



METODICKÝ POKYN MŽP

**VZORKOVACÍ PRÁCE
V SANAČNÍ GEOLOGII**

**MINISTERSTVO ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ,
PROSINEC 2006**

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.

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.

Působnost metodického pokynu:

Podle zákona č. 2/1969 Sb., o zřízení ministerstev a jiných ústředních orgánů státní správy ČR, je Ministerstvo životního prostředí orgánem vrchního státního dozoru ve věcech životního prostředí a ústředním orgánem státní správy m.j. pro státní ekologickou politiku. Z tohoto důvodu je tento metodický pokyn určen všem resortům a organizacím v jejich působnosti, které proces odstraňování ekologických zátěží v rámci svých kompetencí zajišťují

Metodický pokyn byl zpracován sekcí technické ochrany životního prostředí pod vedením Ing. Karla Bláhy, CSc. na odboru ekologických škod pod vedením RNDr. Pavly Kačabové, ředitelky odboru. Odborným garantem byl RNDr. Petr Vohnout.

Metodický pokyn byl zpracován týmem expertů jehož koordinátorem byla Česká asociace hydrogeologů zastoupená RNDr. Josefem Datlem. Vedoucím řešitelského týmu byl RNDr. Jiří Čížek, na zpracování se především podíleli RNDr. Zbyněk Vencelides, Ph.D., RNDr. Petr Kohout a Ing. Pavel Bernáth.

Zpracovatelé metodického pokynu děkují za odborné připomínky zejména RNDr. Janu Gruntorádovi, CSc., Ing. Leoši Křenkovi, Ing. Janu Hodovskému, Ing. Haně Kroové, Jaromilovi Krajčovi, RNDr. Zbyňku Boháčkovi, RNDr. Ladislavu Bížovi, RNDr. Josefu Fuksovi, CSc., Ing. Lubomíru Petruželovi, CSc. a Ing. Vladimíru Krajákovi.

Obsah

I	Obecné kapitoly	8
I.1	Předmět, účel a použití Metodického pokynu	8
I.2	Definice pojmů.....	8
I.3	Základní pravidla pro realizaci vzorkovacích prací.....	10
I.4	Bezpečnost a ochrana zdraví při práci.....	10
I.5	Obecné legislativní předpisy vztahující se k procesům vzorkování a odběru vzorku	11
I.6	Projekt prací	11
I.7	Dokumentace odběru vzorků	12
I.8	Řízení kvality vzorkovacích prací	13
I.8.1	Zabezpečení kvality	14
I.8.1.1	Jasně a jednoznačné zadání.....	14
I.8.1.2	Kvalifikace a zkušenosti personálu.....	14
I.8.1.3	Vhodné a ověřené postupy.....	14
I.8.1.4	Potřebná vyhovující zařízení, pomůcky a materiál	14
I.8.1.5	Laboratoře provádějící požadované zkoušky	15
I.8.2	Kontrola kvality	15
I.8.2.1	Terénní slepý vzorek („field blank“)	15
I.8.2.2	Slepý vzorek oplachu zařízení	15
I.8.2.3	Přepravní slepý vzorek („trip blank“).....	15
I.8.3	Program řízení kvality (Program QA/QC)	16
I.8.3.1	Řízení kvality vzorkování	16
I.8.3.2	Řízení kvality laboratoře.....	16
II	Zařízení, pomůcky a materiál pro vzorkování.....	17
II.1	Materiály pro vzorkovací zařízení	17
II.2	Vzorkovací zařízení na odběr pevných (nekapalných) matric	17
II.2.1	Vybavení pro vzorkování zpevněných materiálů.....	18
II.2.2	Vzorkovače pro odběr zemin	18
II.2.2.1	Lžice/Lopatka („scoop/trowel“).....	18
II.2.2.2	Ruční vrtáky	18
II.2.2.3	Žlábkový vzorkovač (půdní jehla).....	19
II.2.2.4	Jádrovač („soil coring device“).....	19
II.2.2.5	Dělený lžicovitý vzorkovač („split spoon sampler“).....	20
II.2.2.6	Trubicový vzorkovač	20
II.2.2.7	Speciální vzorkovače pro odběr na stanovení těžkých organických látek	20
II.2.2.8	Vrtání spirálem („power auger“).....	21
II.2.2.9	Vibrační vrtání („direct push technology“).....	21
II.3	Vzorkovače pro odběr sedimentů a kalů	22
II.3.1.1	Drapákové vzorkovače („grab samplers“).....	22
II.3.1.2	Jádrové vzorkovače („sediment core samplers“).....	22
II.3.1.2.A	Pístový vzorkovač („piston drill system“).....	22
II.3.1.2.B	Rašelinová sonda („peat sampler“).....	23
II.3.1.2.C	Trubicový vzorkovač s dolním uzávěrem.....	23
II.3.1.2.D	Vzorkovač „Padající bomba“ („falling bomb system“, „gravity corer“)	23
II.3.1.3	Speciální vzorkovače pro odběr kalů.....	24
II.3.2	Vzorkovače pro odběr sypkých materiálů (např. odpadů) uložených v obalech nebo na deponiích	24
II.3.2.1	Dvouplášťový (zónový) vzorkovač na sypké materiály („grain sampler“).....	24
II.3.2.2	Vzorkovač pro odběr sypkých materiálů z hromad („waste pile sampler“)	24
II.3.2.3	Sondýrka („sampling trier“).....	24
II.4	Vybavení pro vzorkování kapalných matric	25
II.4.1	Objemové vzorkovače.....	25
II.4.1.1	Povrchové odběry	25
II.4.1.1.A	Přelivný válec.....	25
II.4.1.1.B	Teleskopický naběrák („pond sampler“).....	26
II.4.1.2	Zonální odběráky (hlubinné vzorkovače).....	26
II.4.1.2.A	Otevřený, spodem plněný vzorkovač (kalovka – „bailer“)	26
II.4.1.2.B	Vzorkovací láhve	27
II.4.2	Vzorkovací čerpadla	27

II.4.2.1	Peristaltické čerpadlo	27
II.4.2.2	Plynové membránové čerpadlo („bladder pump“)	28
II.4.2.3	Plynové výtlačné čerpadlo („double-valve pump“)	28
II.4.2.4	Elektrické odstředivé čerpadlo („centrifugal pump“)	29
II.4.2.5	Elektrické vřetenové čerpadlo („progressing cavity pump“)	29
II.4.2.6	Inerciální (pístové) čerpadlo („inertial pump“)	30
II.4.2.7	Plynové čerpadlo („air lift“)	30
II.4.2.8	Alternativní typy vzorkovačů	31
II.4.3	Speciální vzorkovací zařízení a vzorkovače	31
II.4.3.1	Sací lysimetr	31
II.4.3.2	Perkolační lysimetr	31
II.4.3.3	Automatické vzorkovače pro odběr povrchových a odpadních vod	32
II.4.3.4	Trvale instalovaná vzorkovací technika	32
II.4.3.5	Pasivní difúzní vzorkovače	32
II.5	Vzorkovací zařízení na odběr plynů	33
II.5.1	Přímé měření pomocí přenosných přístrojů (detektory, analyzátory)	33
II.5.2	Přímé měření pomocí barevně reagujících detekčních trubiček	34
II.5.3	Odběr plynu do vzorkovnice	34
II.5.3.1	Příklady vzorkovnic	35
II.5.3.1.A	Plastový vzorkovací vak („air bag“, „gas sample bag“)	35
II.5.3.1.B	Skleněná vzorkovnice („glass bulb“)	35
II.5.3.1.C	Stříkačky	35
II.5.3.1.D	Nerezové kanystry	35
II.5.3.2	Pomocné vybavení	35
II.5.4	Záchyt sledovaného ukazatele na kolektor	35
II.5.4.1	Pevné sorbenty	35
II.5.4.2	Kapalné sorbenty	36
II.5.4.3	Záchyt prachových částic	36
II.5.4.4	Pomocná zařízení	36
III	Metody odběru vzorků – rozdělení a členění	37
III.1	Obecné informace vztahující se ke všem matricím	37
III.1.1	Typy vzorků	37
III.1.2	Typy matric	38
III.1.3	Sledované ukazatele	39
III.2	Soudržné horniny, stavební konstrukce	39
III.2.1	Výběr zařízení	39
III.2.2	Příprava zařízení	40
III.2.3	Odběr vzorku	40
III.2.3.1	Zásekové vzorky	40
III.2.3.2	Jádrové vrtání	40
III.2.4	Dokumentace	40
III.3	Nesoudržné horniny a zeminy	40
III.3.1	Výběr zařízení	40
III.3.2	Příprava zařízení	41
III.3.2.1	Dekontaminace	41
III.3.3	Dokumentace, popis vzorku	41
III.3.4	Určení pozice bodu a hloubky odběru	41
III.3.5	Postupy odběru vzorků	41
III.3.5.1	Postup odběru povrchových vzorků	41
III.3.5.2	Postup odběru podpovrchových vzorků	42
III.3.6	Terénní orientační zkoušky na vzorcích zeminy	42
III.3.7	Odběr na stanovení těkavých organických látek	42
III.3.7.1	Výběr hloubky odběru vzorku zeminy pomocí terénních měření těkavých organických látek	42
III.3.7.2	Technologie odběru vzorku zeminy pro stanovení těkavých organických látek	43
III.3.7.3	Metody konzervace vzorku pro stanovení těkavých organických látek	43
III.3.7.4	Metody doporučené U.S. EPA.	43
III.3.7.4.A	Metoda bez použití chemické konzervace („closed-system vials“, „no chemical preservation“)	43
III.3.7.4.B	Metoda konzervace vzorků reagenční vodou („closed-system vials“, „no chemical preservation with organic free water (OFW)“)	44

III.3.7.4.C	Metoda chemické konzervace vzorku s použitím síranu sodného (Closed-System Vials, Chemical Preservation – Sodium Bisulphate).....	44
III.3.7.4.D	Metoda chemické konzervace vzorku s použitím metanolu („closed-system vials, chemical preservation – Methanol“)	45
III.3.7.5	Stanovení sušiny a terénní měření	45
III.3.8	Odběr zemin na stanovení netěkavých sloučenin	46
III.3.9	Postupy odběru vzorků nestandardních matric	46
III.3.9.1	Odběr pevných nebo zpevněných materiálů	47
III.3.9.2	Odběr směsi jemnozrnného a hrubozrnného materiálu (např. štěrku s pískem)	47
III.3.9.3	Odběr suchého sypkého materiálu	47
III.3.9.4	Odběr sedimentů	47
III.3.9.5	Odběr olejovitých odpadů, dehtovitých materiálů a jiných odpadů	47
III.3.9.6	Odběr z průzkumných rýh (zářezů)	47
III.4	Odpady	48
III.4.1	Přehled základních metod odběru vzorků	48
III.4.1.1	Balené materiály a materiály v kontejnerech	49
III.4.1.1.A	Malá množství materiálu – barely, pytle, sáčky, láhve, plechovky apod.	49
III.4.1.1.B	Velká množství materiálu uloženého v kontejnerech – cisterny, nádrže apod.	49
III.4.1.2	Transformátory	50
III.4.1.3	Odběr vzorků z volně ložených deponií odpadu	50
III.4.1.3.A	Úvod	50
III.4.1.3.B	Charakteristiky ovlivňující volbu vzorkovacího plánu	50
III.4.1.3.C	Postup odběru vzorků	51
III.4.1.3.D	Požadované analýzy a jejich četnost	52
III.4.2	Zajištění a kontrola jakosti	52
III.5	Plaveniny	52
III.6	Vzorkování povrchů	52
III.6.1	Přehled základních metod odběru vzorků	52
III.6.1.1	Stírané vzorky	52
III.6.1.2	Otlukové vzorky (Vzorky z otluku)	53
III.6.1.3	Smetené vzorky (Smetky)	54
III.7	Povrchová voda	54
III.7.1	Přehled základních metod odběru vzorků	54
III.8	Podzemní voda	55
III.8.1	Saturovaná zóna	56
III.8.2	Obecný postup odběru vzorků	56
III.8.2.1	Příprava a kontrola místa a bodu odběru	56
III.8.2.2	Měření úrovně hladiny	56
III.8.2.3	Čištění (pročišťování) objektu	56
III.8.2.4	Plnění vzorkovnic	57
III.8.2.5	Úprava vzorků po odběru	57
III.8.2.6	Dokumentace	57
III.8.3	Prostředky a metody odběru	58
III.8.3.1	Prameny a vrty s trvalým přetokem	58
III.8.3.2	Vzorkování dočasných objektů	58
III.8.3.3	Metoda malého čerpaného množství	59
III.8.3.4	Metoda malého čerpaného množství s nekontrolovatelným snížením hladiny ve vrtu	59
III.8.3.5	Objemově průměrované vzorkování	60
III.8.3.6	Vzorkování piezometrů a multizonálních systémů	60
III.8.3.7	Pasivní difúzní vzorkovací systémy	60
III.8.3.8	Dlouhodobě čerpané objekty	60
III.8.3.9	Specifické situace při vzorkování podzemní vody	61
III.8.4	Nesaturovaná zóna	61
III.9	Odpadní voda	62
III.9.1	Přehled základních metod odběru vzorků	62
III.9.1.1	Manuální odběry	62
III.9.1.2	Automatické odběry	62
III.9.1.3	Vzorkování v přítomnosti nevodných kapalných fází	63
III.9.1.4	Odběr vzorků pro stanovení TOL	63
III.9.1.5	Doprava vzorků do laboratoře	63

