

IMPLEMENTACE BIOVENTINGU

Vít Matějů

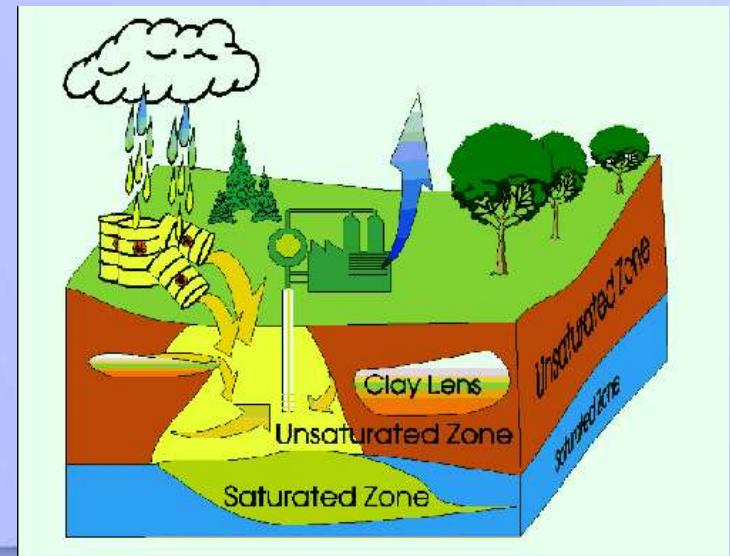
ENVISAN-GEM, a.s.

Biotechnologická divize, Radiová 7, Praha 10

envisan@vol.cz

CHARAKTERIZACE LOKALITY

1. Přehled existujících informací
2. Složení půdních plynů
3. Propustnost půdy pro plyny
4. In situ respirační test
5. Charakterizace půdy
6. Mikrobiologická charakteristika



EXISTUJÍCÍ INFORMACE

- druh polutantů
- množství a distribuce volné fáze produktu
- kolísání hladiny podzemní vody
- trojrozměrná distribuce polutantu
- možnost další dotace horninového prostředí polutantem
- propustnost horniny pro plyn, distribuce velikosti částic
- vlastnosti povrchu (asfalt, beton,...)

EXISTUJÍCÍ INFORMACE

- možnost další dotace horninového prostředí polutantem
- propustnost horniny pro plyn, distribuce velikosti částic
- vlastnosti povrchu (asfalt, beton,...)

DRUH POLUTANTU

- Biodegradovatelný za aerobních podmínek:
- ropné uhlovodíky
- BTEX
- organické aldehydy a ketony
- alkoholy a organické kyseliny

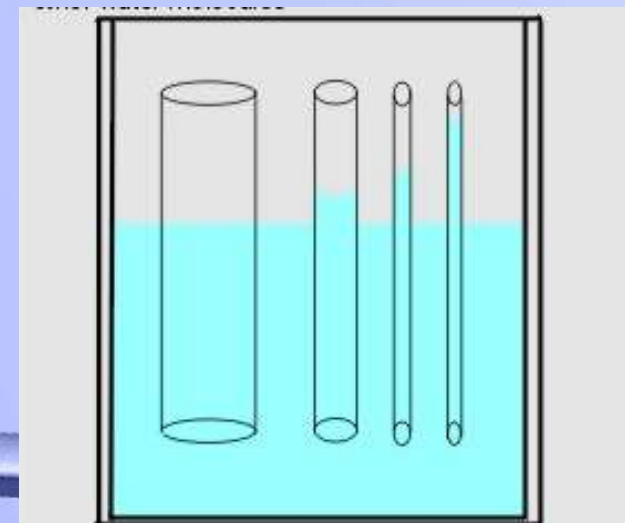
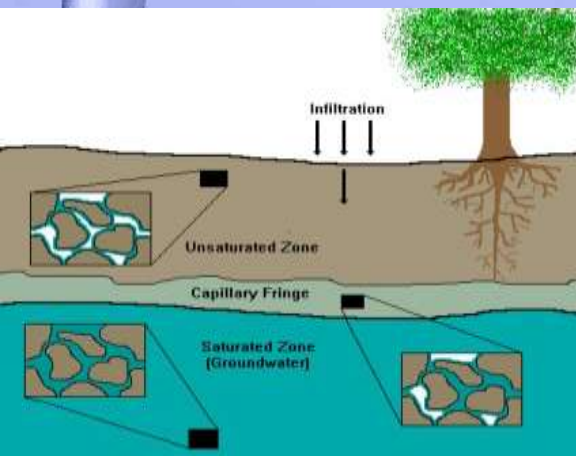


PŘÍTOMNOST VOLNÉ FÁZE

- **Odstranění volné fáze (např. s přispěním ventingu)**
- **Odstraňování v průběhu bioventingu**
- **Samotný bioventing na odstranění fáze nestačí**
- **Kombinace bioslurping + bioventing nebo odsávání produktu z hladiny + bioventing**

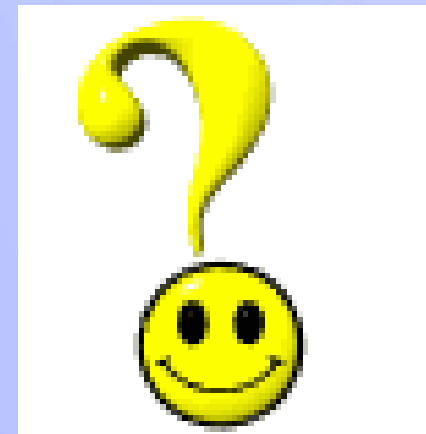
KOLÍSÁNÍ HLADINY PODZEMNÍ VODY

- hloubka vrtů
- snižování hladiny podzemní vody čerpání
- kombinace bioventingu s dalšími sanačními metodami



DOTACE POLUTANTEM

- pokračující dotace – účinnost sanačního zákroku
- eliminace dotace – nezbytná
- eliminace dotace – někdy neproveditelná
- jak z toho?



