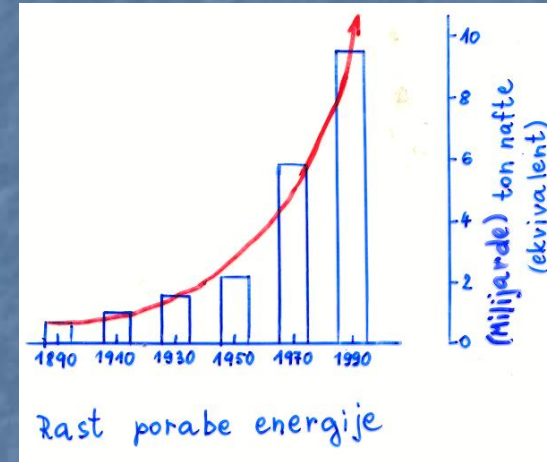
VARSTVO OKOLJA

OKOLJE - Razlogi za skrb?

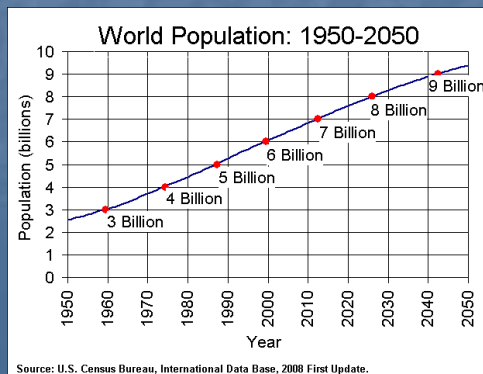


Rast svetovne populacije

75 - 80 mio/leto



Rast porabe energije



Če se bo poraba energije večala kot v preteklih letih - letna rast 2%-, se bo moral dostop do energije še v tem stoletju več kot potrojiti.

Morali bi imeti 3x toliko naftnih in plinskih transportnih naprav, rudnikov, naftovodov, jedrskih elektrarn, tankerjev in vetrnic.

VARSTVO OKOLJA

OKOLJE - Razlogi za skrb?

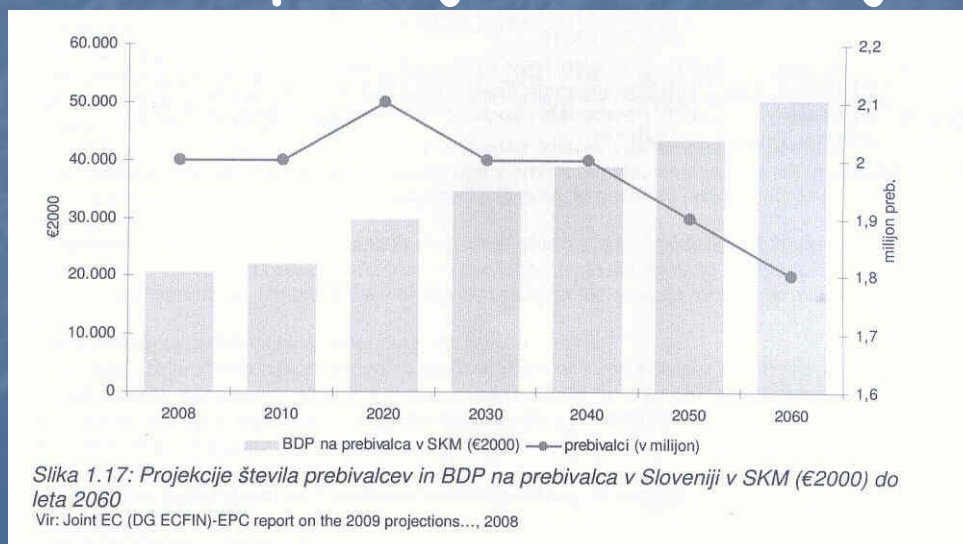
- Rast svetovne populacije
- Rast porabe energije
- Osiromašenje z naravnimi viri
- Naraščanje količine odpadkov
- Naraščanje onesnaženja zemlje

VARSTVO OKOLJA

OKOLJE - Razlogi za skrb?

➔ Rast populacije:

- daljšanje življenjske dobe:
SLO: moški: 2020 (77,1 let), 2040 (80,6 let)...
ženske: 2020 (83,7), 2040 (88,8)...
- Starnje prebivalstva: podvoji delež starejših od 65 let.



VARSTVO OKOLJA

OKOLJE - Razlogi za skrb?