III.9.1.6	Dokumentace.....	63
III.10	Odběr ovzduší a vzdušin.....	64
III.10.1	Obecný úvod.....	64
III.10.2	Atmogeochemické metody průzkumu, sanačních a monitorovacích prací.....	64
III.10.2.1	Úvod.....	64
III.10.2.2	Metody aktivního čerpání půdního vzduchu – aktivní atmogeochemické metody.....	65
III.10.2.2.A	Vzorkovací objekty.....	65
III.10.2.3	Konstrukční materiály.....	66
III.10.2.3.A	Vybavení pro odběr a záchyt půdního vzduchu.....	66
III.10.2.3.B	Postup odběru.....	66
III.10.2.4	Pasivní atmogeochemické metody.....	67
III.10.2.5	Měření emisního toku z povrchu.....	67
III.10.2.6	Kontrola kvality.....	68
III.11	Monitoring potenciálních dopadů sanačních prací na lidské zdraví.....	68
III.11.1	Úvod.....	68
III.11.2	Legislativa.....	69
III.11.3	Monitorování pro účel ochrany zdraví pracovníků.....	69
III.11.4	Monitorování pro účel ochrany zdraví obyvatel.....	70
III.11.5	Praktická realizace monitoringu potenciálních dopadů sanačních prací na lidské zdraví.....	70
III.11.5.A	Hygienický monitoring v průběhu přípravných sanačních prací.....	70
III.11.5.B	Hygienický monitoring v průběhu sanace.....	71
IV	Použita a doporučená literatura.....	73

Seznam použitých zkratk:

AOX	adsorbovatelné organické halogenidy
BET	biologický expoziční test
CRM	certifikovaný referenční materiál
DCE	dichloretyleny
DNAPL	kapalná fáze, nemísitelná s vodou, s hustotou větší než voda
EOX	extrahovatelné organické halogenidy
EU	Evropská Unie
FID	plamenový ionizační detektor
HDPE	vysokohustotní polyetylen
ISO	International Organization for Standardization
LDPE	nízkohustotní polyetylen
LNAPL	kapalná fáze, nemísitelná s vodou, s hustotou menší než voda
MLA	mnohostranná dohoda (multilateral agreement)
MLS	víceúrovňové vzorkovače (multilevel samplers)
MP	metodický pokyn
NAPL	kapalná fáze, nemísitelná s vodou
NIOSH	National Institute for Occupational Safety and Health
NL	nerozpuštěné látky
NPK-P	nejvyšší přípustná koncentrace
OSHA	Occupational Safety and Health Administration
PAU	polyaromatické uhlovodíky
PCB	polychlorované bifenylly
PCDD/F	polychlorované dibenzodioxiny/ dibenzofurany
PCE	tetrachloretylen (perchloretylen)
PEL	přípustný expoziční limit
PHM	pohonné hmoty
PID	fotoionizační detektor
POP	persistentní organické polutanty
PTFE	polytetrafluoroetylen (obchodní název např. TEFLON ®)
PTS	persistentní toxické látky
PVC	polyvinylchlorid
QA	zajištění kvality (quality assurance)
QC	kontrola kvality (quality control)
RM	referenční materiál
SOP	standardní operační postup
SVOC	semivolatilní organické látky (semivolatile organic compounds)
TCE	trichloetylen
TL	těkavé látky
TOC	celkový organický uhlík
TOL	těkavé organické látky (volatile organic compounds), též VOC
U. S. EPA	Agentura ochrany životního prostředí USA (U. S. Environmental Protection Agency)

I Obecné kapitoly

I.1 Předmět, účel a použití Metodického pokynu

Vzorkování představuje významnou součást projektů spojených s průzkumem, hodnocením a odstraňováním ekologických zátěží, neboť se podle výsledků vzorkování rozhoduje o dalším postupu prací projektu a současně o finančních nákladech spojených s realizací těchto prací. Je proto nanejvýš důležité, aby vzorkovací práce poskytovaly spolehlivé informace pro tato rozhodování.

Tento metodický pokyn (dále MP) shrnuje přehled a popis technického vybavení pro odběr vzorků (vzorkovačů, vzorkovacích zařízení a pomůcek). Přináší základní přehled o možnostech použití jednotlivých postupů odběru vzorků matric, se kterými se setkáváme při řešení problematiky ekologických zátěží, a dále seznamuje s principy zajištění jakosti při odběrech vzorků, včetně snahy o sjednocení základních definic používaných při vzorkování a odběrech vzorků.

Předkládaný MP si neklade za cíl nařizovat volbu jediného správného řešení odběru vzorků, neboť výběr vhodného postupu a technického vybavení se vždy řídí účelem projektu prací. Jeho smyslem je poskytnout osobám účastnícím se procesu průzkumu, hodnocení a odstraňování ekologických zátěží metodickou pomůcku, umožňující projektovat, využívat a aplikovat vhodné postupy odběru vzorků a technické vybavení pro konkrétní cíle projektu tak, aby získané výsledky umožnily transparentní řízení dalšího postupu prací.

MP neřeší volbu počtu odebraných vzorků, výběr metod a schémat vzorkování, tj. kde, kdy a kolikrát budou vzorky odebrány, ani postupy posuzování a hodnocení reprezentativnosti vzorkovacích prací, neboť ty se odvíjejí od konkrétních cílů projektovaných prací a mohou být rovněž předmětem dohody zúčastněných stran na řešení projektu.

I.2 Definice pojmů

Vzorkování je činností, ve které se protíná několik specializací – chemie, geologie, hydrogeologie, metrologie, ochrana zdraví apod. Všechny tyto obory si během času vytvořily a ustálily vlastní odbornou terminologii, která zpravidla není zcela slučitelná s ostatními obory. Jeden termín potom může být odborníky z různých oblastí chápán a interpretován jiným způsobem. Aby mohlo dojít k domluvě mezi zúčastněnými stranami a k pochopení problému, je třeba používat stejný slovník. K tomu by měla napomoci následující kapitola.

Zásadní problém vznikl nejednoznačným výkladem slova „sampling“ – vzorkování, odběr vzorku. Tyto dva pojmy jsou poněkud odlišné a protože v oblasti životního prostředí je u analytických zkoušek včetně odběru vzorku, případně vzorkování, stále častěji požadována akreditace, uvádíme zde vysvětlení ze změnového listu 01/05 k MPA 10-01-01, Českého institutu pro akreditaci, o.p.s.

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)]. 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); ISO 11074-2 (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].

Definovaný vzorek – vzorek připravený podle předem dohodnutého a schváleného postupu zúčastněnými stranami.

Zúčastněné strany – osoby zúčastněné při řešení daného projektu, např. manažer projektu, vzorkař, analytik, investor, zástupce veřejné správy.

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 místa bodů odběru, odběr, konzervaci, dopravu a přípravu podílu, který bude vyjmut ze souboru jako vzorek. IUPAC (1990); ISO 11074-2 (1998)

Vzorkovaný objekt – vymezená část materiálu v definovaném čase, která má být reprezentovaná vzorkem.

Poznámky:

1. vzorkovaný objekt by měl být stanoven ještě před vytvářením plánu vzorkování,
2. vzorkovaný objekt může být stanoven legislativou (např. velikost dávky),
3. jestliže nás v definovaném prostoru nebo časovém intervalu zajímají jen některé vlastnosti a charakteristiky (např. chemické složení), musíme je definovat. Pak takto určený prostor nebo časový interval můžeme považovat za vzorkovaný objekt.

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

Prostý (bodový) vzorek – samostatný podíl vzorkovaného souboru, který reprezentuje pouze jedno jediné místo v určitém čase (jeden bod odběru). Protože vzorek je odebrán přesně v daném bodě v konkrétním čase, reprezentuje vzorkovaný objekt pouze za určitých podmínek (rozložení sledované kvality objektu je homogenní, resp. vzorkování se provádí za stálých podmínek – statické systémy nebo systémy v ustáleném stavu).

Směsný vzorek – vzorek složený z více než jednoho samostatného podílu (díličního vzorku), které byly odebrány v jednotlivých vzorkovacích místech, v různých bodech jednoho místa nebo v jednom bodě v různých časech.

Směsné vzorky mohou poskytovat průměrnou koncentraci nebo strukturu v časovém intervalu nebo v místě vymezeném plochou nebo objemem. Anomální hodnota sledované vlastnosti v některém z dílčích vzorků může významně ovlivnit výslednou hodnotu sledovaného ukazatele ve směsném vzorku a zkreslit interpretaci sledované vlastnosti ve vzorkovaném objektu. Při mísení dílčích vzorků s různým chemickým složením může docházet k nežádoucím reakcím, které mohou zásadně ovlivnit složení analyzovaného směsného vzorku (neutralizace, srážení apod.), nebo mohou ohrozit i zdraví pracovníků.

Poznámky:

1. některé metody odběru poskytují přímo směsný vzorek, např. dochází-li během odběru vzorku ke změně sledovaného ukazatele,
2. v některých případech je odběr směsných vzorků přímo vyžadován legislativou, např. u odpadní vody.

Dílčí vzorek – samostatná část materiálu získaná jedním odběrem vzorkovacího zařízení, která sama o sobě není předmětem analýzy nebo šetření, ale bude smíšena s dalšími dílčími vzorky do směsného vzorku.

Podvzorek – část vzorku vyjmutá ze vzorku odebraného ze vzorkovaného souboru.

Poznámky:

1. může být odebrán stejným způsobem, jako byl odebrán původní vzorek, ale nemusí,
2. v případě vzorkování volně loženého materiálu jsou podvzorky často připravovány dělením vzorku. Takto získaný podvzorek se také nazývá „dělený vzorek“ ISO 3534-1: 4.8 (1993)

Dělení vzorku (získání podvzorku) – proces přípravy jednoho nebo více podvzorků ze vzorku příslušného souboru ISO 11074-2 (1998).

Soubor – souhrn všech jednotek, které jsou předmětem zájmu.

Terénní vzorek – množství (hmotnost nebo objem) vzorkovaného materiálu získaného odběrem bez jeho dalšího dělení [ČSN EN 14899].

Velikost vzorku – počet součástí, jednotek nebo množství materiálu tvořící vzorek.

Laboratorní vzorek – vzorek nebo podvzorek předaný do laboratoře nebo v ní přijatý [ČSN EN 14899].

Homogenita, heterogenita – míra rovnoměrnosti rozložení vlastností nebo složek v daném množství materiálu.

Poznámky:

1. materiál může být homogenní z pohledu jediného ukazatele nebo vlastnosti, ale heterogenní z pohledu ostatních.
2. míra heterogenity (opak homogenity) je určujícím faktorem chyby vzorkování.

I.3 Základní pravidla pro realizaci vzorkovacích prací

Odběr vzorků se vždy provádí s určitým **konkrétním cílem**. Pro realizaci vzorkovacích prací je nezbytné, aby tento cíl byl **identifikován, specifikován a odsouhlasen** zúčastněnými stranami podílejícími se na řešení daného projektu.

Cíl vzorkování je potřeba v rámci plánování odběru vzorků převést do **konkrétních technických specifikací**, které jsou zpracovány do srozumitelných a jednoznačných instrukcí v plánu odběru vzorků.

Tyto instrukce slouží vzorkovací skupině pro přípravu vlastních odběrových prací, tzn. přípravu vzorkovací techniky, dokumentace, organizačního zajištění prací a vlastního provedení odběru vzorků.

Vlastní činnosti při odběru, manipulaci se vzorky, s přípravou vzorkovací techniky apod., je vhodné provádět podle **standardizovaných, či normovaných postupů**, eliminujících celkovou nejistotu výsledků terénních prací.

Vzorkovací práce se obvykle provádějí v **úzké součinnosti s analytickou laboratoří**. Je velmi důležité, aby mezi vzorkovací skupinou a analytickou laboratoří byla navázána funkční spolupráce, zahrnující účast laboratoře na optimalizaci vzorkovacích postupů.

Je rovněž nezbytné, aby pracovníci zajišťující odběr vzorků byli seznámeni a v praxi uplatňovali postupy zabezpečení a řízení jakosti vzorkovacích prací, vyplývající z praxe, protože zajištění jakosti je nedílnou součástí vzorkovacích prací. **Vzorkovací skupina musí být schopna vždy prokázat a obhájit kvalitu výsledků vyplývajících z provedení vzorkovacích prací.**

Nedílnou součástí vzorkovacích prací je věrná a spolehlivá dokumentace, dokládající a upřesňující zpracovateli dat podmínky a charakteristiky odběru, včetně výskytu nestandardních situací, které by mohly ovlivnit výsledky měření. Současné technické prostředky umožňují využívat rozmanité způsoby dokumentace. Nezbytné je, aby na jejím základě bylo možné posoudit kvalitu provedených prací.

Vzorkovací práce patří k činnostem, vyžadujícím vysokou **odbornost pracovníků**, kteří je provádějí. Je proto důležité, aby tito pracovníci svoji kvalifikaci neustále rozvíjeli, vzdělávali se v oboru a byli schopni svoji specializaci a úroveň vzdělávání řádně doložit (odborným životopisem, záznamy o absolvování kurzů, vztahujících se ke vzorkování, záznamy o účasti na odborných seminářích, záznamy o absolvování školení nových vzorkovacích technik a přístrojů apod.).

I.4 Bezpečnost a ochrana zdraví při práci

Při odběrech vzorků je možné se setkat s celou řadou situací, které mohou potenciálně přinášet zdravotní rizika pracovníkům provádějícím odběr, pracovníkům laboratoří, popř. i rizika obecného ohrožení. **Proces vyhodnocování zdravotních rizik a podmínek zajištění bezpečnosti prací v průběhu vzorkovacích a následných prací musí být zahájen již ve fázi přípravy plánu vzorkování. Kontrola a vyhodnocování těchto rizik musí být zajišťována při vzorkování nepřetržitě.** V případě, že by v důsledku vzorkovacích prací mohlo dojít k ohrožení zdraví, majetku nebo dalších složek životního prostředí, musí osoba odpovědná za vzorkování zajistit odpovídající opatření k eliminaci těchto rizik, případně provádění prací zastavit.

Doporučuje se zaměřit na následující oblasti:

- rozdělení organizační odpovědnosti při plnění prací,
- školení a výcvik pracovníků v oblasti bezpečnosti práce a požární ochrany, práce s nebezpečnými látkami (zejména jedy, karcinogeny, hořlavinami a výbušninami)
- zdravotní a bezpečnostní dozor při realizaci prací,
- popis pravděpodobných mimořádných událostí a jejich řešení,
- zásady použití ochranných pomůcek a měření ke kontrole bezpečnosti pracovního prostředí,
- zásady první pomoci,
- apod.

