

Vzorkování podzemních vod

Ing. Pavel Bervic

PRÁVNÍ PŘEDPISY

- ČSN EN ISO 5667
- Část 1: Návod pro návrh programu odběru vzorků a pro způsoby odběru vzorků
- Kvalita vod – odběr vzorků - Část 3: Konzervace vzorků vod a manipulace s nimi
- Část 11: Návod pro odběr vzorků podzemních vod
- Část 14: Pokyny pro zabezpečování jakosti odběru vzorků a manipulace s nimi
- *Část 18: Pokyny pro odběr vzorků podzemních vod na znečištěných místech zrušena 7/2012 – sloučena do části 11*
- Metodický pokyn MŽP - Vzorkovací práce v sanační geologii

Metodický pokyn MŽP

Vzorkovací práce v sanační geologii

- Metodický pokyn pro odběr vzorků při průzkumu a sanaci znečištění životního prostředí (dále MP) vychází ze zákona č. 62/1988 Sb., o geologických pracích v platném znění a z prováděcích předpisů, zejména vyhlášky č. 369/2004 Sb. o projektování, provádění a vyhodnocování geologických prací, oznamování rizikových geofaktorů a o postupu při výpočtu zásob výhradních ložisek. MŽP prosinec 2006
- Tento metodický pokyn navazuje na Metodický pokyn pro průzkum kontaminovaného území a Metodický pokyn pro analýzu rizik kontaminovaného území, uveřejněných ve Věstníku MŽP 9/2005 v září 2005.

Definice pojmů

- ✘ **Vzorkování** – činnost vedoucí k odběru a odběr reprezentativního vzorku vhodného pro daný účel.
- ✘ **Odběr vzorku** – stanovený postup odběru vzorku dle požadavků příslušné specifikace.
- ✘ Odběr vzorků je podmnožinou vzorkování a zahrnuje činnost související s vyjmutím nebo skládáním vzorku [ISO 11074-2 (1998); ISO 3534-1 (1993)]. Činnost vzorkování, ale i odběr vzorku zahrnuje též manipulaci se vzorkem, tj. jeho uložení do vzorkovnice, případnou konzervaci, uskladnění, dopravu a předání do laboratoře, včetně pořízení příslušné dokumentace prováděné činnosti.

Vzorek – část materiálu vybraná z jeho většího množství [IUPAC (1990); ISO11074-2 (1998)]

Materiál – veškeré vzorkované matrice, tj. voda, zemina, odpady a plynné složky

Reprezentativní vzorek – vzorek v němž je zjišťovaná vlastnost (požadovaný ukazatel) zastoupena se spolehlivostí příslušnou k cílům programu vzorkování [ČSN EN 14899]

Manažer projektu – osoba zodpovědná za přípravu programu a plánu odběru vzorků [ČSN EN 14899].

Vzorkař, vzorkovací skupina – osoba nebo skupina osob provádějících odběry, nebo se podílejících na činnostech s tím souvisejících (konzervace, úprava a dělení vzorku, dokumentace a doprava vzorku do laboratoře).

Program vzorkování – celkový postup vzorkování od prvního kroku, ve kterém jsou definovány cíle programu, až do posledního kroku, ve kterém jsou porovnávány dosažené výsledky s cíli [ČSN EN 14899].

Plán odběru vzorků – předem stanovený postup pro výběr, odběr, konzervaci, dopravu a přípravu podílu, který bude vyjmut ze souboru jako vzorek. IUPAC (1990); ISO 11074-2 (1998)

Místo odběru – jednoznačně a nezaměnitelně definovaná poloha vzorkovaného objektu v zájmovém území řešeného projektu.

Bod odběru – pozice jednoznačně a nezaměnitelně definovaná prostorovými a časovými souřadnicemi, ze které je vzorek odebrán.