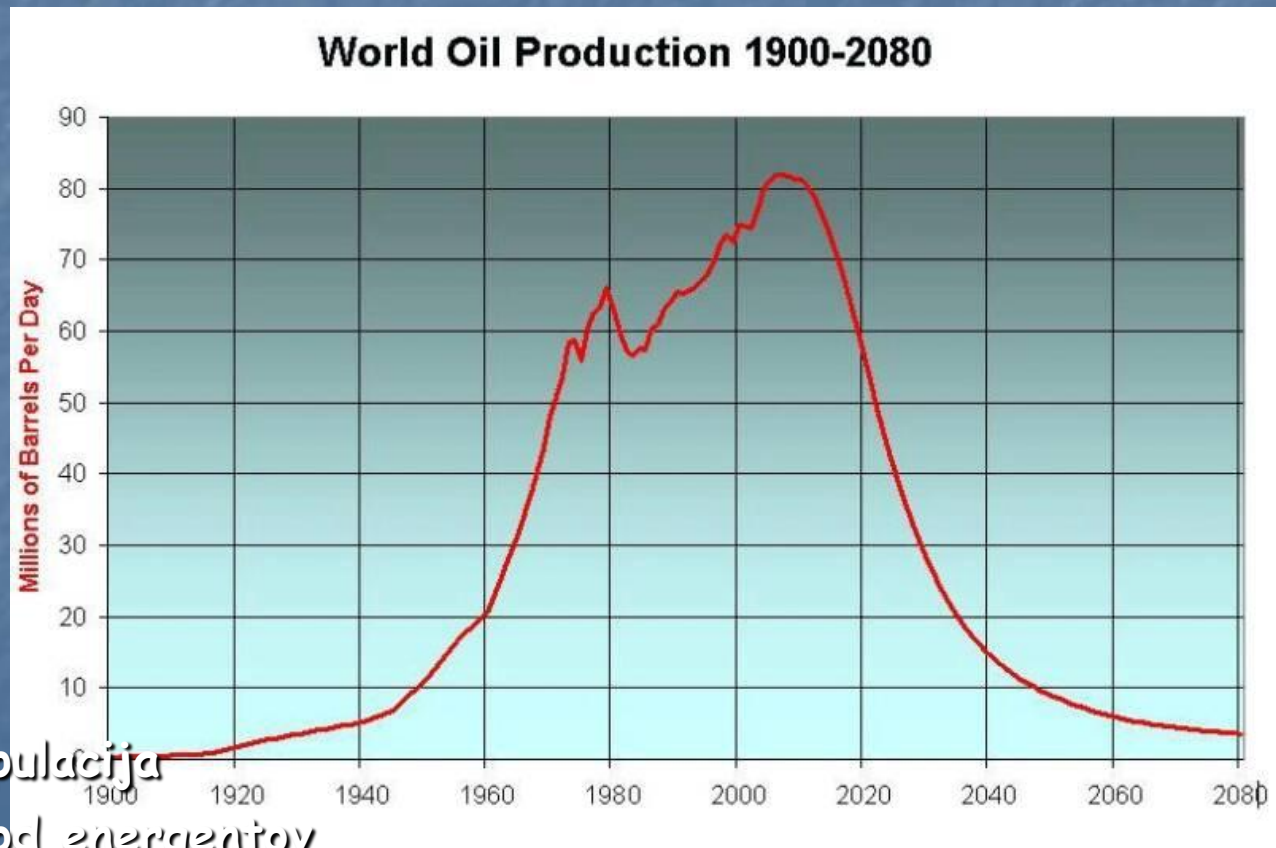
➔ Rast porabe energije

● Maksimum: 2005

● 2013 = 1980:

● 2 x večja populacija

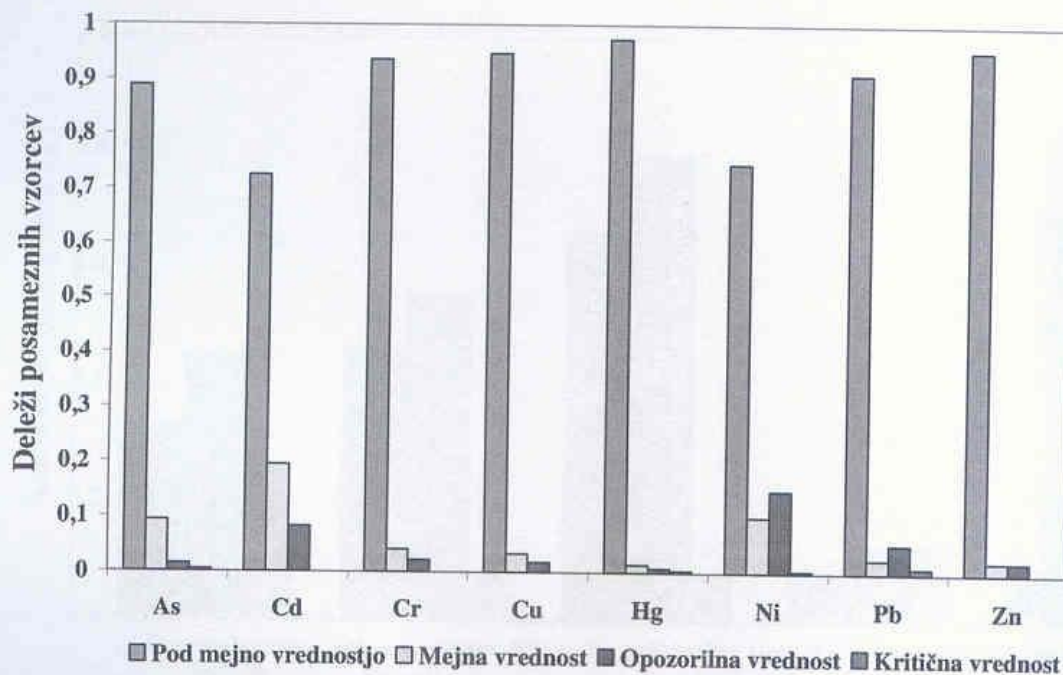
● bolj odvisna od energentov



VARSTVO OKOLJA

OKOLJE - Razlogi za skrb?

➔ Osiromašenje naravnih virov



Slika 6.3: Deleži posameznih vzorcev glede na mejno, opozorilno in kritično vrednost nekaterih kovin v tleh.

Vir: ARSO in Biotehniška fakulteta, Infrastrukturni center za pedologijo in varstvo okolja

VARSTVO OKOLJA

OKOLJE - Razlogi za skrb?

➔ Onesnaženje

VARSTVO OKOLJA

OKOLJE - Razlogi za skrb?

