

PŘIROZENÁ ATENUACE – TEORETICKÝ RÁMEC

Vít Matějů

ENVISAM-GEM, a.s., Biotechnologická divize,
Radiová 7, 102 31 Praha 10
envisan@grbox.cz

O ČEM TO BUDE? O PŘIROZENÉ ATENUACI

- Vysvětlení terminologie
- Definice přirozené atenuace
- Historie přirozené atenuace
- Podporovaná atenuace
- Co zahrnuje přirozená atenuace
- Použitelnost přirozené atenuace
- Prokazování přirozené atenuace
- Kapacita přirozené atenuace
- Výhody a nevýhody přirozené atenuace



PŘIROZENÁ ATENUACE

ZÁKLADNÍ POJMY

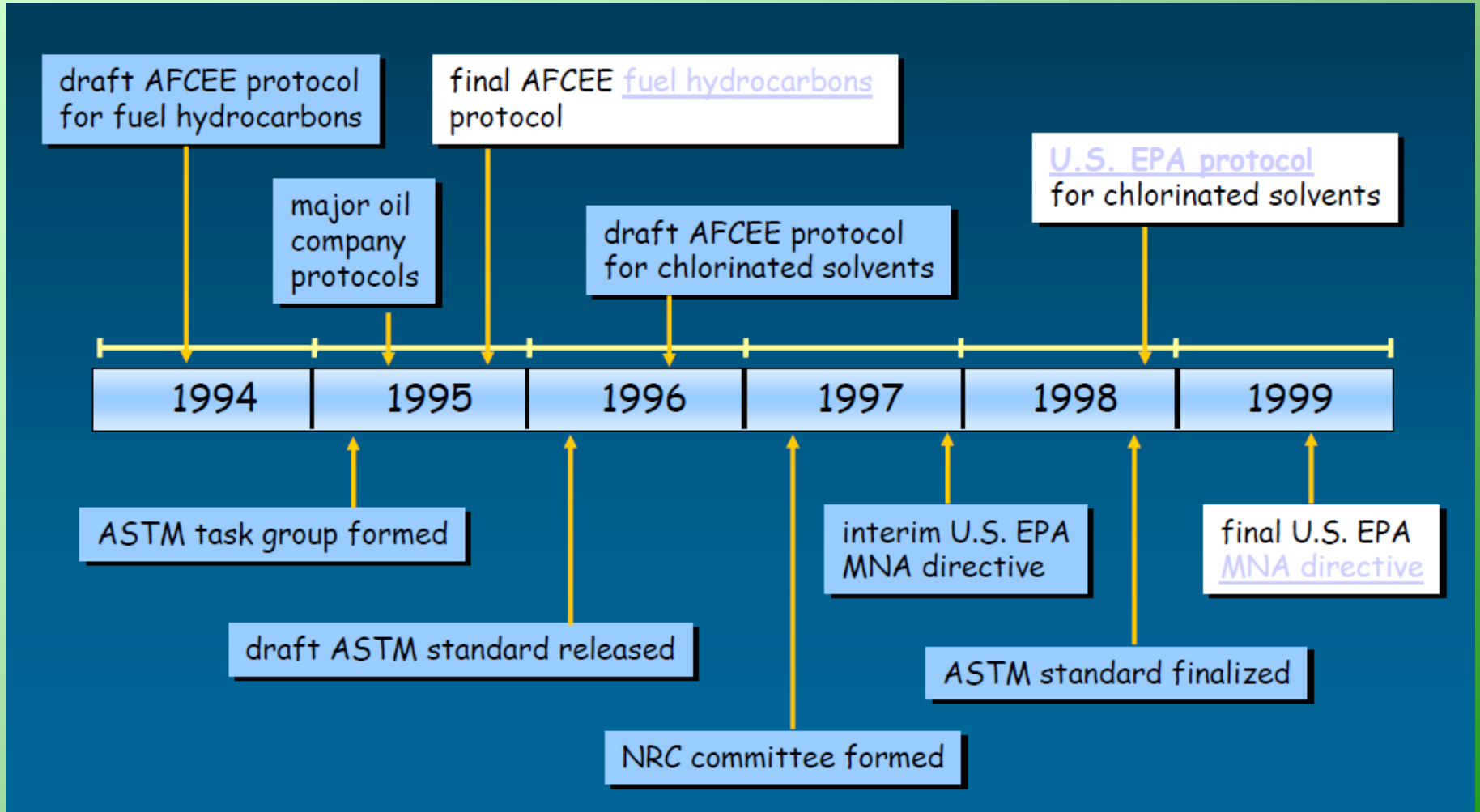
- Intrinsic bioremediation
- Natural attenuation
- Monitored natural attenuation
- Enhanced attenuation
- „Do nothing“ to není!!!!