Poznámky:

1. bodem odběru se rozumí přesná lokalizace odebraného vzorku, včetně informace o jeho hloubkové pozici,
2. v rámci jednoho místa odběru může být několik různých bodů odběru.
3. místem odběru se rozumí například lokalizace průzkumného vrtu, říční kilometr vodního toku, bod na hladině vodní nádrže apod.,

kolektor (*aquifer*): geologická formace (lože nebo vrstva) propustné horniny nebo nezpevněného materiálu (např. písku a štěrků) s vysokou vydatností

izolátor (*aquitard*): málo propustná geologická vrstva nebo formace, která brání toku vody mezi dvěma kolektory

nasycená zóna (*saturated zone*): část kolektoru, kde pórový systém je zcela nasycen vodou

nenasycená zóna (*unsaturated zone*): část kolektoru, kde pórový systém není zcela nasycen vodou

podzemní voda (*groundwater*): voda v nasycené i nenasycené zóně podzemní geologické formace nebo umělých uloženin

Prostředky a metody odběru

Liší se podle těchto faktorů:

cíl vzorkování (např. regionální průzkum kolektoru, průzkumy pro hodnocení a sledování přirozené atenuace kontaminantů, provozní monitoring skládek, atd.)

typu vzorkovaného objektu,

rozměrů objektu,

hloubky objektu a hloubky hladiny,

sledovaných analytů a jejich vlastností,

délky otevřené části výstroje/nevystrojeného úseku vrtu,

známých/předpokládaných úseků zvýšeného přítoku do objektu

známé/předpokládané propustnosti kolektoru.

Způsob odběru

- voda v saturované zóně vyplňuje všechny volné prostory v hornině a pohybuje se v hornině ve směru hydraulického gradientu
- **způsob odběru - statické a dynamické** není z metodického hlediska příliš vhodné, protože nevystihuje charakter vzorků

Statické vzorky

- odebrané z monitorovacích objektů bez jejich předchozího čištění od sloupce vody dlouhodobě stagnujícího ve výstroji objektu.
- neodpovídají svým složením podzemní vodě v okolním kolektoru, ale vodě alterované kontaktem s materiálem výstroje a výměnou plynů s atmosférou nad hladinou v monitorovacím objektu.
- Ke změnám dochází zejména v případě složek a vlastností, závislých na obsahu rozpuštěných plynů včetně kyslíku a CO_2 (oxidačně – redukční potenciál, uhličitanová rovnováha atd.) a dále všech ostatních parametrů závislých na hodnotě oxidačně – redukčního potenciálu (celkový obsah a forma rozpuštěných kovů).

✘ Výjimkou mohou být vzorky z objektů, kde lze prokázat proudění podzemní vody napříč vzorkovaným objektem, a to pouze za předpokladu, že je odběr vzorku proveden v místech, kde k takovému proudění dochází (úsek perforované výstroje atd.). Takovéto vzorky však odpovídají charakteristice **prostého bodového vzorku**.

Dynamické vzorky

- ✘ Vzorky, odebrané během, nebo bezprostředně po čerpání vzorkovaného objektu.
- ✘ Charakter vzorků je dán čerpaným množstvím podzemní vody, polohou použitého vzorkovacího čerpadla během čištění objektu a odběru vzorku a propustností horninového prostředí.
- ✘ Pokud je čerpané množství dostatečně malé (ve vztahu k propustnosti prostředí), tak aby během čerpání nedošlo k vertikálnímu mísení vody ve vzorkovaném objektu a vzorkovací zařízení bylo zapuštěno v perforované části výstroje, vzorky splňují požadavky kladené na prosté bodové vzorky.
- ✘ Metoda odběru vzorků, používaná pro zajištění těchto tří kritérií je označována jako **vzorkování s malým čerpaným množstvím** nebo **mikropročišťování** (viz ČSN ISO 5667-11).

Obecný postup odběru vzorků

- Příprava a kontrola místa a bodu odběru, vzorkovnic a potřebného vybavení
- Měření úrovně hladiny podzemní vody a hloubky objektu
- Instalace vzorkovacího vybavení
- Čištění (pročišťování) vzorkovaného objektu,
- Terénní měření hydrochemických parametrů, měření úrovně hladiny
- Odběr vzorků a plnění vzorkovnic
- Úprava vzorků
- Dokumentace









Příprava a kontrola místa a bodu odběru

- technický stav
- dostupnost
- vhodnost
- úplnost a stav sady vzorkovnic a vzorkovacího vybavení