PERMEABILITA HORNIN

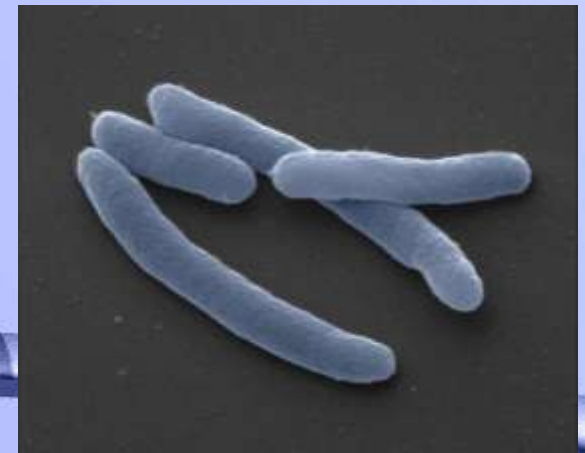
- Tento parametr je velmi důležitý, protože na něm závisí, zda je vůbec možné bioventing (a zejména venting) vůbec použít
- Použití bioventingu přímo závisí na možnosti transportu vzduchu horninou
- Alternativně lze využít rozdělení velikosti částic v hornině

ROZDĚLENÍ VELIKOSTI ČÁSTIC

Particle	Size (mm)
Very Coarse Sand	2.00-1.00
Coarse Sand	1.00-0.50
Medium Sand	0.50-0.25
Fine Sand	0.25-0.10
Very Fine Sand	0.10-0.05
Silt	0.05-0.002
Clay	below 0.002

MIKROBIOLOGICKÁ CHARAKTERISTIKA

- **Vzorky půdy – stanovení počtů aerobních heterotrofních bakterií**
- **Stanovení adaptace mikrobiální populace na přítomný polutant**
- **Pomocné ukazatele: koncentrace makrobiologických prvků**



KVALITA PŮDNÍHO VZDUCHU

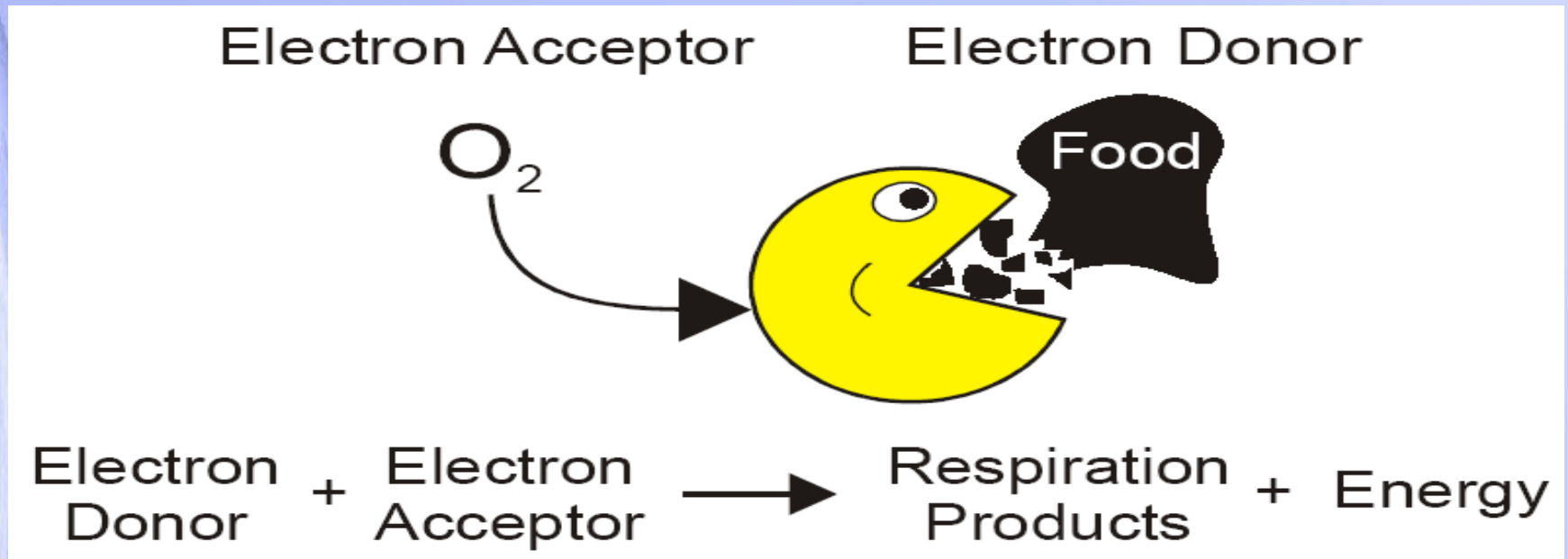
- Nejprve je třeba zjistit, zda v nesaturované zóně dochází k limitaci kyslíkem
- Pokud limitace kyslíkem existuje, je to důkaz toho, že bakterie využívají kyslík
- V čisté nesaturované zóně je složení půdního vzduchu téměř stejné jako v atmosféře
- Podle kvality půdního vzduchu lze také stanovit přibližně rozsah znečištění i lokaci vrtů

KVALITA PŮDNÍHO VZDUCHU

- **Koncentrace kyslíku, oxidu uhličitého a par ropných uhlovodíků v půdním vzduchu také ukazují na použitelnost bioventingu**
- **Nízká koncentrace O_2 = biologická aktivita klesá**



OXIDACE n-ALKÁNŮ



PRODUKTY: CO_2 + H_2O + biomasa

KVALITA PŮDNÍHO VZDUCHU

- Složení půdního vzduchu v:
kontaminované lokalitě
kyslík $< 5 \%$ obj.
oxid uhličitý $> 7,5 \%$ obj.
- nekontaminované lokalitě
kyslík $20,8 \%$ obj.
oxid uhličitý 0% obj.

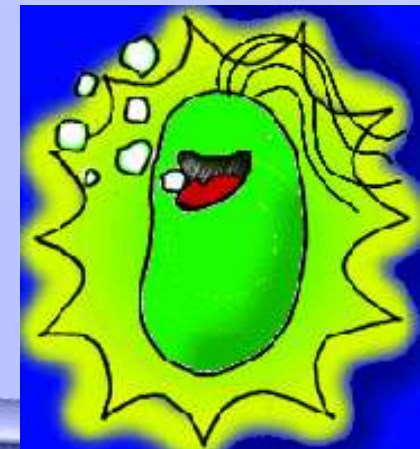


KVALITA PŮDNÍHO VZDUCHU

- V případě kontaminace dochází k vyčerpání kyslíku bakteriemi v půdním vzduchu a k vytvoření anaerobních podmínek



ZASTAVENÍ BIODEGRADACE



KVALITA PŮDNÍHO VZDUCHU

- **Vyčerpání kyslíku v půdním vzduchu je důsledkem toho, že rychlost difúze a advekce kyslíku z atmosféry do půdy je pomalejší než rychlost jeho spotřeby bakteriemi**

LIMITACE KYSLÍKEM

- Při koncentracích kyslíku $< 5 \%$ obj. (při koncentraci rozpuštěného kyslíku $< 1 \text{ mg.l}^{-1}$) nastává oxidační stres
- Spotřeba kyslíku za aerobních podmínek
3 g O_2 na 1 g ropných uhlovodíků
- Při oxidačním stresu
až 9 g O_2 na 1 g ropných uhlovodíků

