



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

NÁPRAVA EKOLOGICKÝCH ŠKOD 4. ČÁST

PŘIROZENÁ ATENUACE, PRAKTICKÉ VYUŽITÍ SANAČNÍCH TECHNOLOGIÍ BIOFILTRACE VZDUŠNIN

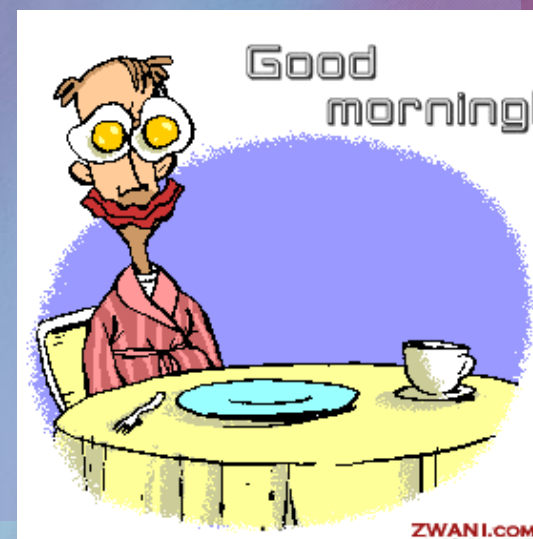
VÍT MATĚJŮ

ENVISAN-GEM, a.s.

Biotechnologická divize, Radiová 7,

102 31 PRAHA 10

envisan@grbox.cz



ZWANI.COM

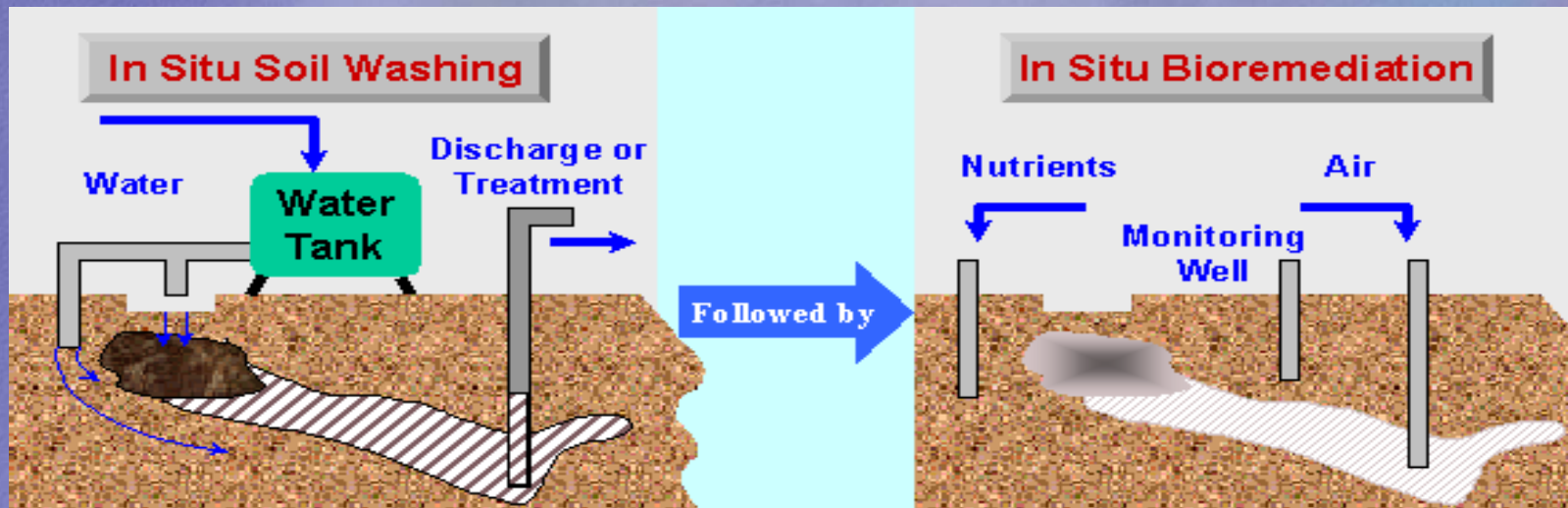
O ČEM TO BUDE ?

1. Přirozená a podporovaná atenuace, možnosti jejího využití při sanačních projektech
2. Aplikace sanačních technologií, výběr nejvhodnější technologie nebo jejich kombinace, kontrola a řízení procesu, hodnocení účinnosti sanační technologie, hodnocení kvality vyčištěných materiálů
3. Biofiltrace vzduchu



DOSAŽENÍ SANAČNÍCH LIMITŮ

- Nezbytná kombinace více sanačních technologií
- Jedinou sanační technologií lze dosáhnout sanačních limitů jen výjimečně

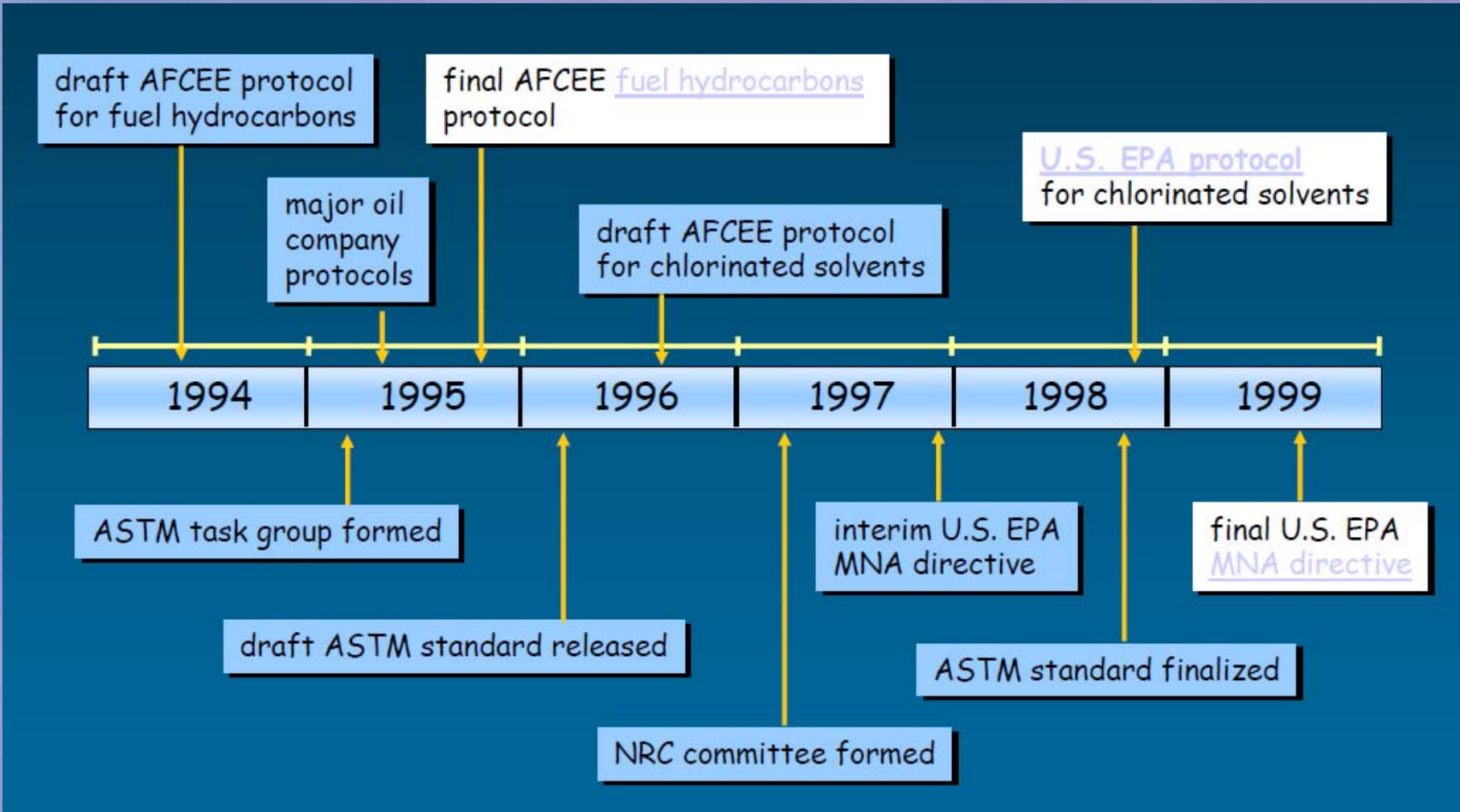


PŘIROZENÁ ATENUACE



Protokol U.S. EPA, 1998
pro hodnocení přirozené
atenuace chlorovaných
rozpouštědel