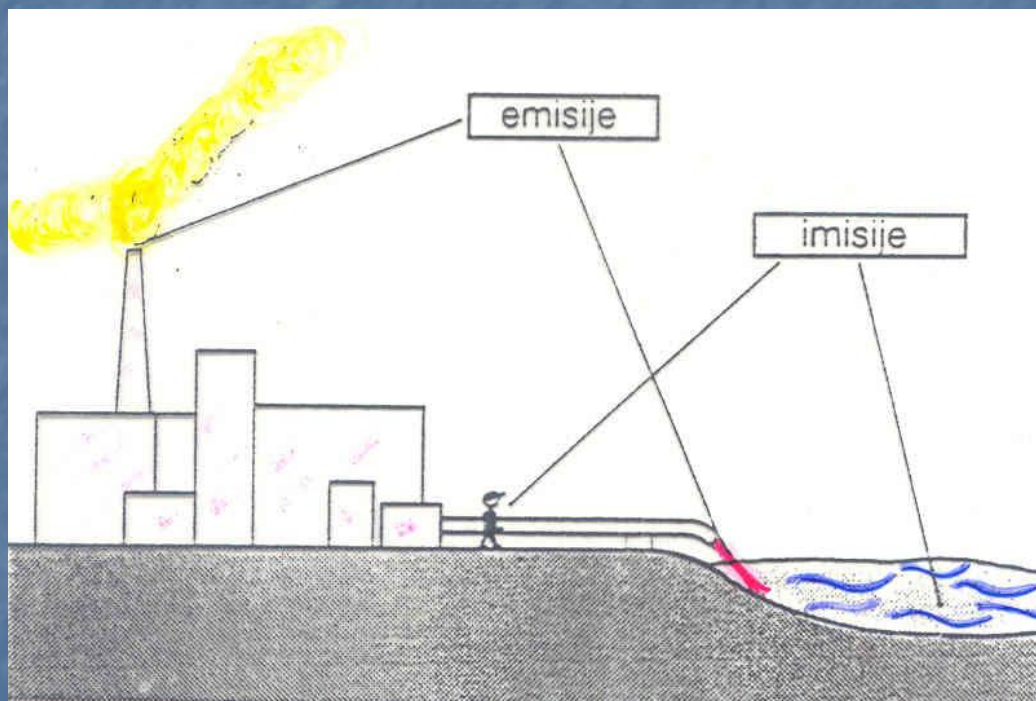
➔ Pomembni kazalci:

- intenzivnost kmetijstva
- energetika
- lesna zaloga s sprirastkom in posekom
- kemijsko in trofično stanje morja
- število in velikost gospodinjstev
- stanovanja
- obseg in sestava potniškega prometa
- obseg in sestava tovornega prometa
- izpusti toplogrednih plinov iz prometa
- okoljski odtis
- pokrovnost in raba zemljišč
- izpusti toplogrednih plinov

VARSTVO OKOLJA

OMEJEVANJE ONESNAŽENJA

➔ Emisijska zakonodaja



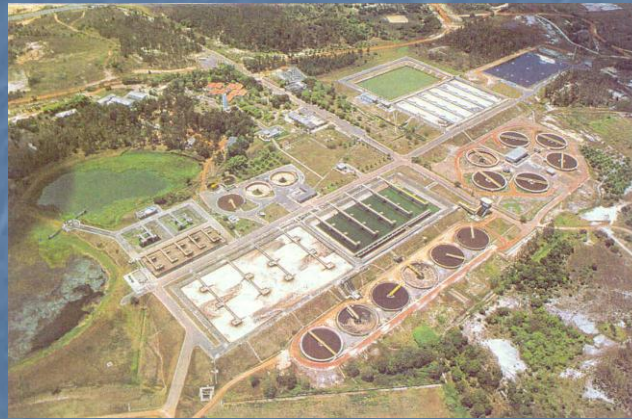
emisija - spuščanje, oddajanje

imisija - sprejemanje

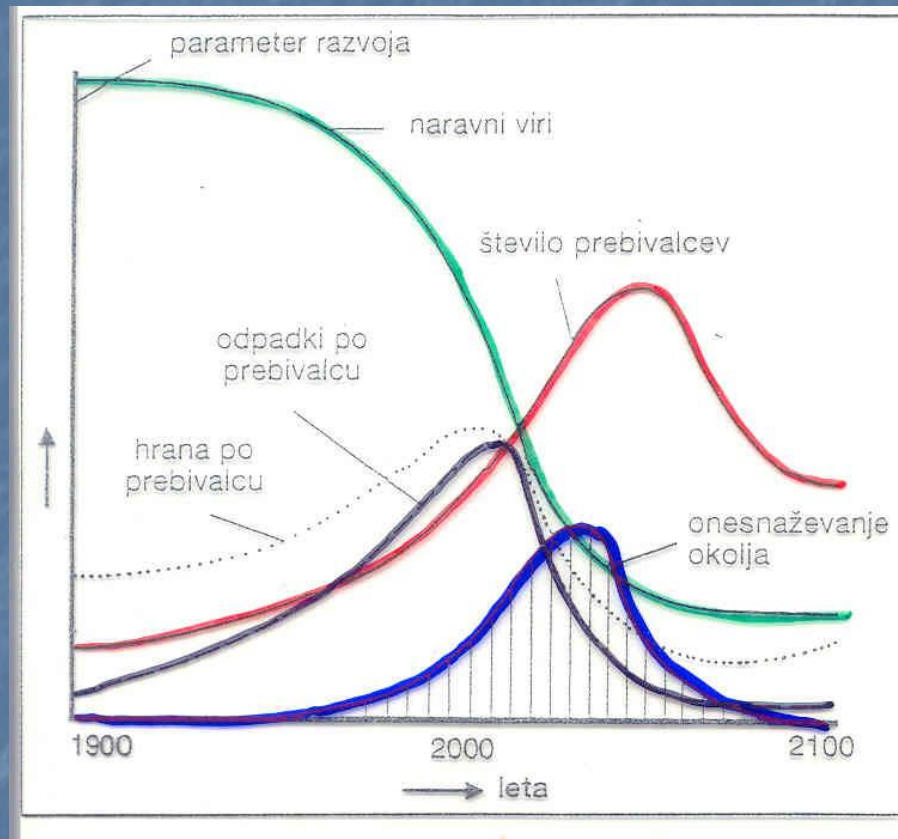
VARSTVO OKOLJA

OMEJEVANJE ONESNAŽENJA

➔ Zaostrovanje predpisov - inteziviranje čiščenja



VARSTVO OKOLJA



Računalniško simuliran scenarij razvoja človeštva (*Rimski klub, 1970*)