OXID UHLIČITÝ

- **Tvorba CO₂ v půdě:**
 - z uhličitanového cyklu
 - z biologického rozkladu organických látek včetně polutantů

Vzhledem k tomu, že CO₂ může být vázán v alkalické půdě (tvorba uhličitanů), není koncentrace CO₂ příliš spolehlivým ukazatelem průběhu biodegradace

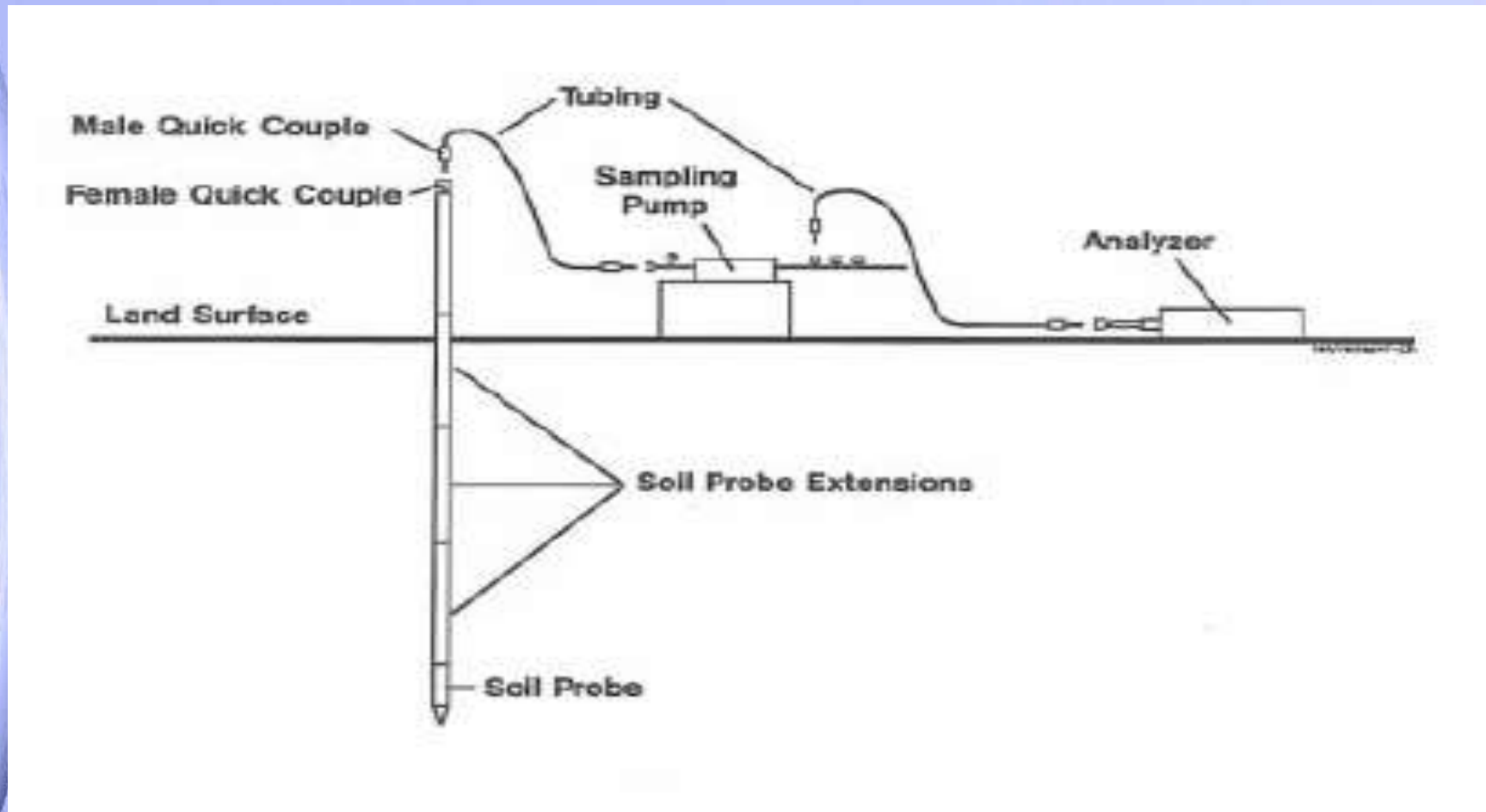
KVALITA PŮDNÍHO VZDUCHU

- Pro posouzení složení půdního vzduchu je třeba vždy porovnávat kvalitu půdního vzduch z kontaminované oblasti s kvalitou půdního vzduchu z nekontaminovaného pozadí.
- Z koncentrace ropných uhlovodíků se dá usoudit i na koncentraci kontaminace v podzemí

ODBĚR VZORKŮ PŮDNÍHO VZDUCHU

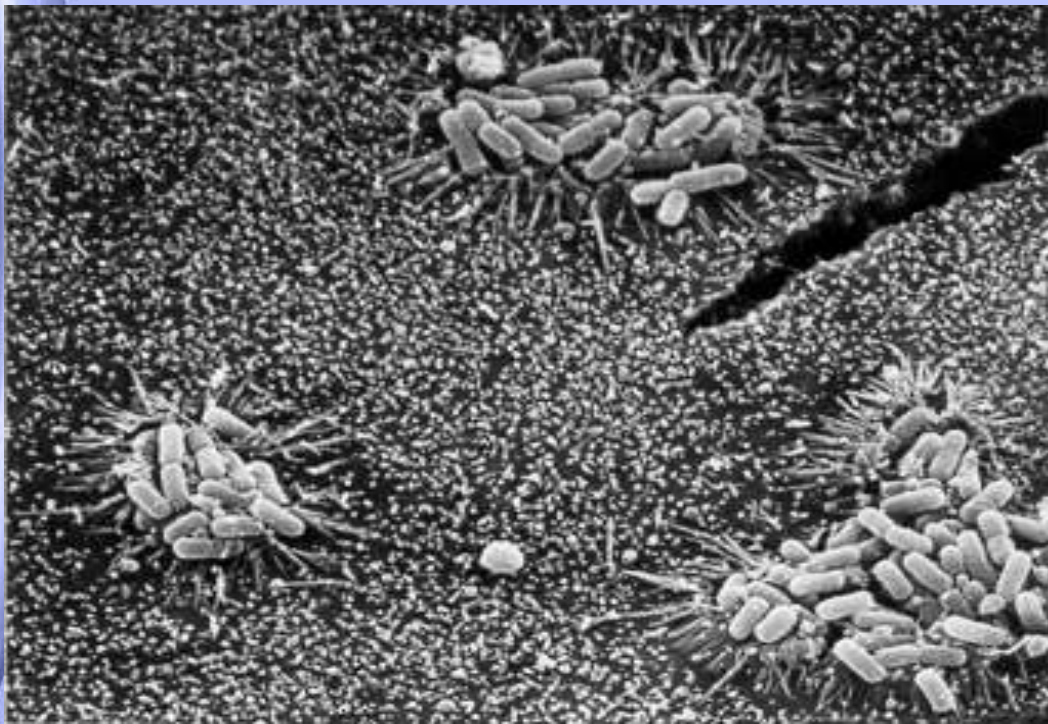
- **Provádí se specificky pro každou lokalitu**
- **Stačí sondy s malými průměry (od 2,5 cm)**
- **Rozmístění sond je v síti, měří se směrem z více kontaminovaného prostředí do čistšího**