HISTORIE

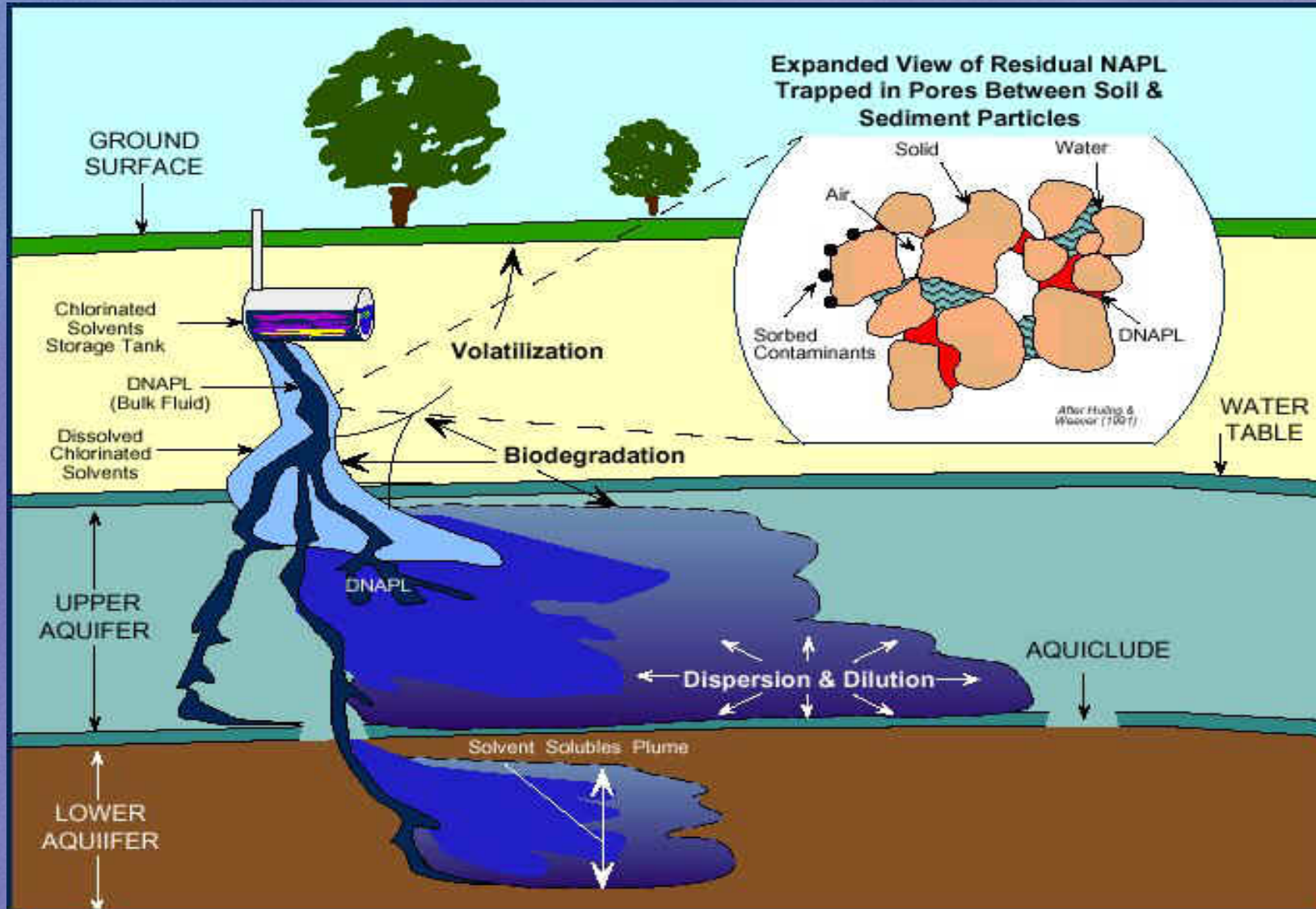


PŘIROZENÁ ATENUACE – CO JI TVOŘÍ

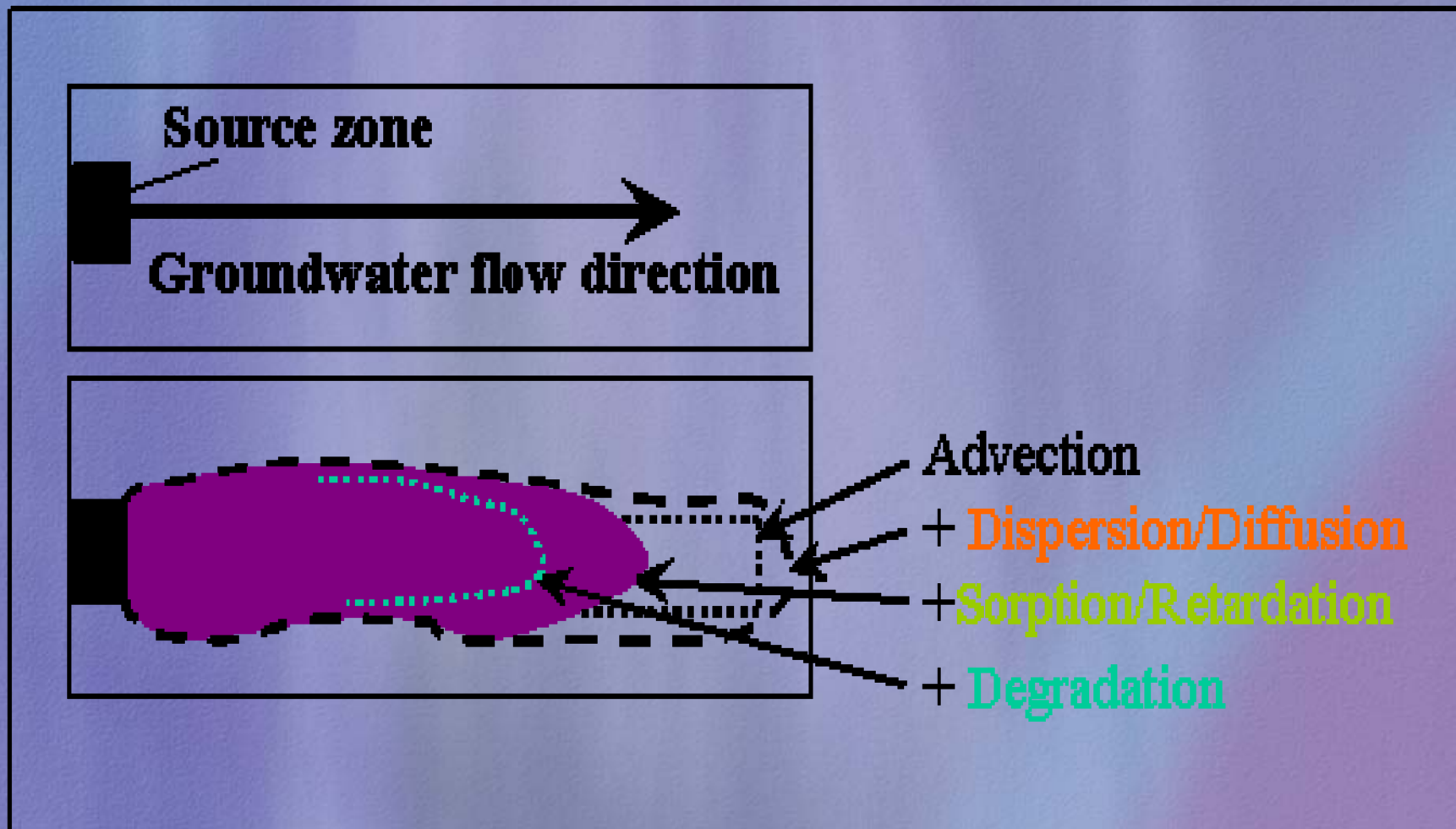
- Biodegradace - 95 % a více % eliminace polutantu
- Disperze
- Ředění
- Sorpce
- Těkání
- Abiotická transformace
- Imobilizace
- Chemická přeměna



PROCESY



PROCESY



PŘIROZENÁ ATENUACE - POLUTANTY

- Ropné uhlovodíky, především Monoaromatické uhlovodíky (BTEX)
- Chlorované sloučeniny, především chlorované ethyleny
- Organické sloučeniny (karboxylové sloučeniny, karbonylové sloučeniny, alkoholy, deriváty amino, nitro, halogen, thio ...)
- Polycyklické aromatické uhlovodíky
- Anorganické sloučeniny (sirovodík, sulfáty, kovy, radionuklidy,)
- Methylterciárníbutylether

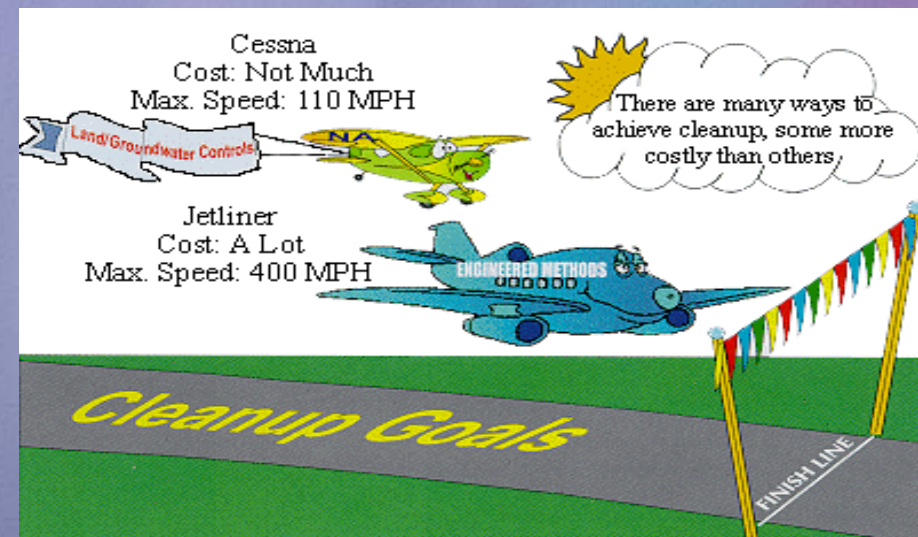
PŘIROZENÁ ATENUACE

- Intrinsic bioremediation
- Natural attenuation
- Monitored natural attenuation
- Enhanced attenuation
- „Do nothing“ to není!!!!

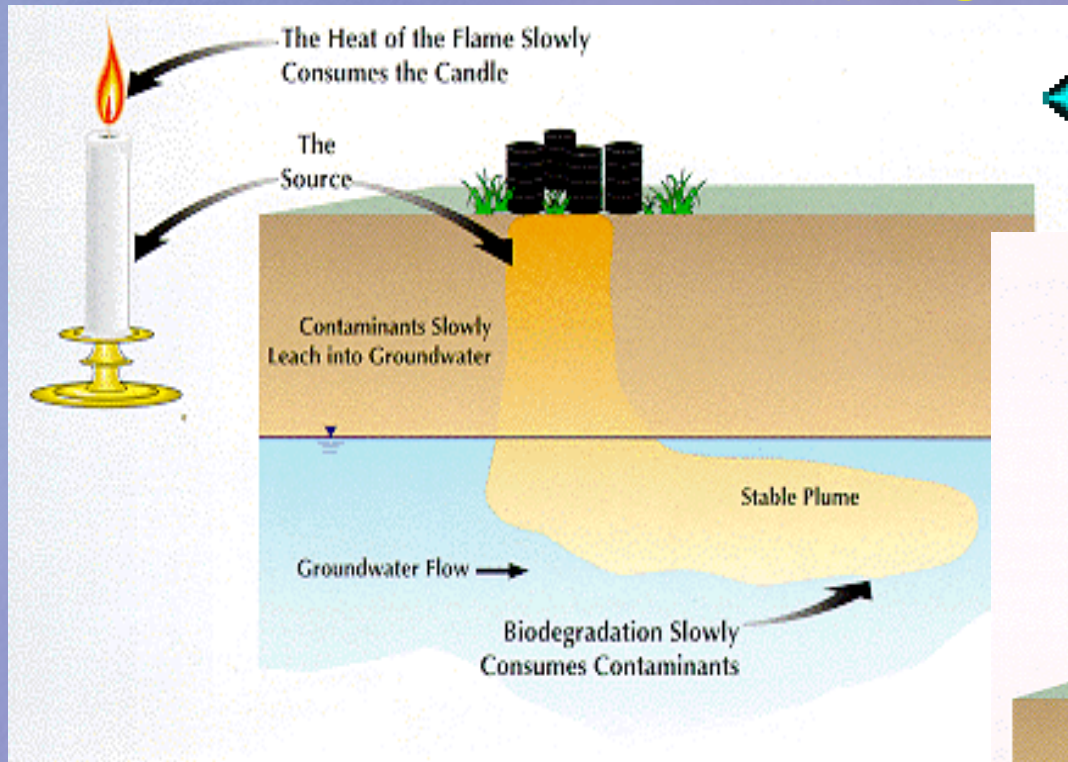


PŘIROZENÁ ATENUACE - VARIACE

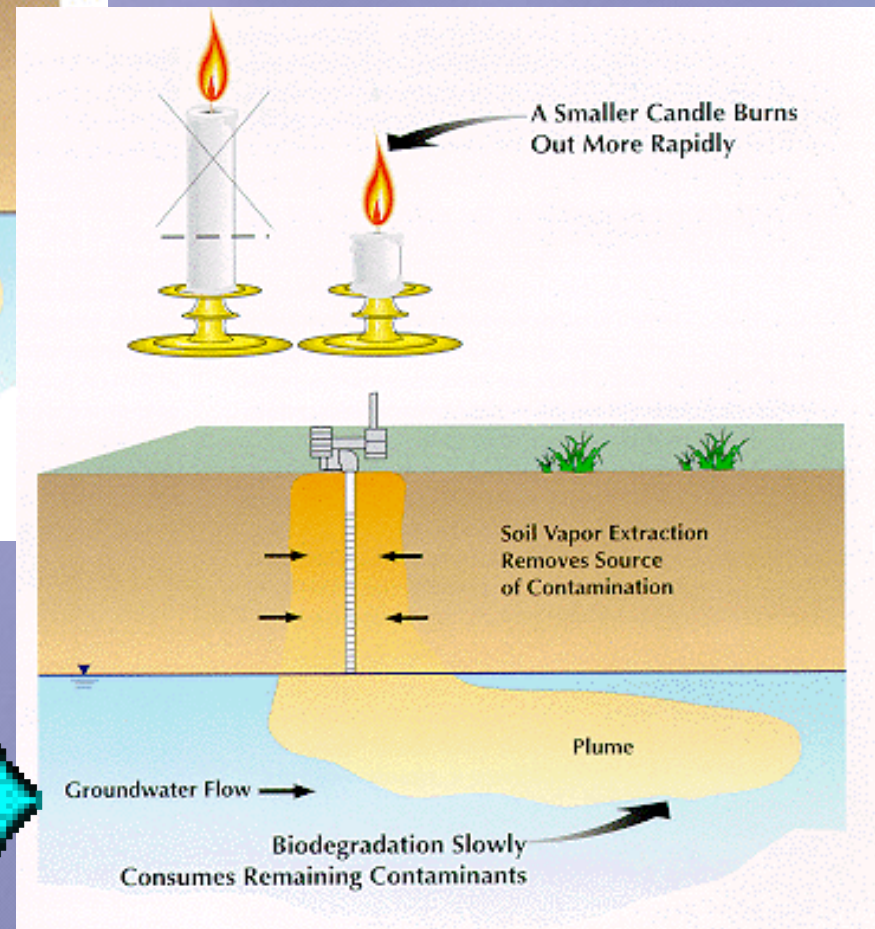
- Monitorovaná přirozená atenuace – Monitored Natural Attenuation
- Podporovaná atenuace – Enhanced Attenuation
- Podporovaná pasivní atenuace – Enhanced Passive Attenuation



