

# ONESNAŽENJE

Kaj je?

človekov direkten ali indirekten vnos snovi ali energije v okolje, ki povzroči škodljiv vpliv take vrste, da ogrozi človeško zdravje, poškoduje žive organizme ali ovira legitimno uporabo okolja

*OECD*

*(Organisation for Economic Cooperation and Development)*

*2000/60/EC Water Framework Directive*

# VIRI ONESNAŽENJA

*Glede na način vnosa v okolje*



*izpusti iz cevi ali kanalov (industrijski izpusti, izpusti komunalnih čistilnih naprav)*



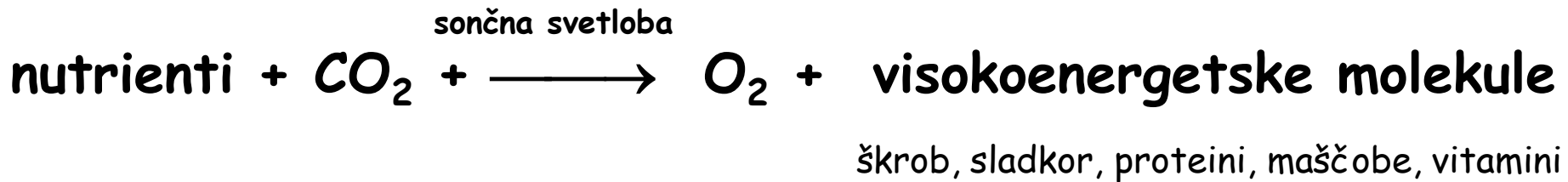
*poljedelstvo, gozdarstvo, rudarjenje, gradbišča, spiranje z utrjenih površin, akumulacija rečnih sedimentov, odlaganje odpadkov, padavine, izpušni plini...*

*Se emitirajo ob padavinah!*

# EKOSISTEM

## pretok energije in snovi

### Fotosinteza:



### Respiracija:



# ONESNAŽENJE

## Vrste onesnaženja

### 1. KEMIJSKO

- organsko:
  - razgradljivo
  - nerazgradljivo
- anorgansko

### 2. FIZIKALNO

### 3. BIOLOŠKO

# KEMIJSKO ONESNAŽENJE

## ➤ organsko:

### ➤ razgradljivo

proteini, maščobe, ogljikovi hidrati, smole, guma, premog, nafta, katran, mešano organsko onesnaženje, fenoli, cianidi...

### ➤ nerazgradljivo

*organski mikropolutanti*: PAH, PCB, klorirani ogljikovodiki, pesticidi...