ODBĚR VZORKŮ PŮDNÍHO VZDUCHU



ANALÝZA PŮDNÍHO VZDUCHU

- Měření polním analyzátozem, stanovení koncentrace O_2 , CO_2 a par ropných uhlovodíků



ANALÝZA PŮDNÍHO VZDUCHU



ANALÝZA PŮDNÍHO VZDUCHU



MĚŘENÍ KONCENTRACE CO₂

**MĚŘENÍ
UHLOVODÍKOVÝCH PAR**



ČERPADLA A TLAKOMĚRY

- **Vakuum $6,7 \times 10^4$ Pa, průtok $30 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$
membránové nebo bez oleje**
**Pokud jsou sondy mělké používá se
čerpadlo s výkony menšími $0,80 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$
až $2,0 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$**

ČERPADLA A TLAKOMĚRY

- **Monitoring vakua – diferenciální tlakoměr**

rozsahy

0 až $1,2 \times 10^4$ Pa – písčité půda a

0 až $6,2 \times 10^4$ Pa – jílovité půda

MĚŘÍCÍ SYSTÉM



PŮDNÍ
SONDA



DIFERENCIÁLNÍ
TLAKOMĚŘ



VAKUOVÉ
ČERPADLO




ODEČET HODNOT PO
USTÁLENÍ KONCENTRACÍ
O₂, CO₂, PAR RU



MĚŘENÍ O₂ a CO₂



VYHODNOCENÍ

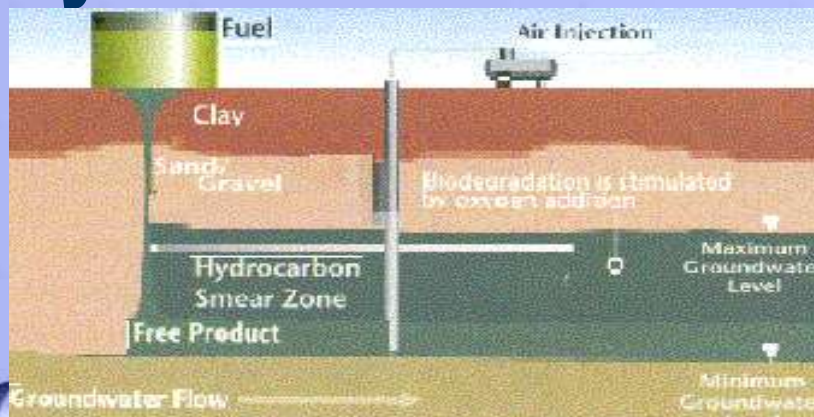
- Vysoká koncentrace RU a vysoká koncentrace O_2  **INHIBICE**
- Inhibice nedostatkem vlhkosti, živinami
- Toxicita doprovodných polutantů, například TCE či fenoly



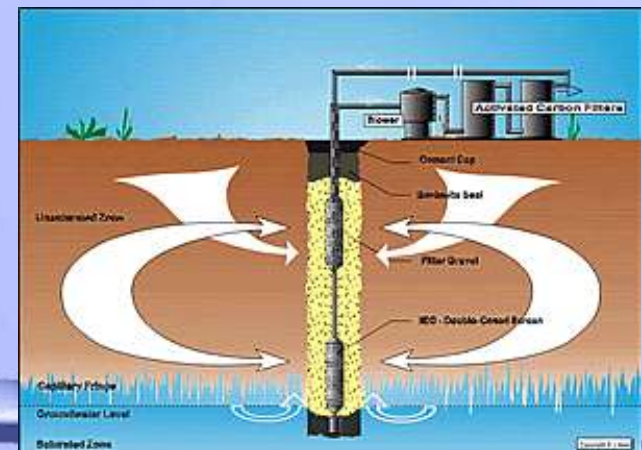
RESPIRAČNÍ TEST

Cíle respiračního testu:

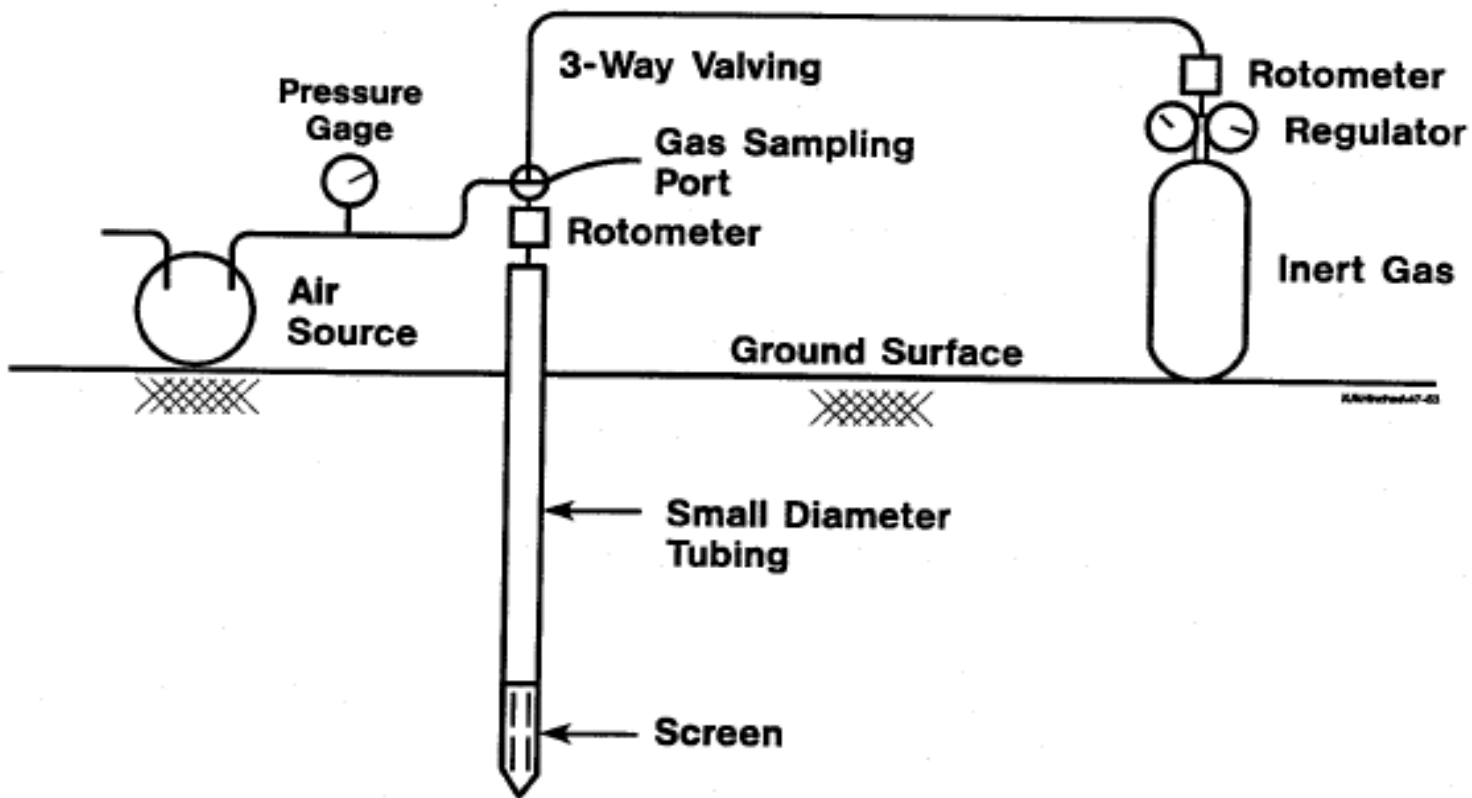
1. Biodegradační rychlost
2. Parametry bioventingu na základě rychlosti spotřeby kyslíku
3. Informace pro návrh sanačního systému



2.2008 -
at



RESPIRAČNÍ TEST



RESPIRAČNÍ TEST

- **Vhánění vzduchu s heliem (či jiným inertním plynem) konc. 1 % obj. až 2 % obj. do zemních sond a do pozad'ové sondy**
- **Měřicí místa: 3 až 4 sondy v kontaminované oblasti a 1 pozad'ová umístěná v nekontaminované oblasti**

RESPIRAČNÍ TEST

1. Změření koncentrací O_2 a CO_2 ve všech zemních sondách před zatláčením vzduchu s He
2. Zatláčení vzduchu s heliem 25 l.h^{-1} až 50 l.h^{-1} po dobu 24 hodin.
3. Po zatláčení se měří koncentrace O_2 a CO_2 a He
4. 1. měření po 2 hodinách a potom progresivně po 4 a 8 hodinách

RESPIRAČNÍ TEST

5. Při vysoké rychlosti spotřeby O_2 měření častěji, při nízké rychlosti spotřeby O_2 měření po delších intervalech

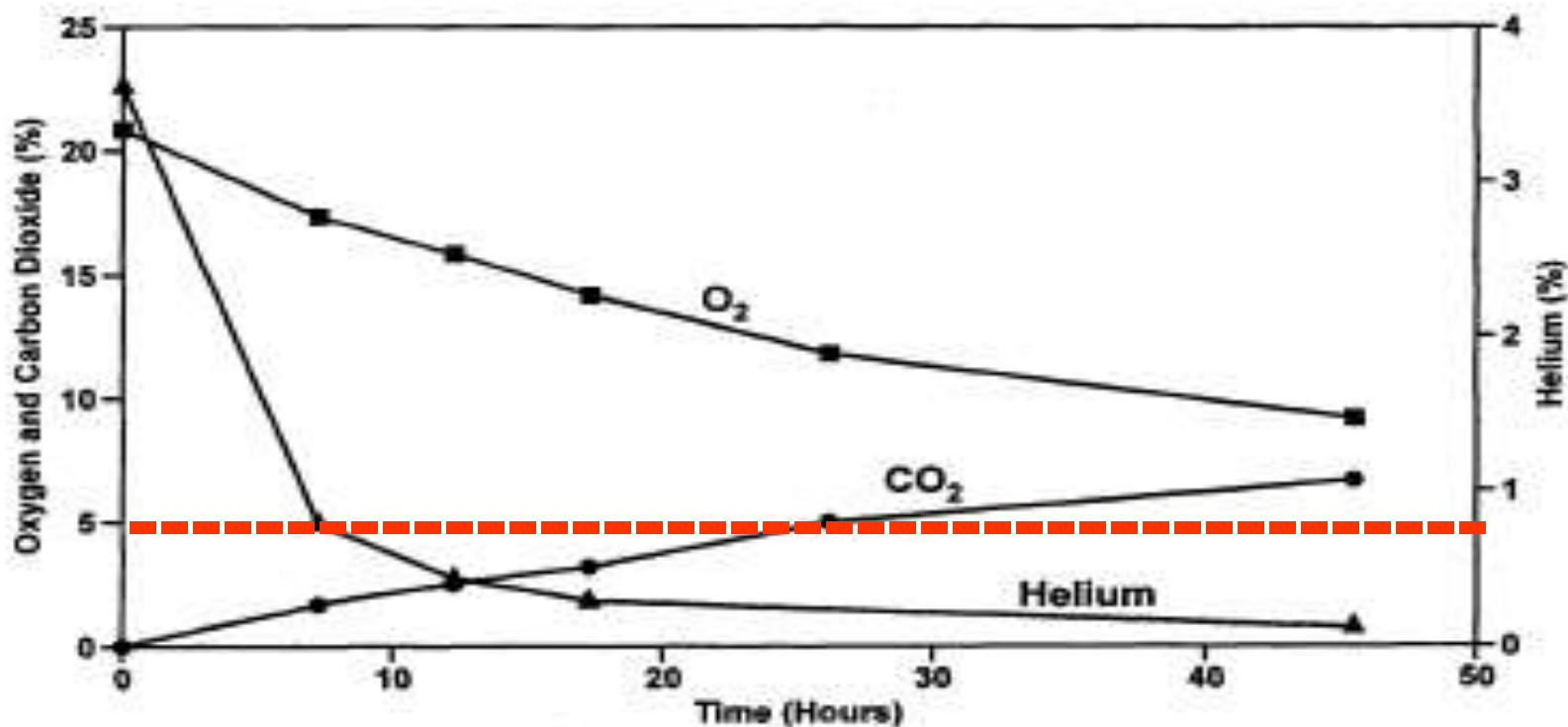
RESPIRAČNÍ TEST

- **UKONČENÍ TESTU**
 1. **Po 24 hodinách**
 2. **Po poklesu koncentrace kyslíku v půdním vzduchu pod 5 % obj.**