Měření úrovně hladiny

- zaměření úrovně hladiny podzemní vody a kontrolní měření hloubky objektu
- je nutné specifikovat a v dokumentaci uvést, použitý odměrný bod
- orientačně je ověřena přítomnost samostatné fáze ropných uhlovodíků na hladině podzemní vody.
- elektrické kontaktní hladinoměry, nebo Rangova píšťala s ocelovým nerezovým pásmem (adekvátní dekontaminace)



Čištění (pročišťování) objektu

- dlouhodobě čerpané objekty (sanační vrty, jímané studny, prameny a otevřené vrty s trvalým přetokem) – nečistí se

Pro čištění vrtů:

- **A) objemová metoda**
- **B) stabilizace terénních měření vybraných parametrů**

A) Objemová metoda

- ✘ 3 – 5 objemů stagnující vody
- ✘ k čištění jsou zpravidla používána čerpadla s relativně vysokým výkonem nebo i kalování
- ✘ může způsobovat výrazné zvýšení turbidity odebraných vzorků a s tím spojené možné zkreslení výsledků některých analýz
- ✘ není vhodná pro vzorkování metodou malého čerpaného množství

B) Stabilizace terénní měření vybraných parametrů

- ✘ vyčištění objektu od sloupce vody stagnující ve výstroji je považováno ustálení průběžně měřených parametrů, jako je pH, el. vodivost, obsah rozpuštěného kyslíku, oxidačně – redukční potenciál, teplota a turbidita
- ✘ hodnoty pH a teploty nejsou příliš citlivé pro rozlišení stagnující vody ve výstroji a podzemní vody z kolektoru (požadované ukazatele pro vyhodnocení)

- parametry měřeny v průtočné cele na výstupu z čerpadla použitého pro čištění objektu
- ustálení (zastavení poklesu) hladiny ve vzorkovaném objektu, zastavení poklesu hladiny indikuje, že došlo k vyrovnání množství podzemní vody přitékající do objektu a množství odebíraného během čištění vrtu.
- podmínky hodnocení stabilizace měřených veličin jsou závislé na snížení hladiny, čerpaném množství a vybavení použitém pro měření.
- pro konkrétní objekt měla být stanovena vždy konkrétní kritéria stabilizace a tyto podmínky v čase dále neměnné

- je závislá na mnoha různých faktorech
- je však významně kratší pro objekty s trvale osazeným vzorkovacím zařízením, než pro objekty, do kterých je vzorkovací zařízení zapouštěno pouze před vzorkováním. Jedná se o důsledek zvýšení turbidity a promísení vodního sloupce ve vrtu během zapouštění vzorkovacího zařízení.



Plnění vzorkovnic

- **pořadí od silně těkavých a snadno ovlivnitelných složek ke složkám inertním**
- dodržovat průtok vody na minimálních hodnotách
- nesmí docházet k provzdušňování vzorku
- výtok vody z výstupu vzorkovače má mít charakter laminárního proudění (hladký vodní paprsek).

Plnění vzorkovnic

- Rozpuštěné plyny (sulfan, methan, ethan, vinylchlorid, radon)
- Těkavé organické látky (TOL)
- Organické halogenidy (AOX, EOX)
- celkový organický uhlík (TOC)
- Ropné uhlovodíky a ostatní organické látky (PCB, PAU, pesticidy)
- Veškeré kovy
- Rozpuštěné kovy
- Fenoly a kyanidy
- Ostatní anorganické ionty
- Radionuklidy
- Mikrobiologické vzorky

Úprava vzorků po odběru

- ✘ ČSN EN ISO 5667-3 - konzervace vzorků vod a manipulace s nimi
- ✘ kyanidy, fenoly, kovy, sulfan, atd. – konzervovat přímo v terénu (vzorkovnice s konzervační přísadou)
- ✘ pro stanovení rozpuštěných podílů kovů je nutné během odběru nebo bezprostředně po něm, filtrovat - 0,45 μm











Dokumentace

- × protokol o odběru vzorků
- × jsou zaznamenávány všechny skutečnosti, které mohou mít vliv na výsledky vzorkování
- × povětrnostní podmínky
- × technické podmínky (stav vrtu, výchozí úroveň hladiny, hloubka vrtu, průměr výstroje, atd.)
- × použité vybavení
- × průběh čerpaného množství a poklesu hladiny podzemní vody během čištění objektu a odběru vzorku
- × odchylky od metod a postupu prací specifikovaného v plánu odběru vzorků.