## ➤ anorgansko:

### ➤ strupene snovi - kovine

### ➤ kisline, lugi

### ➤ rastlinski nutrienti

# KEMIJSKO ONESNAŽENJE

## BIORAZGRADNJA

ORGANSKA SNOV



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

# Organsko nerazgradljivo onesnaženje

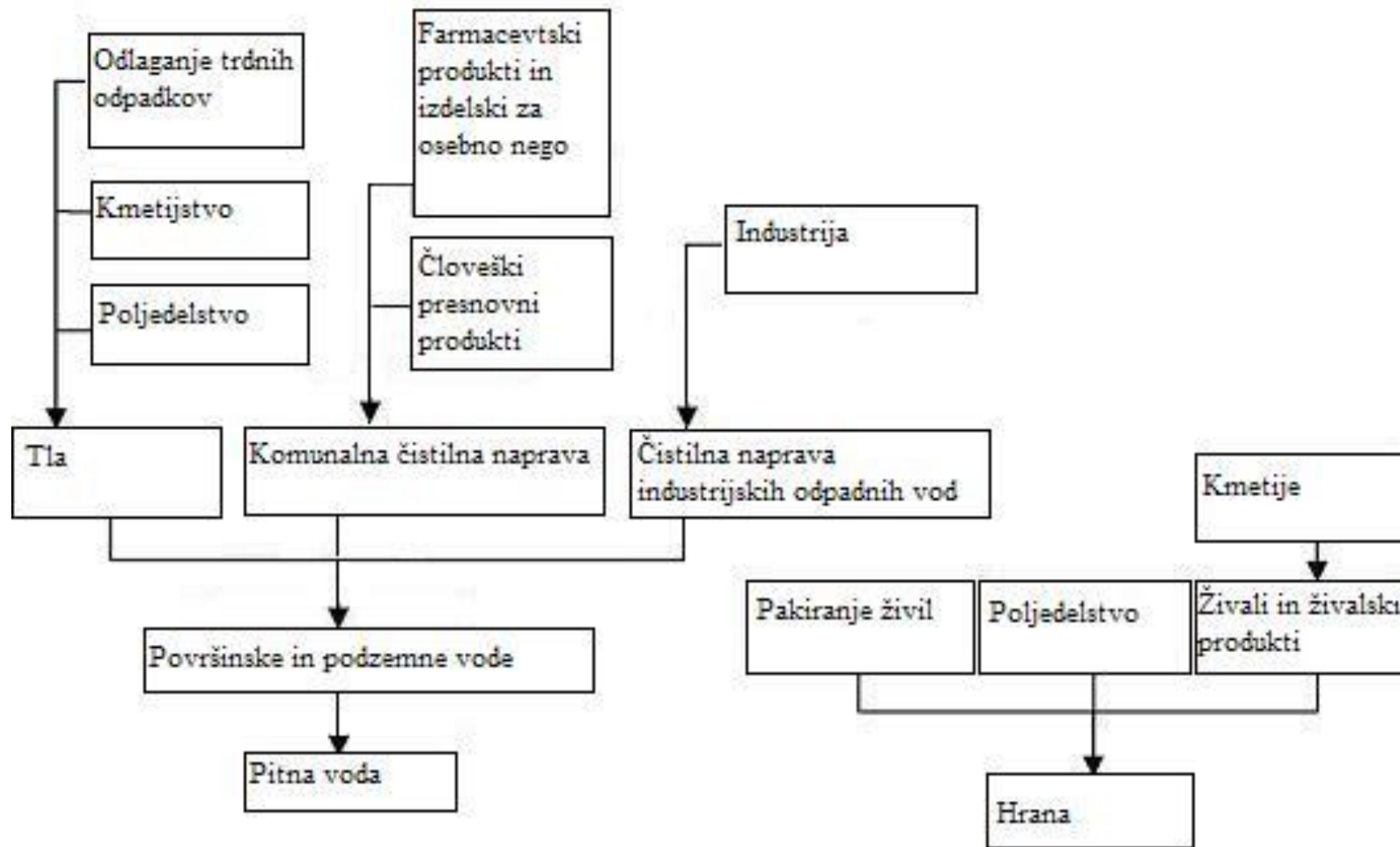
*(POPs persistent organic pollutants)*  
*(PBTs persistent, bioaccumulative, toxic)*

*organski mikropolutanti:*

klorirani ogljikovodiki, pesticidi, PCB, PAH...

strupene, kancerogene, mutagene, teratogene  
snovi

# Organsko nerazgradljivo onesnaženje mikropolutanti



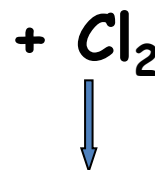
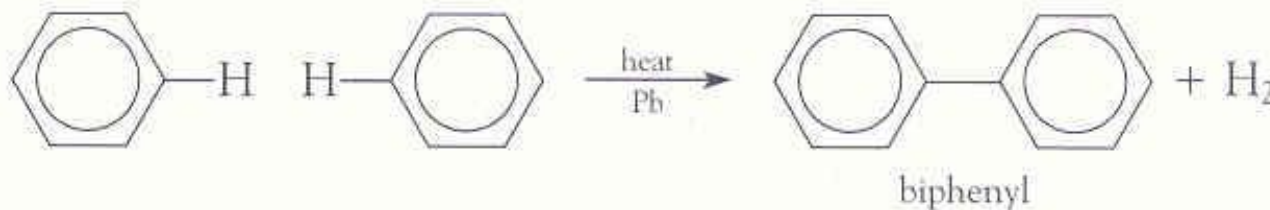


# Organski mikropolutanti

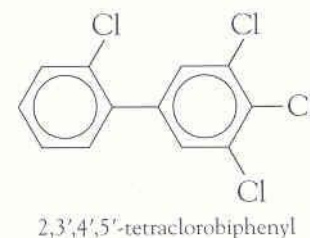
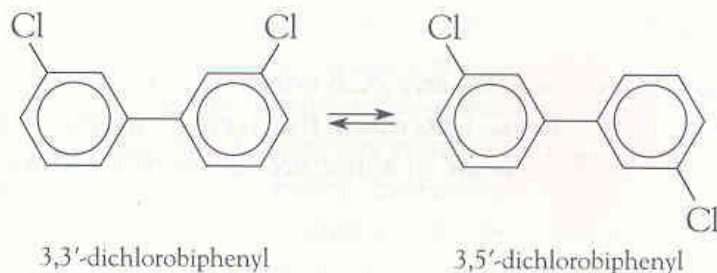
- sintetične (sintetizirane) organske spojine
- org. snovi nastale med čiščenjem (kloriranje)
- naravno prisotne organske snovi
  
- PESTICIDI
- POLIKLORIRANI BIFENILI (PCB)
- INDUSTRIJSKA TOPILA
- POLICIKLIČNI AROMATSKI OGLJIKOVODIKI (PAH)

