

* Variabilita prostředí

jako zásadní faktor při průzkumu a sanaci
kontaminovaných území

RNDr. Jiří Slouka, Ph.D.

* Pojem variability

Všichni víme, o co jde, a přesto je obtížné ji definovat

Inhomogenita prostředí (Šráček, Datel, Mls, 2000; 2002) - odkazuje jednoznačně na prostorové vztahy

Ale: variabilita prostředí je i časová. Kromě inhomogenity jako takové zahrnuje i vývoj, případně to může být vývoj zdánlivě nebo skutečně chaotický (samozřejmě podle míry variability)

Tedy: Co je ona míra? Odpověď se právě pokoušíme najít.

* Variabilita a staré environmentální zátěže

Čím vyšší variabilita, tím obtížnější sanace

Tedy: (v první řadě) určení obtížně sanovatelné lokality

přímý dopad na volbu optimální sanační technologie

při dobré znalosti: možnost předvídání průběhu dekontaminačních procesů v reálném prostředí

Atributy obtížně sanovatelné lokality:

nízká propustnost

vysoká variabilita

složité antropogenní faktory

* Druhy a možnosti variability

Rozměrové kritérium:

prostorová

prostorová v časovém řezu

vývojová (nejspornější definování a zejm. kvantifikace)

Druhové kritérium:

petrografická (druhy zemin a hornin)

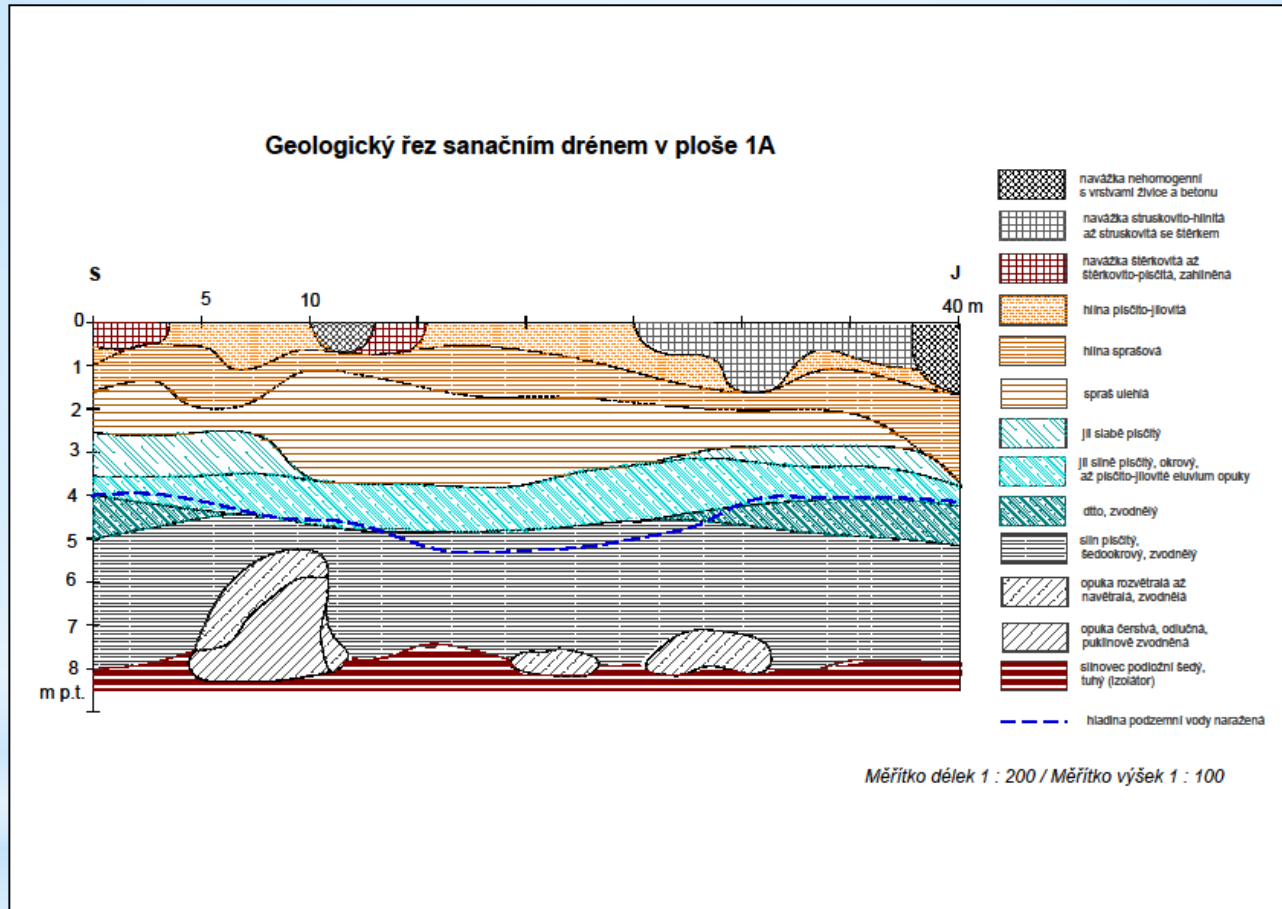
hydrogeologická (propustnost, transmisivita, vydatnosti)