HISTORIE

- První zmínka o přirozené atenuaci se objevila v roce 1990 v National Contingency Plan (Národní plán pro mimořádné události) (U.S. EPA, 1990)
- V roce 1993 National Research Council definuje „intrinsic attenuation
- U.S. AIR FORCE CENTER FOR ENVIROMENTAL EXCELLENCE (1993)

HISTORIE



HISTORIE

- Legislativní a technické podklady pro realizaci přirozené atenuace:
 - i) National Contingency Plan 1990
 - ii) Draft protokolu pro uhlovodíky pohonných hmot - AFCEE 1994 (vydává U.S.EPA 1995)
 - iii) Ropné společnosti – protokoly – 1995
 - iv) ASTM – norma USA – 1996
 - v) Protokol pro chlorované uhlovodíky AFCEE 1996 (vydává U.S. EPA 1997)

DEFINICE PŘIROZENÉ ATENUACE

- **U.S. EPA (1999):**

... závislost na přirozených atenuačních procesech (které jsou pečlivě kontrolovány a monitorovány) pro dosažení limitů specifických pro lokalitu v časovém období, které je rozumné ve srovnání s časem nezbytným pro dosažení limitů aktivnějšími metodami. Přirozená atenuace zahrnuje různé fyzikální, chemické nebo biologické procesy, které za vhodných podmínek dokážou snižovat hmoty, toxicitu, pohyblivost, objem nebo koncentraci polutantu v půdě či podzemní vodě bez lidského zásahu. Procesy probíhající *in-situ* zahrnují biodegradaci, disperzi, ředění, sorpci, těkání, radioaktivní rozpad a chemickou nebo biologickou stabilizaci, transformaci nebo destrukci polutantu.

DEFINICE PŘIROZENÉ ATENUACE

- **American Society for Testing and Materials - ASTM (2010):**

..... snížení hmotnosti nebo koncentrace látky v podzemní vodě v průběhu času a se vzdáleností od ohniska kontaminace v důsledku přirozených fyzikálních, chemických a biologických procesů jako jsou biodegradace, disperze, ředění, adsorpce a těkání. (Poprvé vyšla v roce 1996, potom novely cca po 5 letech)

DEFINICE PŘIROZENÉ ATENUACE

- **U.S. Air Force Center for Environmental Excellence -**

definuje přirozenou atenuaci jako proces vznikající z integrace několika podzemních atenuačních mechanismů, které jsou klasifikovány buď jako destruktivní nebo jako nedestruktivní. Biodegradace je nejvýznamnějším destruktivním atenuačním mechanismem. Nedestruktivní atenuační mechanismy zahrnují sorpci, disperzi, ředění proudem a tekání.