Zakázka: _____ Datum vyhotovení: _____
 Lokalita: _____ Platnost trvání zakázky: _____

Cíl vzorkování: (vychází z potřeb zákazníka)

Plánovaný termín odběru	vzn:	3/01					
Datum provedení odběru	vzn:	25.8.					

Vyhodnocení vstupních informací:

Zdroj informací (zaškrtněte)	objednávka	místní letění	telefonicky
------------------------------	------------	---------------	-------------

- kontaktní osoba: _____
- vstup na pozemek zajištěn: _____
- dostupnost vzorkovacích míst: _____
- místa odběrů: _____
- technický popis objektů: (stav a průměr vrtu, dno a hloubka, způsob otevření zhlaví atd.) _____
- předpokládané znečištění: _____
- seznam dodaných podkladů: _____

Program vzorkování:

- četnost vzorkování (termíny): _____
- způsob (typ) odběru: _____
- pomůcky k měření: _____
- vzorkovací zařízení (typ vzorkovače, čerpadla atd.): _____
- sledované ukazatele (parametry): _____

- měření fyzikálně chemických parametrů v terénu (parametry a měřicí zařízení): _____
- popis vzorku (barva, zákal, zápach, geologický popis aj.): zapsat do protokolu _____

Ochrana zdraví a zásady bezpečnosti:

- organizačně odpovědná osoba (určí VV): _____ s:
- ochranné pomůcky: _____
- místní požadavky: _____
- personální zabezpečení: _____

Zabezpečení jakosti vzorkování:

- použitý SOP (označení a název): _____
- vzorkovnice: dodány laboratoří AQUATEST (typ viz platný ceník) ANO / NE
- pomůcky k dekontaminaci vzorkovacího zařízení (způsob dekontaminace viz SOP): _____
- kontrolní vzorky (duplicitní, slepé, dělené): _____
- způsob konzervace: _____
- transport vzorků (rychlost a způsob): _____
- pracovní dokumentace:
 - protokoly o odběru (viz SOP)
 - identifikační štítky
 - náčrtnový list
 - popř. další: _____

**aquatest**

AQUATEST s.r.l., Čerňovická 4, 572 00 Písek 3, IČ: 44758843
 Společnost zapsaná v obchodním rejstříku a Městském soudu
 v Praze, oddíl B, stříška 1199
 AQUATEST – akreditovaná zkušební laboratoř
 vod. laboratoř, tel.: 234 607 190, příjem vstříčka, tel.: 234 607 433

PLAB 10.1.11
 230049
 NCP 10.1.1.10.2

Fax: Poděbrady 13993

Protokol o odběru vzorku podzemní vody

Lokalita: ~~████████████████████~~ Zakázka č.: B19126802988

Vzorkovaný objekt:	RSW - 3	Datum:	20. 8. 2014
Požadované rozčary:	CIU		

Zápach: ne	Fáze: ne	Typ odběru:	stavební - dynamický
Hladina před čerpáním; (m) měř. od odm. bodu	5,93	Dno: 8,90 (m od o.h.)	Odm. bod: — (m nad ter.)
Sloupec vody h (m)	2,97	Průměr vrtu d_4 (mm)	160
Objem vody ve vrtu $V = d_4^2 \cdot h / 1000$ (litry)	76,03	Nutný odčerpát: $V_{odm} = 3 \cdot V$	718,09
Typ čerpadla: čerpadlo Gigant (vzorkovače)	34	Objem vzorkovače:	—
Objem kalibrování nádob V_{kal} (litry)	5	Doba plnění nádob t_{pln} (sec.)	50
Výkon čerpadla $D = 60 \times V_{odm} / t_{odm}$ (l/min.)	6	Doba čerpání $t_{cerp} = V_{odm} / U$ (min.)	38
Začátek čerpání:	8:07	Hladina při odběru (m)	7,50
Konec čerpání:	8:45	Hloubka čerpadla pod hladinou (m)	8,80
Vyčerpáno: (litry)	228	Položka čerpadla při odběru:	hladina - střed - dno