# POLIKLORIRANI BIFENILI PCBs (polychlorinated biphenils)

## *Kemijska struktura PCBjev*



## *Primeri spojin:*



*209 zvrsti PCB, mešanice z vsebnostjo klora od 21-68%*

# POLIKLORIRANI BIFENILI (PCB)

## *Lastnosti*

- netopni v vodi
- topni v hidrofobnih medijih (maščobe, olja)
- kemijsko inertne tekočine
- težko gorijo (do 800°C se ne vžgejo)
- nizek parni tlak
- električni izolatorji

*Od poznih 1950-ih let proizvedli 1,5 mio ton PCBjev*

# Odstranjevanje PCB

- sežig pri visoki temp.  $1200^{\circ}\text{C}$  →  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{HCl}$
- kemijska dekontaminacija s kovinskim Na ali K ali njihovo reaktivno soljo →  $\text{NaCl}$  oz.  $\text{KCl}$  + bifenil
- hidrogeniranje →  $\text{CH}_4$  +  $\text{HCl}$
- $\text{KOH}$  + polietilen glikol  
 $\text{RO}^-$  nadomesti  $\text{Cl}$  v PCB → polieter

# INDUSTRIJSKA TOPILA

## ➤ Industrijska uporaba - široka paleta topil

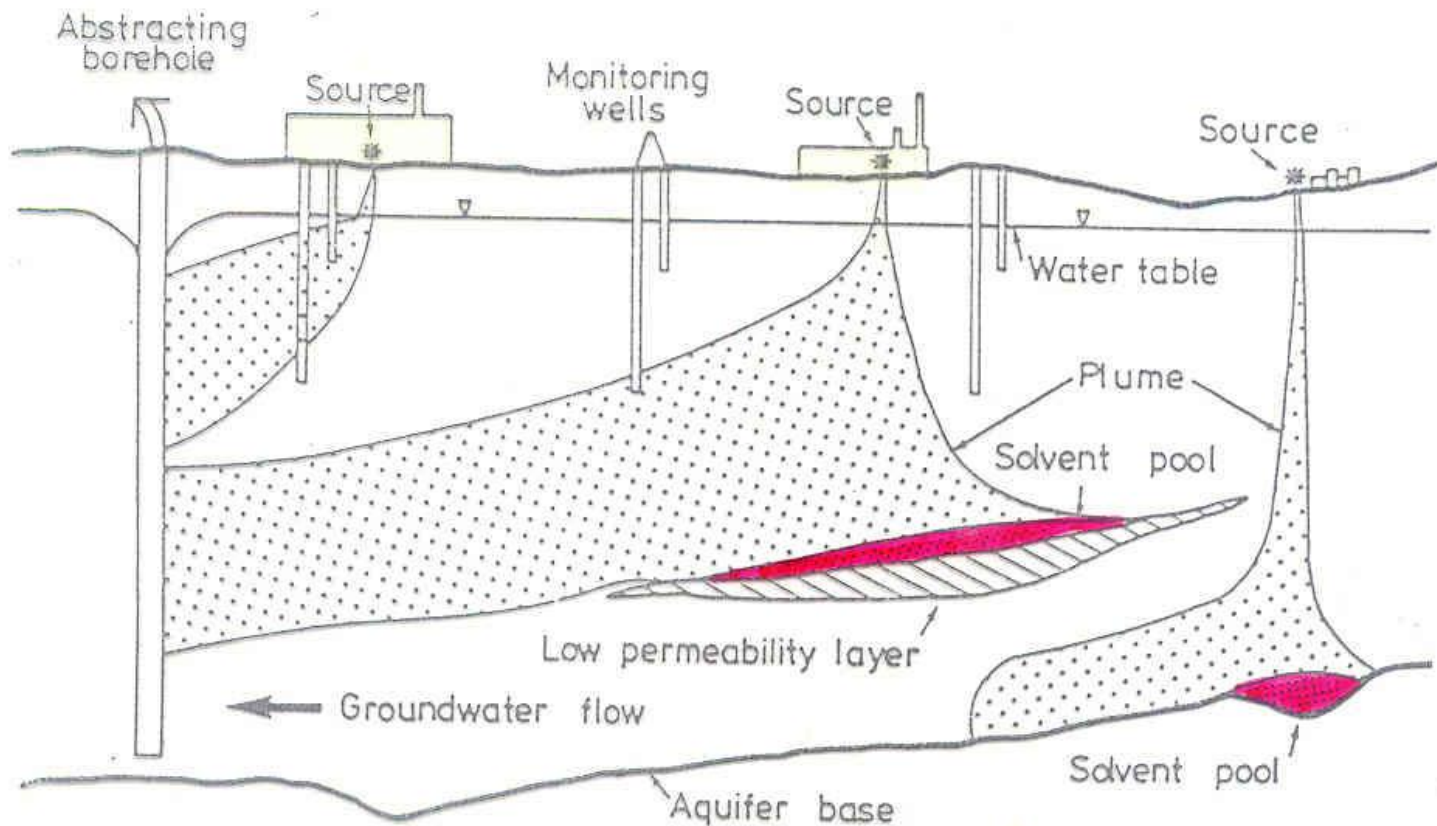
- razmaščevanje - čiščenje kovin
- suho čiščenje tekstila
- Kemijske reakcije v ind. procesih
- Separacije v ind. procesih
- Procesi recikliranja
- ...