Je nezbytné, aby vzorkovací práce byly vždy prováděny s vědomím a se souhlasem zadavatele, resp. právnickou nebo fyzickou osobou mající odpovědnost za zařízení, technologii, provozovnu, kde se vzorkování provádí. Pracovníci zajišťující vzorkování musí mít nezbytná povolení ke vstupu, splnit požadavky zadavatele, týkající se bezpečnosti práce a ochrany zdraví (školení, ochranné pomůcky, provozní podmínky apod.).

Před zahájením prací spojených se zásahem do pozemku je nezbytné prověřit, zda se v předpokládaných místech odběrů (vrty, sondy apod.) nenacházejí inženýrské sítě. Prověření přítomnosti inženýrských sítí je třeba řešit s majitelem pozemku a příslušnými správci sítí.

Jedná se především o:

- plynové rozvody,
- elektrické rozvody,
- telekomunikační sítě,
- vodovodní a kanalizační sítě,
- produktovody, teplovody.

Před zahájením vzorkování pracovník odpovědný za vedení vzorkovacích prací ověří splnění podmínek ochrany zdraví a bezpečnosti práce (např. nezbytné zastavení technologií ohrožujících průběh vzorkování, příp. bezpečnosti). **V případě, že podmínky bezpečnosti práce a ochrany zdraví nejsou zajištěny, práce nesmí zahájit.**

I.5 Obecné legislativní předpisy vztahující se k procesům vzorkování a odběru vzorku

Vzhledem k zaměření této metodické příručky na vzorkování v průběhu průzkumů, hodnocení a odstraňování ekologických zátěží je právní rámec prováděných prací v současné době vymezen především zákonem č. 62/1988 Sb., o geologických pracích a Českém geologickém úřadu, v platném znění, a prováděcími vyhláškami k tomuto zákonu. Jedná se zejména o vyhlášky č. 121/1989 Sb., o projektování, provádění a vyhodnocování geologických prací a č. 368/2004 Sb., o geologické dokumentaci.

Kromě tohoto zákona se ke vzorkování mohou vztahovat některá ustanovení zákona č. 254/2001 Sb., o vodách, zákona č. 185/2001 Sb., o odpadech a zákona 334/1992 Sb., o ochraně zemědělského půdního fondu, včetně příslušných prováděcích předpisů.

Aktuální stav legislativních předpisů je dostupný např. na internetových stránkách Ministerstva životního prostředí ČR: **www.env.cz**

I.6 Projekt prací

Vzorkování se většinou provádí v rámci konkrétního projektu, který definuje **cíl** prováděných prací, **prostředky** a **metody** potřebné pro dosažení tohoto vytyčeného cíle. V procesu odstraňování starých ekologických zátěží se jedná zpravidla o **projekt geologických prací**, ve smyslu zákona č. 62/1988 Sb., o geologických pracích a Českém geologickém úřadu a vyhlášky č. 369/2004 Sb., o projektování, provádění a vyhodnocování geologických prací.

Cílem takového projektu může být například zjištění, ověření nebo vyloučení skutečnosti, zda se v daném území nachází znečištění některé ze složek životního prostředí v úrovni, překračující legislativou stanovené limity. Jinými příklady mohou být: dlouhodobý monitoring a vyhodnocení trendů vývoje koncentrací potenciálně rizikových složek v podzemní a povrchové vodě pod skládkou komunálního odpadu, posouzení potenciálu pro přirozenou atenuaci kontaminantů na okraji znečištěného území, nebo ověření kvality podzemní nebo povrchové vody pro výrobu pitné vody apod.

I v případě, že se nejedná o projekt geologických prací ve smyslu citovaného zákona, je vhodné postupovat analogicky, tj. před zahájením prací definovat **cíl, prostředky a metody** potřebné k jeho dosažení a takto zpracovaný projekt předložit zadavateli ke schválení v písemné formě.

Ve většině případů je vzorkování pouze jednou z několika metod potřebných k dosažení definovaného cíle prací. Kromě vzorkování jsou běžně využívány rešeršní, mapovací a kamerální práce, hydrodynamické a jiné technické zkoušky na vrtech, geofyzikální metody apod.

Při specifikaci vzorkovacích prací by měl **projekt prací** definovat především požadavky na kvalitu výsledných dat. To znamená specifikovat kvalitativní a kvantitativní kritéria, která je nezbytné dodržet, aby bylo možné splnit cíle vytyčené v projektu. V praxi to může být například definice minimálního počtu odebraných a analyzovaných vzorků potřebného pro statistické vyhodnocení výsledků, určení potřebného rozsahu prováděných měření a analýz, stanovení potřebného časového a prostorového rozlišení bodů odběru, nebo požadavky na maximální hodnotu meze stanovitelnosti daného analytu. Tyto požadované informace se odvozují z koncepčního modelu lokality, který by pro zamýšlený projekt měl být sestaven.

Uvedené požadavky jsou shrnuty v **programu vzorkování**, který je součástí **projektu prací**.

Program vzorkování popisuje základní fakta o navrženém vzorkování, zejména:

- technické zadání vzorkovacích prací:
 - požadavky na reprezentativnost vzorkování vzhledem k řešenému cíli projektu,
 - požadavky na jakost provedených vzorkovacích prací vzhledem k řešenému cíli projektu,
 - požadované hodnoty mezi stanovitelnosti,
- projekce technického zadání do konkrétních specifikací:
 - výběr vhodného schématu vzorkování (metody pravděpodobnostního vzorkování, nebo vzorkování s úsudkem),
 - lokalizaci míst a bodů odběrů,
 - časový rozvrh odběrů, pokud se bude vzorkovat opakovaně v několika různých časových intervalech,
 - výběr metody (způsobu) odběrů, postup odběru a potřebné vzorkovací vybavení,
 - přehled plánovaných analýz,
 - požadavky na zajištění jakosti odběru (QA),
- způsob vyhodnocení výsledků vzhledem k technickému zadání:
 - kontrola jakosti (QC)
- specifikaci požadavků na ochranu zdraví a bezpečnost zdraví při práci atd.

Naproti tomu detailní informace, které se vztahují k jednotlivým odběrům a které se zpracovávají jako podklad pro práci vzorkovací skupiny, je vhodné označit jako **plán odběru vzorků**.

Tyto informace obsahují minimálně:

- specifikaci projektu (název projektu, číslo úkolu, zadavatel prací apod.),
- místo a čas odběru,
- polohové a hloubkové lokalizace bodů odběru,
- metodu odběru (přesný popis postupu odběru vzorků, specifikace vzorkovacího vybavení, případně odkaz na standardní operační postup – SOP),
- typ vzorků, velikost (objem, hmotnost) dílčích vzorků a celkového vzorku, způsob přípravy směsného vzorku, postup úpravy vzorků (homogenizace a kvartace vzorků pevných matic, filtrace vzorků vody apod.), popř. odkaz na příslušný SOP,
- přehled požadovaných vzorkovnic (dle požadavku plánovaných analýz), způsob označování vzorků, popř. odkaz na příslušný SOP,
- požadavky kontroly jakosti (specifikace kontrolních vzorků, jejich počet a způsob provedení),
- specifikace konkrétních opatření na zajištění bezpečnosti a ochrany zdraví při práci (ochranné pracovní pomůcky, oděv, obuv atd.).

Plán odběru vzorků (vzorkování) musí mít vždy vzorkovací skupina při vzorkování v terénu s sebou. Pro každý výjezd vzorkovací skupiny do terénu během časově delších projektů je vhodné plán odběru vzorků aktualizovat, případně zpracovat nový plán tak, aby zohledňoval výsledky předchozích etap vzorkování (např. úprava čerpaného množství během čištění vrtů, specifikace náhradního místa a bodu odběru atd.), zatímco program vzorkování, uvedený v projektu je zpravidla neměnný.

V případě, kdy projekt nepočítá s opakovaným vzorkováním, je možné **program vzorkování a plán odběru vzorků**, sloučit v rámci jednoho dokumentu.

I.7 Dokumentace odběru vzorků

Nedílnou součástí vzorkovacích prací je věrohodná a spolehlivá dokumentace, dokládající a upřesňující zpracovateli dat podmínky a charakteristiky odběru, včetně výskytu nestandardních situací, které by mohly ovlivnit výsledky měření. Bez řádné dokumentace odběru vzorků jsou výsledky vzorkovacích prací zcela zpochybnitelné a nemohou být použity pro potřeby projektu.

Základními prvky dokumentace vzorkování a odběru vzorků jsou:

- projekt prací,
- program vzorkování,
- plán odběru vzorků,
- zpráva o odběru, popř. protokol o odběru vzorků,
- doplňující dokumentace.

Zatímco projekt prací, program vzorkování a plán odběru vzorků upřesňují požadavky zadání, jak odběr provést, **zpráva o odběru**, resp. protokol o odběru vzorků a doplňující dokumentace, specifikují, za jakých podmínek a jak byl konkrétní odběr skutečně proveden.

Protokol o odběru, resp. **zpráva o odběru**, musí minimálně obsahovat následující údaje:

- specifikace projektu (název projektu, číslo úlohu, identifikace zadavatele prací apod.),
- odkaz na plán odběru vzorků,
- označení vzorku,
- místo odběru,
- datum a čas odběru,
- meteorologické podmínky při odběru,
- polohové a hloubkové lokalizace bodů odběru (např. pomocí geodetických souřadnic, GPS, záznamu v mapě, na schématu apod.),
- použitá metoda odběru (postup odběru vzorků, specifikace vzorkovacího vybavení), případně odkaz na standardní operační postup (SOP),
- typ vzorků, velikost (objem, hmotnost) dílčích vzorků a celkového vzorku, způsob přípravy směsného vzorku,
- popis vzorku – vizuální a senzorický popis,
- výsledky terénních měření,
- postup úpravy vzorků (homogenizace a kvartace vzorků pevných matric, filtrace vzorků vody apod.), případně odkaz na příslušný SOP,
- specifikace použitých vzorkovnic (dle požadavku plánovaných analýz),
- provedené prvky kontroly kvality (typy kontrolních vzorků, způsob jejich provedení a označení),
- odchylky od plánu odběru, a popis nestandardních situací, které mohou souviset s kvalitou odebraného vzorku,
- specifikace osoby provádějící odběr vzorků (např. jméno a příjmení, funkční zařazení, firma apod.) a její podpis,
- specifikace zástupce zúčastněných stran, popř. jiných osob přítomných při odběru, nebo jinak se účastnících odběru vzorku a jejich podpis,
- způsob zajištění vzorků při dopravě do laboratoře,
- datum, čas předání vzorku do laboratoře a podpis a specifikace osoby, odpovědné za převzetí vzorků laboratoří, popř. její vyjádření k případnému poškození vzorku, nebo k jiným odchylkám od standardního procesu.

Obecně se předpokládá, že protokol o odběru je stručnější než zpráva o odběru vzorku. Jedná se zejména o technický popis provedení odběru a souvisejících činností, zatímco zpráva může být obsahově rozsáhlejší, ale nemusí to být pravidlem.

Mezi prvky **doplňující dokumentace** (která může být součástí protokolu, resp. zprávy o odběru) může patřit:

- fotodokumentace, videozáznam,
- náčrtky (skica míst a bodů odběru vzorků, apod.),
- geodetické zaměření bodů,
- hmotná dokumentace (vzorky, nebo jejich podíly),
- další předměty dokumentace účelné pro daný projekt.

Vzorkovací skupina musí mít zavedeny postupy pro archivaci dokumentace tak, aby bylo možné na základě požadavku zadavatele příslušné originály dokladů předložit k nahlédnutí, kontrole apod.

Požadavky na obsah a rozsah dokumentace rovněž mohou být upřesněny odpovědným řešitelem, zúčastněnými stranami podle konkrétních potřeb řešení vzorkovacích prací a projektu.

I.8 Řízení kvality vzorkovacích prací

Proces řízení kvality vzorkovacích prací sestává ze dvou základních činností:

- zabezpečení kvality (QA – quality assurance),
- kontroly kvality (QC – quality control).

Zabezpečení kvality se rozumí v našem případě komplexní systém všech plánovaných činností, na kterých se zakládá důvěra zákazníka, že provedené práce splňují domluvené požadavky kvality.

Předpokladem dosažení těchto požadavků jsou mimo jiné:

1. jasné a jednoznačné zadání formou technických specifikací,
2. kvalifikovaný a zkušený personál,
3. vhodné a ověřené postupy,
4. potřebná vyhovující zařízení, pomůcky a materiál,
5. vhodné laboratoře provádějící požadované zkoušky.

Kontrolou kvality se rozumí komplexní systém činností, jejichž cílem je kontrola kvality získaných dat, z hlediska splnění požadovaných potřeb uživatele (požadavky zadání). Kontrola kvality se opírá o systém kontrolních odběrů a kontrolních analýz, jejichž rozsah a uplatnění jsou diktovány požadavky projektu, komplikovaností řešeného úkolu, použitých metod odběru a zkoušek, popř. požadavky systému jakosti zhotovitele.

Vzhledem k tomu, že vzorkovací práce s výjimkou terénních měření jsou úzce vázány na zkoušky prováděné v laboratoři, musí kontrolní systém postihovat i činnost laboratoře provádějící příslušné zkoušky a musí být koordinován s manažerem kvality laboratoře.

V každém projektu musí být jednoznačně uvedeny požadavky na kvalitu veškerých prací, včetně identifikace výše uvedených bodů (1 – 5). Kromě toho musí být součástí projektu i tzv. **Program řízení kvality (Program QA/QC)**, jehož cílem je kvantifikace nejistot v souboru dat na kvalitativní úrovni dohodnuté zúčastněnými stranami. Bez zhodnocení nejistot výsledků vzorkovacích a analytických prací postrádají závěry vyplývající ze vzorkování požadovanou důvěryhodnost.