VARSTVO OKOLJA

STRATEGIJA CELOVITE OCENE IN KONTROLE VPLIVA INDUSTRIJSKIH IZPUSTOV

Vključitev imisijske zakonodaje

čiščenje

strokovnjaki

okolje

VARSTVO OKOLJA

TRAJNOSTNI (SONARAVNI) RAZVOJ SUSTAINABLE DEVELOPMENT

V zadnjih dveh desetletjih v razvitem svetu:

temeljita pozitivna sprememba okoljske zavesti, okoljska etika v ravnanju z okoljem, zavestno ter odgovorno trajnostno sonaravno ravnanje.

Svetovna komisija za okolje in razvoj (Brundlandska komisija):

“Zadovoljiti trenutne potrebe, ne da bi pri tem ogrožali zadovoljevanje potreb prihodnjih generacij”

VARSTVO OKOLJA

TRAJNOSTNI (SONARAVNI) RAZVOJ

- uskladitev ravni življenja z zmogljivostjo narave
- izboljševanje gospodarske, socialne in okoljske blaginje sedanje generacije brez ogrožanja blaginje prihodnjih generacij
- proces sprememb, kjer je raba virov, usmerjanje investicij, usmeritev tehnološkega razvoja in spreminjanje institucij v medsebojni harmoniji ter ohranja sedanji in prihodnji kapital za zadovoljevanje človekovih potreb in hotenj

Trajnostni razvoj (Sustainable Development)

Možnosti implementacije principov trajnostnega razvoja

- Kmetijstvo
- Onesnaženja zraka
- Ribištvo
- Gozdarstvo
- Energija: varčevanje, zamenjava virov (solarna, vetrna)...
- Plačilni mehanizmi
- Regulacija populacije
- Ravnanje s trdnimi odpadki
- Trajnostna mesta, naselja...
- Transport
- Voda
- Zaščita narave: rezervati, divje živali....

Trajnostni razvoj - Primer

Ravnanje s trdnimi odpadki - Irska, problem plastičnih vrečk

● Problem od 1990:

- gospodarska rast
- veliko odpadkov
- malo odlagališč - nastanek ilegalnih odlagališč v naravi
- problem turizma ("zelena Irska") in kmetijstva (onesnaženo okolje)
- najbolj viden del onesnaženja - **PVC vrečke:**

19.000 trgovin → $1,26 \times 10^9$ plastičnih vrečk (gratis) = 14.000 t
= 325 vrečk/(potrošnika × leto)
= 99,5% na deponije, ob cestah, v vodi...

● 4. 3. 2002: Zakon za omejeno uporabo plastičnih vrečk, razen za:

- mlečne produkte
- ribe
- sadje, zelenjavo
- meso
- slaščičarski izdelki

Trajnostni razvoj - Primer

Ravnanje s trdnimi odpadki - Irska, problem plastičnih vrečk

- 4. 3. 2002: Zakon za omejeno uporabo plastičnih vrečk:
 - plačilo 15 c/vrečko
 - denar za naravovarstvene probleme
- Namen:
 - večkrat uporabimo vrečko
 - izberemo papirno vrečko
 - izberemo bolj trajno vrečko: blago
- Trajne vrečke, ki morajo biti na voljo v vseh trgovinah (1,27 E):
 - blago, ki se lahko reciklira
- Papirne vrečke le v trgovinah z oblekami in bolj prestižnimi stvarmi: nenadejan nakup, kupec nima s seboj svoje vrečke.

Trajnostni razvoj - Primer

Ravnanje s trdnimi odpadki - Irska, problem plastičnih vrečk

- 600 - 700% večja prodaja/uporaba vrečk iz blaga
- 50% manjša uporaba plastičnih vrečk prvo leto, 95% zdaj
- Zbranih 10 milijonov E za reševanje okoljevarstvenih problemov
- Zakaj dobri učinki:
 - vlada in okoljevarstvene organizacije
 - reklamna akcija
 - ljudje: opazijo razliko v naravi, ob cestah

VARSTVO OKOLJA

ZAŠČITA OKOLJA

➔ Dodatna skrb za okolje

naprave za obdelavo odpadnih voda, odpadnega zraka in trdnih odpadkov - *čiščenje "na koncu cevi"*

Veliki stroški!

➔ Produktijsko integrirana skrb za okolje

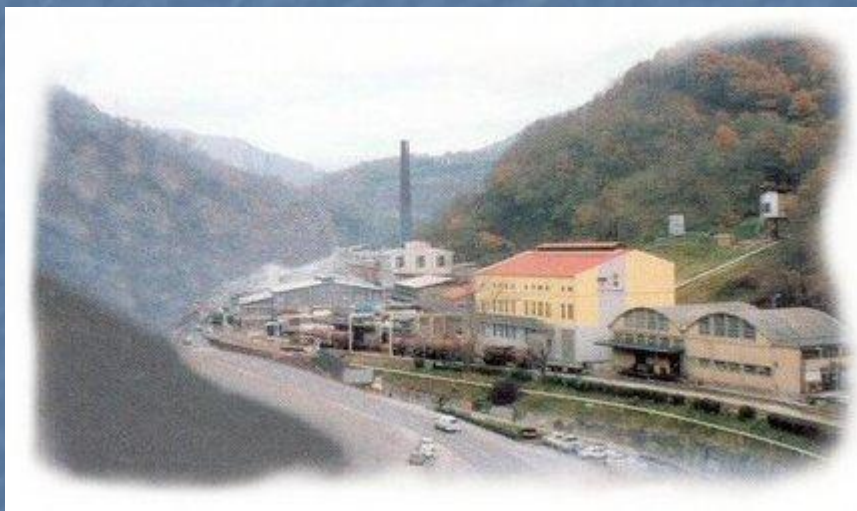
trudimo se doseči optimum v procesni oziroma produktno usmerjeni proizvodnji

Zmanjšanje obremenitve okolja na mestu nastanka onesnaženja!