PŘIROZENÁ vs. PODPOROVANÁ ATENUACE



**PŘIROZENÁ
ATENUACE**



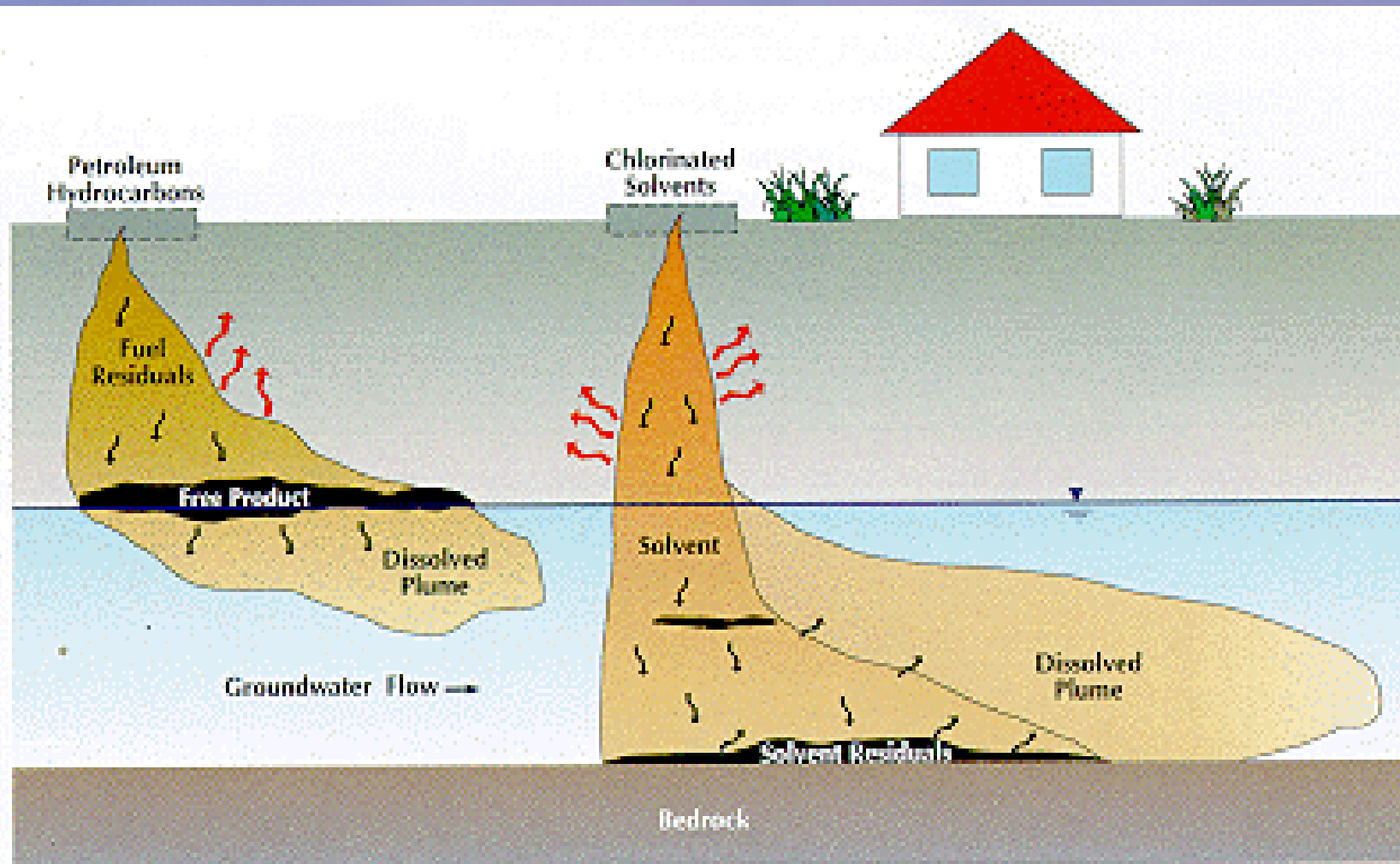
**PODPOROVANÁ
ATENUACE**



PŘIROZENÁ ATENUACE

Monitorovaná přirozená atenuace jsou přirozené dekontaminační a atenuační mechanismy probíhající samovolně v horninovém prostředí, jejichž výsledkem je snižování koncentrace polutantu nebo jeho transformace. Z ní vyplývá atenuační kapacita v lokalitě. MPA je použitelnou technologií pokud atenuační kapacita je rovná nebo větší než dotace kontaminačního mraku z ohniska znečištění anebo když kontaminační mrak je stálý nebo se zmenšuje a neohrožuje receptory v okolí. Ve shodě s definicí podle U.S. EPA neexistuje žádný lidský zásah do atenuačního či remediačního procesu (McGuire a kol., 2004).

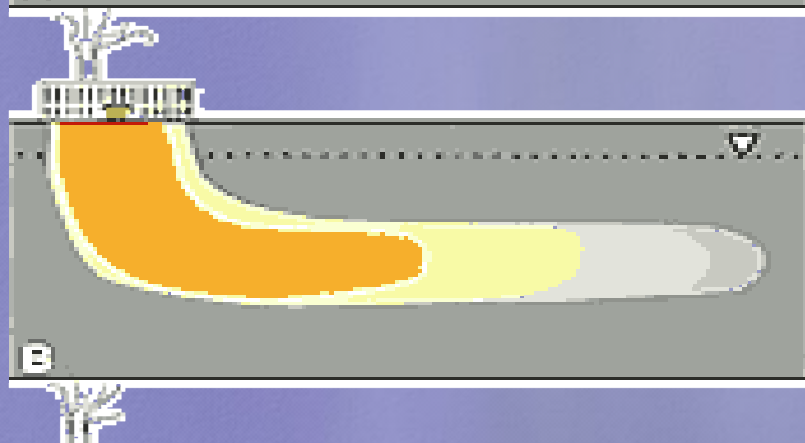
DOTACE KONTAMINAČNÍHO MRAKU



KONTAMINAČNÍ MRAK - ZMĚNY



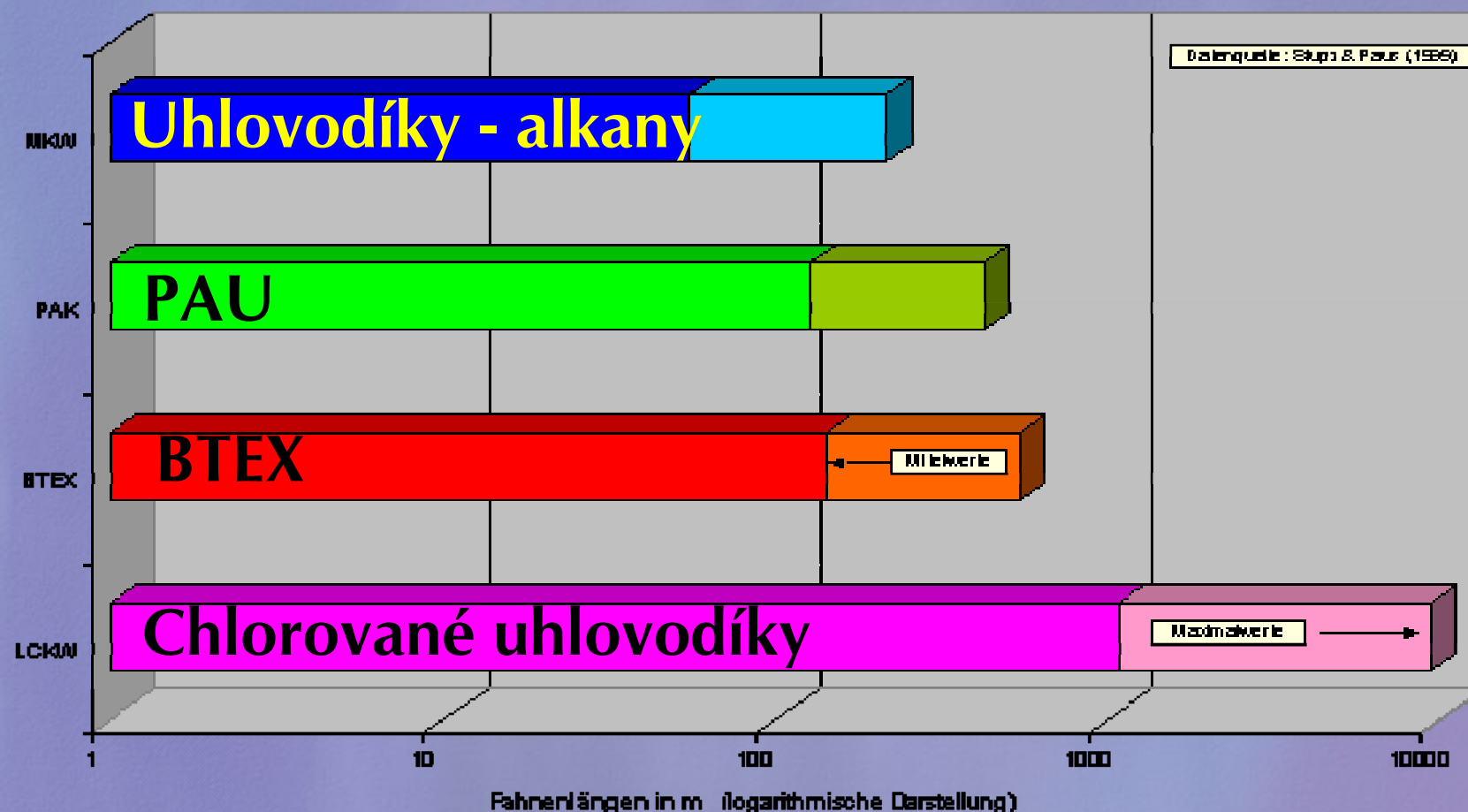
BEZ ATENUACE



PŘIROZENÁ ATENUACE

DÉLKA KONTAMINAČNÍHO MRAKU

Abb. 1: Länge von Kontaminationsfahnen verschiedener Stoffgruppen
Maximallängen und Mittelwerte

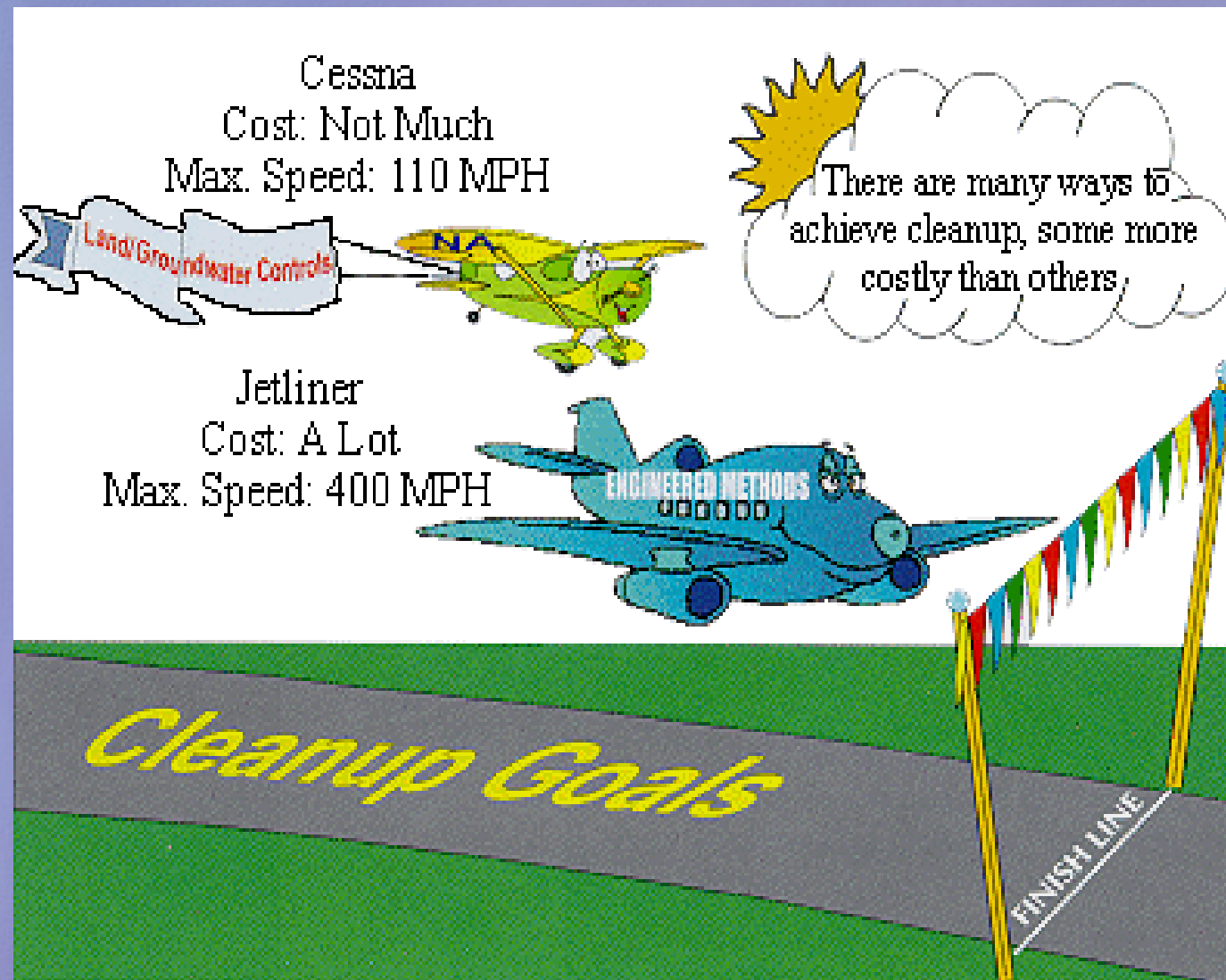


PŘIROZENÁ ATENUACE



Vyčistíme jen malý kousek a zbytek vyčistí přirozená atenuace

PŘIROZENÁ ATENUACE



PROKAZOVÁNÍ PŘIROZENÉ ATENUACE

- Protokoly pro posuzování procesů přirozené atenuace – od roku 1994
- AFCEE, U.S. EPA, DoE, GWRTAC, státní ministerstva a mnoho dalších
- Protokolů je k dispozici několik desítek
- Kritéria nejsou srovnatelná

