

Mikrobiální ekologie vody

9. Znečištění a (bio)degradace



PřFUK Katedra ekologie
Josef K. Fuksa, VÚV T.G.M., v.v.i.
josef_fuksa@vuv.cz

© JKF 2008

Ekvivalentní obyvatel: **EO = 60 g BSK 5/den**

< **150 l vody/den**

- Pevné produkty: 30-75 g sušiny/den (90% org. látky)
- Kapalné produkty:
 - 0,7 g/den NH_3
 - 30 g/den NH_2CONH_2
 - Chlorid



Odpadní vody:

- 107 mg/l N – celk.
- 8 mg/l P-celk.

Znečištění:

Bodové zdroje a nebodové zdroje.

- Nespecifický C-org (+ N, P).
- **Specifické polutanty:**
- Kovy, produkty chem. průmyslu.
- Přísun z produkce (z výroby).
- Přísun po použití – **PPCP** – komunální odpadní vody.



DEGRADACE / BIODEGRADACE

• Mineralizace

Polutant = substrát → → → $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$

• Degradace

Polutant = substrát → → → Produkt

• Polymerace

Polutant → → →
Komplexní a stabilní produkty

Extracelulární enzymy
Reaktivní meziprodukty

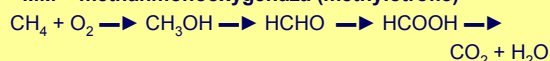
DEGRADACE / BIODEGRADACE

• Kometabolismus

Hlavní reakce → **nespecifický enzym** → Produkty

Polutant → → → **▲ ▼** → Produkt X

MM – methanmonooxygenáza (methylotrofie)



Podmínky / vztahy:

- Genetický potenciál společenstva
- Dostupnost polutantu (bioavailability) – rozpustnost, sorpce, fyzikální stav....
- Struktura polutantu – sterický a elektronový efekt.
- Habitat.
- Akceptory elektronu atd.

Genetický potenciál společenstva

Známa struktura:

- = adaptované společenstvo
- = existují (degradační) metabolické dráhy

Adaptace:

- indukce enzymů
- růst „degradujících“ populací

Genetický potenciál společenstva

Neznámá struktura:

- = neadaptované společenstvo
- = nejsou enzymy

Adaptace - genotypové:

- mutace
- genový přenos.

Dostupnost

- Uptake – do buňky.
- Metabolismus – v buňce.
- Rozpustnost ve vodě, sorpce.
- Uhlovodíky:
těžší než voda
lehčí než voda. •

Příjem (uptake) málo rozpustných organických polutantů / substrátů:

- Podíl rozpustný ve vodě.
- Kontakt buněk s „fází“ (fimbrie, hydrofobní povrch buněk).
- Kontakt s „kapičkami“ (< 1 μm).
- Surfaktanty → emulze → vyšší rozpustnost, lepší kontakt atd.

Příjem (uptake) pevných org. polutantů / substrátů:

- Kontakt.
- Podíl rozpustný ve vodě.

Sorpce:

- Slabá (+ desorpce).
- Silná + difuze do půdních agregátů.
- Inkorporace (do půdy).

Vliv teploty:

- viskozita,
- rozpustnost,
- rychlost metabolismu.

POZOR: Látky jako EDTA se nesorbují a procházejí systémy velmi rychle.

Struktura polutantu

Sterický efekt:

Reakční místo pro enzym:

- Přístupné.
- Chráněné (větvení).

Elektronový efekt:

- CH₃ dodává e⁻ degradace +
- Cl odčerpává e⁻ degradace -

Toxicita

Nespecifická toxicita

Hydrofobní látky, narušení hydrofobní vrstvy cytoplasmatické membrány.

QSAR

Quantitative structure-activity relationship –
pro neionizované látky.

Faktory prostředí

Kyslík:

- Nezbytný pro degradaci alifatických uhlovodíků (β-oxidace).
- Rychlejší degradace aromatických uhlovodíků.
- (Konsorcia!)

