

# BIORAZGRADNJA - Kaj je?

“Molekularna razgradnja organskih snovi kot posledica kompleksnega delovanja živih organizmov”

*(Biodegradation Task Force, Safety of Chemicals Committee, v Bruslju, 1978)*

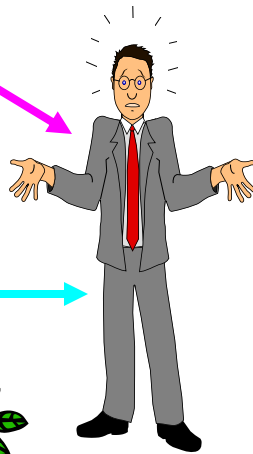
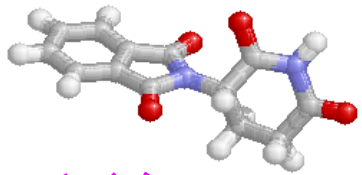
# BIORAZGRADLJIVOST - Kaj je?

Stopnja, do katere lahko mikroorganizmi (bakterije in glive) razgradijo določeno snov

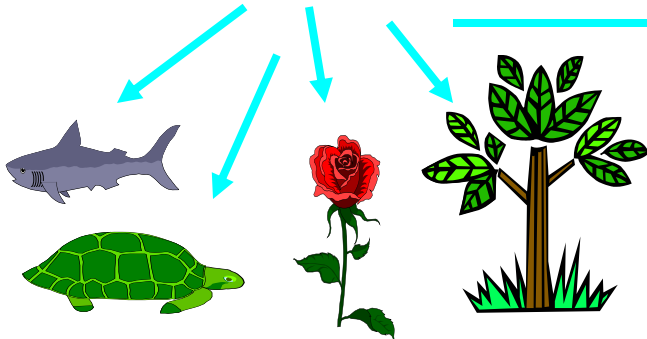
# RAZGRADLJIVOST - Zakaj?