# INDUSTRIJSKA TOPILA

- diklorometan ali *metilenklorid*  
barve, čiščenje kovin, farmacija, acetatni filmi, aerosoli pogonskih sredstev
- triklorometan ali *kloroform*  
farmacija
- trikloroetan ali *metil kloroform* *stabilen v atmosferi - 5 let*  
čiščenje kovin in plastike, splošno topilo; uporaba v lepilih, aerosolih, črnilih, korekturnih tekočinah  
*nadomestilo za strupenejša trikloroeten in tetrakloroeten*
- tetraklorometan ali *ogljikov tetraklorid*  
sinteza fluoroogljikovodikov (gasilni aparati, hladilniki)
- trikloroeten ali *trikloroetilen*  
čiščenje kovin, suho čiščenje, industrijske ekstrakcije
- tetrakloroeten ali *perkloroetilen*  
suho čiščenje, čiščenje kovin

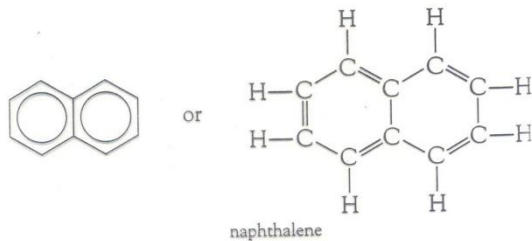
MDK vsote v pitni  
vodi: 10 µg/l

# INDUSTRIJSKA TOPILA



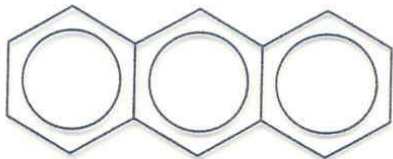
**Obnašanje kloriranih topil v podtalnici**

# Policiklični aromatski ogljikovodiki (PAH) (polycyclic aromatic hydrocarbons)



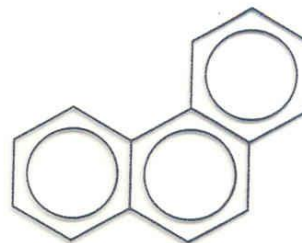
**naftalen**

insekticid, kroglice proti moljem



anthracene

**antracen**



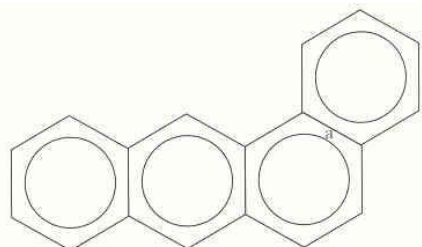
phenanthrene

**fenantren**

- nepopolno izgorevanje lesa in premoga, deponije tovarn, ki konvertirajo premog v tekoče gorivo, rafinerije nafte, izpuhi bencinskih in dieslovih motorjev, katran v cigarettnem dimu
- v jezerih, rekah vezani na sedimente, bioakumulacija v školjkah