DEFINICE PŘIROZENÉ ATENUACE

- **U.S. Army - Department of the Army (1995):** definuje přirozenou atenuaci jako redukci koncentrace kontaminace v prostředí biologickými procesy (aerobní nebo anaerobní biodegradací, příjmem rostlinami a živočichy), fyzikálními jevy (advekce, disperze, ředění, difúze, těkání, sorpce/desorpce) a chemickými reakcemi (iontová výměna, komplexace, abiotická transformace). Termíny jako intrinsic remediation nebo biotransformace jsou zahrnuty ve více obecné definici přirozené atenuace

DEFINICE PŘIROZENÉ ATENUACE

- V Evropě je nejčastěji přijímána definice přirozené atenuace podle U.S. EPA (1999).
- Definice v legislativě mají Německo, Nizozemí, Velká Británie, Francie

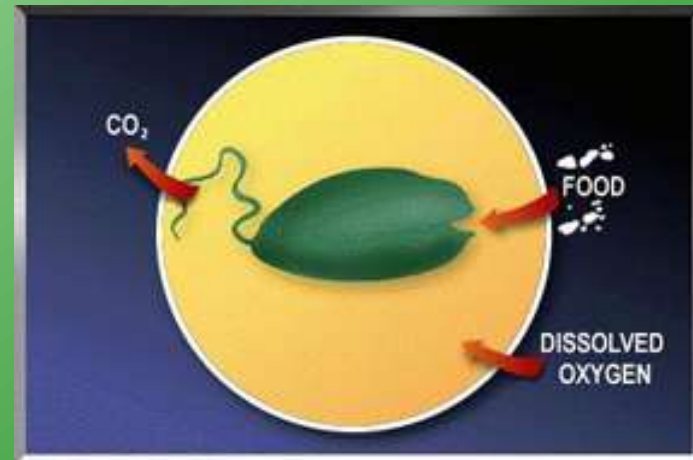
PODPOROVANÁ ATENUACE

- Podpora procesů vytvářejících přirozenou atenuaci
- Podporovány jsou především biologické pochody
- Podpora desorpce polutantů
- Opatření proti vzniku reboundingu

POUŽITELNOST PŘIROZENÉ A PODPOROVANÉ ATENUACE

POLUTANTY

- Ropné uhlovodíky
- Chlorovaná rozpouštědla, především chlorované ethyleny (perchloroethylen a trichloroethylen) a jejich biotransformační produkty
- Chlorované nasycené alkany
- Organické kyseliny a jejich soli
- Alkoholy, ketony a aldehydy
- Některé anorganické sloučeniny (např. sírany)
- Radionuklidy a těžké kovy
- Dusičnany
- Methylterciárníbutylether
- BTEX
- Výbušniny (TNT, RDX)
- Výluhové vody ze skládky
- Chlorbenzeny



POUŽITELNOST PŘIROZENÉ A PODPOROVANÉ ATENUACE


- Vhodné geologické a hydrogeologické podmínky
- Mikrobiologie podzemní vody – musí být schopná eliminovat přítomné polutanty
- Při vysokých koncentracích polutantů není přirozená atenuace vhodná – dlouhá doba sanace

POUŽITELNOST PŘIROZENÉ A PODPOROVANÉ ATENUACE

- Monitoring na lokalitě pro posouzení využitelnosti přirozené atenuace
- Protokoly nejrůznějších institucí – rozhodovací tabulky nebo jiná kritériální schémata.

POUŽITELNOST PŘIROZENÉ A PODPOROVANÉ ATENUACE

Všechny protokoly a návody obsahují dvě důležitá kritéria pro hodnocení toho, zda je možné přirozenou nebo podporovanou atenuaci využít jako sanační technologii:

- přirozená atenuace musí chránit lidské zdraví a životní prostředí
- přirozená atenuace musí být účinná v rozumném časovém horizontu 

DŮKAZY O PRŮBĚHU PŘIROZENÉ ATENUACE

- i) *Prokázání úbytku polutantů*
- porovnání historických a současných ukazatelů podzemní vody – jasný úbytek hmoty polutantu či pokles koncentrace polutantu
 - pokles koncentrace polutantu v kontaminačním mraku nesmí být pouze důsledkem migrace
 - anorganické polutanty – musí být znám atenuační mechanismus