## ➤ Obnašanje v okolju

- Akumulacija v okolju
- Biokoncentracija, bioakumulacija



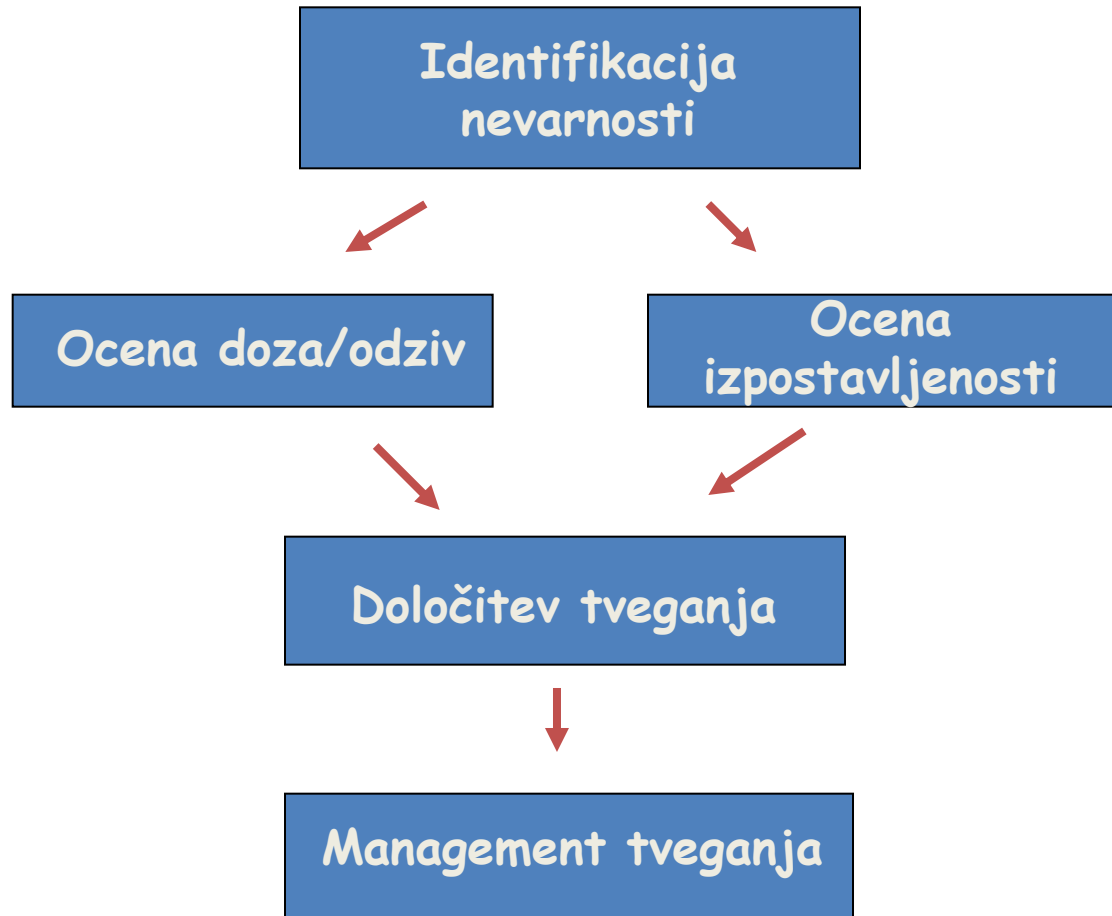
Biomagnifikacija



➤ Možnost biološkega čiščenja

# PRESOJA TVEGANJA

## "RISK ASSESSMENT"



# BIORAZGRADNJA / MINERALIZACIJA

**BIORAZGRADNJA**

**ORGANSKA SNOV**

*mikroorganizmi*

DELNI PRODUKTI  
manjše org. snovi

**ANORGANSKE KOMPONENTE**

$\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} + (\text{nitrati } \text{NO}_3^- , \text{ fosfati } \text{PO}_4^{3-} , \text{ sulfati } \text{SO}_4^{2-})$

+ Energija

+ BIOMASA (prirast mikroorganizmov)

**MINERALIZACIJA**

# VPLIVI NA BIORAZGRADNJO

## ➤ snov

- *struktura*
- *koncentracija*
- *lastnosti (topnost, hlapnost)*
- *strupenost*

## ➤ fizikalno-kemijski pogoji

- *raztopljeni kisik*
- *pH*
- *temperatura*
- *svetloba*

## ➤ mikroorganizmi

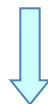
- *raznoverstnost*
- *aktivnost*
- *količina*
- *aklimatizacija, adaptacija*

## ➤ nutrienti (hranilne snovi)

# METODE ZA DOLOČANJE BIORAZGRADLJIVOSTI

**Eksperimentalno delo**

podatki



**Matematični modeli**

**Povezava kemijskih lastnosti in/ali strukture snovi z njeno biorazgradljivostjo**

- število C atomov v alifatski verigi
- število obročev v strukturi
- vrste vezi med atomi
- vrsta in mesto vezave substituent na osnovno strukturo
- molska masa snovi