Dusík:

- Zdroj dusíku pro buňku.
- Akceptor elektronu.

Nespecifické substráty:

Podporují:

- Obecně růst a diverzitu populací.
- Kometabolismus.
- Diversitu podmínek (gradienty, redox).

Adaptace na exotické substráty:

V přírodě existují „modely“
– např. rozklad ligninu.

Přisedlý růst / biofilm: Ochrana před vyplavením, dlouhá doba expozice, genový přenos, konsorcia atd.

Další faktory:

Teplota:

Vliv na vlastnosti substrátu:

- viskozita, rozpustnost,

Vliv na společenstva:

rychlost metabolismu a růstu,
různý vliv na jednotlivé populace,
vliv na predátory.

Biodegradace ropných uhlovodíků:

- Alifatické – alkany běžně odbouratelné



Chlorované alifatické uhlovodíky Substituce Cl – za hydroxyl

Oxidace:

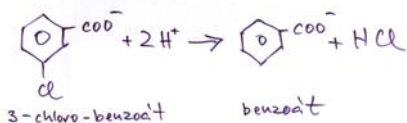
nespecifické monooxygenázy –
(Kometabolismus!!!)

- metanmonooxygenáza
 - toluendioxygenáza
 - propanmonooxygenáza.
 - amonmionooxygenáza
- Nitrosomonas europaea $\text{NH}_3 \rightarrow \text{NO}_2$.

Chlorované alifatické uhlovodíky

- **Reduktivní dehalogenace**
- Nízkochlorované – oxidativně
- Vysokochlorované – reduktivně.
- Optimální je střídání podmínek.
- **Konsorcia**

Reduktivní dechlorace



Donor e: H_2 , formiát, acetyl,
laktát...

Akceptor e: chlorované odp. látka

* (anaerobní respirace)

(vede až k metanogenezi)

Desulfomonile

Dehalobacter (jen chlorované!)

Aktivní odstraňování polutantů

Nejlepší ochranou jest naprostá zdrženlivost:

- při výrobách a skladování potenciálně nebezpečných látek,
- při nebezpečných technologiích a při nakládání s odpady vůbec.
- BAT, BEP, ekosystémové služby.

Když už se to stane / zjistí:

- Biostimulace – stimulace „prostředí“ podporující degradační aktivity.
- Bioaugmentace – přidávání/nasazování organismů.

Odstraňování polutantů pomocí bakterií

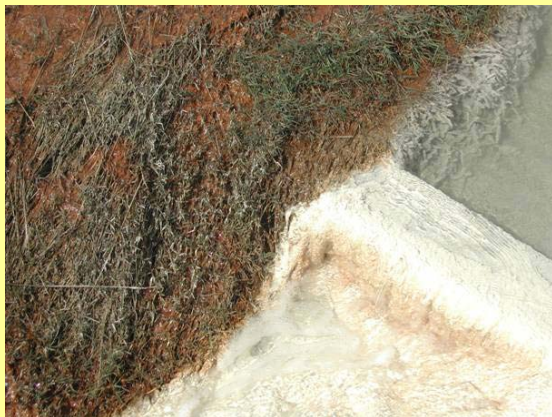
- On site, in site/in situ.

Kovy z kalů apod.:

- Bakteriální „loužení“ s Thiobacillus ferrooxidans apod.

Org. látky:

- Kometabolismus s nescifickým org. uhlíkem + provzdušňování resp. podpora nitrátové respirace. Kombinace aerobních a anaerobních procesů.



Odstraňování polutantů pomocí bakterií

Nasazení dalších mikroorganismů:

- jakékoliv
- vybrané - směsi kmenů (+ iniciátory, minerální živiny, nespec. Corg. atd)
- umělé - Genetically Modified Organisms.