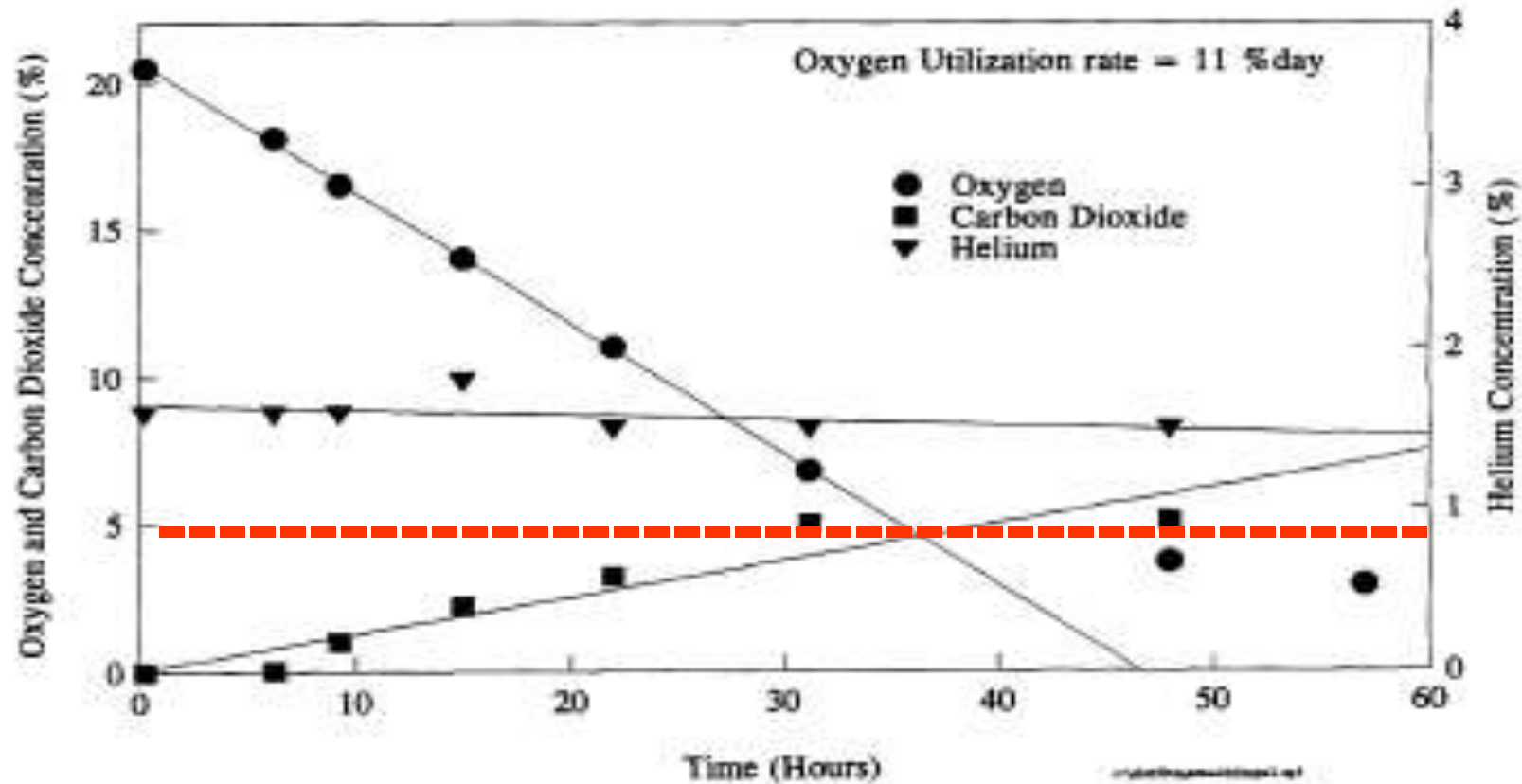
RESPIRAČNÍ TEST

- Měření koncentrace O_2 a CO_2 – průběh biodegradace
- Měření koncentrace He – určuje difuzi plynů v prostředí, těsnost měřícího systému (podle snížení koncentrace He)