# PROBLEM MATEMATIČNEGA MODELIRANJA BIORAZGRADLJIVOSTI

- neznana sestava odpadnih vod
- nečistost komercialnih kemikalij

# SPREMLJANJE BIORAZGRADNJE

## ➔ SPECIFIČNE ANALIZE

*sledimo koncentracije izbranih snovi*

## ➔ NESPECIFIČNE ANALIZE

*sledimo*

*sumarne parametre*

- *KPK*
- *TOC*
- *porabljeni  $O_2$*
- *sproščeni  $CO_2$*
- *.....*

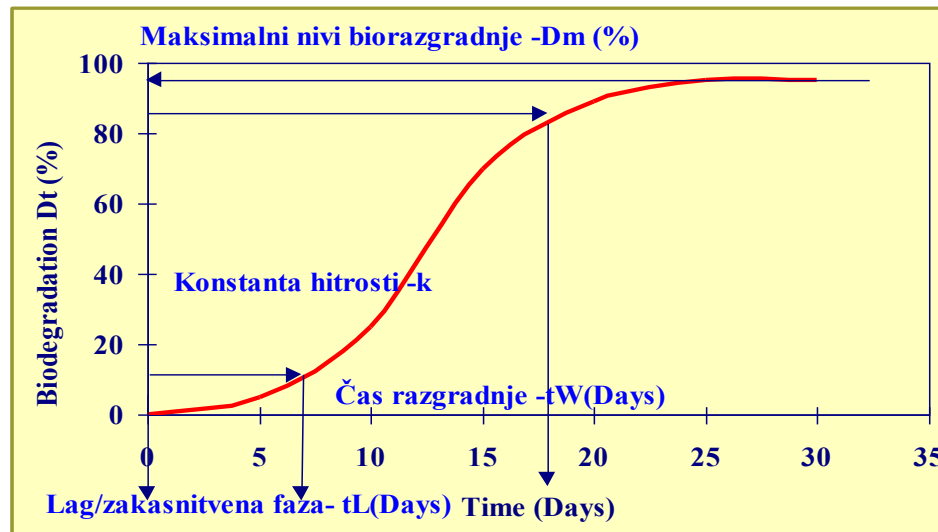


# VREDNOTENJE BIORAZGRADNJE ODPADNIH VOD

➔ **BPK<sub>5</sub>/KPK** (prva ocena)



➔ **krivulja razgradljivosti BPK/KPK**



# VREDNOTENJE BIORAZGRADNJE ODPADNIH VOD Z BPK<sub>5</sub>/KPK

*Kaj lahko zaključimo iz naslednjih rezultatov glede na  
zmožnost biorazgradnje za vsako od odpadnih vod?*

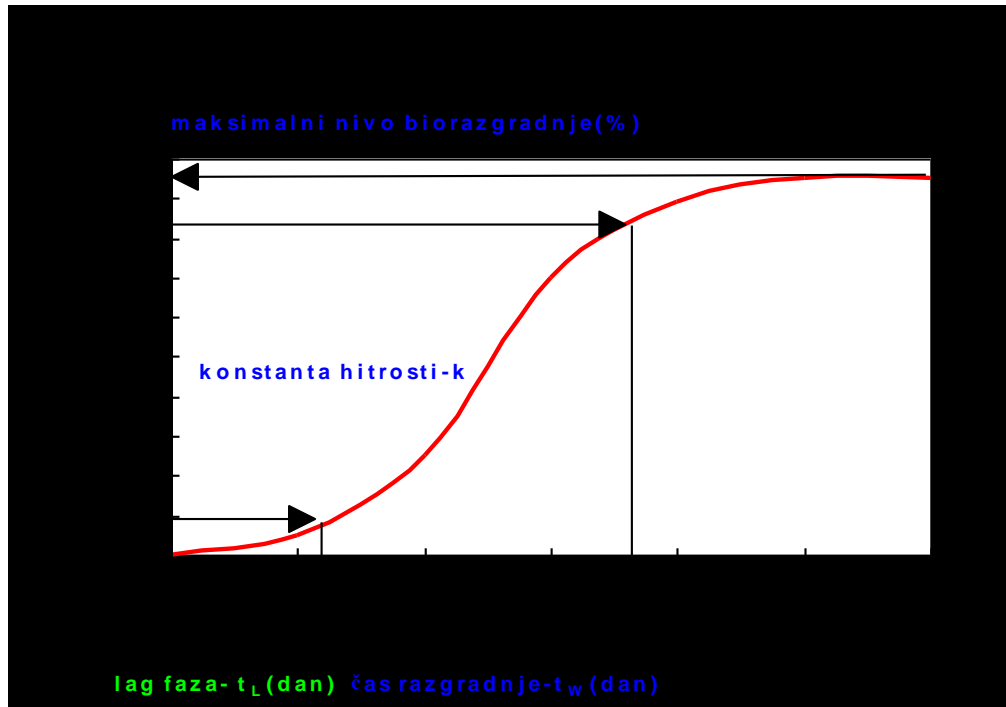
Odpadna voda	BPK <sub>5</sub> (mg/l)	KPK (mg/l)	BPK <sub>5</sub> /KPK
<b>A</b>	<b>240</b>	<b>300</b>	<b>0,8</b>
<b>B</b>	<b>100</b>	<b>500</b>	<b>0,2</b>
<b>C</b>	<b>120</b>	<b>240</b>	<b>0,5</b>