DŮKAZY O PRŮBĚHU PŘIROZENÉ ATENUACE

*ii) Dokumentace procesů přirozené
atenuace na lokalitě*

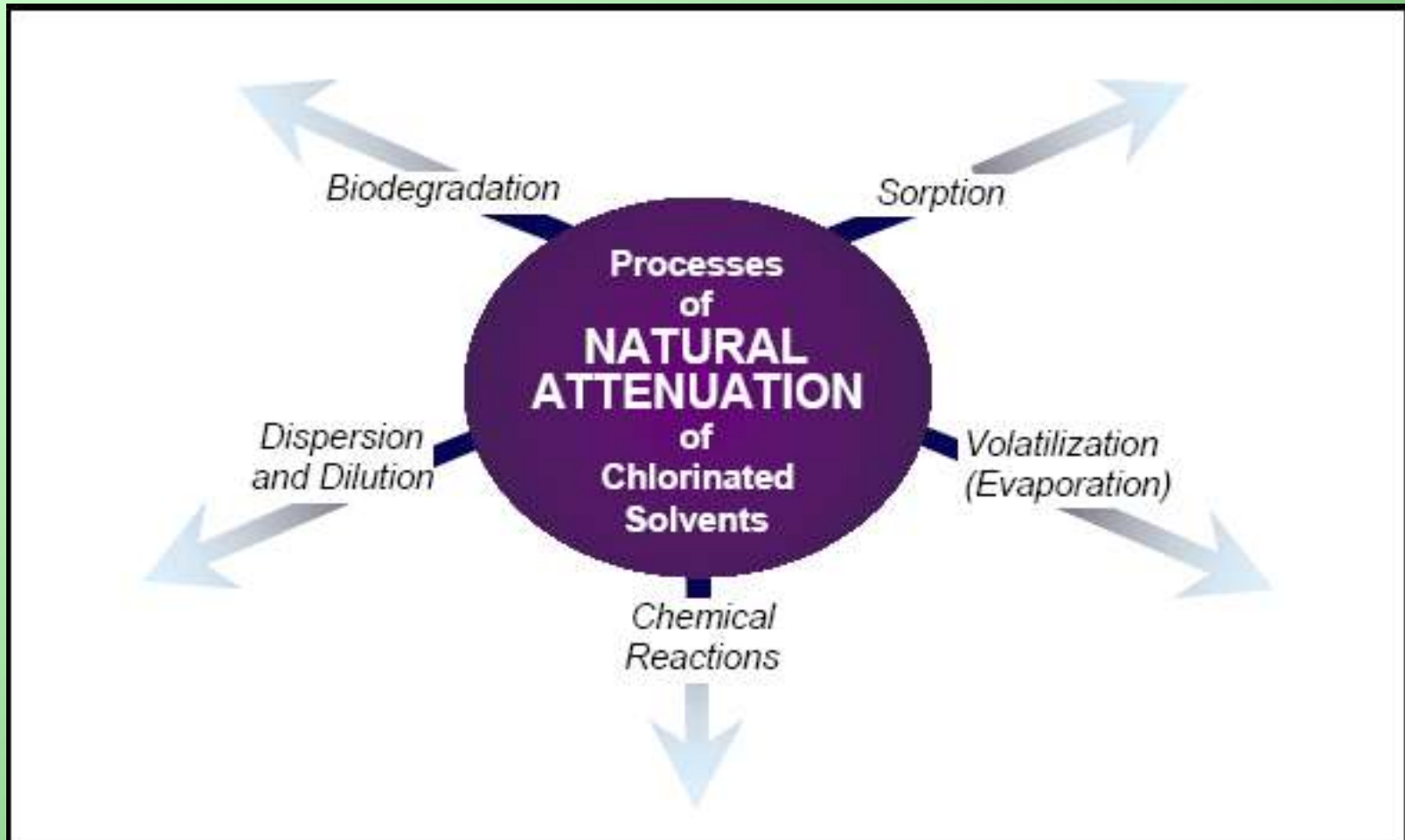
- geochemické indikátory
- biochemické indikátory (elektronová bilance)
- aplikace screeningových modelů (hydrogeologická data, geochemická data, rychlost degradace polutantu)