geochemická (fyz.-chem. parametry, obsahy prvků)

kontaminační (co do kvantity i složení)

Variabilita kontaminace je zpravidla výslednicí výše uvedených.

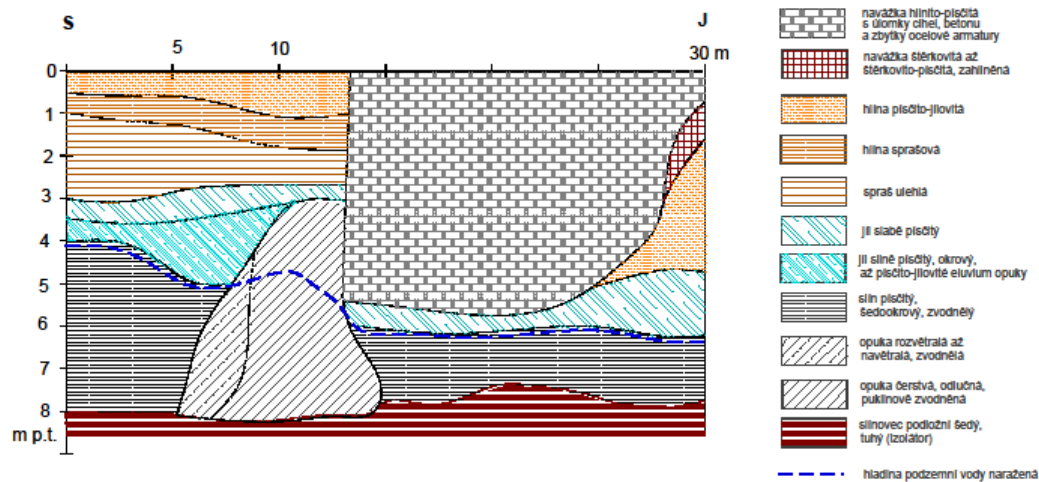
* Prostorová variabilita



Reálný případ vysoce variabilního geologického profilu

* Prostorová variabilita

Geologický řez sanačním drénem v ploše 1B



Měřítko délek 1 : 200 / Měřítko výšek 1 : 100

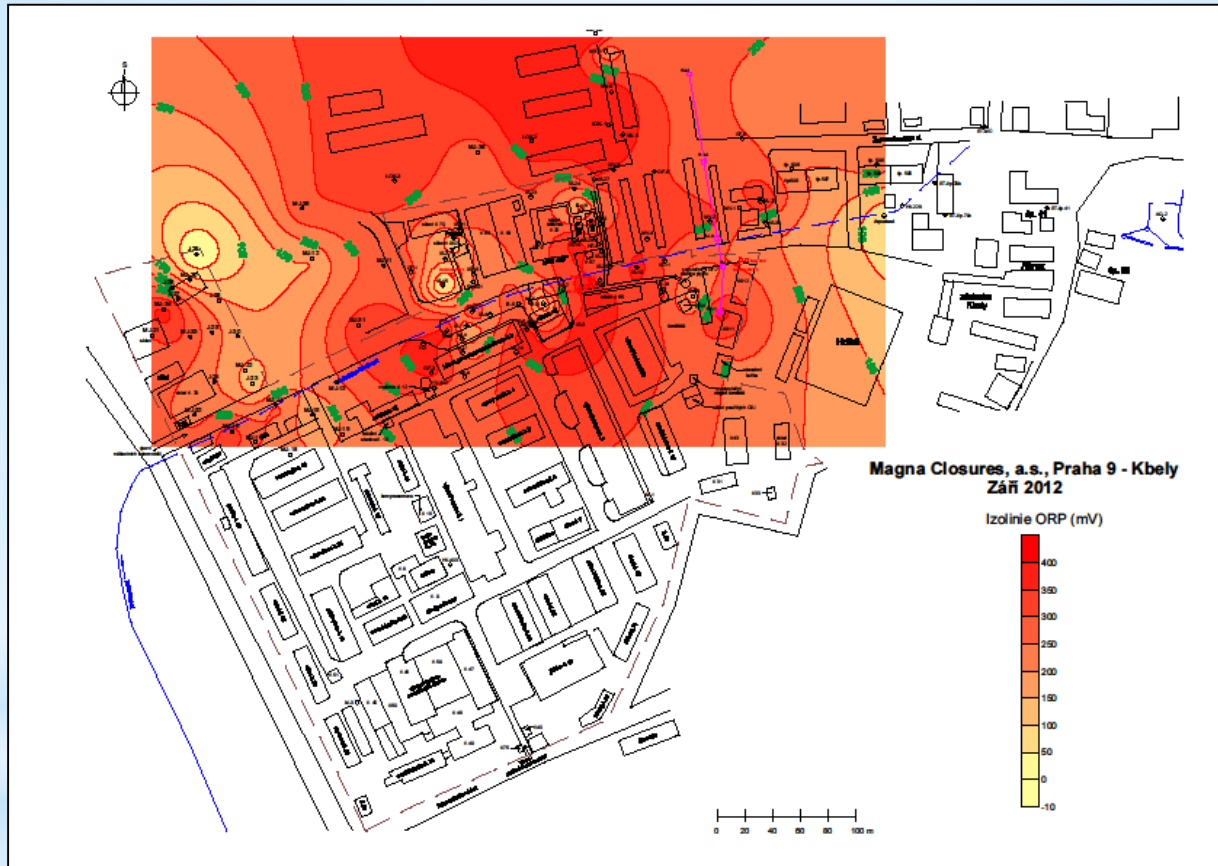
Další profil o 120 m východněji

* Hydrogeologická variabilita



Horniny o různé propustnosti v jednom vrtném profilu

* Geochemická variabilita



Prostorová distribuce ORP

* Jak variabilitu vyčíslit?

Jaký význam má kvantifikace či „oznámkování“ variability?

Rozhodně zásadní pro klasifikaci lokality, popř. určení limitů - např. použitelnosti dané sanační technologie.

Jednoznačně pro určení obtížně sanovatelné lokality (opět jde o stanovení limitu).

Problém:

jaké kritérium zvolit

jakou metodu vyčíslení zvolit

* Petrografická variabilita

Zdánlivě nejjednodušší vyčíslení, ale také relativně nejméně vypovídající, cenná hlavně v počátečních fázích průzkumu (prvotní orientace)

Možnosti:

průměrný počet zastižených hornin v jednom vrtném profilu

Podmínka: všechny vrty musí být stejně hluboké nebo dokumentované jen do určité shodné hloubky

Problém: nemusí postihovat prostorové rozložení (otázka počtu dokumentačních bodů, platí obecně)

otázka podrobnosti - granulometrie

průměrný počet zastižených hornin na jednotku objemu kontaminované zóny

Problém: jakou jednotku zvolit? 1 m^3 nebo 1000 m^3 ? (V jednotkách m^3 jde o dělení příliš podrobné až nereálné, naopak při vrtech do hloubky např. 8 m je počítání v desítkách m^3 a vyšších řádech už zavádějící).