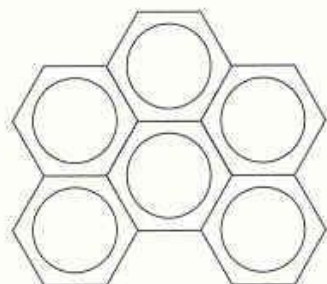


# Policiklični aromatski ogljikovodiki (PAH)



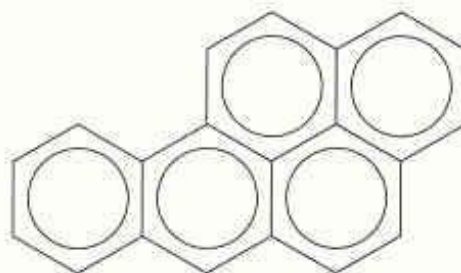
benzo[a]anthracene

**benzo[a]antracen**



benzo[ghi]perylene

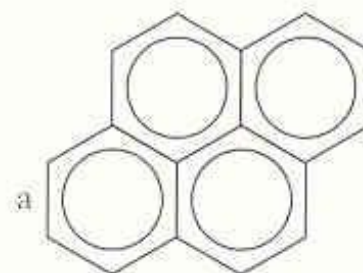
**benzo[ghi]perilen**



benzo[a]pyrene

**benzo[a]piren**

$$\log K_{ow} = 6,3$$



pyrene

**piren**

**Kancerogeni**

**MDK PAH v pitni vodi: 0,1 µg/l**

# KEMIJSKO ONESNAŽENJE

## anorgansko

- kovine: Hg, Cd, Pb, Cr, As, Cu, Zn, Ni, Ag, U...
- kisline, lugi
- rastlinski nutrienti (eutrofikacija)
- NO<sub>3</sub> v pitni vodi (methemoglobinemia)

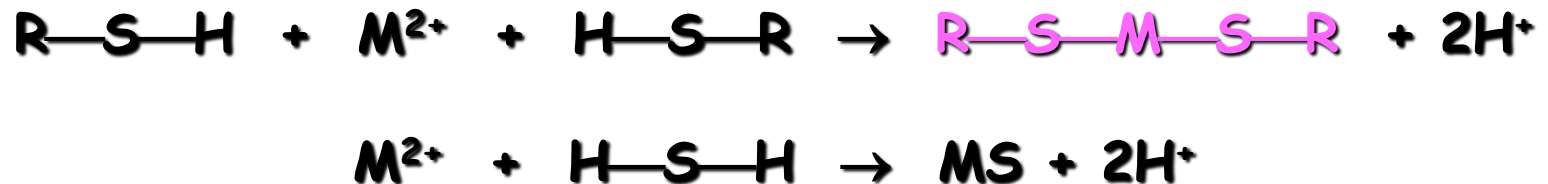
# Strupenost težkih kovin

Nevarne oblike:

- kovinski kationi
- kovine vezane na kratke verige ogljikovih atomov

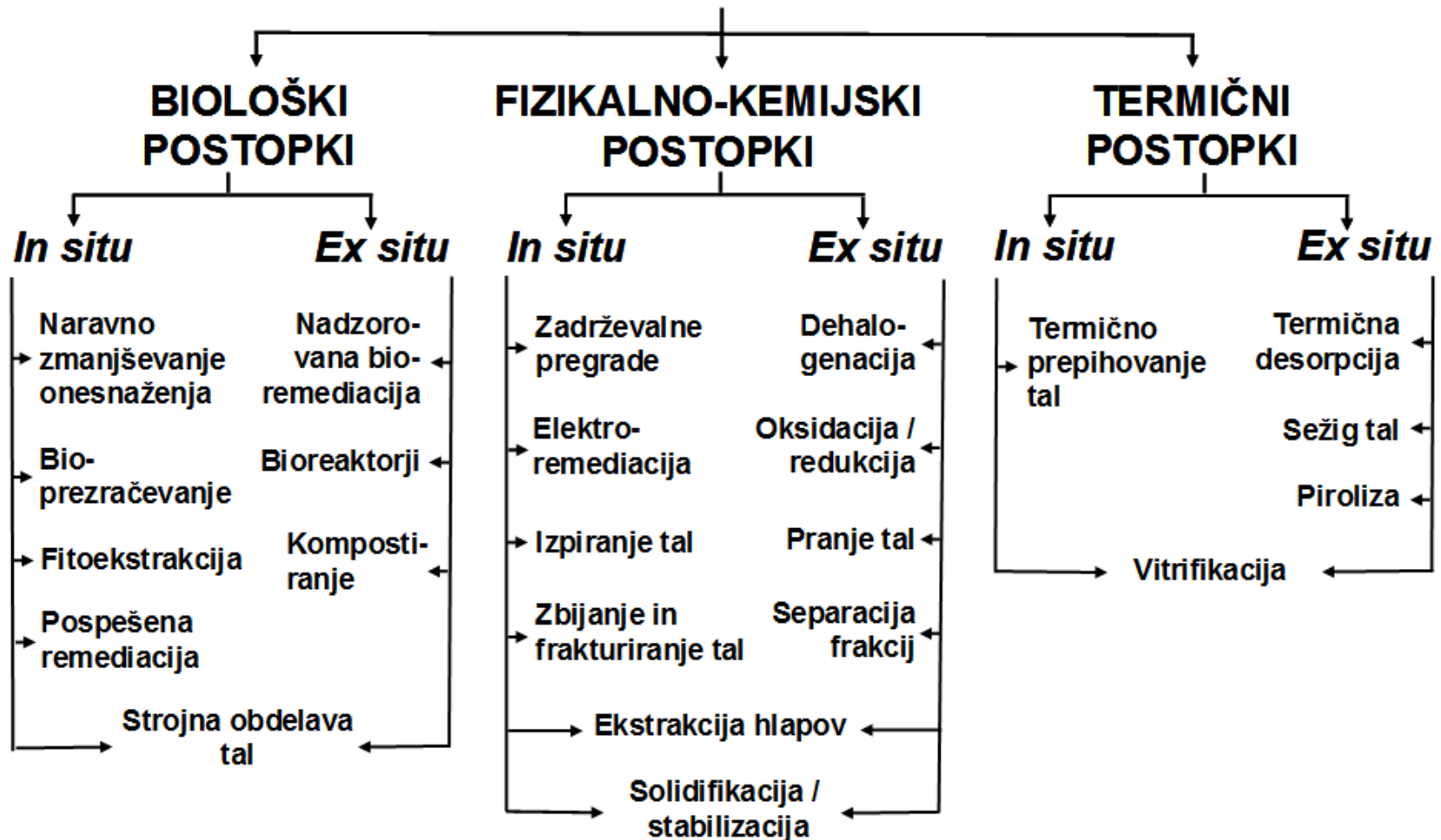
*Mehanizem njihovega toksičnega delovanja izvira iz velike afinitete kovinskih kationov do žvepla*