DŮKAZY O PRŮBĚHU PŘIROZENÉ ATENUACE

iii) Dokumentace mikrobiální aktivity

- přítomnost enzymů pro odbourávání polutantu
- sekvenace DNA → identifikace bakterií
- mikrobiální osídlení
- mikrokosmos – testy

PROCESY PŘIROZENÉ ATENUACE

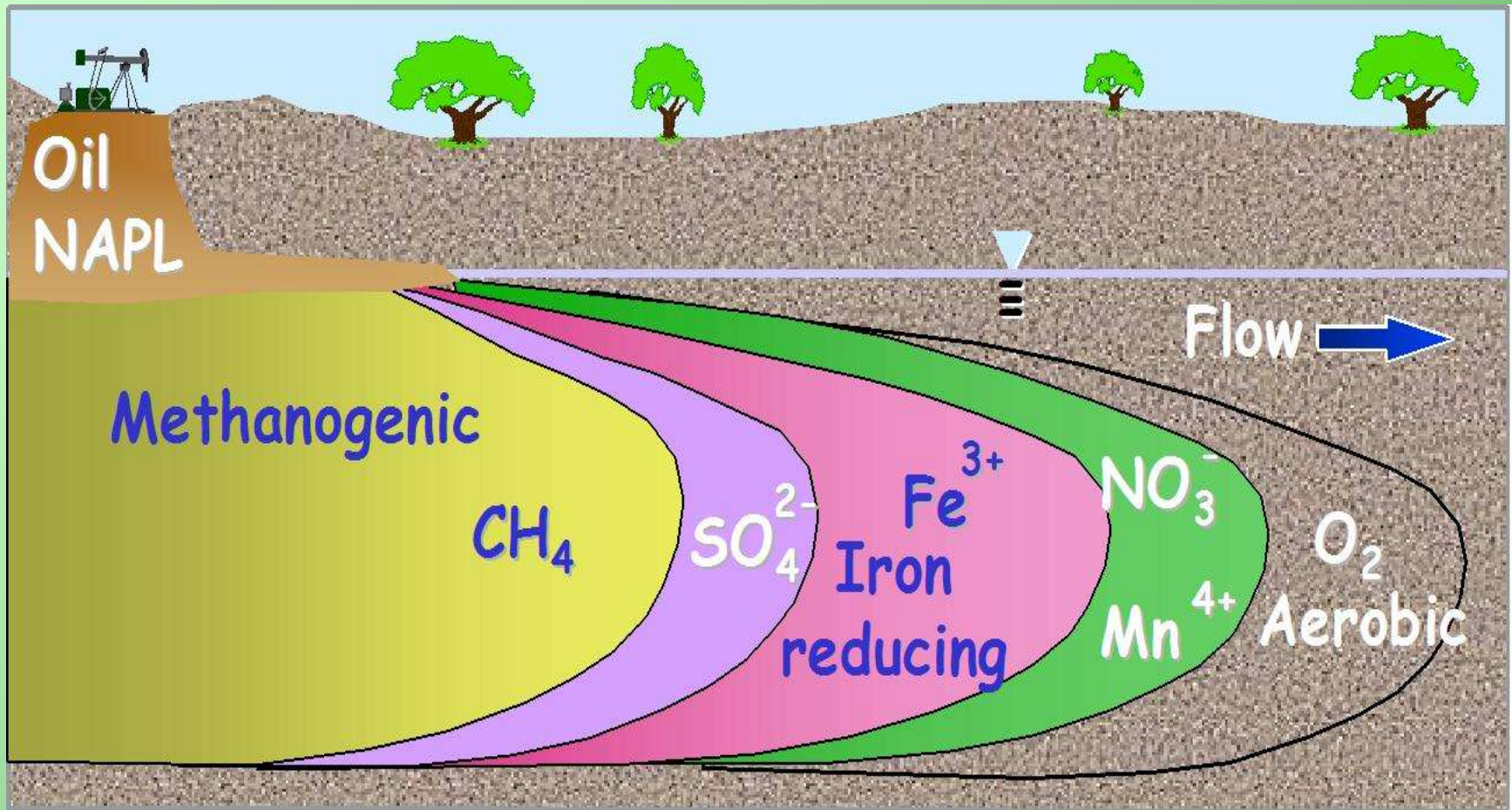


PROCESY PŘIROZENÉ ATENUACE



- biodegradace
 - disperse
 - ředění
 - sorpce
 - těkání
-
- chemická nebo biologická stabilizace
 - přeměna a destrukce polutantů
 - (bioakumulace)
 - radioaktivní rozpad
 - tvorba komplexů