Vzhled vzorku: *čistý* Teplota °C: 15,5 pH vzorku: 7,6 Teplota okolí °C: 25

Poznámka: obsah $O_2 = 4,45 \text{ mg/l}$ Přístroj pro měření teploty a pH (typ: *WT-100*)
(litryce, fisace, ...) Ex. č.: *PMT 393*
(pokračování poznámky a další seriová měření na druhé straně)

Parametry	Čas měření	Teplota (°C)	Vodivost ($\mu\text{S/cm}$)	pH	Redox potenciál * (mV)	Hladina (m)
Po 1. objemu	8:20	15,7	525	7,5	-22	6,75
Po 2. objemu	8:33	15,5	407	7,6	-25	7,09
Po 3. objemu	8:45	15,5	397	7,6	-15	7,50
Po 4. objemu						

* Pro převod redox potenciálu změřeného přístrojem WATERTEST na standardní hodnotu Eh vřazenou k volkové elektrodě je nutno přičíst hodnotu 217 mV (pro teplotu cca 10 °C)
 Platí vztahovací ze dne: 13.3.2008 Odchylna od SOP (podařivost) na druhé straně protokolu) ANO (NE)

Za odběr a měření odpovídá: ing. Pavel BERVIC Zaměřením: ing. Bervic Přezkoumal:

*PB**PB**[Signature]*

Metoda malého čerpaného množství


V normě ČSN ISO 5667-11 je tato metoda označena jako micropurging. Metoda je zejména v USA široce používána a velmi dobře propracovaná.

Princip metody je založen na předpokladu, že podzemní voda může, v závislosti na místních hydrogeologických podmínkách a konstrukci vrtu, proudit v kolektoru napříč perforovanou částí výstroje. V takovém případě může být v perforovaném úseku výstroje přítomná voda, reprezentující podmínky v okolním kolektoru.

Metoda využívá minimálního mísení stagnující vody ve vrtu nad a pod perforovaným úsekem a vody přirozeně protékající perforací a je primárně určena pro vrty s perforovaným úsekem pažnice menším než cca 8 m.

Podzemní vodu ve vrtu je třeba před odběrem do jisté míry čistit a to i v případě, že je pro vzorkování použito trvale instalované zařízení.

Důvodem je možná výměna plynů ve svrchní části vodního sloupce s atmosférou a dále riziko promísení vodního sloupce během zapouštění vzorkovacího zařízení a zvýšení turbidity vzorku zvířením jemných sedimentů ze dna vrtu.



Čištění vrtů metodou malého čerpaného množství se doporučuje provádět sáním čerpadla, zapuštěným přibližně doprostřed perforované části výstroje, mírně nad střed perforace, nebo do hloubky plánovaného odběru vzorku.

Umístění čerpadla u dna vrtu se nedoporučuje, s ohledem na možné zvýšení turbidity během zapouštění vrtů a provozem čerpadla.

Umístění čerpadla do svrchní části vodního sloupce je doporučeno v případech, že se hladina podzemní vody nachází v perforované části výstroje a vzorek bude rovněž odebírán z této hloubkové úrovně.

Malý průtok, na kterém je metoda založena, se vztahuje k rychlosti, kterou voda vstupuje do vzorkovaného vrtu a nikoliv k rychlosti, jakou vytéká z výstupního potrubí.

Rychlost, kterou voda vtéká do vzorkovaného vrtu by měla být blízká přirozené rychlosti proudění v kolektoru. Cílem metody je minimalizovat tlakové změny vyvolané čerpáním v kolektoru. Dobrým ukazatelem je maximální velikost snížení hladiny podzemní vody ve vzorkovaném objektu během vzorkování oproti původnímu ustálenému stavu, která by měla být minimální (optimálně méně než 0,1 m).