Příprava / vznik GMO: genetická promiskuita, přenos plasmidové DNK. Mohou vznikat spontánně v sedimentech a biofilmu (přirozené v povrch a podz. vodách, ČOV, vodárny). **V prostředí bez specifických substrátů pravděpodobně hynou/zmizí – autolýzou, predací, fágy, atd...**

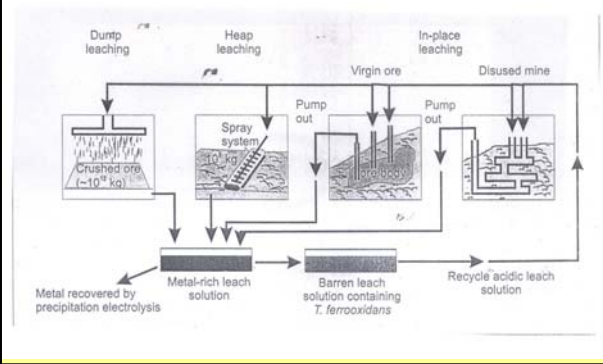
Odstraňování polutantů pomocí bakterií

Ideální kombinace: doba zdržení, cirkulace, podmínky prostředí, TEA, nespecifický substrát, pomnožení buď místních, nebo inokulovaných kmenů.

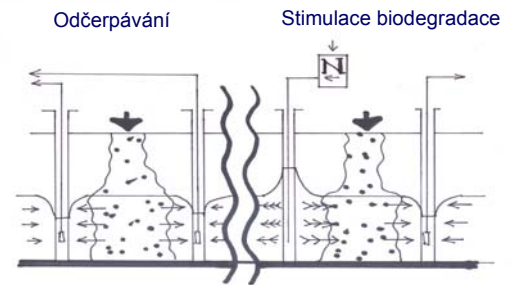
Exotické látky - kometabolismus, střídání aerobních a anaerobních fází.

Úprava podmínek - akceptory elektronu, obecné substráty, proudění, fyzika a struktura „systému“ / habitatu (suspenze, biofilm apod.).

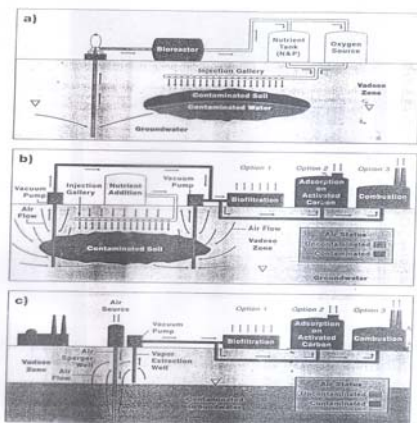
Dekontaminace / loužení kovů s Thiobacily



Dekontaminace podzemní vody + prostředí



Přidává se: NO₃ (jako TEA), substráty, surfaktanty apod.

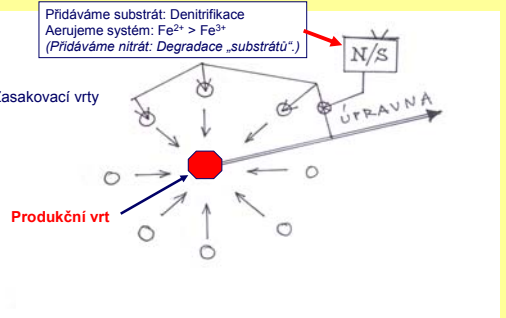


Úprava na pitnou vodu in situ

Přidáváme substrát: Denitrifikace
Aerujeme systém: Fe²⁺ > Fe³⁺
(Přidáváme nitrát: Degradace „substrátů“.)

Zasakovací vrt

Produkční vrt



Zasakovací vrtý kolem produkčního vrtu, nebo v liniích apod.:

- Org. substrát → denitrifikace.
- Aerace → oxidace a srážení železa.

Obecné zásady pro biodegradaci:

Polutanty jsou **směsi** složek :

- různě stanovitelných,
- různě nebezpečných (a známých!),
- různě rozpustných, sorbovaných atd.,
- různě rezistentních / degradovatelných.

Degradabilita je silně ovlivněna vlastnostmi „systému“, vč. zdržení, sorpce apod.