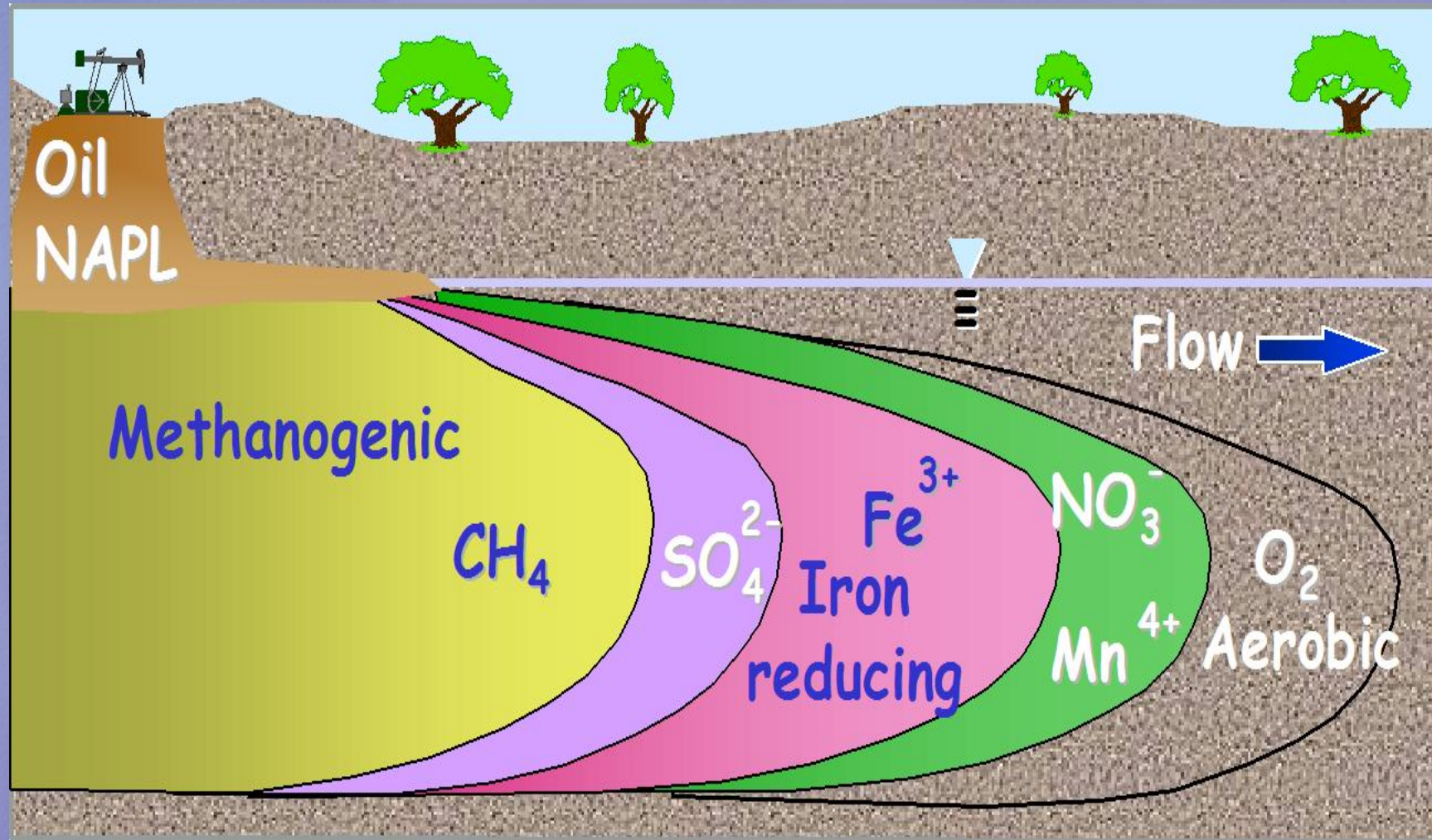
Analysis	Concentration in Most Contaminated Zone	Interpretation	Value
Oxygen*	<0.5 mg/L	Tolerated, suppresses the reductive pathway at higher concentrations	3
Oxygen*	>5 mg/L	Not tolerated; however, VC may be oxidized aerobically	-3
Nitrate*	<1 mg/L	At higher concentrations may compete with reductive pathway	2
Iron II*	>1 mg/L	Reductive pathway possible; VC may be oxidized under Fe(III)-reducing conditions	3
Sulfate*	<20 mg/L	At higher concentrations may compete with reductive pathway	2
Sulfide*	>1 mg/L	Reductive pathway possible	3
Methane*	<0.5 mg/L	VC oxidizes	0
	>0.5 mg/L	Ultimate reductive daughter product, VC Accumulates	3
Oxidation Reduction Potential* (ORP) against Ag/AgCl electrode	<50 millivolts (mV)	Reductive pathway possible	1
	<-100mV	Reductive pathway likely	2
pH*	5 < pH < 9	Optimal range for reductive pathway	0
	5 > pH >9	Outside optimal range for reductive pathway	-2
TOC	> 20 mg/L	Carbon and energy source; drives dechlorination; can be natural or anthropogenic	2
Temperature*	> 20°C	At T >20°C biochemical process is accelerated	1
Carbon Dioxide	>2x background	Ultimate oxidative daughter product	1
Alkalinity	>2x background	Results from interaction between CO ₂ and aquifer minerals	1
Chloride*	>2x background	Daughter product of organic chlorine	2
Hydrogen	>1 nM	Reductive pathway possible, VC may accumulate	3
Hydrogen	<1 nM	VC oxidized	0
Volatile Fatty Acids	> 0.1 mg/L	Intermediates resulting from biodegradation of more complex compounds; carbon and energy source	2
BTEX*	> 0.1 mg/L	Carbon and energy source; drives dechlorination	2
Tetrachloroethene		Material released	0
Trichloroethene*		Material released	0
		Daughter product of PCE	2 ^{a/}
DCE*		Material released	0
		Daughter product of TCE	2 ^{a/}
		If cis is > 80% of total DCE it is likely a daughter product 1,1-DCE can be chemical reaction product of TCA	
VC*		Material released	0
		Daughter product of DCE	2 ^{a/}
1,1,1-Trichloroethane*		Material released	0
DCA		Daughter product of TCA under reducing conditions	2
Carbon Tetrachloride		Material released	0
Chloroethane*		Daughter product of DCA or VC under reducing conditions	2
Ethene/Ethane	>0.01mg/L	Daughter product of VC/ethene	2
	>0.1 mg/L		3
Chloroform		Material released	0
		Daughter product of Carbon Tetrachloride	2
Dichloromethane		Material released	0
		Daughter product of Chloroform	2

* Required analysis. a/ Points awarded only if it can be shown that the compound is a daughter product (i.e., not a constituent of the source NAPL).

TZV. THREE LINES OF EVIDENCE

- 1. Klesá koncentrace polutantu ve směru proudění podzemní vody**
- 2. Snižování koncentrace potenciálních akceptorů elektronů (NO_3^- , SO_4^{2-} , O_2) ve srovnání s neznečištěnou oblastí**
- 3. Biologická aktivita v podzemní vodě**
- 4. Přítomnost metabolitů odbourávání polutantu (železnaté ionty, methan,.....)**

FINÁLNÍ AKCEPTORY ELEKTRONŮ



ATENUAČNÍ KAPACITA

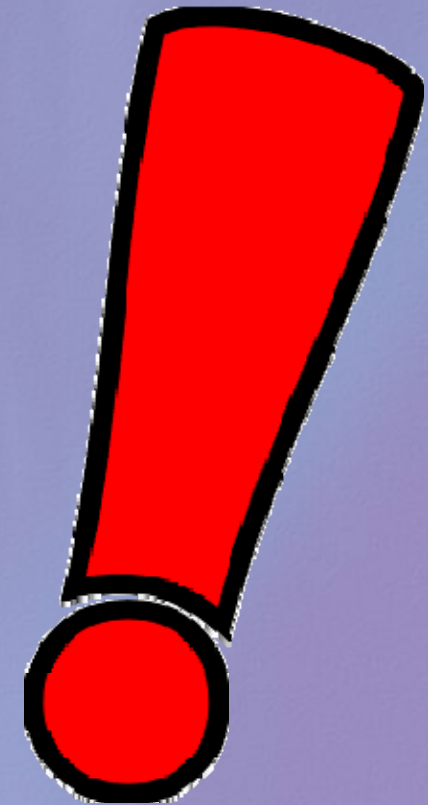
Souhrn všech chemických, fyzikálních a biologických procesů, které přispívají k disperzi, transformaci, imobilizaci, biodegradaci, chemické změně a sorpci (sekvestraci) polutantů v saturované zóně. Procesy, které podstatně přispívají k tvorbě atenuační kapacity jsou advekce, hydrodynamická disperze, biodegradace, sorpce, těkání, abiotické transformace a spotřeba rostlinami. Atenuační kapacita se vyjadřuje v jednotkách hmotnosti za jednotku času, např. v kg.rok^{-1} (McGuire a kol., 2004)

ZÁSADA

D > AK

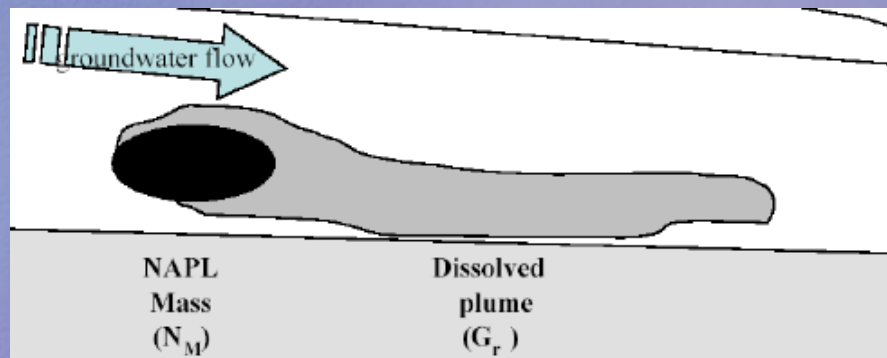
D = AK

D < AK



ZÁKLADNÍ PODMÍNKA

Atenuační kapacita (AK) na lokalitě musí být větší než dotace polutantu do horninového prostředí



$$D > AK$$

$$D = AK$$

$$D < AK$$



Dotace – D: Rozpouštění, Desorpce, Vyplavování
Atenuační kapacita - AK : Disperze, Advekce,
Biodegradace, Sorpce, Ostatní

CO JE TŘEBA ZNÁT PŘED APLIKACÍ PŘIROZENÉ ATENUACE

1. Geochemické poměry v horninovém prostředí
2. Druh polutantu, jeho koncentrace a celkové množství
3. Oxidačně redukční podmínky ve zvodni a jejich horizontální a vertikální změny
4. Druh a množství konečných akceptorů elektronů pro biologické odbourávání
5. Rychlost difuze, těkání, ředění a dalších fyzikálních parametrů majících přímý vliv na rychlost a účinnost přirozené atenuace
6. Odbouratelnost polutantu za podmínek ve zvodni
7. Rychlost proudění podzemní vody a rychlost šíření kontaminačního mraku
8. Mikrobiologická aktivita

ROZHODOVACÍ PODPŮRNÝ SYSTÉM

AKTIVITY, KTERÉ JE TŘEBA PROVÉST V RŮZNÝCH STUPNÍCH HODNOCENÍ

- č. 1 Analýza dat (rychlý přehled)
 - dostupná historická data
 - zajištění dalších dat (na lokalitě či

- č. 2 Transportní model a osud polutantu
 - za předpokladu, že se přirozená atenuace objevuje (snižování množství polutantu s časem)
 - předpověď chování kontaminačního mraku

- č.3 Diskuse se správními orgány
 - zvážení politických a praktických aspektů

- č.4 Implementace přirozené atenuace
 - sestavení vhodné monitorovací strategie se zaměřením na verifikaci předpověděného chování kontaminačního mraku a ochranu potenciálních receptorů

POUŽITÍ PŘIROZENÉ ATENUACE JAKO SANAČNÍ TECHNOLOGIE

Existuje možnost pro použití přirozené atenuace jako sanační metody?