PROCESY PŘIROZENÉ ATENUACE



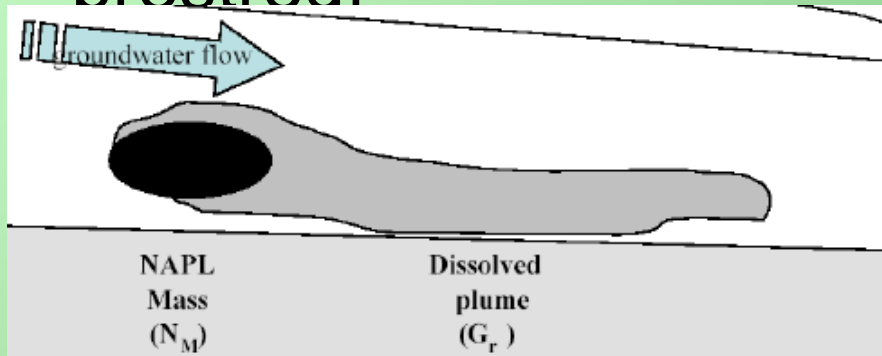
ATENUAČNÍ KAPACITA

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}

ATENUAČNÍ KAPACITA

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

ATENUAČNÍ KAPACITA

D > AK

D = AK

D < AK



ATENUAČNÍ KAPACITA

$$\left[\frac{v + \sqrt{v^2 + 4Dk}}{2D} \right]$$

v – rychlost proudění podzemní vody
 k - konstanta biodegradační rychlosti
 D - hydrodynamická disperze
rozměr h^{-1}

Je to kapacita zvodně snížit koncentraci polutantu na 1 m toku podzemní vody.

Chapelle, F.H., Bradley, P.M. (1998): SELECTING REMEDIATION GOALS BY ASSESSING THE NATURAL ATTENUATION CAPACITY OF GROUND-WATER SYSTEMS, *Biorem.J.* Volume 2, Issue 3-4, pp. 227-238

VÝHODY PŘIROZENÉ ATENUACE

- Produkuje menší množství sanačních odpadů a snižuje tak riziko druhotné kontaminace prostředí při manipulaci s nimi a omezuje i rizika expozice lidí.
- Menší vliv na povrchová zařízení a terén, protože vyžaduje jen malé množství zařízení na povrchu
- Potenciálně je aplikovatelná v celé kontaminované lokalitě podle konkrétních podmínek a cílových limitů sanace
- Lze ji začlenit do integrovaných sanačních technologií
- Předpokládají se nižší náklady ve srovnání s aktivní sanací inženýrskými metodami

NEVÝHODY PŘIROZENÉ ATENUACE

- Sanace trvá delší a někdy podstatně delší dobu než aktivní sanace
- Charakterizace lokality je komplexnější a dražší
- Toxicita transformačních produktů může být větší než původních polutantů
- Je nezbytný dlouhodobý monitoring
- Vyžaduje institucionální dohled, aby byla zaručena dlouhodobá kontrola nad procesem a ochrana životního prostředí
- Existuje možnost pokračování migrace znečištění a jeho rozšiřování
- Hydrologické a geochemické podmínky se mohou měnit, což může mít za následek obnovenou mobilitu polutantu a zhoršování účinnosti remediac
- Bývá složitější získat souhlas veřejnosti s aplikací přirozené atenuace

PŘIROZENÁ ATENUACE



OTÁZKY ?



**DĚKUJI
VÁM ZA
POZORNOST !!**