## VZROKI ZA: $BPK_5/KPK < 0,5$

- snovi z majhno hitrostjo biokemijske oksidacije
- večji ali manjši delež biološko nerazgradljivih snovi
- ni dovolj (adaptiranih) mikroorganizmov
- strupene snovi

# PREDSTAVITEV REZULTATOV BIORAZGRADNJE

KRIVULJA



Snov je  
*lahko biorazgradljiva*

$$t_L + t_w < 28 \text{ dni}$$

$$t_w < 10 \text{ dni}$$

$$k_1 \geq 0,14 \text{ dan}^{-1}$$

- Zakasnitveni čas - lag faza ( $t_L$ , dan)
- Čas razgradnje ( $t_w$ , dan)
- Maksimalna stopnja razgradnje (%) - končni nivo biorazgradnje (stopnja, plato)

# KINETIKA BIORAZGRADNJE

Zakaj ?

Več načinov, odvisno od podatkov.

## Michaelis-Mentenova enačba

- predpostavke: čista kultura, kataliza preko intermedjata
- povezavo med hitrostjo encimske reakcije in koncentracijo substrata

$$V' = V'_{\max} \cdot \frac{S}{S + K_M}$$

- $V'$  = hitrost encimske reakcije (mol/s)
- $V'_{\max}$  = maksimalna hitrost encimske reakcije (mol/s)
- $S$  = koncentracija substrata (mol/l)
- $K_M$  = Michaelis - Mentenova konstanta (mol/l)

Nizke koncentracije  $S$  ( $S \ll K_M$ )

$$V' = V'_{\max} \cdot \frac{S}{K_M}$$

Visoke koncentracije  $S$  ( $S \gg K_M$ )

$$V' = V'_{\max}$$

$V'_{\max}$ ,  $K_M$  = konstantna

$$V' = k_1 \cdot S$$

PSEVDO 1. RED

# STOPNJE TESTIRANJA KEMIKALIJ

*Evropska unija*

<b>Stopnja 0</b>	<b>produkcija &gt;</b>	<b>1 t/leto</b>	<b>osnovno testiranje</b>
<b>Stopnja 1</b>	<b>produkcija &gt;</b>	<b>100 t/leto</b>	<b>nadaljnje testiranje</b>
<b>Stopnja 2</b>	<b>produkcija &gt;</b>	<b>1000 t/leto</b>	<b>obsežne raziskovalne študije</b>

**Dodaten kriterij za nadaljnje testiranje - "posebni primeri"**

*že dobljeni rezultati, ki kažejo na:*

- visoko toksičnost
- sum na kancerogenost
- visok bioakumulacijski potencial
- nerazgradljivost
- posebne fizikalno-kemijske lastnosti

# STRATEGIJA TESTIRANJA RAZGRADLJIVOSTI

## *Večstopenjski protokol*

---

**STOPNJA 0** testi za ocenjevanje lahke razgradljivosti  
*(ready biodegradability)*

---

**STOPNJA 1** testi za ocenjevanje potencialne razgradljivosti  
*(inherent biodegradability)*

---

**STOPNJA 2** simulacijski testi

---

# TESTI ZA OCENJEVANJE RAZGRADLJIVOSTI

## *Večstopenjski protokol*

---

**testi za ocenjevanje lahke  
razgradljivosti**

- porabljeni kisik
- sproščeni CO<sub>2</sub>
- DOC

---

**testi potencialne  
razgradljivosti**

- Zahn-Wellens test
- SCAS test

---

**simulacijski testi**

- aerobna BČN
  - anaerobna BČN
-



# PRINCIP EKSPERIMENTALNEGA DOLOČANJA BIORAZGRADLJIVOSTI

spremembo parametra/čas

- Slepi test
- Test z vzorcem (+ abiotski test)
- Test z referenčno snovjo