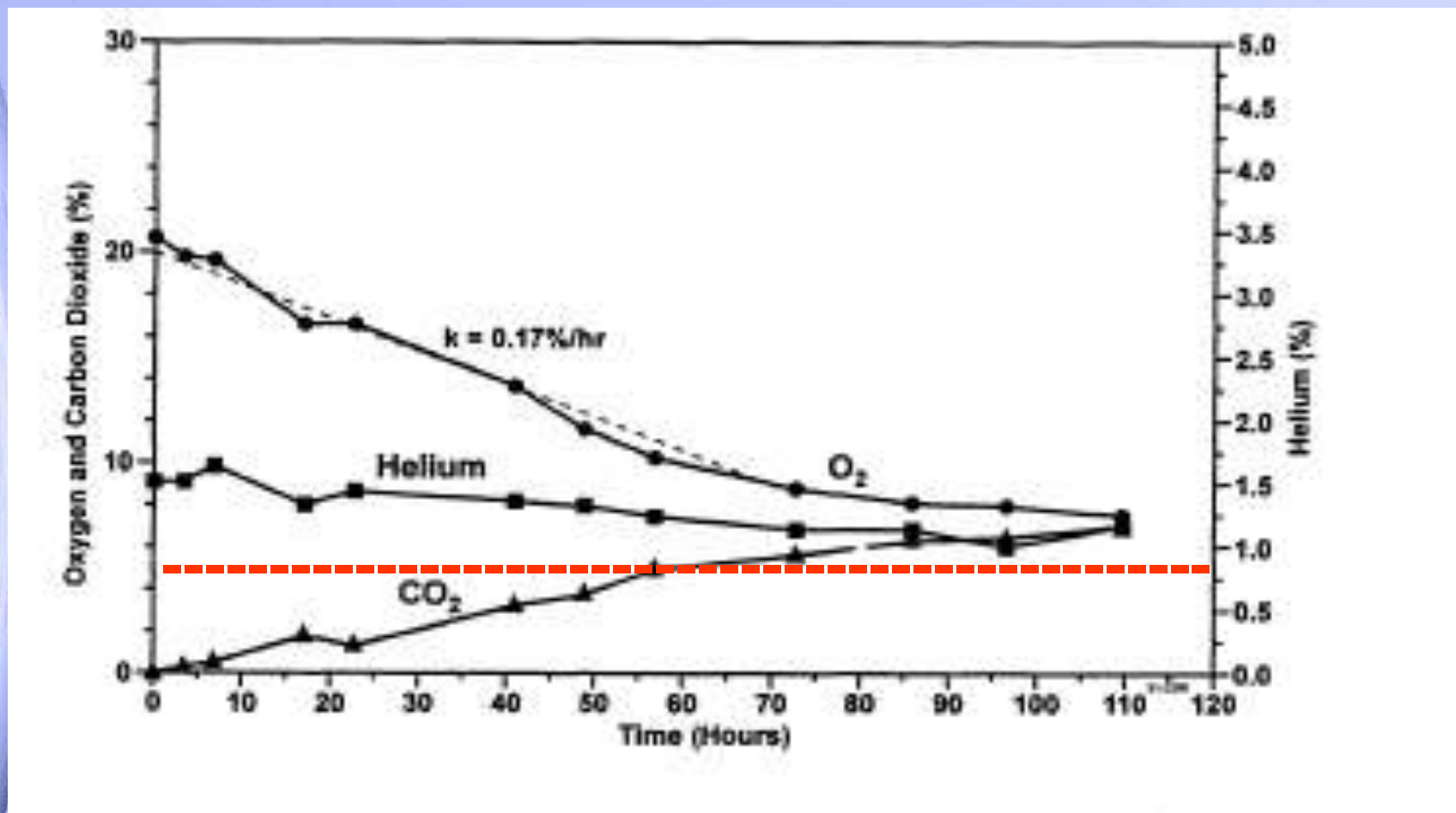
RESPIRAČNÍ TEST - VYHODNOCENÍ



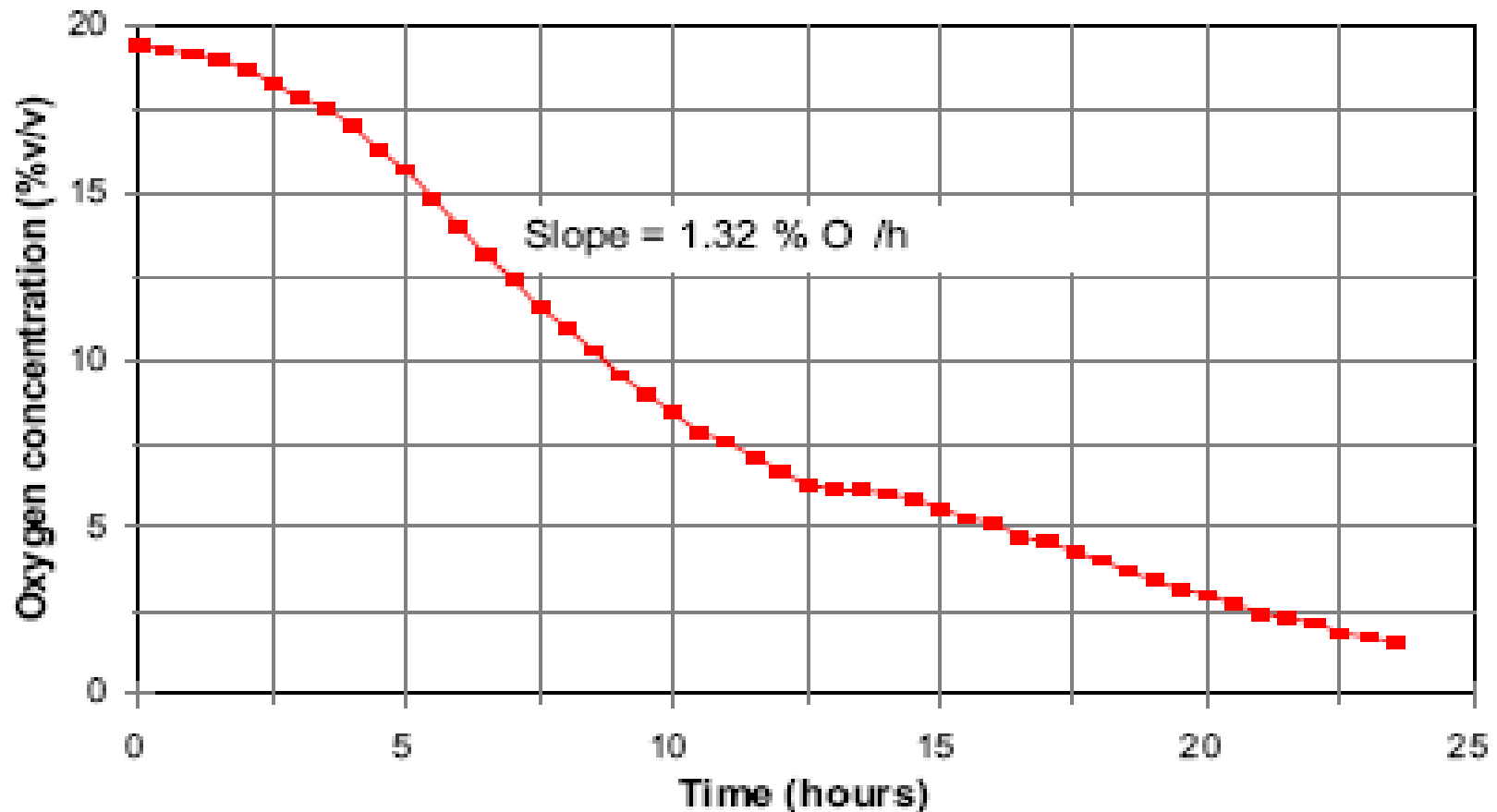
RESPIRAČNÍ TEST - VYHODNOCENÍ



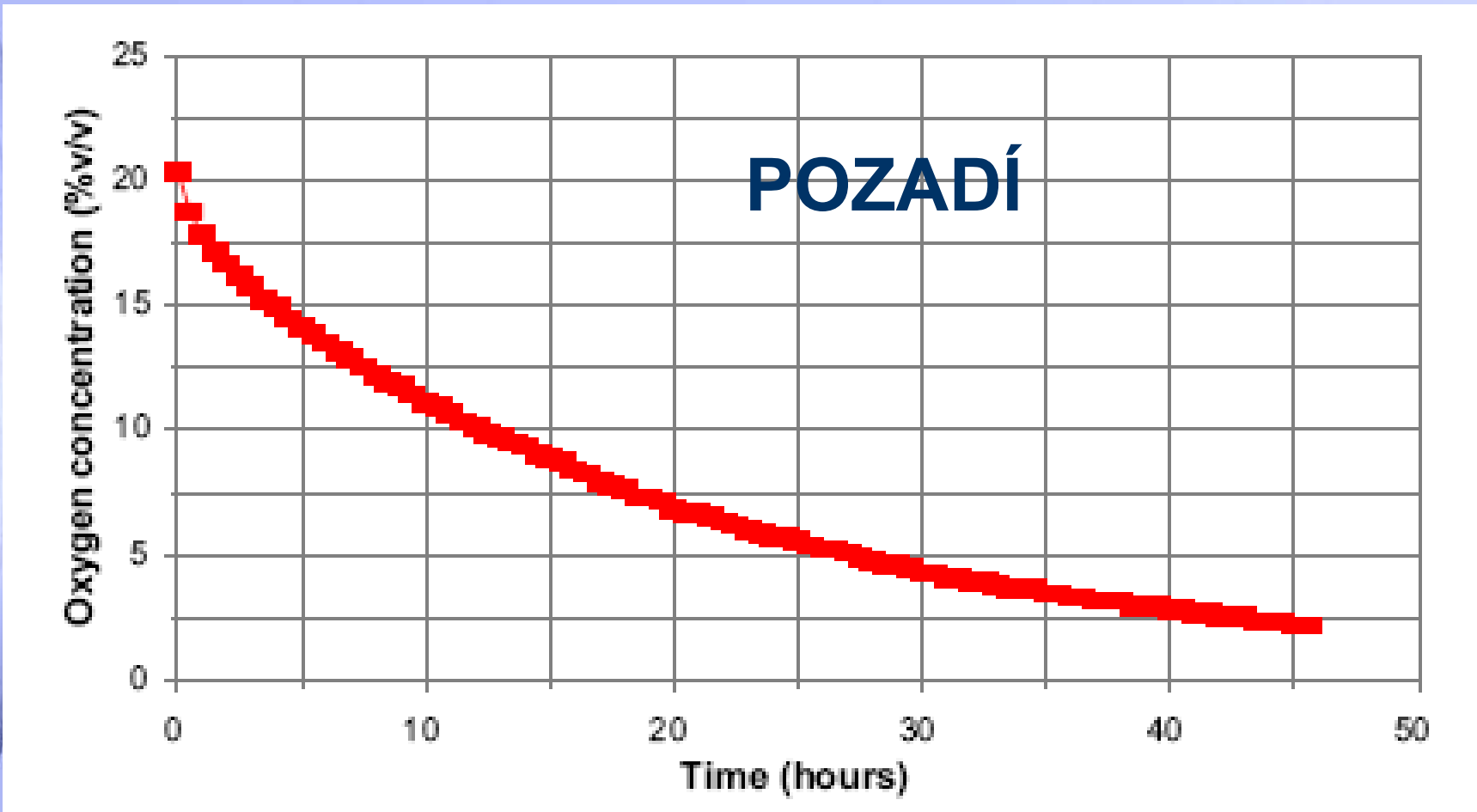
RESPIRAČNÍ TEST - VYHODNOCENÍ



RESPIRAČNÍ TEST - VYHODNOCENÍ



RESPIRAČNÍ TEST - VYHODNOCENÍ



RESPIRAČNÍ TEST - VYHODNOCENÍ

- Vypočet rychlosti spotřeby kyslíku jen z lineární části křivky
- Z rychlosti spotřeby kyslíku lze vypočítat rychlost spotřeby RU ze stechiometrie



RESPIRAČNÍ TEST - VYHODNOCENÍ

$$-k_B = \frac{-\frac{k_0}{100} \theta_a \frac{1L}{1,000 \text{ cm}^3} \rho_{O_2} C}{P_k \left(\frac{1 \text{ kg}}{1,000 \text{ g}} \right)} = \frac{-k_0 \theta_a \rho_{O_2} C (0.01)}{P_k} \quad (\text{Eq. 1-2})$$

RESPIRAČNÍ TEST - VYHODNOCENÍ

k_B	=	biodegradation rate (mg/kg-day)
k_o	=	oxygen utilization rate (%/day)
θ_g	=	gas-filled pore space (volumetric content at the vapor phase, m ³ gas/cm ³ soil)
ρ_{O_2}	=	density of oxygen (mg/L)