Vhodná čerpadla pro metodu malého čerpaného množství

výtlačná čerpadla s říditelným čerpaným množstvím,
plynové výtlačné čerpadlo (bladder pump),
elektrické odstředivé čerpadlo s říditelnou rychlostí,
elektrické vřetenové čerpadlo,
peristaltické čerpadlo - pro čerpání z malých hloubek pro
anorganické analyty - mohou ovlivňovat obsah
rozpuštěného kyslíku, pH a oxidačně redukční potenciál

doporučená čerpaná množství pro čištění vrtu a odběr vzorku

- v běžných podmínkách propustnosti mezi $0,1 - 0,5 \text{ l.min}^{-1}$,
v extrémně propustných sedimentech - dosahovat až $1,0 \text{ l.min}^{-1}$,
nižší čerpané množství, než je $0,1 \text{ l.min}^{-1}$ není doporučeno, s ohledem
na možné poškození některých typů čerpadel (zejména elektricky
poháněných).

Čerpané množství se řídí v závislosti na snížení hladiny podzemní
vody ve vzorkovaném vrtu, tak aby toto snížení **nepřekročilo 0,1 m.**

Prameny a vrty s trvalým přetokem

- ✘ Pramenem se zpravidla rozumí místo, kde hladina podzemní vody protíná zemský povrch a dochází k soustředěnému odvodnění zvodnělého kolektoru do povrchové vodoteče.
- ✘ V případě, že to umožňuje hloubka vody v místě odběru, lze vzorkovat přímým ponořením vzorkovnic do vyvěrající vody.
- ✘ použití pomocné ohebné vzorkovací trubičky z inertního materiálu, která se jedním koncem ponoří do pramene a druhým se v místě po spádu terénu od pramene plní přímo vzorkovnice. Šířka paprsku vody vtékající do vzorkovnice by neměla překročit $\frac{2}{3}$ průměru hrdla vzorkovnice. Výtok z pomocné plnicí trubice by měl splňovat požadavky na laminární proudění („hladký“ proud vody).



Specifické situace při vzorkování podzemní vody

Proplyněné vzorky

- oxid uhličitý, methan, v kontaminovaných prostorech ethan, ethylen a vinylchlorid, popřípadě sulfan, radon a elementární vodík
- zdrojem CO₂ - mineralizace organické hmoty, zvýšené obsahy CO₂ - spojené s biodegradací organického antropogenního znečištění
- Odplynění vzorků je zpravidla spojeno s irreverzibilními změnami chemického složení vody, včetně změn pH, srážení některých minerálů apod.

- ✘ zvýšený obsah oxidu uhličitého - provádět terénní měření hydrochemických parametrů (zejména pH) a provést stanovení forem složek uhličitanového systému bezprostředně po odběru, titrací $\text{KNK}_{4,5}$ a $\text{ZNK}_{8,3}$ přímo v terénu. Obsah velmi volatilního sulfanu je nutné konzervovat bezprostředně po odběru srážením, např. octanem kademnatým.
- ✘ sulfan, oxid uhličitý a methan - zajištění bezpečnosti a ochrany zdraví při práci
- ✘ Pro odběr vzorků na stanovení rozpuštěných plynů nejsou vhodná žádná vzorkovací zařízení, pracující na principu podtlaku (např. peristaltické čerpadlo) a vzorkovače, při jejichž použití dochází k provzdušnění vzorku (přelivný válec apod.).

Specifické situace při vzorkování podzemní vody

Vzorkování v kontaminovaném území

- od méně kontaminovaných objektů k více kontaminovaným
- použití jednorázových chirurgických rukavic, které musí být měněny vždy mezi jednotlivými místy odběru
- dodržovat manipulační řády a návody k použití vzorkovacích zařízení
- samostatná kapalná fáze uhlovodíků na hladině podzemní vody - vyloučeno odebrat reprezentativní vzorek podzemní vody pod fází
- změřit mocnost vrstvy (elektronicky detektorem fázových rozhraní nebo pomocí spodem plněné kalovky, zhotovené z průhledného materiálu)
- pomůcky a vzorkovače, kontaminované - nemožná dekontaminace na lokalitě, (použití jednorázově použitelných vzorkovačů a pomůcek)
- pozornost opatřením k zajištění bezpečnosti a ochrany zdraví při práci





















- Děkuji Vám za pozornost.