Ano – pokračujte do druhého stupně

Bude přirozená atenuace dostatečně účinná a v rozumném čase?

Ano – pokračujte do třetího stupně

Je možné přirozenou atenuaci akceptovat na dané lokalitě?

Ano – pokračujte do čtvrtého stupně

Nakonec může být monitoring zastaven

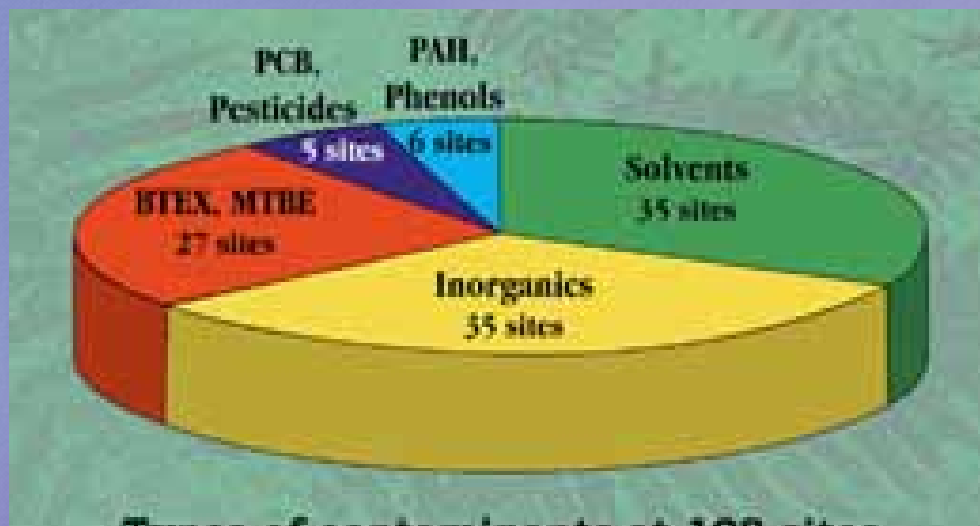
VÝHODY PŘIROZENÉ ATENUACE

- 1. Může nastat úplný rozklad polutantů**
- 2. Neinvazivní metoda**
- 3. Nevznikají odpady**
- 4. Bez technických limitací**
- 5. Dobře použitelná při nízkých koncentracích polutantů – dočištění**
- 6. Podpora přirozených procesů je často velmi jednoduchá a technicky nenáročná**

NEVÝHODY PŘIROZENÉ ATENUACE

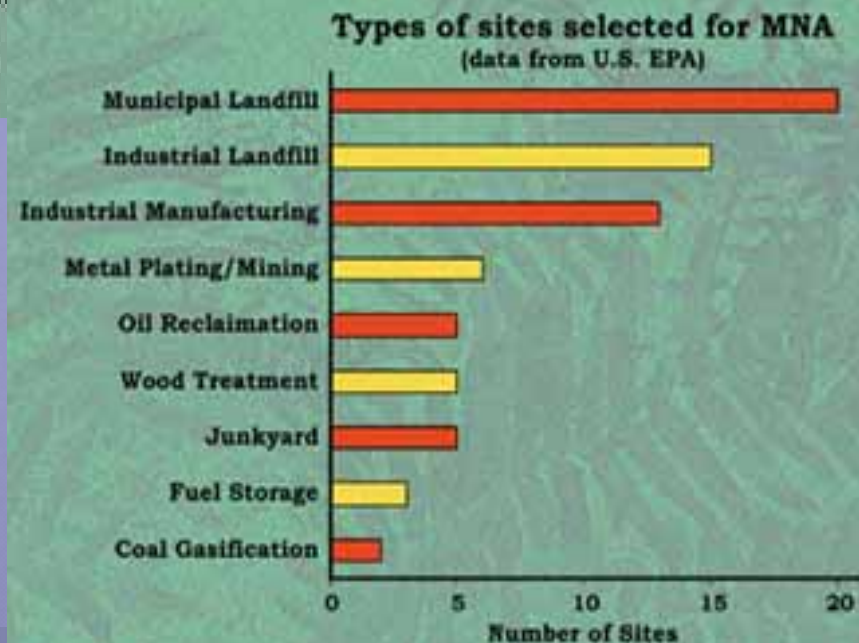
- 1. Vysoké náklady na úvodní i provozní monitoring**
- 2. Toxicita vznikajících produktů biotransformace**
- 3. Vysoká citlivost na změny hydrogeologických poměrů**
- 4. Doba pro dosažení požadovaných limitů může být velmi dlouhá**

VYUŽITÍ PŘIROZENÉ ATENUACE V PRAXI



Types of contaminants at 108 sites selected for MNA
(data from U.S. EPA)

VYUŽITÍ V USA



VYUŽITÍ PŘIROZENÉ ATENUACE V PRAXI

- V ČR se využívá pouze v kombinaci s jinými sanačními metodami
- Po snížení vysokých koncentrací polutantů
- Především v závěrečné části sanace při dočištění



KDE JE POTENCIÁL?

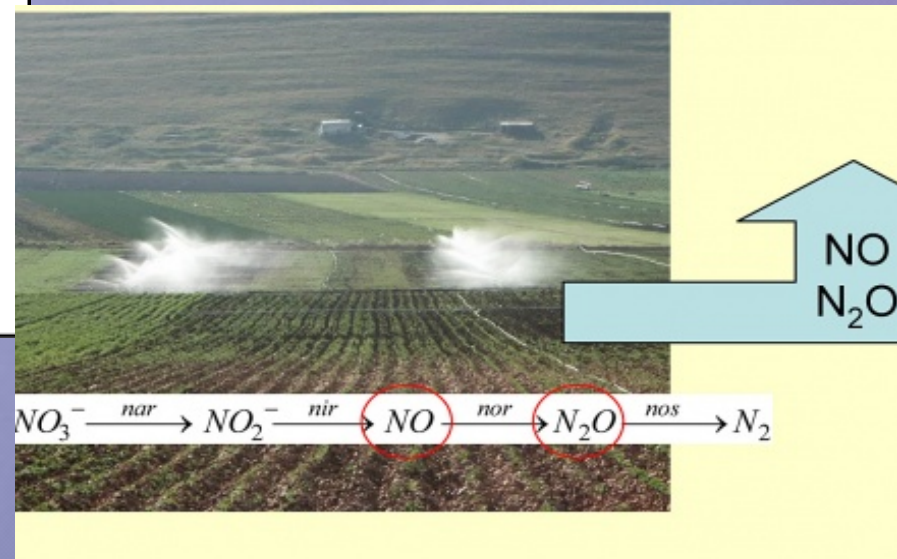
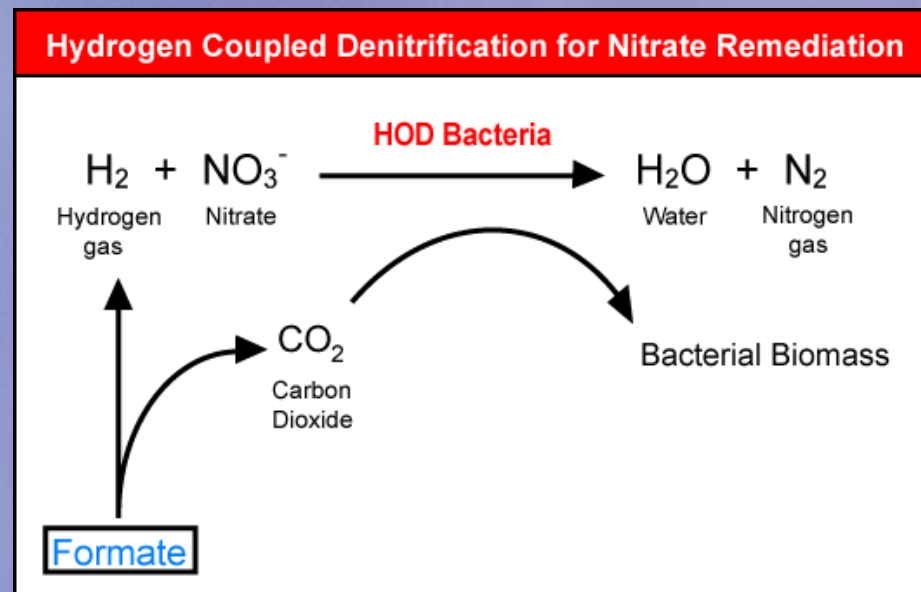
- **Podporovaná atenuace – především biologické procesy**



- **Procesy podporované atenuace jsou však pomalé – proto využití až po snížení koncentrace polutantů**

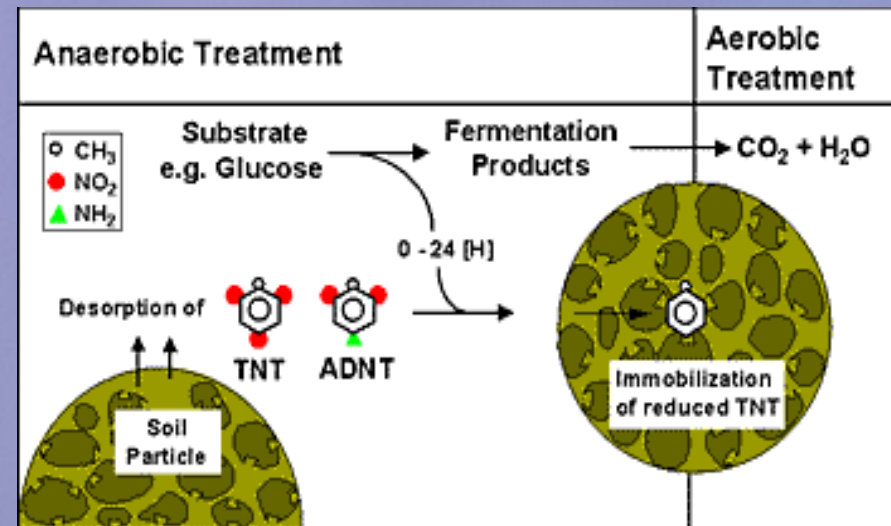
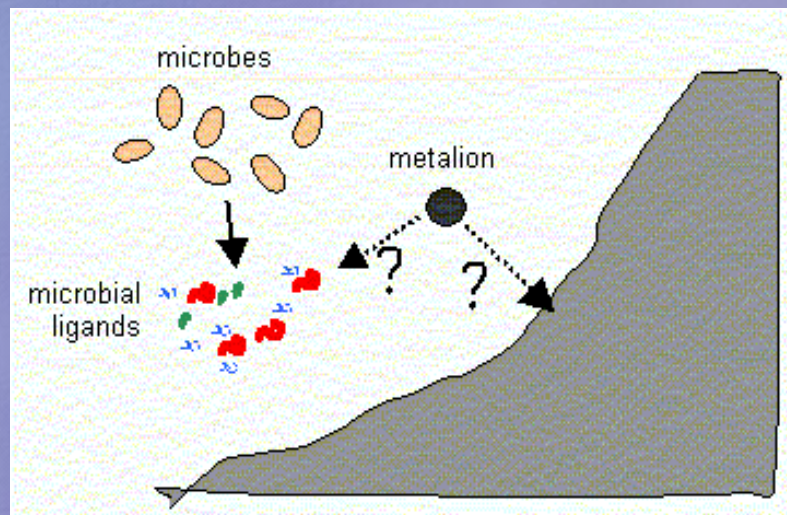
KDE JE POTENCIÁL?