* Hydrogeologická variabilita

Základní pro určení obtížnosti sanace. Nutno vycházet především z propustnosti.

Analogické možnosti:

průměrný počet tříd propustnosti na jeden dokumentovaný profil

Orientační význam, opět především pro rané fáze průzkumu.

průměrný počet tříd propustnosti na jednotku plochy

Uplatnění: výchozí hodnota pro analýzy rizika, podklad pro modelování.

Podmínka: téměř konstantní mocnost saturované zóny

Problém: - volba jednotky plochy (optimální je snad 50 x 50 m, kde je zvýšená pravděpodobnost situování víc než jednoho vrtu),

- volba profilu: jen saturovaná zóna nebo celý profil od terénu?

průměrný počet tříd propustnosti na jednotku objemu kontaminované zóny

Problém: opět volba jednotky a profilu. Může brát v úvahu proměnlivou hloubku, čímž je ovšem výpočet složitější.

* Hydrogeologická variabilita

Směrodatná odchylka indexu transmisivity Y	Třída variability transmisivity	Označení variability transmisivity	Označení heterogenity prostředí	Obtížně sanovatelná lokalita
< 0,2	a	nevýznamná	homogenní	ne
0,2 - 0,4	b	malá	mírně heterogenní	obvykle ne
0,4 - 0,6	c	mírná	dosti heterogenní	potenciálně ano
0,6 - 0,8	d	velká	značně heterogenní	pravděpodobně ano
0,8 - 1,0	e	velmi velká	velmi heterogenní	ano
>1,0	f	mimořádně velká	mimořádně heterogenní	ano

Dělení podle směrodatné odchylky indexu transmisivity (Krásný, 1986)

* Hydrogeologická variabilita

Koeficient transmisivity: objemový průtok zvodněným kolektorem o dané mocnosti a jednotkové šířce; součin koeficientu hydraulické vodivosti K a mocnosti zvodně m . Hodnoty K nejlépe na základě hydrodynamických zkoušek.

Směrodatná odchylka: druhá odmocnina rozptylu hodnot vůči aritmetickému průměru

⇒ Hodnoty snadno vypočítatelné

Problém: hodí se pro velkoplošné celky dokumentované množstvím vrtů (např. CHOPAV), nevhodné použití pro většinu sanovaných lokalit

Měřítkový efekt (Krásný et al. 2012): stejná hodnota, která ve velké ploše indikuje nízkou variabilitu, může v malé ploše znamenat vysokou

Vrt	Zastiž. hornin	Tř. propust.	Petrografie		Propustnost		
			Prům. na vrt	Prům. na 10 ³ m ³	Prům. na vrt	Prům. na 10 ² m ²	Prům. na 10 ³ m ³
1	6	2	7,6	0,1152	3,0	0,0454	0,0056
2	13	2		Výsledek x 100		Výsledek x 100	Výsledek x 1000
3	4	4		11,5		4,5	5,6
4	8	3		Převrác. hodnota		Převrác. hodnota	Převrác. hodnota
5	7	4		8,68		22,0	17,6

Hypotetická lokalita 220 x 150 m, celkem 5 vrtů do shodné hloubky 8 m

* Problémy a úskalí

Jaká hodnota je nejvíc vypovídající? Podle čeho tvořit limity a zatřídění?

Prostý výsledek: nevýhoda desetinného čísla

Násobek výsledku: $100 \times (= 10^2)$ pro plochu, $1\,000 \times (= 10^3)$ pro objem (?) - srozumitelné číslo pro snadnou orientaci, stanovování limitů a kritérií, **ovšem:** otázka objektivity (přesnější je prostorové pojetí)

Převrácená hodnota (= homogenita): jednoduché číslo, vyjádření vždy v jednotkách až desítkách, ale může být zavádějící

Problém výpočtu průměru: kdy se hodí aritmetický průměr, kdy medián, klouzavý průměr, případně i geometrický průměr?