Industrijska ekologija

INDUSTRIJSKA EKOLOGIJA IN EKOLOŠKO INŽENIRSTVO

Industrijska ekologija ?



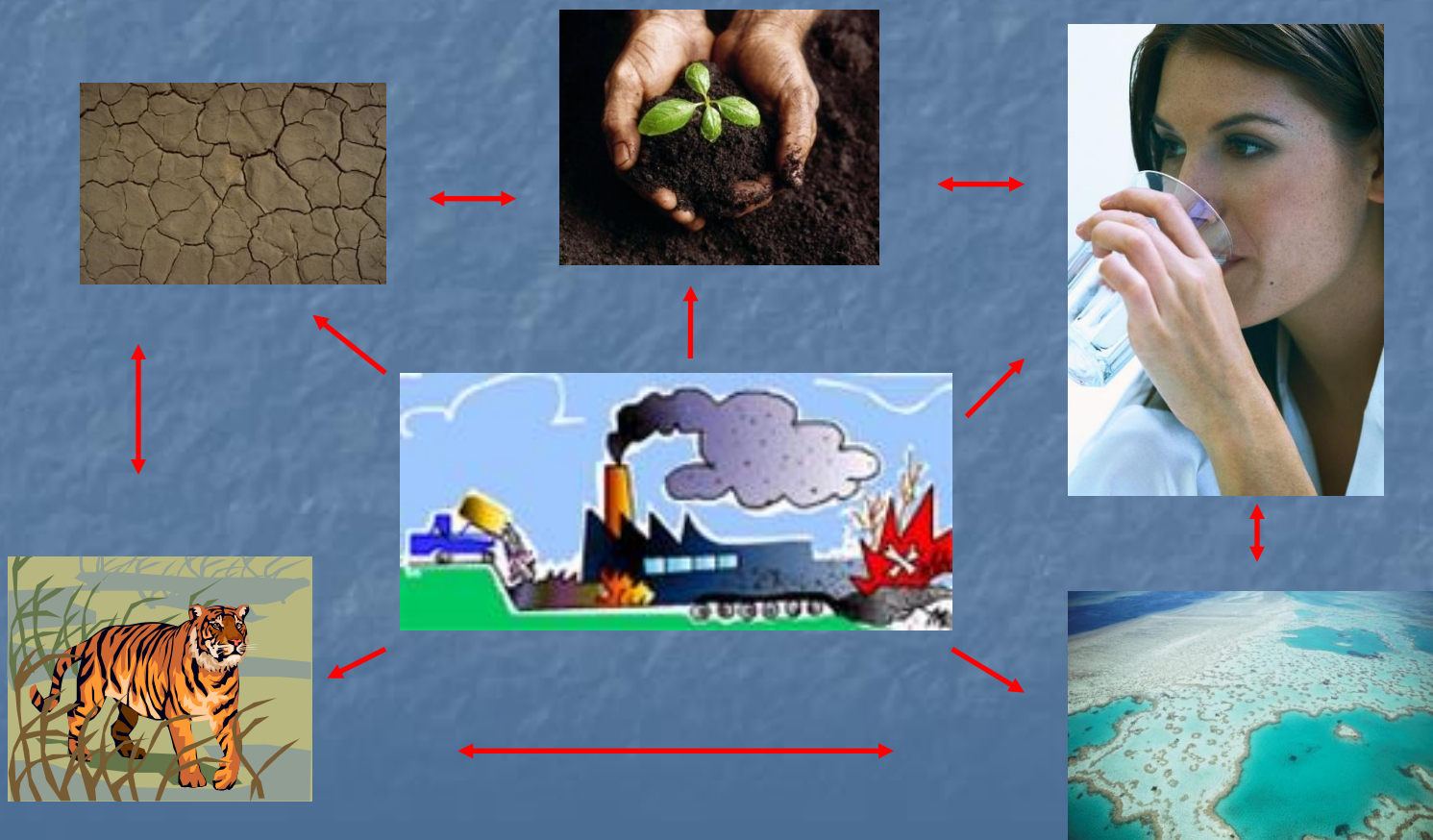
ekološko inženirstvo

industrijska ekologija

- interdisciplinarno področje
 - načrtovanje in vodenje industrijskih sistemov z upoštevanjem naravnih zakonitosti in z minimalnim vplivom na okolje
 - iskanje rešitev v zakonitosti, ki veljajo v naravi (industrija = organizem)
 - ravnotežje med ekonomijo in okoljem z upoštevanjem lokalnih in globalnih vplivov
- trajnostni pristop = sustainability

INDUSTRIJSKA EKOLOGIJA

lokalna rešitev = globalen vpliv



VPLIVI INDUSTRIJE

Globalen vpliv:

- segravanje ozračja
- tanjšanje ozonske plasti
- smog
- kisli dež
- onesnaženje rek, oceanov
- onesnažena zemlja



Vpliv na okolje:

- zrak, zemlja, voda
- izraba okolja: kmetijstvo, industrija, rekreativne površine...
- ne le tu, tudi tam
- ne samo ena, več generacij

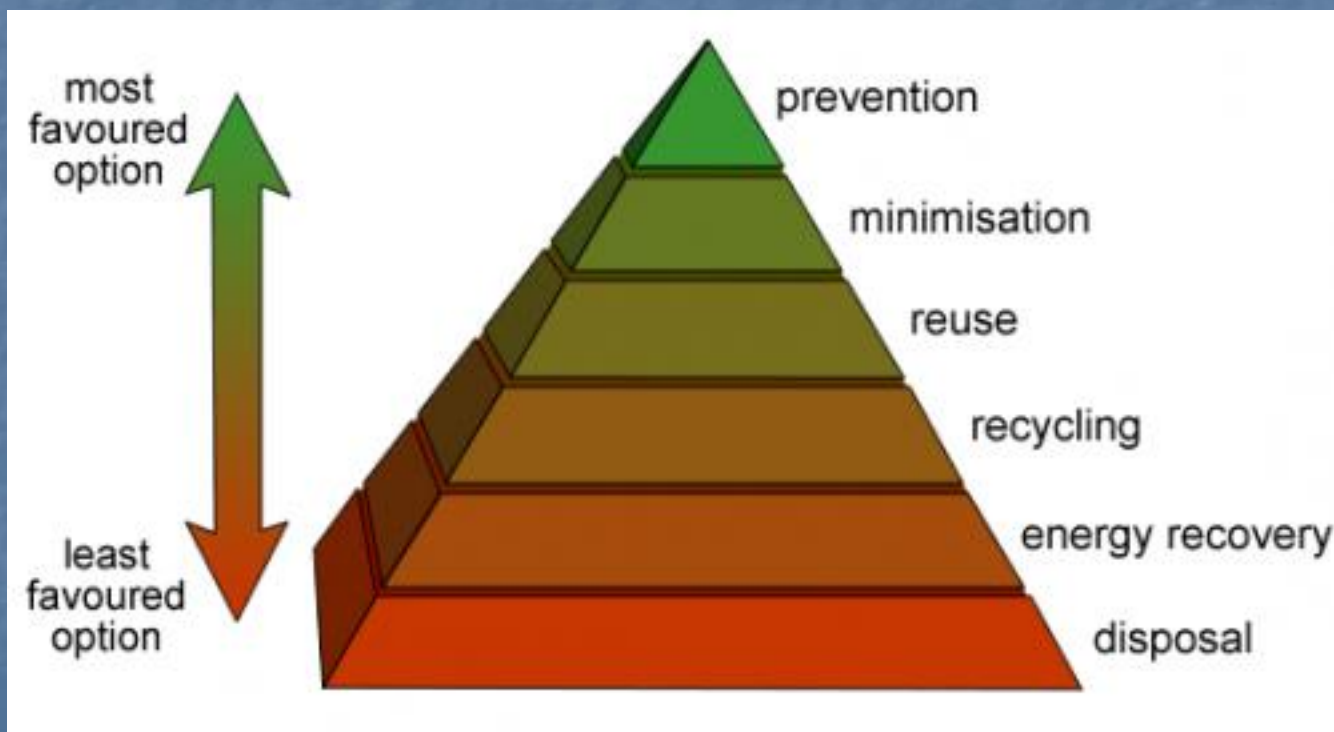


Vpliv na ljudi:

- zaposleni, okoliški prebivalci
- način življenja, navade
- zdravje
- ne samo ena, več generacij

VARSTVO OKOLJA

Ekonomski vidik problema ?



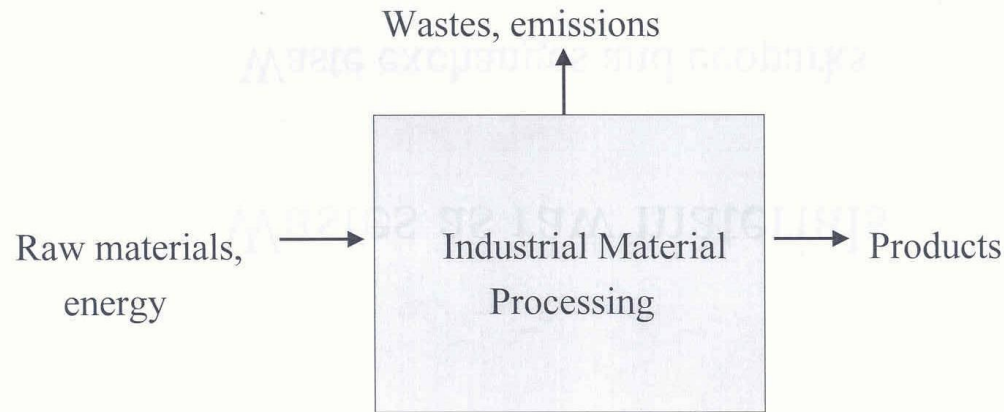
VARSTVO OKOLJA

MOŽNI NAČINI ZMANJŠANJA VIROV ONESNAŽENJA V INDUSTRIJI:

- modernizacija postopkov s stališča reakcijske tehnike (posegi v kemijsko reakcijo samo, npr. uvedba alternativne sintezne poti, zamenjava reakcijskih partnerjev - surovin, reakcijskih medijev, boljših katalizatorjev, in določitev optimalnih procesnih pogojev)
- modernizacija postopkov s stališča procesne tehnike (npr. nove ločitvene operacije kot elektrodializa, ekstrakcija)
- recikliranje odpadnih snovi
- izraba kemijsko nepomembnih odpadkov za proizvodnjo energije s sežigom
- recikliranje vod, vračanje odpadnih vod v proizvodnjo
- odstranitev hladilnih vod iz kanalizacijskega sistema
- vračanje toplote v proizvodnjo
- zmanjšanje nepotrebnih izgub vode
- disciplina ljudi v sami proizvodnji
- bilanca posameznih snovi v proizvodnji - zahteva EU