- Eliminace BTEX s využitím denitrifikačních pochodů – po ukončení sanačního čerpání



KDE JE POTENCIÁL?

- Bioimobilizace kovů, radionuklidů a TNT



KDE JE POTENCIÁL?

- Úprava důlních vod – odstraňování síranů a některých kovů
- Odstranění amoniaku z průsakových vod skládek
- Methylterciárníbutylether
- Eliminace chlorovaných ethylenů
- Po chemické oxidaci *in-situ*

VÝBĚR SANAČNÍCH TECHNOLOGIÍ

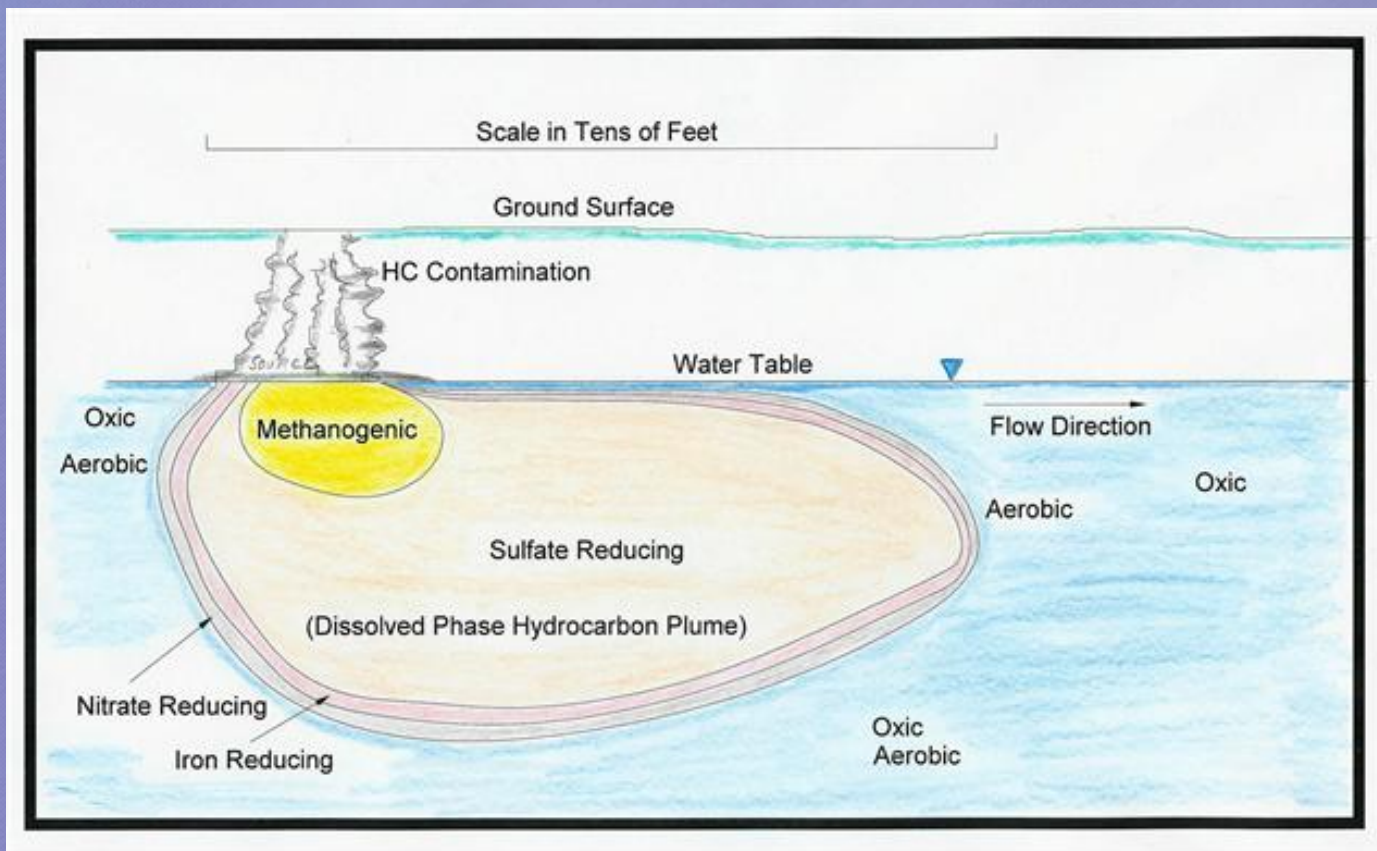
KRITÉRIA PRO VÝBĚR:

1. Druh polutantu a koncentrace při zahájení sanace
2. Sanační limity
3. Forma výskytu polutantu (jen rozpuštěný, rozpuštěný a volná fáze, zvětralý)
4. Geologické a hydrogeologické podmínky v zájmové lokalitě (propustnost hornin, vydatnost vrtů,)

VÝBĚR SANAČNÍCH TECHNOLOGIÍ

5. Technické možnosti sanační technologie

6. Ekonomické náklady



VÝBĚR SANAČNÍCH TECHNOLOGIÍ

- **Vysoké koncentrace polutantů na počátku sanace:**
 - odstranění volné fáze zčerpáváním z hladiny podzemní vody
 - sanační čerpání
 - odsávání půdního vzduchu a jeho spalování
 - vitrifikace

VÝBĚR SANAČNÍCH TECHNOLOGIÍ

- **Nižší koncentrace polutantů:**
 - biosparging
 - bioventing
 - chemická oxidace
 - vymytí povrchově aktivní látkou
 - biologické metody

VÝBĚR SANAČNÍCH TECHNOLOGIÍ

- **Dočištění – před dosažením sanačních limitů**
 - biologické metody
 - podporovaná atenuace
 - v přetrvávajících ohniscích znečištění chemická oxidace
 - kombinace biologických metod a podpory například zahřevem, povrchově aktivní látkou,

KONTROLA A ŘÍZENÍ SANACE

- Stanovení optimálních technologických parametrů
- Jejich kontrola technologickým monitoringem
- V průběhu sanace úprava technologických parametrů tak, aby byly v technologicky příznivém, rozmezí
- Technologické parametry: pH, koncentrace makrobiotických prvků, koncentrace finálních akceptorů elektronů,

KONTROLA A ŘÍZENÍ SANACE

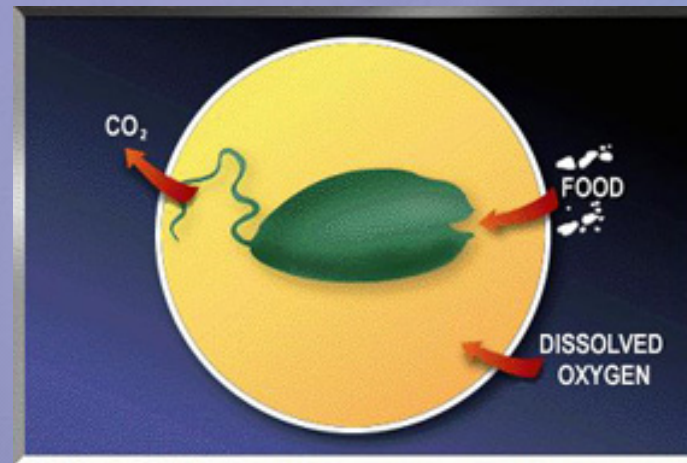
- Technologické parametry: pH, koncentrace makrobiotických prvků, koncentrace finálních akceptorů elektronů, koncentrace povrchově aktivní látky, počty a aktivita mikroorganismů

SANAČNÍ MONITORING

- Koncentrace polutantů
- Vyčerpané množství vody
- Kvalita vypouštěné podzemní vody nebo vzduchu

ÚČINNOST SANACE

- Účinnost sanace se hodnotí především na základě rychlosti úbytku polutantů a jeho celkového odstraněného množství
- Bilance odstraněného polutantu



HODNOCENÍ KVALITY VYČIŠTĚNÝCH MATERIÁLŮ

- Dle platné legislativy je hodnocení kvality založeno jen na dosažených koncentracích polutantů uvedených v rozhodnutí ČIŽP
- Hodnocení je nedokonalé, protože například nepostihuje přítomnost toxických metabolitů

BIOFILTRACE VZDUCHU

- Využívá se k ošetření odpadních vzdušnin obsahujících
 - těkavé organické látky (styren, BTEX, rozpouštědla,)
 - zápachající látky (sirovodík, organické sloučeniny síry a dusíku,)

BIOFILTRACE - HISTORIE

- První využití již v roce 1923 v Německu pro potlačení zápachu z čištění odpadních vod
- Po druhé světové válce – Německo, Nizozemí
- V USA první provozní využití v roce 1953 pro potlačení zápachu - Kalifornie

BIOFILTRACE - HISTORIE

- Patrně první masivnější použití biofiltrace vzdušnin v Československu v 80. letech minulého století
- Instalace extenzivních biofiltrů pro eliminaci zápachu u kafilérií