1.8.1 Zabezpečení kvality

1.8.1.1 Jasně a jednoznačně zadání

Manažer projektu musí se všemi zúčastněnými stranami vyjasnit zadání tak, aby bylo všem srozumitelné a bylo možné převést požadavky zadání na jednoznačné technické specifikace vzorkování (např. rozsah a požadované meze stanovitelnosti sledovaných ukazatelů, reprezentativnost výběru metody a schématu vzorkování vůči vzorkovanému objektu, časové a finanční podmínky plnění prací atd.).

1.8.1.2 Kvalifikace a zkušenosti personálu

Odběr vzorků patří k činnostem vyžadujícím vysokou odbornost pracovníků, kteří jej zajišťují. Kvalita a vypovídající schopnost získaných dat může být těmito pracovníky významně ovlivňována. Pracovníci musí svoji odbornost neustále udržovat a dále rozvíjet. Je nezbytné, aby u každého pracovníka podílejícího se na důležitých projektech byl k dispozici aktualizovaný strukturovaný životopis, ve kterém je uvedena jeho účast na významných projektech a dále karta osobního rozvoje, do které se zaznamenává účast na vzdělávacích akcích. Stejně tak jako je u pracovníků laboratoří k dispozici seznam zkoušek, které smí pracovník samostatně provádět, musí být obdobný doklad zaveden a předkládán i u personálu zabývajícím se projektováním vzorkovacích prací a prováděním vlastních odběrů.

Pracovníci, provádějící odběry, musí být rovněž zdravotně pro tuto práci způsobilí a jejich zdravotní stav je důležité pravidelně kontrolovat.

1.8.1.3 Vhodné a ověřené postupy

Současným trendem je akreditace činnosti vzorkovací skupiny a postupů odběru vzorků. Přestože není prakticky možné, aby byly akreditovány veškeré postupy prováděné při odběrech vzorků v rámci řešení ekologických zátěží, je obecně žádoucí, aby vzorkovací skupiny pracovaly v rámci zavedeného systému jakosti (např. dle ČSN EN ISO/IEC 17025, ISO 9001 apod.).

Veškeré používané postupy musí být, je-li to možné, standardizovány. U akreditovaných postupů musí být provedena validace a u těch, které jsou prováděny podle norem, musí být provedeno alespoň jejich ověření (verifikace). To znamená, že musí být zajištěno, že tyto pracovní postupy jsou vhodné pro zamýšlený účel a že mu vyhovují.

Jedná se především o pracovní postupy při odběru vzorků, úpravách vzorků, manipulaci se vzorky, údržbě vzorkovacího vybavení apod.

1.8.1.4 Potřebná vyhovující zařízení, pomůcky a materiál

Pomoc při výběru vyhovujících zařízení pro jednotlivé případy by měla manažerům projektů poskytnout kapitola II tohoto MP. Veškerá potřebná zařízení, pomůcky a materiál musí odpovídat používaným postupům a toto vybavení musí být uvedeno v pracovní dokumentaci (plánu odběru vzorků).

Velkou pozornost je třeba věnovat i postupům na čištění (dekontaminaci) vzorkovacího zařízení, techniky a pomůcek. Tyto postupy obvykle vycházejí z laboratorních postupů a jejich účinnost musí být ověřována výsledky slepých zkoušek pro sledované ukazatele. Jejich zanedbání může vést k nesprávným analytickým výsledkům. Nesmí se opomenout dekontaminace jakéhokoliv zařízení, včetně částí těžké techniky (vrtné soupravy apod.), které přichází do kontaktu se vzorkovaným materiálem.

Pokud je to reálné, upřednostňuje se provádění dekontaminace v laboratoři nebo na speciálně k tomu zřízenému pracovišti. V některých případech ale nezbývá, než ji provádět přímo v terénu. Vždy je ale třeba mít na paměti, že dekontaminace znečištěného vybavení (především silně znečištěného organickými látkami) nemusí vyhovovat potřebám projektu a nedokonalé vyčištění vzorkovací techniky může zásadním způsobem znehodnotit výsledky. Je-li prováděna dekontaminace v terénu, doporučuje se ověřit její dostatečnost kontrolními slepými vzorky.

Vzorkovnice používané k uchovávání (odběrům) vzorků, stejně jako konzervační činidla, by měly být vždy dodávány laboratoři, která bude vykonávat požadované zkoušky. Vzorkovnice musí být připraveny (dekontaminovány) v laboratoři a měly by být vyzvednuty vždy těsně před vlastními odběry, tzn., že by neměly být skladovány dlouhodobě mimo laboratoř. Vzorkovnice nesmí ovlivňovat sledované ukazatele (tzn., že nesmí docházet k úniku sledovaných látek ze vzorkovnice, kontaminaci, sorpci apod.). Musí být vybírány vždy pro konkrétní ukazatele tak, aby velikost dodaného vzorku vyhovovala požadavku laboratoře. Materiál a provedení vzorkovnice musí vždy odpovídat podmínkám požadované zkoušky.

1.8.1.5 Laboratoře provádějící požadované zkoušky

Přestože akreditace nemůže sama o sobě zajistit absolutní spolehlivost analytických dat, je na místě požadovat, aby laboratoř měla zavedený a posouzený systém jakosti podle normy ČSN EN ISO/IEC 17025. Takovéto posouzení, které je platné téměř v celé Evropě, musí být vydáno Národním akreditačním orgánem (ten je signatářem MLA European Accreditation). Veškeré požadované zkoušky musí být uvedeny v příloze Osvědčení o akreditaci vybrané laboratoře, případně jejích subdodavatelů. Může nastat i situace, že pro některé zkoušky nebude k dispozici akreditovaná laboratoř, potom je výběr na manažerovi projektu a spolehlivost výsledků musí být stejně jako v případě akreditovaných zkoušek potvrzena programem QA/QC (validace/verifikace metody).

1.8.2 Kontrola kvality

Kontrolou kvality dat se rozumí komplexní systém činností, jejichž cílem je kontrolovat kvalitu získaných dat, zda splňují potřeby uživatele (požadavky zadání). Z hlediska výběru vhodnosti míst a bodů odběru se jedná o analýzy opakovaných terénních vzorků. Pro potřeby ověření spolehlivosti odběru a analýzy jsou používány dělené terénní vzorky (duplikáty), slepé vzorky, slepá stanovení, analýzy vzorků s přidavkem sledovaného ukazatele (tzv. „spikované“ vzorky) a analýzy vzorků se známou koncentrací sledovaného ukazatele (RM, CRM). Všechny tyto kontrolní postupy by měly být požadovány Programem QA/QC.

Jednotlivé typy slepých vzorků slouží ke kontrole možnosti kontaminace z různých zdrojů, jako jsou například:

- laboratorní reagenční voda (obvykle deionizovaná voda),
- vzorkovnice,
- okolní prostředí v místě odběru vzorků (atmosférický deposit),
- vzorkovací zařízení, pomůcky a materiál,
- vzájemná kontaminace při plnění vzorkovnic, konzervaci vzorků a jejich uložení a přepravy do laboratoře,
- prostředí laboratoře (příjem vzorku a veškerá činnost s dodanými vzorky prováděná laboratoří).

Pokud se v terénu provádí konzervace vzorku, je třeba kontrolovat i čistotu konzervačních činidel.

1.8.2.1 Terénní slepý vzorek („field blank“)

Hlavním smyslem terénního slepého vzorku je kontrola možné kontaminace vzorku okolním prostředím. Tato kontaminace v praxi může být způsobena srážkami, prachem, aerosolem nebo plynou fází. Kontrola se obvykle provádí následujícím způsobem:

Do terénu jsou přivezeny dvě vhodné identické dekontaminované vzorkovnice, jedna s laboratorní reagenční vodou z laboratoře a druhá prázdná. V místě odběru vzorků je prázdná vzorkovnice otevřena na dobu nezbytně nutnou k jejímu naplnění vzorkem a je do ní přelita voda z plné vzorkovnice. Po naplnění požadovaným objemem vzorku je vzorkovnice uzavřena a spolu s ostatními vzorkovnicemi je dopravena do laboratoře.

Takovýto kontrolní vzorek může postihovat následující zdroje případné kontaminace:

- použitou reagenční vod (její kvalitu kontroluje laboratoř),
- použité vzorkovnice (opět kontroluje laboratoř),
- prostředí při dopravě vzorkovnic na místo odběru a zpět do laboratoře (transportní slepý vzorek),
- atmosférický deposit.

V případě použití sorpčních trubiček pro stanovení plyných složek, případně filtrů pro prach apod., je vždy jedno odběrové zařízení (trubička, filtr, impinger apod.) exponováno po dobu nezbytně nutnou pro vlastní manipulaci při odběru vzorků v místě odběru (odříznutí obou konců zatavených trubiček a následné uzavření apod.). Kontrolní zařízení je po nezbytně nutné přímé expozici při zahájení odběru ponecháno uzavřené v místě provádění odběru reálného vzorku a po ukončení reálného odběru je opětovně po nezbytně nutnou dobu exponováno. Do laboratoře je přepraveno společně s odebranými vzorky.

1.8.2.2 Slepý vzorek oplachu zařízení

Pokud je dekontaminace odběrového zařízení (pomůcek a materiálu) prováděna v laboratoři standardizovaným postupem, není nezbytně nutné slepý pokus provádět v místě odběru. Je možné kontrolní činnost spojit s terénním slepým vzorkem.

Pokud je dekontaminace odběrového zařízení prováděna v terénu nestandardizovaným postupem, je potom slepý vzorek nezbytným kontrolním prvkem.

Je připraven stejným způsobem jako terénní slepý vzorek, s tím rozdílem, že se reagenční voda do vzorkovnice nenalévá přímo, ale je do ní převedena pomocí odběrového zařízení.

1.8.2.3 Přepravní slepý vzorek („trip blank“)

Přepravní (transportní) slepé vzorky mají především význam pro těkavé organické látky, které mohou kontaminovat vzorkovnice již s odebraným vzorkem z okolního prostředí. Slepý pokus probíhá následujícím způsobem. V laboratoři je naplněna příslušná vzorkovnice reagenční vodou. Po okamžitém uzavření je pak zkušební vzorkovnice s ostatními vzor-

kovnicemi vezena do terénu. Tam je s ní manipulováno stejně jako s ostatními vzorkovnicemi, s tím rozdílem, že zůstane neotevřena. S odebranými reálnými vzorky je vezena zpět do laboratoře, kde je i u ní provedena zkouška požadovaných ukazatelů.

Při odběrech vzorků vzdušnin na sorpční trubičky lze přepravní slepý vzorek realizovat tak, že jsou odříznuty oba konce trubičky v laboratoři, trubička je ihned uzavřena a je vezena do terénu a zpět. V místě odběru zůstává v přepravním boxu. Po doručení do laboratoře je analyzována s ostatními vzorky.

1.8.3 Program řízení kvality (Program QA/QC)

Ke každému analytickému výsledku vždy přísluší určitá nejistota. Cílem programu řízení kvality je mít tuto nejistotu pod kontrolou a zajistit spolehlivost dat i za cenu zvýšených finančních nákladů projektu.

1.8.3.1 Řízení kvality vzorkování

Program řízení kvality vzorkování definuje požadované typy a počet kontrolních analýz a odběrů podle požadavků projektu nebo interního plánu kontroly jakosti.

Není-li definováno programem vzorkování jinak, považuje se za **vyhovující četnost** aplikace kontrolních odběrů (opakované odběry, duplicitní odběry) **cca 5 %**. **Počty slepých kontrolních analýz** se řídí **potenciálními riziky sekundárního znečištění vzorku** a požadavky na úroveň mezi stanovitelnosti analytických metod.

Kromě výše uvedených skutečností je třeba věnovat maximální pozornost popisu a označování kontrolních vzorků tak, aby nemohlo dojít k jejich záměně. Kontrolní vzorky předkládané do laboratoře musí být označeny tak, aby pracovníci laboratoře nevěděli, o jaké vzorky se jedná.

1.8.3.2 Řízení kvality laboratoře

Laboratoře si provádějí svoji interní kontrolu kvality, která by měla být rozšířena o externí kontrolu, kterou plánuje manažer projektu a je realizována vždy ve spolupráci se vzorkaři a s manažerem kvality laboratoře.

Kritéria pro spolehlivost výsledků jsou jejich správnost a přesnost.

Správnost se prověřuje předložením anonymního kontrolního vzorku (např. certifikovaného referenčního materiálu). Pokud není k dispozici, lze použít spikovanou matici (se známým přídavkem analytu). Správnost výsledků by měla být kontrolována s dostatečnou četností. U jednorázových projektů vždy s dodanými vzorky, u dlouhodobých minimálně na začátku, alespoň jednou v průběhu a na konci projektu.

Přesnost se prověřuje předkládáním anonymních dělených terénních vzorků (duplikátů). Četnost kontroly přesnosti se doporučuje alespoň 10 % terénních duplikátů. Musí ale být ověřen postup jejich přípravy.

U každé série vzorků by měl zákazník od laboratoře vyžadovat výsledky její interní kontroly kvality, tj. slepá stanovení, duplikáty, referenční materiály, případně spikované vzorky. Ty by měl potom společně s výsledky externí kontroly používat pro hodnocení spolehlivosti dat. Pokud se takto získaná data nevyhodnotí, nemají kontrolní vzorky význam a jsou na ně zbytečně vynaloženy finanční náklady.