VARSTVO OKOLJA

Industrial material and energy flows



- **Koncept nič odpadkov:** minimalen vpliv na okolje

- Trije tipi sistemov:

 - Tip I: velika poraba materiala/energije, veliko emisij

 - Tip II: manjša poraba material/energije, delno recikliranje

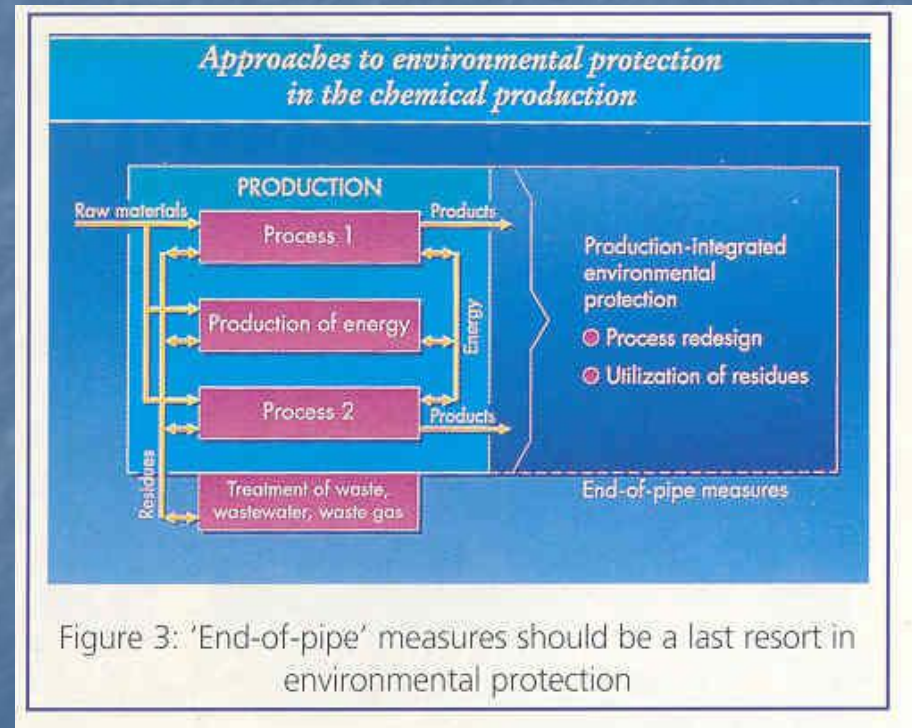
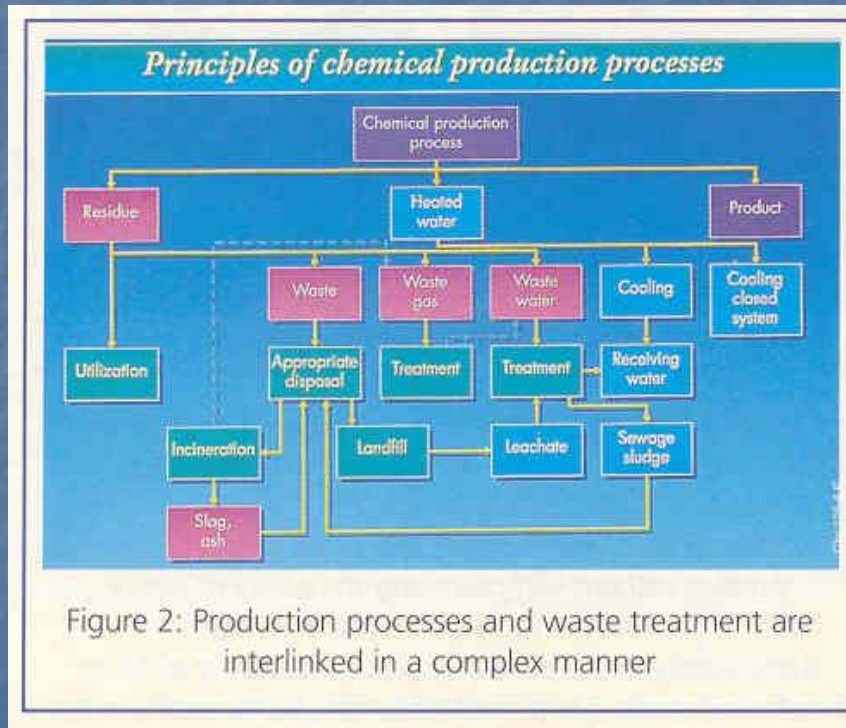
 - Tip III: reciklira material, a še zunanja potreba po energiji

VARSTVO OKOLJA

INTEGRIRANA SKRB ZA OKOLJE ZMANJŠA VPLIVE NA OKOLJE (Hoechst)

Principi procesov kemijske proizvodnje

Pristopi k zaščiti okolja v kemijski proizvodnje



Proizvodnji proces in čiščenje sta medsebojno kompleksno povezana

Čiščenje "na koncu cevi" naj bo zadnja možnost pri zaščiti okolja

VARSTVO OKOLJA

VSEBINA PREDAVANJ

- Ekosistem, trajnostni razvoj, človekovi vplivi, inženirski pristopi, ekonomika in okolje.
- **Vode:** površinske vode - viri in vplivi onesnaženja, vrednotenje kvalitete. Preskrba in sodobna tehnološka priprava pitnih vod. Priprava procesnih energetske in hladilnih vod. Postopki za čiščenje odpadnih vod, metodologije preiskav odpadnih vod in delovanje čistilnih naprav. Obdelava in odlaganje blata iz čistilnih naprav.
- **Trdne odpadne snovi:** gospodarjenje s trdnimi odpadki, vračanje trdnih odpadnih snovi v proces. Procesiranje in ravnanje s komunalnimi in z nevarnimi odpadki.
- **Zrak:** onečiščenje atmosfere v mestih in industrijskih naseljih - plini, hlapi in aerosoli, tehnologije čiščenja.