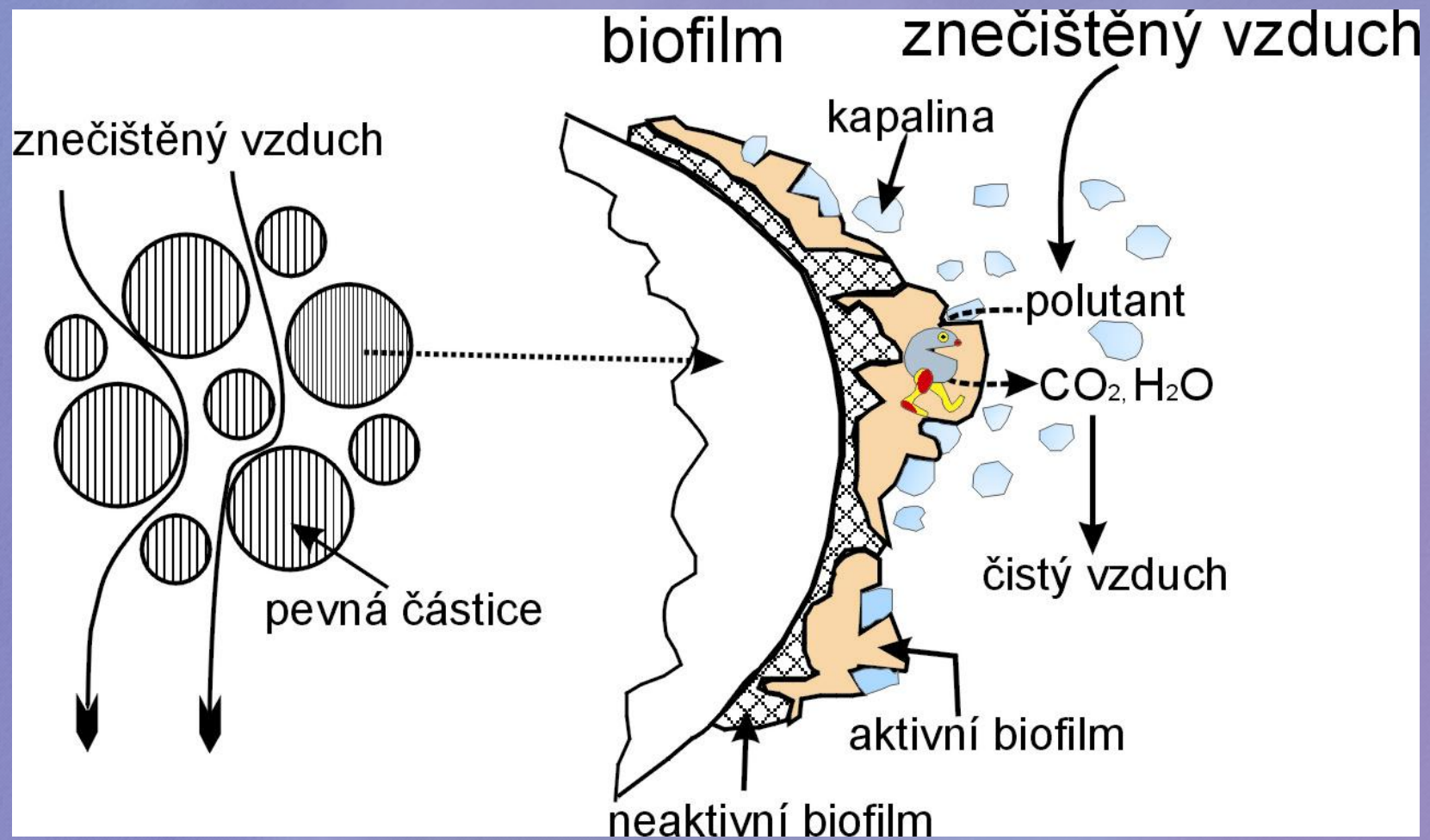


BIOFILTRACE - HISTORIE

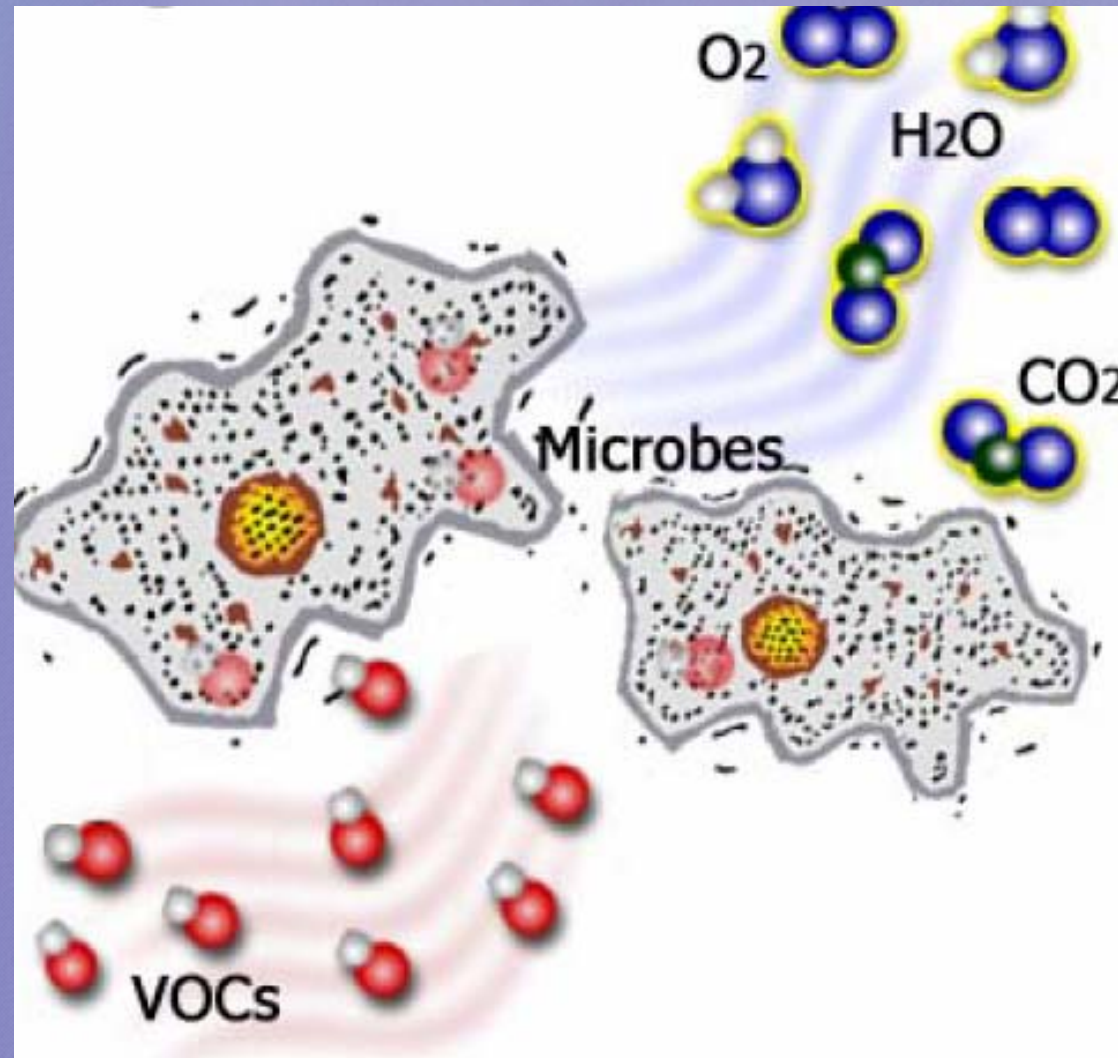
V současné době se biofiltrace používá k eliminaci velkého množství těkavých organických látek jako: styren, ethanol a další alkoholy, aceton a další ketony, aldehydy, organické kyseliny, monoaromatické uhlovodíky (zejména benzen, toluen, ethylbenzen a xyleny), butadien a další i anorganických sloučenin jako sirovodík a organických sloučenin síry a dusíku (zapáchající látky)