Několik pomůcek pro hodnocení spolehlivosti dat:

- přezkoumání výsledků analytického slepého pokusu – zjištěná hodnota musí být pod mezí stanovitelnosti použité analytické metody. Hodnota meze stanovitelnosti musí být nižší než úroveň kritérií použitých pro hodnocení výsledků,
- kontrola výsledků analytického duplikátu – obě hodnoty musí mít relativní směrodatnou odchylku menší než 30%,
- je-li analyzováno několik sérií vzorků – průměrná relativní standardní odchylka analytických duplikátů z každé série by měla být menší než 20 %,
- kontrola výsledků interního a externího referenčního materiálu – hodnoty zaznamenané pro použitý referenční materiál by měly ležet v deklarovaném rozsahu a hodnoty zaznamenané pro interní spikovaný referenční materiál by měly odpovídat očekávané hodnotě,
- pokud byly terénní duplikáty analyzovány v sérii vzorků (laboratoř to neví), měla by být relativní směrodatná odchylka těchto dvou hodnot menší než 50 %.

Pokud výše uvedené podmínky nejsou splněny, je třeba problém řešit s manažerem jakosti laboratoře a do objasnění nesouladu nelze získaná data považovat za spolehlivá.

II Zařízení, pomůcky a materiál pro vzorkování

II.1 Materiály pro vzorkovací zařízení

Vliv materiálů používaných pro konstrukci vzorkovacího vybavení na obsah sledovaných složek v odebíraných vzorcích musí mít minimální. To znamená, že musí vykazovat maximální fyzikální a chemickou odolnost vůči vlivům vzorkovaného prostředí a zároveň nesmí jakýmkoliv způsobem ovlivňovat sledované vlastnosti vzorku.

Z tohoto hlediska jsou důležité zejména následující podmínky:

- odolnost materiálu vůči chemickým reakcím, rozpouštění a korozi,
- jeho sorpční vlastnosti.

Například kovové materiály (zvláště neušlechtilé kovy) mohou silně korodovat v prostředí, kde:

- pH < 7,
- rozpuštěný $O_2 > 2$ mg/l,
- $H_2S > 1$ mg/l,
- $Cl^- > 5000$ mg/l.

Výše uvedené jednoduché podmínky může být v praxi obtížné splnit, zejména pokud vezmeme v úvahu rozmanitost vzorkovaných matric a spektrum stanovovaných analytů s často protichůdnými vlastnostmi. K těmto podmínkám ještě přistupují mechanické vlastnosti materiálu a ekonomický faktor, resp. dostupnost daného materiálu. V reálné situaci jsou použité materiály kompromisem mezi faktickými možnostmi a ideálními požadavky.

V případě vzorkování znečištěné podzemní vody je třeba dále zohledňovat možnou přítomnost kapalných uhlovodíkových fází v horninovém prostředí. Uhlovodíkové fáze mohou být v prostředí přítomné i v případě, že nevytvářejí odloučenou vrstvu na hladině podzemní vody, a to ve formě izolovaných kapének vtroušených v horninovém prostředí.

Pokud není vhodnost daného zařízení deklarována jeho dodavatelem pro danou matici a analyt, je důležité vhodnost zařízení a materiálu pro daný účel ověřit.

V literatuře je možné nalézt řadu srovnávacích studií o vhodnosti jednotlivých používaných materiálů pro jednotlivé analyty. Ačkoliv doporučení vyplývající z různých studií nejsou zcela jednotná, obecně jsou doporučovány materiály PTFE (např. TEFLON®) a nerezavějící ocel. V reálné situaci však řadu odběrů nelze uskutečnit pomocí standardních, běžně vyráběných zařízení, a z tohoto důvodu může být nezbytné použití nestandardního vybavení z alternativních materiálů. V takovém případě by použitý materiál měl být kompatibilní se vzorkem (např. z hlediska rozpouštění a koroze) a neměl by žádným způsobem interferovat, nebo reagovat se sledovanými analyty. Jako zcela nevhodné se jeví relativně reaktivní materiály jako kaučuk, silikonový kaučuk, z kovových materiálů, železo, mosaz, hliník apod.

Norma ČSN EN ISO 5667-18 rovněž obecně doporučuje použití PTFE a nerezavějící oceli, připouští však po ověření použití alternativních materiálů, jako jsou například tvrzené PVC, HDPE apod.

Požadavky na materiály se vztahují na všechny součásti vzorkovacího zařízení, které přicházejí do styku se vzorkovacím médiem, včetně například spojů potrubí, těsnících prvků, kabelů atd.

Další informace o kompatibilitě jednotlivých materiálů s různými analyty lze nalézt v citované literatuře.

II.2 Vzorkovací zařízení na odběr pevných (nekapalných) matric

Vzorkování pevných matric zahrnuje vzorkování různých druhů matric od pevných odpadů uložených v barelech nebo kontejnerech, popř. na hromadách, až k zeminám a kalům. Existuje mnoho faktorů, které ovlivňují výběr vhodného zařízení pro jednotlivé druhy vzorkovaných materiálů.

Nejdůležitějším požadavkem při odběru pevných matric je získat reprezentativní vzorek ze všech zastoupených vzorkovaných vrstev, resp. částí materiálu. Pozornost musí být věnována rovněž zajištění vzorku před porušením fyzikálních vlastností (změny vlhkosti, struktury materiálu apod.) a chemického složení (např. konzervací vzorku). Použití vhodných vzorkovacích zařízení je základním předpokladem pro splnění těchto záměrů (cílů).

Kapitola je rozdělena do čtyř podkapitol:

- zpevněné materiály (skalní horniny, stavební konstrukce),
- zeminy,
- sedimenty/kaly a kontejnerizované pevné materiály,
- materiály uložené na hromadách (deponiích).

II.2.1 Vybavení pro vzorkování zpevněných materiálů

Odběr vzorků zpevněných materiálů se může týkat například vzorkování zpevněných (skalních) hornin a stavebních konstrukcí.

Pro vzorkování zpevněných materiálů je nutné vždy mechanicky narušit vzorkovaný objekt. To může mít různé nežádoucí následky, například porušení celistvosti a izolační funkce podlahy vzorkovaného stavebního objektu, nebo v krajním případě porušení statiky celého objektu.

Vzorky zpevněných materiálů mohou být odebírány v závislosti na cíli projektu:

- z povrchu materiálu (otlukové vzorky) – viz kapitola III.6 Vzorkování povrchů,
- z podpovrchových částí vzorkovaného materiálu.

Vzorky z bodů odběru umístěných mělce pod povrchem (první jednotky až desítky cm) lze odebírat manuálně pomocí:

- běžných popř. speciálních nástrojů (geologické kladivo, sekáč),
- ručního a elektrického nářadí (např. vrtací kladivo apod.).

Vzorky z bodů odběru hlouběji pod povrchem se zpravidla odebírají jádrovými vrty.

Vrtný nástroj, osazený diamantovou korunkou, nebo korunkou z tvrdokovu rozrušuje mezikruží na čelbě vrtu, a tím odděluje ze vzorkovaného materiálu válcové vrtné jádro. To je následně s celou vrtnou kolonou vytěženo na povrch. Průměr vrtného jádra se pohybuje od prvních centimetrů, používaného běžně při vzorkování stavebních konstrukcí přenosnými soupravami až po první desítky cm v případě klasických mobilních vrtných souprav. V této souvislosti je třeba zmínit možnost odběru vzorků jádra geometricky orientovaných, tj. se známou orientací vzhledem k magnetickému severu. To může být výhodné v případě potřeby popsat například směry a sklony puklinových systémů, diskontinuit a dalších nehomogenit vrtného jádra.

Během vrtání zpevněných hornin je nutné chladit korunku vrtným výplachem, který zpravidla přichází do kontaktu se vzorkovaným objektem. Může jednak docházet k pronikání výplachu do odebíraného vzorku, jednak také ke kontaminaci výplachu a sekundárnímu znečištění odebíraných vzorků. Z tohoto důvodu by měla být hlavním přípustným vrtným výplachem pitná voda.

Podrobný popis problematiky jádrového vrtání je mimo rámec tohoto materiálu.

II.2.2 Vzorkovače pro odběr zemín

Výběr vhodných vzorkovačů pro odběr zeminy se řídí především charakterem vzorkované zeminy, hloubkou odběru vzorku a typem stanovovaného ukazatele.

Zemínu můžeme vzorkovat na povrchu nebo pod povrchem v závislosti na požadovaných cílech. Podle hloubky odběru vzorku je způsob odběru vzorků rozdělen do dvou kategorií:

- odběr z povrchu (pásmo mezi povrchem a hloubkou cca 15 cm),
- odběr pod povrchem (v hloubce větší než 15 cm).

Přehled rozdělení vzorkovačů podle typu stanovovaného ukazatele je uveden v tabulce 1.

II.2.2.1 Lžice/Lopatka („scoop/trowel“)

Lopatky nebo lžice se používají pro odběr vzorků zeminy z povrchu. Lze je rovněž používat pro homogenizaci zeminy nebo pro odběr širokého spektra pevných odpadů. Vzorkovací lžice je podobná lopatce, ale okraje má obvykle více zahnuté a s uzavřeným horním koncem umožňuje snazší odběr materiálu. Lžice a lopatky se vyrábějí v nejrůznějších velikostech a podobách.

Obecně je doporučováno, aby vzorkovače byly vyráběné z nerezové oceli. Použití alternativních materiálů je přijatelné v určitých konkrétních případech (např. použití polyetylenových lopatek pro odběr stopových prvků v sedimentech). Nepřípustné je použití tenké chromované nebo lakované lžice a lopatek, neboť při odběrech může docházet k odlupování této vrstvy a ke kontaminaci vzorku.

Analogickým způsobem lze využívat i dalšího, k danému účelu vhodného ručního nářadí (např. lopaty, rýče apod.), za předpokladu, že jejich použitím nedojde k ovlivnění sledovaných vlastností vzorků.

Výhody:

- jednoduché použití a dekontaminace;

Nevýhody:

- vzorkovač lze pouze výjimečně použít pro odběr vzorků na stanovení těkavých organických látek.

II.2.2.2 Ruční vrtáky

Ruční vrtáky jsou tvořeny příslušným typem vrtacího segmentu (se zosťvenými řeznými plochami), prodlužovacími tyčemi a rukojeťmi. Při otáčení zařízením ve směru hodinových ručiček za současného tlaku na zařízení se přístroj zavrťává do země a řezné plochy vrtacího segmentu porušují zeminu a vzorek zadržují v tělese vzorkovače. Rozpětí řezných

ploch může být různé podle typu vzorkované zeminy. Hloubkový dosah vzorkovače lze měnit podle počtu použitých nástavců.

Obecně existují 3 typy vrtáků v závislosti na typu zeminy:

- na písčité zeminy,
- jílovito/prachovité zeminy,
- složený typ.

V závislosti na půdních charakteristikách je vybírán vhodný typ vzorkovače (vrtáku) pro odběr zemin z hloubek větších než 15 cm.

Vrták může poškodit soudržnost zeminy a pozměnit hloubkovou strukturu zeminy promícháním jednotlivých vrstev.

Vzorkovač nelze použít pro odběr na stanovení těkavých organických látek.

Pro ostatní organické sloučeniny a anorganické sloučeniny je použití ručních vrtáků vhodné.

Výhody:

- rychlý postup odběru vzorků pod povrchem terénu.

Nevýhody:

- poškození půdních horizontů při odběru,
- nelze použít pro odběr vzorků na stanovení těkavých organických látek.

II.2.2.3 Žlábkový vzorkovač (půdní jehla)

Vzorkovač se používá pro vzorkování půd, nezpevněných prachovitých až zrnitých materiálů, které nejsou sypké. Je tvořen trubicí podélně seříznutou až ke špičce vzorkovače. Hrot a boky trubice jsou ostré, aby vzorkovač snadněji pronikal do vzorkovaného materiálu a umožňoval uvolnění vzorkovače v materiálu před vyjmutím. Vzorkovač je vyroben z nerezové oceli, standardně je dodáván v délkách 60 až 100 cm a průměru 1,2 až 2,5 cm.

Existují různé konstrukce žlábkového vzorkovače, liší se způsobem zarážení vzorkovače do materiálu. Buď je horní část vzorkovače opatřena úderovou koncovkou a vzorkovač se zaráží pomocí silonového kladiva. Nebo je horní část vzorkovače opatřena závitem, na který se připojí úderový adaptér – beranidlo, které lze použít pro zarážení vzorkovače do materiálu nebo i k uvolňování vzorkovače z materiálu (půdy). Beranidlo je závaží umístěné zpravidla na cca 60 cm dlouhé ocelové tyči a zvedáním a pouštěním závaží na úderovou hlavici se získává potřebná energie k zarážení vzorkovače do vzorkovaného materiálu. Další variantou vzorkovače je vzorkovač s navařenou nášlapnou stupačkou. Tento vzorkovač je určen pro vzorkování půd do hloubky cca 30 cm a umožňuje rychlý postup prací.

Průměr vzorkovače je nutné volit podle typu půdy a velikosti vzorkovaných částic materiálu (průměr vzorkovače má být minimálně dvojnásobný oproti velikosti vzorkovaných částic).

Výhody:

- doporučený vzorkovač pro odběr půd a vlhkých nebo lepivých materiálů,
- vhodný pro přípravu směsných vzorků z velké vzorkované plochy,
- rychlý postup odběru vzorků pod povrchem terénu.

Nevýhody:

- málo vhodný pro odběr kamenitých, suchých nebo písčitých materiálů,
- jílovité a vlhké prachovité materiály lze obtížně vyjmout ze vzorkovače,
- relativně malé množství vzorku,
- použití pro odběr těkavých organických látek je omezené.

Pro ostatní organické sloučeniny a anorganické sloučeniny je použití žlábkového vzorkovače vhodné.

II.2.2.4 Jádrovač („soil coring device“)

Pro odběr neporušeného vzorku jsou využívány trubicové vzorkovače, které jsou zaráženy do horninového prostředí. Tyto vzorkovače mohou mít různé konstrukce.