C	=	mass ratio of hydrocarbons to oxygen required for mineralization (1/3.5)
ρ_k	=	soil bulk density (g/cm ³)

RESPIRAČNÍ TEST - VYHODNOCENÍ

$$K_b = -K_o A D_o C/100 \quad (2)$$

where:

K_b = biodegradation rate (mg/kg·d)

K_o = OUR (%/d)

A = volume of air/kg of soil (l/kg)

D_o = density of oxygen gas at 25°C (mg/l)

C = mass ratio of hydrocarbon to oxygen required for mineralisation.

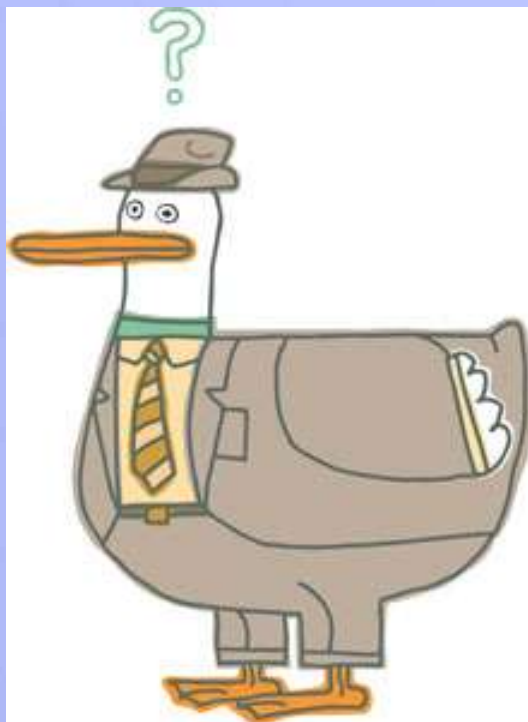
RESPIRAČNÍ TEST - VYHODNOCENÍ

- Rychlost spotřeby kyslíku $> 1,0$ % obj. za den – bioventing je možné využít
- Pokud je rychlost spotřeby kyslík $< 1,0$ % obj. a koncentrace polutantu je vysoká – nastává inhibice

PRŮMĚR VLVIVU VRTU

- **Z praktického hlediska je nejsnazší proměření postupně se vzdalujících monitorovacích bodů**
- **Protože závisí na průtočné rychlosti vzduchu vháněného/odsávaného z vrtu, je třeba měřit při provozních parametrech bioventingu v lokalitě podle výsledků respiračního testu**

OTÁZKY ?



DĚKUJI VÁM ZA POZORNOST