VARSTVO OKOLJA

ŠTUDIJSKA LITERATURA

- **Masters, G. M.:** *Introduction to Environmental Engineering and Science*, 2nd Ed., Prentice Hall, New York, 2005.
- Peirce J.J., Weiner R.F., Vesilind P.A.: *Environmental Pollution and Control*, 4th Ed., Butterworth-Heinemann, Boston, 1998.
- Vesilind P.A., Morgan S.M.: *Introduction to Environmental Engineering*. 2nd Ed., Thomson, Brooks/Cole, Belmont, 2004.
- T.H.Y. Tebbutt: *Principles of Water Quality Control*. Fourth Edition, Pergamon Press, Oxford, 1992.
- Sawyer C.N., McCarty P.L., Parkin G.F.: *Chemistry for Environmental Engineering*, 4th Ed., McGraw-Hill, New York, 1994.
- Roš M.: *Biološko čiščenje odpadne vode*. GV Založba, Ljubljana, 2001.

RDEČE BLATO

Ajka, Maďarska

Ajka, Madžarska



RDEČE BLATO

● Boksitna ruda:

vsebuje veliko hidroksidov, uporabna za produkcijo Al_2O_3
predelava po Bayerjevem postopku: T, P
rafiniranje produkta vodi k tvorbi rdečega blata: za 1 t Al_2O_3 dobimo 1 - 1,5
t rdečega blata

Rdeče blato:

vsebuje: močno alkalno, Fe_2O_3 , $\gamma\text{-AlOOH}$, kvarc (SiO_2), *sodalit*
($\text{Na}_4\text{Al}_3\text{Si}_3\text{O}_{12}\text{Cl}$) in gips ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), z malo kalcita (CaCO_3), $\text{CaC}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$
in $\text{Al}(\text{OH})_3$.

skladiščeno v bazenih: drago in zahtevno vzdrževanje
predelano na različne načine:

- nevtralizacija
- na dnu odlagalnih bazenov
- kot katalizator za hidroklorinacijo tetrakloroetilena
- za ekstrakcijo Fe in Ti oksidov
- za proizvodnjo keramičnih glazur
- za obdelavo različnih tekočih odpadkov

Kaj lahko storimo?



(bio)remediacije

Uporaba bioremediacije

In situ - na mestu onesnaženja:

- zemlja po izlitju goriva
- onesnažene plaže
- čiščenje podtalnice



In situ - prednosti:

- poceni
- težje do optimalnih pogojev
- težja kontrola

Ex situ - izven mesta onesnaženja:

- prečrpaj in očisti
- transport do reaktorja



Ex situ - prednosti:

- dražje
- boljši pogoji
- lažja kontrola

Ex situ bioremediacija

Slabosti:

- Stroški izkopa
- Stroški prevoza

Bioremediacija kovin

- Ne morejo se razgraditi, lahko se le vežejo ali se pretvorijo v neškodljivo obliko:

- biosorpcija
- bioakumulacija
- redukcija kovin: Hg(II) v Hg(O)
Fe³⁺ v Fe²⁺
Se(IV) v Se(O)
As(V) v As(III)...

Vpliva na:

- strupenost
- topnost v vodi
- mobilnost kovin
- obarjanje
- metiliranje: - tvorba produktov z eno/dve/tri/štiri metilnimi skupinami - manj strupeni, manj mobilni (Se)

Bioremediacija kovin

krom

- Dve obliki: Cr^{6+} in Cr^{3+}
- Cr^{6+} : - strupen
 - dobro topen v vodi
- Cr^{3+} : - manj strupen
 - slabše topen v vodi
 - manj mobiln
- Odstranimo: redukcija Cr^{6+} v Cr^{3+} (obarjanje, manj mobiln)
- Številne bakterijske vrste so sposobne te redukcije:
 - *Bacillus*
 - *Enterobacter*
 - *Vibrio...* (aerobne + anaerobne)
- Možne rešitve:
 - kontaminirana zemlja + gnoj + poplavljen
 - kontaminirano vodo spustimo na zemljo, dodamo še neškodljiv substrat kot vir C (benzoat)

Bioremediacija kovin

arzen

- Nevaren, inhibira specifične metabolne encime.
- Lahko se oksidira, reducira, obori ali metilira.
- Metilacija: tvori se zelo strupen arzen metilat: CH_3AsH_2
 $(\text{CH}_3)_2\text{AsH}$
 $(\text{CH}_3)_3\text{As}$
- Največkrat obarjanje s tvorbo slabo topnega As_2S_3 .
Posledica tvorbe H_2S .

New Orleans

Bayou Bienvenue



1900



2010

PEARL RIVER - (KATRINA)

Nedotaknjene
ciprese



Podrti
hrasti



Cypress Restoration of Bayou Bienvenue Central Wetland Unit



Cypress Restoration of Bayou Bienvenue Central Wetland Unit



Uporaba očiščene komunalne odpadne vode:

- Hraniva za mokrišča
- Sladka voda zmanjša slanost
- Naravni filter za dodatno čiščenje odpadne vode
- Zmanjševanje ogljičnega odtisa
- Nižji stroški
- Obnovljena mokrišča - zaščita pred hurikani