-SH skupine v encimih (kontrolirajo hitrost kritičnih metabolnih reakcij v telesu) se vežejo na zaužiti kovinski kation:



# TEŽKE KOVINE

## TEHNOLOGIJE REMEDIACIJE



# KISLINE IN LUGI

**Industrijski odpadki vsebujejo →  
korozivne anorganske kisline in baze**



**škoda na vodotokih**

- **porušenje naravnega puferskega sistema**
- **sprememba naravne pH vredosti**



**zaviranje samočiščenja**

- **MDK, mg/l:**
  - **izpust v kanalizacijo 6,5 - 9,5**
  - **izpust v vodotok 6,5 - 9,0**

# RASTLINSKI NUTRIENTI

Dušik  
Fosfor

*"limitni nutrient"*

Evtrofikacija - prekomerna rast zelenih rastlin

Kemijska sestava alg:



1 kg alg	0,013 kg P
77 kg alg	1 kg P

# FIZIKALNO ONESNAŽENJE

- ↗ **toplota**
- ↗ **barva**
- ↗ **motnost**
- ↗ **pene**
- ↗ **radioaktivnost**

# PARAMETRI ZA VREDNOTENJE ONESNAŽENJA

- **SPECIFIČNI PARAMETRI**  
*definirane kemijske snovi*
- **NESPECIFIČNI PARAMETRI**  
*sumarni parametri*



# SPECIFIČNI PARAMETRI ZA VREDNOTENJE ONESNAŽENJA

**Organski dušik**

**Amonij**

**Nitrit, nitrat**

**Fosfat (*orto, poli*)**

**Organski fosfor**

**Sulfat**

**Sulfid**

**Cianid**

**Kovine**

**Fenol**

**Formaldehid**

**Pesticidi**

**Organska topila**

# NESPECIFIČNI PARAMETRI ZA VREDNOTENJE ONESNAŽENJA

**BPK (BPK<sub>5</sub>) - biokemijska potreba po kisiku**

**KPK - kemijska potreba po kisiku**

**TOC - celotni (totalni) organski ogljik**

**TOX - totalne org. spojine halogenov (X...Cl, Br, J)**  
**(AOX - org. spojine halogenov, ki se adsorbirajo)**

**Neraztopljene snovi**

**Strupenost**

**Razgradljivost**

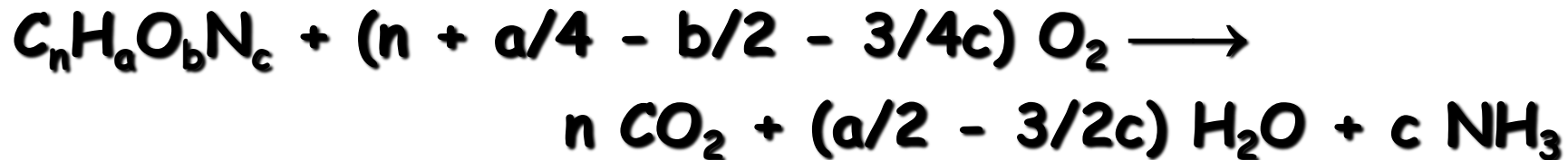
# BIOKEMIJSKA POTREBA PO KISIKU (BPK)