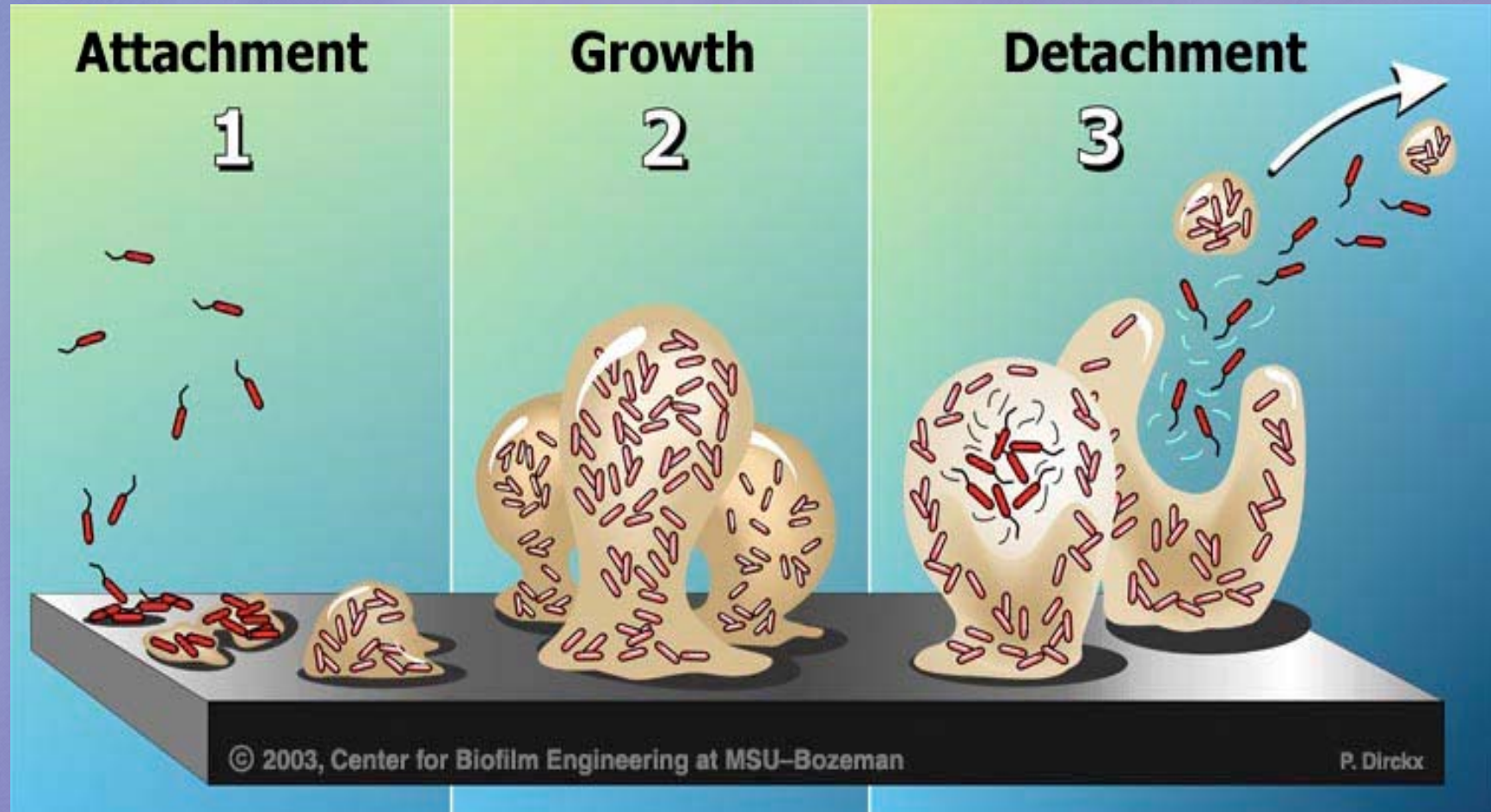
PRINCIP BIOFILTRACE



PRINCIP BIOFILTRACE

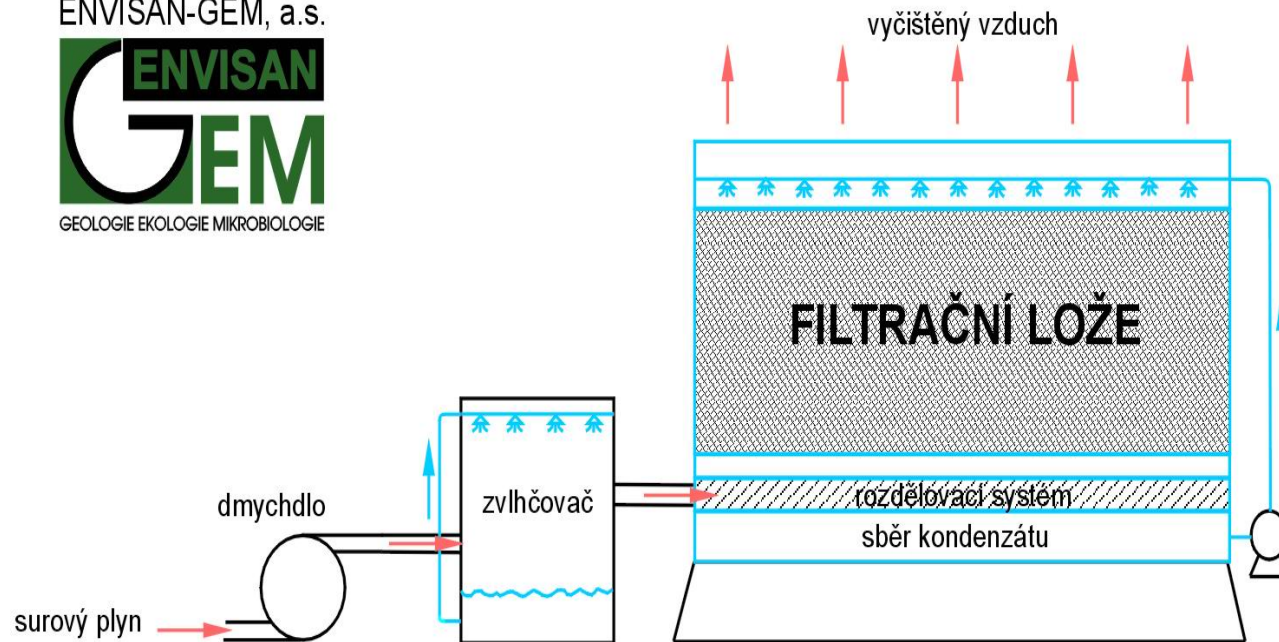


TVORBA BIOFILMU

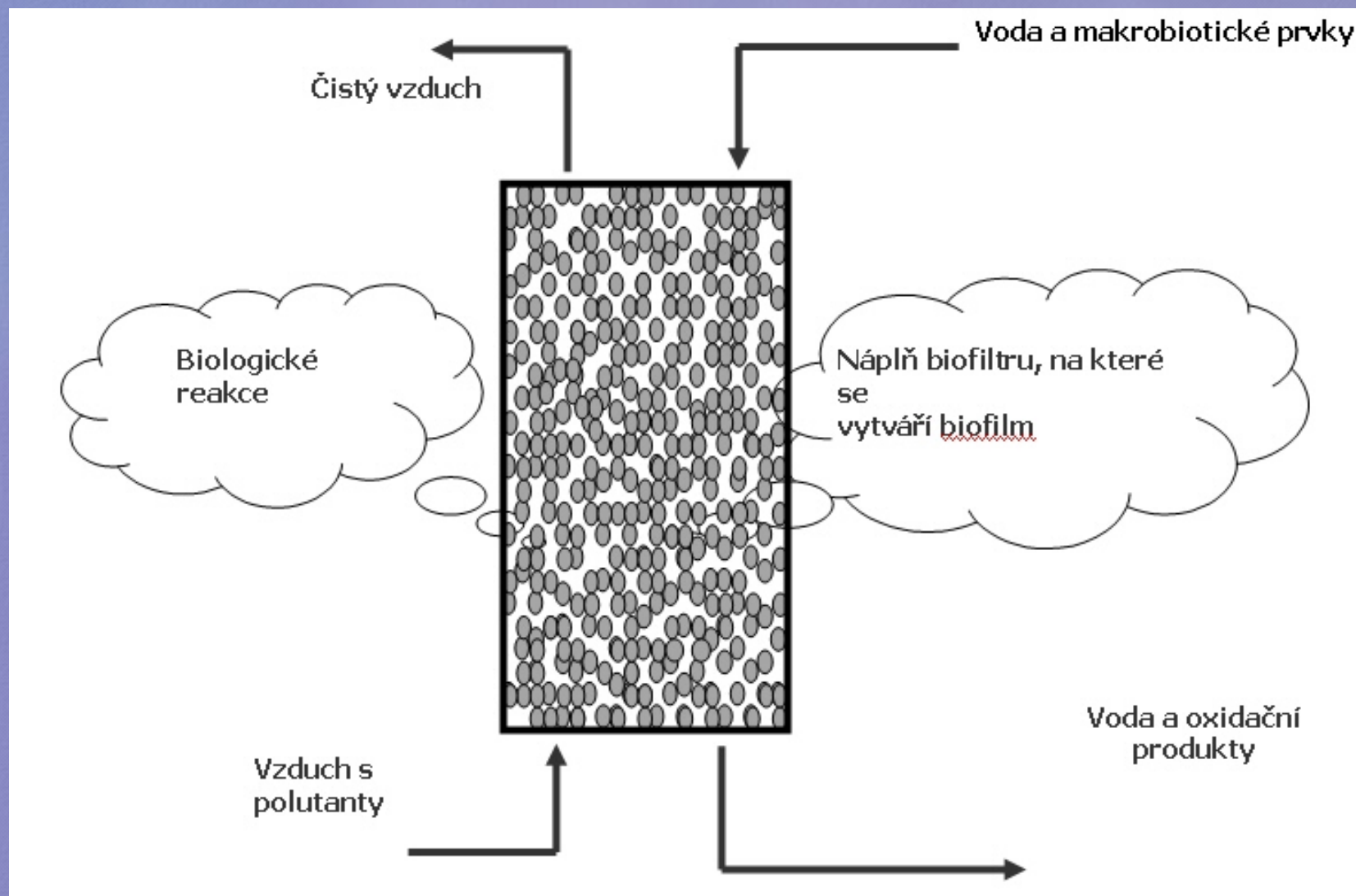


BIOFILTR S PEVNÝM LOŽEM

ENVISAN-GEM, a.s.

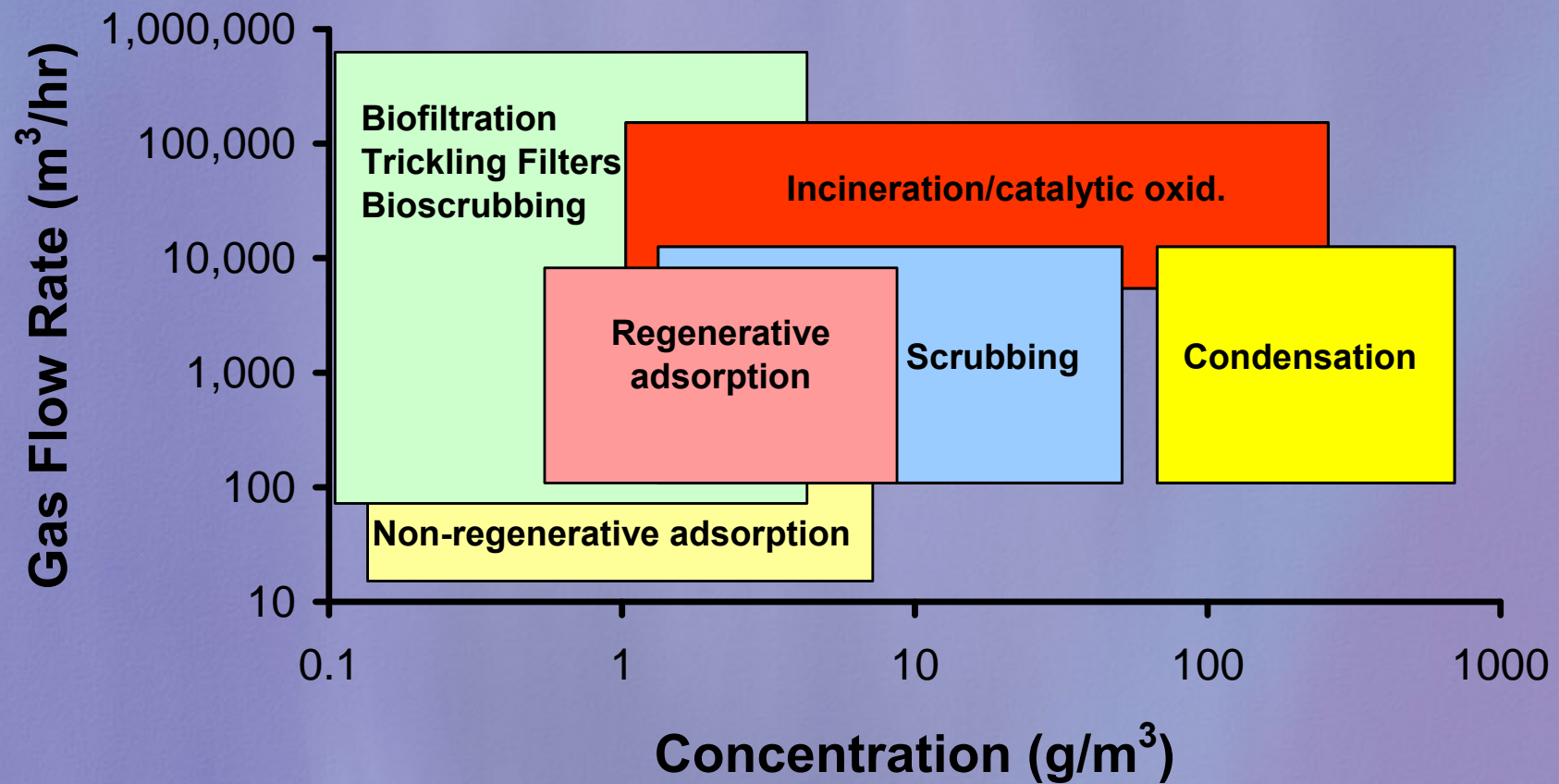


ZKRÁPĚNÝ BIOFILTR

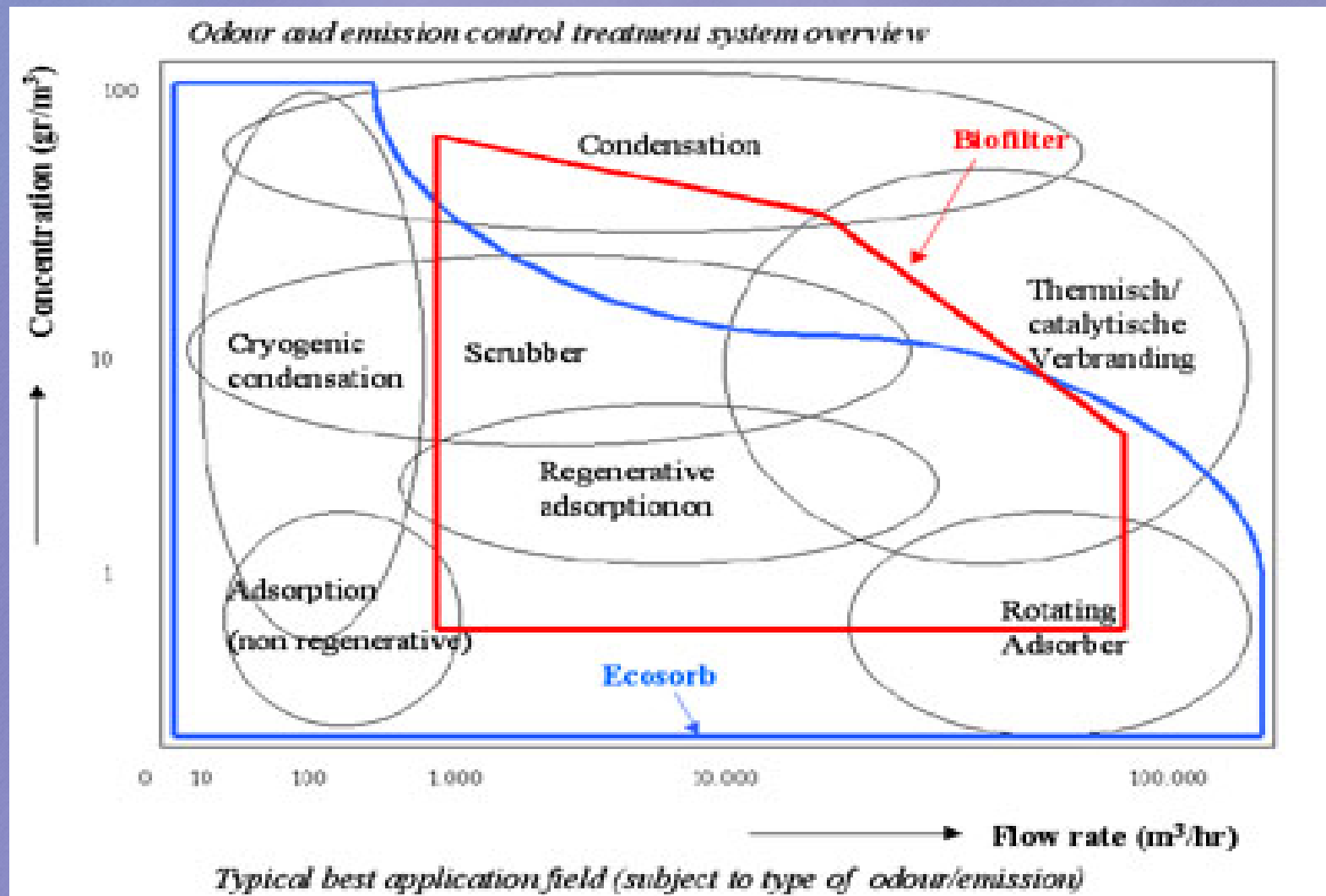


POUŽITELNOST

Gas treatment technology comparison



POUŽITELNOST



PRAKTICKÉ POUŽITÍ

Biofiltrace se využívá ve velkém množství průmyslových odvětví a služeb:

- **Zpracovatelský průmysl**
- **Lakovny, tiskárny**
- **Sanace kontaminovaných lokalit**
- **Čistírny odpadních vod**
- **Mechanicko-biologická předúprava komunálního odpadu**
- **Laminovny**

BIOFILTR



BIOFILTR



BIOFILTR



BIOFILTR



BIOFILTR



NÁPLNĚ BIOFILTRU



VÝHODY BIOFILTRACE

- V porovnání s konkurenčními metodami pro eliminaci těkavých organických látek:
- Nižší investiční a zejména provozní náklady
- Nižší spotřeba energií a chemikálií
- Neemitují spaliny
- Účinnost až 99,9 % podle druhu polutantu a úrovně biofiltru

VÝHODY BIOFILTRACE

- **Spotřeba energie se pohybuje jen na 10 % až 25 % spotřeby termických oxidačních technologií**
- **Biofiltr lze navrhovat velice flexibilně, aby naplnil veškeré požadavky na provoz**

NEVÝHODY BIOFILTRACE

- **Biofiltrace není vhodné pro všechny organické látky – především pomalu rozložitelné**
- **Vysoké koncentrace látek mohou být toxické pro mikroorganismy**
- **Vysoké koncentrace potřebují velká zařízení, což vede k neúměrnému vzrůstu investičních nákladů**

NEVÝHODY BIOFILTRACE

- V některých případech delší doba potřebná pro zpracování biofiltru
- Kolísání koncentrací může působit problémy
- Směsné substráty – zařízení podle musí být navrženo podle nejpomaleji odbourávané látky – zvýšení investičních nákladů

OTÁZKY ?



DĚKUJI

VÁM

ZA POZORNOST