Jedním typem trubicového vzorkovače je speciální jádrovač, který se skládá z nerezového válce podélně rozděleného, se závitů na obou koncích, řezné hlavice na dolním konci a úderové hlavice pro zarážení do země. Řezná i úderová hlavice jsou rovněž vyrobeny z nerez. Použití plastové trubice uvnitř vzorkovače pro uložení vzorku usnadňuje manipulaci se vzorkem při vyjímání vzorku. Dále je vhodné používat zařízení pro zachycení zeminy – záchytný koš proti vypadávání zeminy ze vzorkovače – tzv. zachytávač zeminy, umístěný ve vstupním otvoru vzorkovače.

K dosažení požadované hloubky se používá silonové kladivo (některé konstrukce mají beranidlo, které se používá i k vyjmutí vzorkovače z otvoru). Pokud se nepoužívá záchytný koš proti vypadávání vzorku, hrozí riziko ztráty vzorku (zejména u sypkých materiálů).

Jádrovač je možné použít v kombinaci s půdním vrtákem, pomocí kterého je vyvrtán otvor do požadované hloubky (popřípadě je možné použít i jinou techniku vrtání – vibrační vrtání, vrtání spirálou apod.).

Okamžitě po otevření vzorkovače se doporučuje provést kontrolu obsahu těkavých látek pomocí PID nebo FID detektoru, a okamžitě je odebrán vzorek na stanovení těkavých organických látek pomocí vhodného vzorkovače (viz kap. II.2.2.7).

Výhody:

- může být použit v různých typech půd,
- jádrový vzorek je relativně neporušený,
- řezné hlavice jsou vyměnitelné.

Nevýhody:

- omezený hloubkový dosah,
- není vhodný pro použití v kamenitých zeminách, resp. v silně zhutněných zeminách.

II.2.2.5 Dělený lžicovitý vzorkovač („split spoon sampler“)

Jedná se o podobný typ vzorkovače jako je jádrovač, ale v robustním provedení. Vzorkovač může být používán jako vzorkovací nástroj i při strojně mechanizovaném vrtání. Dělený lžicovitý vzorkovač je určen pro odběr neporušeného vzorku z definované hloubky.

Samotný vzorkovač tvoří válec z uhlíkaté nebo nerezové oceli, podélně je rozdělen a je vybaven vodícími hlavicemi. Vzorkovače jsou dostupné v různých délkách a průměrech. Vzorkovač lze upevnit k prodlužovací tyči ručního vrtacího nářadí, popř. k vrtnému soutyči. Zaráží se pomocí silonového kladiva, popř. strojně.

Výhody:

- jednoduché použití,
- pevná konstrukce,
- vhodné zařízení pro přípravu dělených vzorků,
- doporučený vzorkovač pro odběr vzorků na stanovení TOL.

Nevýhody:

- pro odběr hlubších vzorků je nutné použít vrtné soupravy a mechanické zařízení pro vyzvednutí vzorkovače z horniny.

II.2.2.6 Trubicový vzorkovač

Vzorkovač se používá pro odběr neporušeného vzorku především při stanovení geomechanických vlastností zemin a nezpevněných hornin, ale také při odběru vzorků pro chemické analýzy, včetně vzorků na stanovení TOL.

Vzorkovač se skládá ze silnostěnné trubice s řeznou hlavou. Ta umožňuje vzorkovač zarazit do horniny a zamezuje vypadnutí vzorku při vytahování vzorkovače z požadované hloubky.

Velikosti a průměry trubicového vzorkovače mohou být různé. Je možné se setkat s průměry od 10 mm až po 200 mm, v délce od 5 do 30 cm. Krátký vzorkovač s malým průměrem (do 10 mm) je možné používat při vzorkování na stanovení těkavých organických látek z vrtných jader.

Výhody:

- nízká pořizovací cena,
- trubice lze použít k přepravě vzorku, aniž by byl vzorek poškozen,
- lze odebrat jádrové vzorky,
- lze jednoduše dekontaminovat.

Nevýhody:

- v některých případech (např. jílovité materiály) je obtížné vyjmout vzorek ze vzorkovače,
- nevhodný pro kamenité zeminy.

II.2.2.7 Speciální vzorkovače pro odběr na stanovení těkavých organických látek

Vzorek pro analýzu TOL se odebrá z neporušené horniny, ze dna vrtu, z vrtného jádra apod., pomocí úzkoprofilového trubicového vzorkovače.

Úzkoprofilový trubicový vzorkovač musí umožňovat:

- odebrat přesně definované množství materiálu (přibližně o velikosti 5 g),
- rychlé převedení vzorku do vzorkovnice bez porušení přirozené struktury zeminy,
- množství vzorku musí být konstantní a předem známé (provádí se test pro každou skupinu zemin obdobných vlastností před zahájením vzorkování na lokalitě).

Za vhodné materiály pro výrobu úzkoprofilového trubicového vzorkovače (pro potřeby stanovení těkavých látek v pevné matici) se považují:

- nerez, sklo, mosaz – bez omezení,
- Viton®, PTFE (TEFLON®), popř. jiné plasty – ale pouze v případě, že vzorky ve vzorkovačích budou uloženy pouze minimální dobu.

Jako nejjednodušší typ vzorkovače lze použít jednorázovou injekční stříkačku o objemu menším než 5 cm³. Ze stříkačky se odstraní gumové těsnění, odřízne se špička s úchytem pro jehlu a vzorkovač se zarazí do materiálu vrtného jádra.

Existují další mnohem konstrukčně složitější zařízení, např. trubicový vzorkovač s pístem vyrobený z nerezové oceli uložený v držáku, který je mechanicky zatlačen do vzorkovaného materiálu. Po hrubém očištění trubice se vzorek o přesné hmotnosti (obvykle 5 g) vytlačí do vzorkovnice.

Vzorek se nesmí převážet do laboratoře ve vzorkovači!

Podrobnější informace o konkrétních typech vzorkovačů lze nalézt v doporučené literatuře.

II.2.2.8 Vrtání spirálem („power auger“)

Spirálový vrták není vhodným zařízením pro odběr vzorku. Používá se pro předvrtání otvoru před odběrem, který je pak proveden vhodným typem vzorkovače (např. jádrovač apod.). Spirál bývá různých průměrů a délek. Hydraulicky nebo mechanickou rotací je pomocí spirálu rychle vyvrtán otvor nad vzorkovanou polohu. Vzorek je následně odebrán pomocí jádrovacího zařízení nebo vrtáku s válcovým tělem o menším průměru, nežli je průměr použitého spirálu.

Výhody:

- zkracuje čas vzorkování,
- hloubkové vzorky jsou snadno dostupné.

Nevýhody:

- počáteční vyšší pořizovací náklady,
- použití benzínových motorů k pohonu vrtáku zvyšuje riziko sekundárního znečištění vzorku,
- není vhodný pro vrtání v kamenitých zeminách,
- potřeba náročné celkové dekontaminace zařízení (např. vysokotlaké čištění horkou parou).

II.2.2.9 Vibrační vrtání („direct push technology“)

Použití technologie vibračního vrtání pro odběr vzorků je poměrně rozšířené a stále získává větší oblibu. Pomocí vibračního vrtání je relativně jednoduché získat vzorek neporušené zeminy jak z jejího povrchu, tak i z definované hloubky.

Tuto technologii je možné používat i k odběru vrtného jádra pro stanovení těkavých látek.

Při vibračním vrtání je jádrovnice zarážena pomocí úderů nebo vibrace (např. sbíjecím kladivem na elektrický, resp. jiný pohon) do požadované hloubky. Riziko zavlčení kontaminace mezi jednotlivými horizonty horninového prostředí je eliminováno používáním jádrovnice s postupně se zmenšujícím průměrem. Při průchodu kontaminovaným prostředím s výskytem kontaminantu ve volné fázi je nutné používat pracovní pažení.

Výhody:

- rychlý postup prací,
- jednoduchá obsluha,
- lze odebírat relativně neporušené jádrové vzorky,
- lze jednoduše dekontaminovat.

Nevýhody:

- v některých případech (např. jílovité materiály) je obtížné vyjmout vzorek ze vzorkovače,
- nevhodný pro kamenité zeminy,
- nelze použít v soudržných horninách a zpevněných materiálech.

Hlavní pozornost je potřeba věnovat dekontaminaci zařízení přicházejících do styku se vzorkem.

II.3 Vzorkovače pro odběr sedimentů a kalů

Faktory ovlivňující výběr vzorkovače pro odběr sedimentů nebo kalů zahrnují:

- charakteristiky vzorkovaného prostředí (šířka, hloubka, rychlost proudění toku, popř. vzorkované nádrže),
- fyzikální vlastnosti sedimentu/kalu (velikost částic tvořících materiál, míra konsolidace apod.),
- hloubka odběru vzorku, mocnost zvodnělého (nebo kapalného) prostředí,
- velikost vzorku,
- další (např. výskyt vodního rostlinstva na dně apod.).

Při odběrech těchto matric je potřeba věnovat velkou pozornost minimalizaci porušení přirozeného uložení sedimentu/kalu a zamezení ztráty části vzorku nebo některých jeho složek při manipulaci se vzorkovačem (zejména při vytahování vzorkovače kapalným prostředím – rychle tekoucí toky, velká hloubka nádrže nebo vodoteče apod.).

Některé typy vzorkovačů používané obecně pro odběr nezvodnělých matric lze použít při vzorkování sedimentů/kalů.

Jedná se například o:

- vzorkovací lžíce a lopat(k)y,
- ruční vrtáky,
- žlábkové vzorkovače,
- jádrovače,
- vzorkovače pro tekavé sloučeniny.

Tato zařízení ale nelze použít pod hladinou zvodnělého prostředí, neboť těmito prostředky nelze odebrat nepoškozený vzorek (dochází k promytí vzorku, ke ztrátě složek vzorku, změnám fyzikálně – chemických vlastností vzorku).

Výběr vhodných vzorkovačů v závislosti na fyzikálních vlastnostech sedimentu/kalu je uveden v tabulce 2.

II.3.1.1 Drapákové vzorkovače („grab samplers“)

Drapákové vzorkovače jsou určeny především k odběru benthické fauny. Jsou ale rovněž používány k odběru povrchového vzorku sedimentu/kalu. Existují různé typy a konstrukce drapákových vzorkovačů a jejich výběr se řídí požadavky na hloubku odběru, velikost vzorku, typem a rozsahem dnové flory, rychlostí proudění toku a fyzikálními vlastnostmi vzorkovaného materiálu (konsolidace, velikost částic).

Drapákový vzorkovač je složen ze 2 pohyblivých uzavíratelných čelistí, které jsou v manipulační poloze otevřeny a zajištěny pojistkou. Vzorkovač je uchycen na lanku, na němž je spouštěn na dno. Vzorkovač dokáže odebrat vzorek z definované plochy, nikoliv hloubky.

Výhody:

- možnost odběru většiny sedimentů a kalů bahnatého až štěrkovitého složení,
- dostatečně veliký vzorek.

Nevýhody:

- odběr pouze povrchového vzorku,
- tlaková vlna při dopadu vzorkovače může porušit rozložení jemnozrnných sedimentů na dně,
- nelze použít pro odběr neporušených vzorků,
- možné ztráty kontaminantu při průchodu vzorkovače vodním sloupcem,
- riziko neúplného dovržení vzorkovače a ztráty vzorku.

Existují různé typy modifikace vzorkovačů, odlišující se některými konstrukčními prvky – např. Van Veen drapák, Ekman drapák, Petersenův drapák apod. (viz doporučená literatura v kapitole IV).

II.3.1.2 Jádrové vzorkovače („sediment core samplers“)

Jádrové (trubicové) vzorkovače se odlišují od drapákových vzorkovačů schopností odebrat zonálně neporušený vzorek, a tím zachovat původní strukturu, resp. vrstevnatost sedimentu s minimálním porušením. Dále umožňují odběr konkrétních poloh. Zejména pak mají větší hloubkový dosah nežli drapákové vzorkovače.

Existují trubicové vzorkovače různých konstrukcí pro různé podmínky odběru a vzorkovaného materiálu.

II.3.1.2.A Pistový vzorkovač („piston drill system“)

Pistový vzorkovač je tvořen trubicí, vyrobenou z nerezové oceli, popř. z průhledné umělé hmoty, kterou prochází píst. Píst při odběru zajišťuje podtlak na vzorkovaný materiál a snižuje tak riziko vypadnutí vzorku z trubice. Píst je ovládán pomocí lanka, nebo tyčky. Podle povahy vzorkovaného materiálu (zejména tekutosti sedimentu, resp. kalu) mohou mít

některé vzorkovače zábrany pro vypadnutí vzorku (např. těsnicí kuličku, mechanický zachytávač vzorku, pneumatické těsnění apod.). Vzorkovač je možné používat při vzorkování ze břehu, či okraje nádrže, nebo z plavidla. Vzorkovač je vhodné používat pro vzorkování sedimentů/kalů s vodním sloupcem do cca 5 m nade dnem.

Výhody:

- odběr vzorku sedimentu/kalu pod hladinou,
- možnost odebrat stratifikovaný vzorek,
- větší mocnost odebíraného materiálu ve srovnání s drapákovým vzorkovačem,
- odběr relativně neporušeného vzorku.

Nevýhody:

- nelze použít ve štěrčích a hrubozrnných materiálech,
- bez použití zábrany proti vypadávání vzorku nevhodný pro čisté písčité sedimenty.

Konstrukce pístového vzorkovače existuje v různých variantách lišících se použitým materiálem a řešením zábrany proti vypadávání vzorku. Podrobnosti je možno nalézt v doporučené literatuře.

II.3.1.2.B Rašelinová sonda („peat sampler“)

Rašelinová sonda je vzorkovač vhodný pro odběr středně až jemnozrnných sedimentů/kalů, resp. materiálů konzistencí blízkých rašelině. Lze jej používat i k odběru těchto materiálů pod hladinou vody, popř. k odběru zvodnělých materiálů (např. zvodnělé kaly). Vzorkovač je tvořen podélně seříznutou trubicí z nerezové oceli, která je zakryta pohyblivým plátem usazeným v dolní a horní části seříznuté trubice. Plát z jedné strany přesahuje půdorys vzorkovače a slouží k zakrytí odebraného vzorku ve vzorkovači při vyjímání vzorkovače a průchodu vodním sloupcem. Uzavření vzorku ale není těsné, nelze proto vyloučit vyplavení jemných částic vzorku při průchodu vodou. Rovněž způsob odběru vede k porušení struktury sedimentu, odběr neporušeného vzorku není možný.