*Kaj je BPK?*

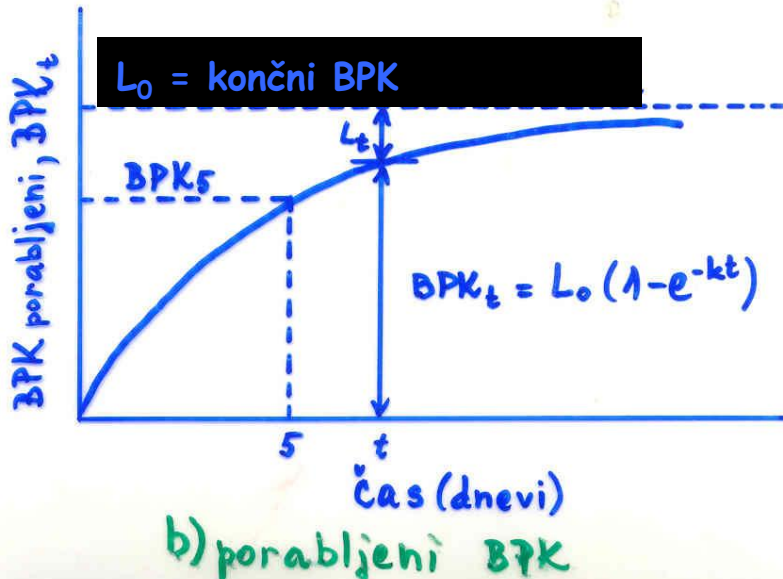
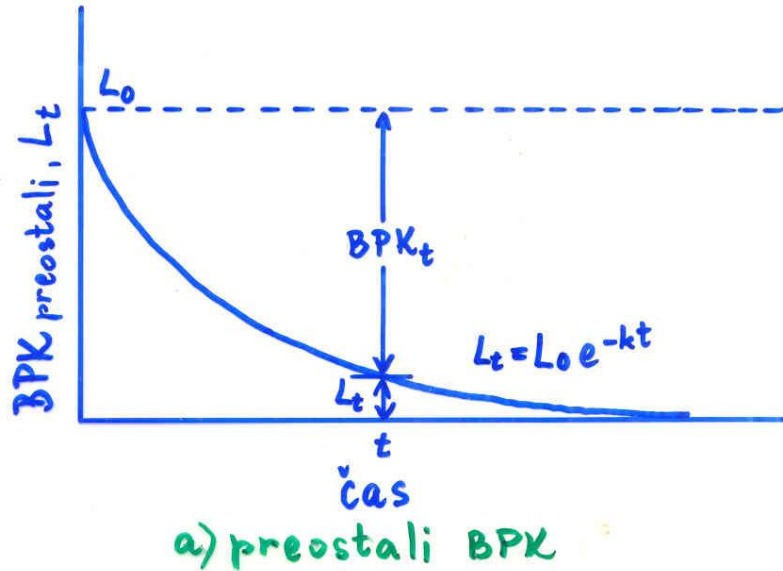
je množina kisika, ki je potrebna za oksidacijo razgradljivih organskih snovi s pomočjo mikroorganizmov, ki jih vzorec vsebuje.