Problém hloubky vrtů: kdyby všechny vrty v předchozím případě dosahovaly shodně 10 m, byl by plošný a prostorový výpočet shodný. Takto mohou např. kolísat okolo limitu zatřídění, pokud by byl stanoven na 5,0.

* Geochemická variabilita

Výhoda: Plošné výsledky se zobrazují v izoliniích. Vyčíslení jedním koeficientem by pak sloužilo vyloženě pro zatřídění a porovnávání.

Nemusí sama o sobě indikovat obtížnou sanovatelnost (na rozdíl od hydrogeologické variability), pouze u některých in situ metod (ISCO, BRD).

Možnost: průměrná hustota izolinií na jednotku plochy

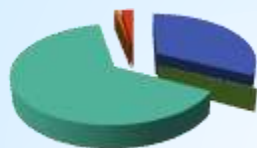
- Problémy:**
- množství různých parametrů: pH, ORP, konduktivita, CHSK, TOC, koncentrace prvků a ionty atd. Nemusí být souměřitelné, izolinie pro různé parametry mohou probíhat zcela odlišně. Jak stanovit variabilitu? Pro každý parametr zvlášť, nebo „průměr průměrů“?
 - opět volba plošné jednotky a hustoty izolinií

* Variabilita složení kontaminantu - vývoj

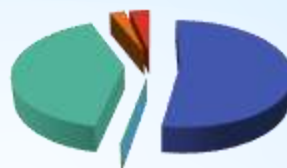
MJ-13 09/15



MJ-13 07/16



MJ-13 09/16



MJ-31 09/15



MJ-31 07/16



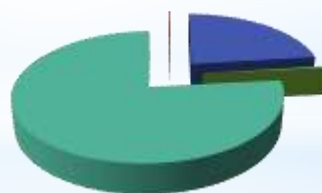
MJ-31 09/16



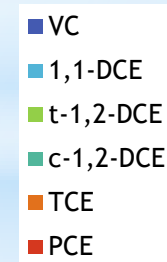
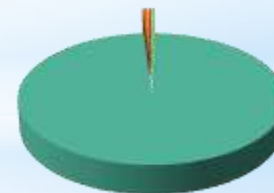
MJ-46 09/15



MJ-46 07/16



MJ-46 09/16



Vývoj složení CIU ve vrtech vzdálených vždy cca 40 m od sebe - prostorový i časový aspekt

* Empirická kritéria

Výhoda: běžné rozpoznání vysoce variabilního prostředí v terénní praxi a při zpracování dat.

- * přítomnost nejméně dvou různých typů zemin nebo hornin zásadně odlišného zrnitostního složení nebo odlišného chemismu, bez možnosti stanovení ostrého nebo jednoznačného rozhraní mezi těmito typy,
- * propustnost zemin a hornin, pohybující se v rozsahu nejméně tří tříd propustnosti v rámci téže lokality,
- * dtto v rozsahu dvou tříd propustnosti, pokud mezi nimi nelze stanovit jednoznačné rozhraní (zvláště pokud jde o třídy propustnosti IV a vyšší),
- * přítomnost nejméně dvou typů zemin a hornin odlišných chemických nebo fyzikálně-chemických vlastností v jednom geologickém profilu, zejména v mocnosti zvodně nebo kontaminačního mraku,
- * skokové změny prostředí, např. na zlomových liniích,
- * různorodost reaktivity horninového nebo hydrogeologického prostředí v rámci téže lokality, prokázaná nejlépe laboratorními testy.

(Slouka, Beneš, 2016)

Stěžejní význam má hydrogeologická variabilita, na jejímž základě lze určovat obtížně sanovatelné lokality. Ostatní hlediska mají význam orientační a doplňující.

Možnost využití v průzkumu, analýzách rizika a projektování sanací.

Nabízejí se různé postupy, jak variabilitu kvantifikovat. Žádný z nich není ideální ani univerzální a jde o to, vybrat optimální, všeobecně použitelný i přes případné dílčí výhrady.

Otázkou zůstává vytvoření stupnice tříd variability.

Zatřídění je důležité vodítko, nakonec je však vždy nutný individuální přístup.

Děkuji za pozornost