Výhody:

- odběr vzorku sedimentu/kalu pod hladinou,
- možnost odběru zvodnělých sedimentů a kalů,
- větší mocnost odebíraného materiálu ve srovnání s drapákovým vzorkovačem.

Nevýhody:

- nelze odebrat neporušený vzorek,
- riziko vyplavení jemných částic a částečné ztráty vzorku,
- riziko vyplavení některých kontaminantů při průchodu vodním sloupcem,
- minimální mocnost sedimentu musí být větší, nežli je zarážecí hrot vzorkovače.

II.3.1.2.C Trubicový vzorkovač s dolním uzávěrem

Vzorkovač je tvořen trubicí o délce obvykle 1 až 3 m, vyrobené z nerezové oceli, popř. průhledné umělé hmoty. V dolní části je na ose, procházející trubicí, připevněn uzávěr, který je obsluhován v horní části vzorkovače (utahováním a povolováním osy se uzavírá nebo uvolňuje vstupní otvor). Vzorkovač je určen pro odběr kapalin, zvodnělých kalů, tekutých odpadů. Lze odebrat pouze směsný vzorek reprezentující sloupec vzorkované kapaliny, resp. kalů. Vzorkovač vyrobený z průhledného materiálu umožňuje vizuální kontrolu vertikální stratifikace materiálu vzorkovaného objektu.

Výhody:

- jednoduchá konstrukce,
- u průhledných vzorkovačů možnost sledování vertikální stratifikace materiálu,
- vhodný pro odběr průměrného vzorku k charakterizaci odpadů.

Nevýhody:

- nelze odebrat prostý vzorek z definované hloubky,
- při vyprazdňování vzorkovače se celý obsah vzorku promíchá, nelze odebrat neporušený vzorek,
- nelze použít pro odběr zpevněných kalů nebo sedimentů.

II.3.1.2.D Vzorkovač „Padající bomba“ („falling bomb system“, „gravity corer“)

Tento typ vzorkovače se skládá z trubice vyrobené z tvrzené průhledné umělé hmoty, popř. z nerezové oceli. Trubice je opatřena zátěží. Horní část vzorkovače je vybavena systémem zajišťujícím podtlak mezi vzorkem a horním víkem vzorkovače (různé konstrukce – např. gumový balónek, zpětný ventil apod.). Vzorkovač je obvykle spouštěn z plavidla. Vzorkovač je vlastní vahou se zaražen do dna, podtlak v trubicí zajišťuje vzorek proti vypadnutí podtlakem. Vzorkovač je vytahován na povrch lankem.

Výhody:

- možnost odběru neporušeného vzorku.

Nevýhody:

- vzorkovač může prorazit ochranou fólii vzorkovaného objektu (např. v kalové nádrži).

II.3.1.3 *Speciální vzorkovače pro odběr kalů*

Kromě typů uvedených v předchozích kapitolách jsou pro vzorkování kalů (zejména zvodnělých) používány další typy vzorkovačů – např. Coriho nasávač (vhodný pro orientační odběr kapalných kalů), Rawsonův nasávač (vhodný k orientačnímu odběru vzorků kalu z povrchu), naběračka (pro odběr vrstvy kalu u hladiny, nebo kalu ze dna), trubicový nebo spirálový vzorkovač pro odběr pastovitěho materiálu.

Uvedené vzorkovače jsou popsány v doporučené literatuře.

II.3.2 *Vzorkovače pro odběr sypkých materiálů (např. odpadů) uložených v obalech nebo na deponiích*

Při vzorkování sypkých materiálů (prachovitých, jemno až hrubozrnných) uložených v pytlích, barelech, nebo kontejnerech větších rozměrů lze používat vzorkovače uvedené v předchozích kapitolách (vzorkovací lopatky, jádrovače apod.). Nicméně nelze jimi vždy spolehlivě odebrat vzorek sypkého materiálu, neboť při manipulaci může docházet k nekontrolovatelným ztrátám materiálu, popř. nelze zajistit odběr z hloubky. Pro odběr sypkých materiálů jsou určeny některé z následujících typů vzorkovačů.

II.3.2.1 *Dvouplášťový (zónový) vzorkovač na sypké materiály („grain sampler“)*

Vzorkovač se používá pro vzorkování sypkých, prachovitých až zrnitých materiálů, uložených v pytlích, vacích, barelech, nebo kontejnerech. Velikost vzorkovaných částic materiálu je obvykle limitována do průměru 0,6 cm. Vzorkovač se skládá ze dvou trubic (vnitřní trubice je umístěna ve vnější a je otočná) s otvory od sebe vzdálenými v pravidelných intervalech. Vnější trubice vzorkovače se vyrábí z mosazi, případně nerezové oceli a vnitřní trubice je obvykle z inertní plastické hmoty – PTFE, HDPE. Vnější trubice má kónickou špičku, umožňující snadněji proniknout do vzorkovaného materiálu. Vzorkovač je otevírán a uzavírán otáčením vnitřní trubic.

Vzorkovač je vyráběn v různých délkách – obvykle 0,5 až 1 m.

Výhody:

- jednoduchá obsluha,
- odběr zonálních vzorků.

Nevýhody:

- není vhodný pro vlhké nebo lepkavé materiály,
- odebraný objem vzorku je poměrně malý.

II.3.2.2 *Vzorkovač pro odběr sypkých materiálů z hromad („waste pile sampler“)*

Vzorkovač se používá pro vzorkování hromad o příčném profilu větším než 1 m. Lze jej rovněž použít k odběru zrnitých nebo prachovitých materiálů uložených v kontejnerech, lodích, ale i ke vzorkování zeminy v případech, kdy jiný vzorkovač – např. propichovací trubice, není dostatečně dlouhý.

Délka vzorkovače může být různá, obvykle bývá 1 až 1,5 m. Vzorkovač je vyroben z nerezové oceli, ale lze používat i vzorkovače z tvrdých plastů – např. PVC (pokud je vzorkovaný materiál nepevněný a sypký).

Výhody:

- poměrně jednoduchá konstrukce a výroba vzorkovače,
- vzorkovač je finančně dostupný (zejména je-li vyroben z plastu),
- konstrukci vzorkovače lze upravit místním podmínkám.

Nevýhody:

- vzorkovačem nelze odebrat reprezentativní vzorek, pokud je maximální velikost částic větší nežli polovina průměru vzorkovače.

II.3.2.3 *Sondýrka („sampling trier“)*

Vzorkovač se používá pro vzorkování velmi slabě zpevněných, vlhkých či lepkavých, prachovitých až zrnitých materiálů, uložených v pytlích, vacích, barelech, nebo kontejnerech. Jedná se o trubici podélně seříznutou až ke špičce vzorkovače. Hrot a boky trubice jsou ostré, aby vzorkovač snadněji pronikal do vzorkovaného materiálu a bylo jej pak možné uvolnit ze vzorkovaného materiálu. Vzorkovač je vyroben z nerezové oceli, standardně je dodáván v délkách od 60 do 100 cm a průměru 1,2 až 2,5 cm. Konstrukčně je vzorkovač podobný půdní jehle (žlábkový vzorkovač), stěny jsou ale tenčí. Vzorkovač není vhodný k zarážení do zpevněných materiálů. (Půdní jehlu lze pro vzorkování těchto materiálů rovněž použít).

Výhody:

- doporučený vzorkovač pro odběr vlhkých nebo lepivých materiálů.

Nevýhody:

- poměrně málo vhodný pro odběr kamenitých, suchých nebo písčitých materiálů,
- jílovité a vlhké prachovité materiály lze obtížně vyjmout ze vzorkovače,
- vzorkovačem nelze odebrat reprezentativní vzorek, pokud je maximální velikost částic větší než polovina vnitřního průměru vzorkovače.

II.4 Vybavení pro vzorkování kapalných matric

Vybavení pro vzorkování kapalných matric je možné podle jeho způsobu využití rozdělit do několika kategorií. Přehledné dělení uvádí například Krajča (Technické prostředky pro vzorkování. In: Vzorkování podzemní vody. Soubor učebních textů. ČSJ, Praha 2000):

1. vzorkovače (přístroje definovaného objemu),
2. vzorkovací čerpadla,
3. vzorkovací pomůcky.

Mezi **vzorkovací pomůcky** se řadí drobný materiál, jako jsou například různé propojovací trubičky a armatury (ventily), průtočné cely, filtry, pomocné nádoby apod.

Popis všech typů používaných pomůcek, vzorkovačů a vzorkovacích zařízení je nad rámec tohoto metodického pokynu, dále jsou popsány pouze nejběžnější užívané typy.

II.4.1 Objemové vzorkovače

Vzorkovače (nebo také objemové vzorkovače) jsou zpravidla otevřené, nebo uzavřené nádoby, určené pro odběr definovaného objemu vody. Pro odběr většího množství vody, než je objem vzorkovače, je nutné opakovat manipulaci se vzorkovačem, tj. opakovaně jej umísťovat do bodu odběru, naplnit a vyzvednout. V nejjednodušším případě se může stát vzorkovačem sama vzorkovnice. Objemové vzorkovače se dále dělí na **proplachované** a **neproplachované** podle toho, zda jimi může nebo nemůže před vlastním plněním protékat vzorkovaná voda.

Použití vzorkovačů je podmiňováno konstrukcí a použitým materiálem. V dalším textu jsou popsány především běžně dostupné vzorkovače.

II.4.1.1 Povrchové odběry

II.4.1.1.A Přelivný válec

Tento vzorkovač je pravděpodobně nejstarší a nejjednodušší nástroj pro odběr vzorků podzemní a povrchové vody. Jedná se o jednoduchou válcovou nádobu se zátěžkou, která se zpravidla pomocí lankového závěsu zapouští do vrtů, nebo do vzorkovaného tělesa povrchové vody. Patří do skupiny objemových neproplachovaných vzorkovačů. Celková hmotnost prázdného válce je přibližně stejná, nebo vyšší než je jeho vztlak. V českých podmínkách se jedná pravděpodobně o jeden z nejčastějších vzorkovačů, v zahraniční literatuře se již prakticky nepopisuje pro svoji nevhodnost pro vzorkování. Běžně užívané označení pro tento typ vzorkovače „kalovka“ je nevhodné, správně se tímto názvem označuje spodem plněná nádoba se zpětnou klapkou na dolním konci (otevřený, spodem plněný vzorkovač).

Vzorkovač, pokud už je používán, by měl být zhotoven z nerezavějící oceli, nebo z PTFE, v praxi se lze často setkat i se vzorkovači z běžné uhlíkaté oceli s antikoročním nátěrem (**zcela nevhodné**).

Hlavní nevýhodou tohoto zařízení je skutečnost, že k plnění vzorkovače dochází horem, přelivem přes horní hranu nádoby. To znamená, že odebrána je vždy pouze kapalina z nejsvrchnější úrovně vodního tělesa, při hladině vody, kde je její složení zpravidla nejvíce alterováno kontaktem s atmosférou. Pokud jsou tímto vzorkovačem odebírány například vzorky podzemní vody z nevyčištěných vrtů nad horní hranici perforovaného úseku (z vrtů s napjatou hladinou a s negativní výtlakovou výškou), výsledný vzorek bude mít se skutečným složením podzemní vody jen velmi málo společného.

Během odběru navíc dochází k výraznému zvíření vody ve vzorkovaném vrtu a provzdušnění vody natékající do vzorkovače. Z tohoto důvodu bude docházet ke změnám v chemickém složení vzorku, zejména k ovlivnění jeho redoxního stavu, možnému snížení obsahu těkavých látek a plynů vlivem provzdušnění a zároveň ke zvýšení obsahu kovů v důsledku zvýšení turbidity.

Na druhou stranu lze přelivný válec s výhodou použít v případě, kdy potřebujeme zajistit, aby odebíraný vzorek byl skutečně z hladiny vody, např. při ověření přítomnosti samostatné volné fáze uhlovodíků na hladině podzemní vody.

Tento typ vzorkovače by měl být před použitím laboratorně vyčištěn. Vzorkovač, znečištěný např. volnou fází NAPL, nelze v terénu dostatečně dekontaminovat.

Výhody:

- zajištěný odběr z hladiny podzemní vody,
- jednoduchá manipulace,
- není nutný žádný zdroj energie.

Nevýhody:

- až na výjimky zcela nevhodný vzorkovač,
- reprezentativnost odběru je závislá na osobě vzorkaře,
- zcela zásadní ovlivnění vzorku pro parametry závislé na jeho provzdušnění a redoxním stavu,
- značné zvýšení turbidity a s tím spojené možné ovlivnění obsahu kovů.

II.4.1.1.B Teleskopický naběrák („pond sampler“)

Komerčně dostupné teleskopické naběráky jsou používány k odběrům vzorků z rybníků, jímek, lagun a podobných nádrží. Na konci dvou nebo třídílné hliníkové (nerezové, nebo laminátové) teleskopické násady může být upevněna nastavitelná objímka k upevnění vzorkovnic nebo je zde uchycena plastová kádinka, případně nádoba vyrobená z nerezavějící oceli, či teflonu. Vzorkovač má široké využití a je snadno dostupný. Tímto vzorkovačem lze odebrat vzorek pouze z hladiny a nelze ho použít k zonálnímu odběru.

Výhody:

- relativně snadná dostupnost,
- dosah odběru cca do 4,5 m.

Nevýhody:

- nelze získat reprezentativní vzorek v rozvrstvených kapalinách,
- nesnadná dekontaminace po odběru viskózních kapalin.