*bakterije*

organske snovi +  $O_2$   $\longrightarrow$   $CO_2$  +  $H_2O$  + več bakterij



# KINETIKA BPK



$$- dc/dt \propto c \quad \text{ali} \quad - dc/dt = kc$$

$$- dL/dt = kL$$

$$L_t/L_0 = e^{-kt} = 10^{-Kt} \quad K = k/2,303$$

$$L_t = L_0 e^{-kt} = L_0 10^{-Kt}$$

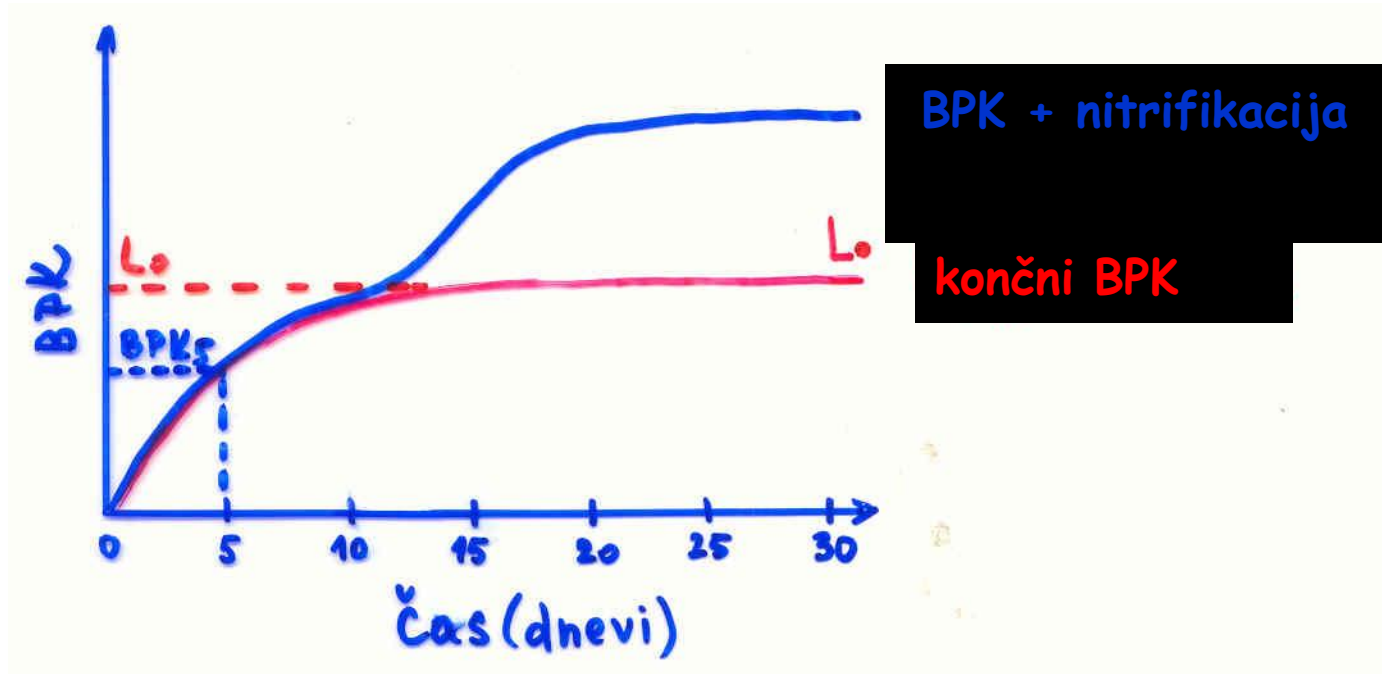
$$L_0 = \text{BPK}_t + L_t$$

$$\text{BPK}_t = L_0 - L_t$$

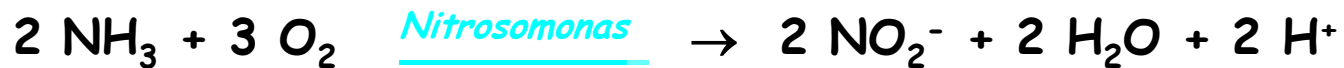
$$\text{BPK}_t = L_0 (1 - e^{-kt}) = L_0 (1 - 10^{-Kt})$$

$$\text{BPK}_t = \text{BPK}_K (1 - e^{-kt})$$

# BPK IN NITRIFIKACIJA



## Nitrifikacija:



# Tipične vrednosti BPK reakcijske hitrosti $k$ pri 20°C

Vzorec	$k$ (dan <sup>-1</sup> ) <sup>a</sup>	$K$ (dan <sup>-1</sup> ) <sup>b</sup>
Surova komunalna odpadna voda	0,35-0,70	0,15-0,30
Dobro očiščena komunalna odpadna voda	0,12-0,23	0,05-0,10
Onesnažena rečna voda	0,12-0,23	0,05-0,10

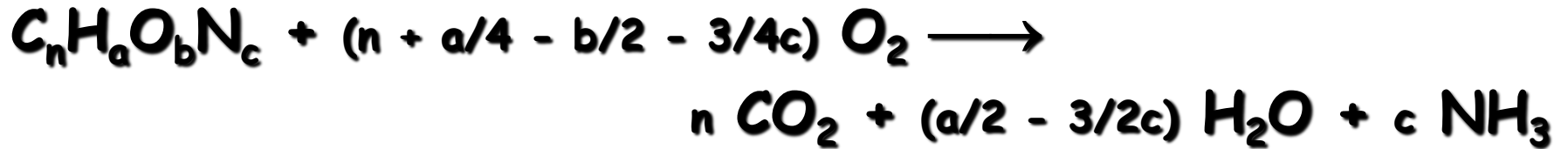
<sup>a</sup> mali  $k$  reakcijska hitrost na bazi  $e$

<sup>b</sup> veliki  $K$  reakcijska hitrost na bazi 10

# KEMIJSKA POTREBA PO KISIKU (KPK)

*Kaj je KPK?*

je množina kisika, ki je potrebna za oksidacijo vseh organskih snovi s kemijskim oksidantom ( $K_2Cr_2O_7$ ).



*Oksidacija s kalijevim dikromatom:  $K_2Cr_2O_7$*



# Tipične vrednosti BPK, KPK in TOC v neobdelani komunalni odpadni vodi

Parameter	Koncentracija (mg/l)		
	Velika	Srednja	Majhna
BPK <sub>5</sub>	400	220	110
KPK	1000	500	250
TOC	290	160	80