II.4.1.2 Zonální odběráky (hlubinné vzorkovače)

II.4.1.2.A Otevřený, spodem plněný vzorkovač („bailer“)

Tento vzorkovač (také označovaný jako hloubkový, nebo zonální vzorkovač) patří rovněž mezi nejstarší a nejjednodušší zařízení pro odběr vzorků podzemní a povrchové vody. Od přelivného válce se liší zpětnou klapkou na dolním konci válcové nádoby sloužící pro odběr vzorku. Během zapouštění vzorkovače na lankovém závěsu pod hladinu podzemní vody se zpětná klapka otevře a voda může volně proudit vzorkovačem. Po zapuštění a během vytažení vzorkovače se zpětná klapka uzavře a ve vzorkovači zůstává voda přibližně z nejnižší hloubkové úrovně, do které byl vzorkovač zapuštěn.

Jedná se o jednoduchý, levný a široce použitelný vzorkovač, který lze zařadit do skupiny objemových proplachovaných vzorkovačů. Je vyráběn z PTFE nebo nerezavějící oceli. Z nerezového lanka, potaženého PTFE by měla být zhotovena rovněž ta část závěsu, která bude během vzorkování v kontaktu se vzorkovanou vodou. Před použitím musí být vzorkovač laboratorně dekontaminován. Do terénu se vzorkovač převáží v obalu, který zajistí, aby nedošlo k jeho kontaminaci před použitím. Během manipulace na lokalitě je třeba se vyvarovat možnému znečištění vzorkovače, například zeminou, nebo strojním zařízením.

Vyráběny jsou také vzorkovače k jednorázovému použití z PTFE, nebo HDPE.

Při zapouštění do vzorkovaného vrtu je třeba dbát, aby nedocházelo ke kontaktu vzorkovače, nebo závěsného lanka s výstrojí vrtu.

Během vzorkování může docházet i přes veškerou opatrnost k určitému zviření vody ve vrtu a nárůstu turbidity vzorku. Z tohoto důvodu existuje riziko zvýšení obsahu kovů ve vzorku. Kromě toho nelze vyloučit částečné provzdušnění vzorku během odběru a následného přelévání vzorku do vzorkovnice.

Provzdušnění a turbiditu vzorku lze omezit způsobem manipulace se vzorkovačem během odběru, tj. opatrným zapouštěním vzorkovače až do momentu jeho kontaktu s hladinou podzemní vody a jeho pomalým a postupným plněním. V žádném případě by nemělo dojít k prudkému nárazu vzorkovače na hladinu podzemní vody ve vrtu.

Existuje celá řada komplikovanějších variant řešení ovládní ventilů nebo zpětných klapek (mechanicky, stlačeným plynem nebo elektricky ovládané ventily) na obou koncích válcové nádoby (např. Friedingerův vzorkovač, „discrete interval sampler“ apod.), které jsou nabízeny jednotlivými výrobci vzorkovacích přístrojů.

Výhody:

- široce použitelný vzorkovač,
- jednoduchá manipulace, nízká hmotnost,
- dostupné i jednorázově použitelné vzorkovače,
- není nutný žádný zdroj energie.

Nevýhody:

- jednorázový odběr pouze omezeného množství vody,

- může docházet k nárůstu obsahu kovů v důsledku zvýšení turbidity,
- reprezentativnost odběru je závislá na osobě vzorkače.

II.4.1.2.B Vzorkovací láhve

Tuto skupinu vzorkovačů tvoří zejména vzorkovnice se zátěží, nebo vzorkovnice uložená v zatížené kleci, které jsou opatřeny otevíratelným uzávěrem. Ten je pomocí nejrůznějších řešení v požadované hloubce otevřen a vzorkovač se naplní. Technické řešení otevírání vzorkovacích láhví dalo vzniknout široké variabilitě vzorkovačů.

Vzorkovače jsou využívány především při vzorkování povrchových vod (např. Mayerova, Hrbáčková láhev), popř. při vzorkování kapalných odpadů (např. vzorkování cisteren apod.).

Výhody:

- vzorkovač zůstává do místa odběru uzavřen a nehrozí riziko poškození vzorku při průchodem vzorkovače do bodu odběru,
- jednoduchá konstrukce a ovládání.

Nevýhody:

- omezené použití pro kapalné materiály se složitým vertikálním rozčlenění (podle hustoty),
- nelze vyloučit přimísení kapaliny do vzorku při zapouštění, resp. vyzvedávání vzorkovače.

II.4.2 Vzorkovací čerpadla

Jako **vzorkovací čerpadla** jsou zpravidla označována v porovnání s předchozí skupinou relativně složitější zařízení. Jsou schopna po instalaci do bodu odběru odebírat větší množství vody. Jedná se o čerpadla a pumpy s různým pohonem, s kontinuálním nebo diskontinuálním provozem.

Podle principu činnosti lze vyčlenit zařízení výtlačná (**positive displacement**), která využívají přetlaku vytvářeného v bodu odběru k vytlačování vzorkované vody do vzorkovnice a **sací (suction)**, která využívají podtlak. Mezi výtlačná zařízení patří všechna ponorná vzorkovací čerpadla mezi sací zařízení patří například peristaltické čerpadlo, nebo písťový sací vzorkovač, použitý z povrchu.

Princip činnosti čerpadla může mít podstatný vliv na změny obsahu sledovaných látek ve vzorkované kapalině. V tabulce 3 jsou uvedena doporučená čerpadla pro jednotlivé sledované analyty.

Na konstrukci vzorkovacích čerpadel jsou kladeny požadavky, které vyplývají z účelu těchto zařízení a kterými se odlišují od jiných druhů čerpadel (používaných např. při jímání pitné vody, nebo při sanačním čerpání).

Požadavky na vzorkovací čerpadla pro vzorkování podzemní vody:

- malé rozměry – do úzkoprofilových vrtů (průměr <60 mm),
- nastavitelná vydatnost čerpání,
- možnost čerpání „s malým průtokem“ – od 0,1 l/min.

Jiné požadavky jsou kladeny na automatické vzorkovače pro odběr povrchové nebo odpadní vody.

Automatické odběrové zařízení by mělo být schopno odebírat:

- směsné vzorky v závislosti na čase,
- směsné vzorky v závislosti na průtoku, případně proteklém množství,
- jednorázové vzorky v určených intervalech do jednotlivých vzorkovnic,
- směsné vzorky v daném krátkém intervalu do jednotlivých vzorkovnic,
- směsné vzorky v závislosti na průtoku do jednotlivých vzorkovnic.

Dále by mělo mít následující vlastnosti:

- jednoduché provedení se snadným provozem, údržbou a dekontaminací,
- minimální vnitřní průměr vzorkovací hadice má být 9 mm,
- vstupní rychlost odebírané tekutiny má být minimálně 0,5 m/s,
- schopnost uchovávat odebíraný vzorek při teplotě 0 °C – 4 °C.

II.4.2.1 Peristaltické čerpadlo

Peristaltické čerpadlo patří do skupiny sacích (podtlakových) čerpadel, používaných na povrchu terénu. Podtlak v sacím potrubí je vyvolán stlačováním elastické části trubičky kladkami na rotujícím disku oproti pevnému statoru. Otáčením rotoru s kladkami se stlačená místa na elastické trubičce posunují ve směru proudění čerpaného média. Žádná část čerpadla, s výjimkou elastické trubičky, se nedostává do kontaktu s čerpaným médiem. Jedna část elastické trubičky je připojena k sacímu potrubí, druhá část k výstupu k plnění vzorkovnic.

Vzhledem k tomu, že čerpadlo využívá vytvářeného podtlaku a je umístěno na povrchu, je omezena maximální hloubka, ze které je možné čerpat vodu na cca 8 m. Kromě toho vytvářený podtlak může způsobit odplynění čerpaného vzorku, a tím ovlivnit koncentrace, např. rozpuštěného kyslíku, oxidu uhličitého, metanu, etanu, vinylchloridu a dal-

ších těkavých organických analytů, dále pH a železa (celkový obsah i změnu podílů Fe^{2+} a Fe^{3+}). Z tohoto důvodu není v některých metodikách použití tohoto čerpadla povoleno pro odběr vzorků podzemní a povrchové vody pro stanovení těkavých organických analytů, popřípadě pro odběr vzorků podzemní vody metodou malého čerpaného množství během hodnocení přirozené atenuace.

Výhody:

- lze použít i ve vrtech s malým průměrem výstroje (od cca 40 mm),
- vzorek se nedostává do kontaktu s žádnými částmi čerpadla,
- snadné použití a výborná možnost nastavení čerpaného množství,
- není nutné dekontaminovat (pružnou trubičku a další potrubí je nutné měnit mezi jednotlivými odběry),
- možnost čištění vrtu a odběru vzorků jedním zařízením,
- možná přímá filtrace vzorku „in line“.

Nevýhody:

- omezení pracovního dosahu na cca 8 m pod terén,
- možné ztráty plynů a těkavých analytů během odběru,
- obecně neposkytují reprezentativní data pro analyty, citlivé na provzdušnění a oxidačně redukční stav vzorku.

II.4.2.2 Plynové membránové čerpadlo („bladder pump“)

Čerpadlo patří do skupiny ponorných výtlačných vzorkovacích čerpadel, označovaných jako „positive displacement pumps“.

Plynové membránové čerpadlo je charakteristické nespojitým čerpáním, kdy se v pracovním cyklu opakuje plnění pracovní komory vzorkovanou vodou a její vytlačování přes zpětný ventil do výstupního potrubí.

V případě membránového čerpadla se jedná o válcovou nádobu z PTFE, nerezavějící oceli nebo alternativního materiálu, ve které se nachází válcová pružná membrána (zpravidla z elastického PTFE). Jako pohonné médium slouží stlačený plyn (obvykle vzduch, nebo dusík), který je periodicky vpouštěn do prostoru za membránou, membránu roztahuje a vytlačuje vzorkovanou vodu z pracovní komory přes zpětný ventil do výstupního potrubí. Dávkování stlačeného plynu je řízeno manuálně nebo pomocí řídicí aparatury z povrchu.

Množství čerpané vody lze snadno řídit frekvencí dávkování pohonného plynu. Tento typ vzorkovačů je vhodný i pro dlouhodobou instalaci do vystrojených vrtů, nebo pro přímé a trvalé umístění do horninového prostředí (nevystrojených vrtů). Relativně malý průměr vzorkovačů (od cca 40 mm) umožňuje instalaci několika vzorkovačů najednou do různých hloubek v jednom objektu pro víceúrovňové zonální vzorkování.

Výhody:

- lze použít i ve vrtech s malým průměrem výstroje (od 2“),
- princip výtlačného čerpadla, bez styku hnacího plynu s čerpanou vodou,
- snadné použití a možnost nastavení čerpaného množství,
- minimální zvýšení turbidity vzorků,
- možnost čištění vrtu a odběru vzorků jedním zařízením,
- možná přímá filtrace vzorku „in line“,
- přijatelné pro všechny analyty (v závislosti na použitém materiálu).

Nevýhody:

- s rostoucí hloubkou hladiny podzemní vody ve vzorkovaném objektu vzrůstá spotřeba stlačeného plynu a k zajištění vzorkování musí být k dispozici velké objemy stlačeného plynu (použití přenosného kompresoru namísto láhví se stlačeným vzduchem),
- vyžaduje externí zdroj plynu (láhev se stlačeným plynem, nebo přenosný kompresor).

II.4.2.3 Plynové výtlačné čerpadlo („double-valve pump“)

Toto čerpadlo je podobné předchozímu typu a je možné jej zařadit do stejné skupiny ponorných výtlačných čerpadel. V pracovní komoře však chybí membrána, oddělující pohonné médium (plyn) od vzorkované vody. Pracovní komora je oddělena od vzorkovaného prostředí zpětnou klapkou a druhou zpětnou klapkou od výstupního potrubí. Periodickým vypouštěním a napouštěním pracovní komory pohonným plynem je do prostoru komory nasávána okolní podzemní voda, která je následně vytlačována do výstupního potrubí. V případě, kdy je vhodnou konstrukcí čerpadla minimalizována styčná plocha mezi pohonným plynem a čerpanou vodou, může být minimalizována rovněž aerace a případné odplynění vzorků.

Výhodou tohoto typu vzorkovače jsou velmi malé průměry výstroje, do kterých je možné tento vzorkovač instalovat (již od cca 10 mm). To umožňuje konstrukci vzorkovacích objektů s mnoha vertikálně oddílnými úrovněmi v jednom vrtu („multilevel samplers“).

Jako pohonné médium slouží stlačený plyn (obvykle dusík, s ohledem na minimální ovlivnění oxidačně – redukčního stavu vzorku). Dávkování pohonného plynu je řízeno manuálně nebo pomocí řídicí aparatury z povrchu.

Množství čerpané vody lze snadno řídit frekvencí dávkování pohonného plynu.

Vzorkovače jsou běžně vyráběny a dodávány mnoha dodavateli vzorkovací techniky.

Výhody:

- lze použít i ve vrtech s malým průměrem výstroje (od 10 mm),
- princip výtlačného čerpadla,
- snadné použití a možnost nastavení čerpaného množství,
- minimální zvýšení turbidity vzorků,
- možnost čištění vrtu a odběru vzorků jedním zařízením,
- možná přímá filtrace vzorku „in line“,
- přijatelné pro všechny analyty (v závislosti na použitém materiálu).

Nevýhody:

- pro vzorkování může vzniknout potřeba velkého objemu stlačeného plynu (v závislosti na hloubce hladiny podzemní vody pod terénem),
- vyžaduje externí zdroj plynu (láhev se stlačeným plynem, nebo přenosný kompresor),
- možné ovlivnění vlastností vzorku pohonným plynem,
- možné odplynění vzorku během odběru.

II.4.2.4 Elektrické odstředivé čerpadlo („centrifugal pump“)

Odstředivá elektrická čerpadla tvoří z hlediska principu funkce samostatnou skupinu. Jsou vyráběna mnoha výrobci v celé škále provedení, od vysoce výkonných čerpadel pro odběr podzemní vody až po čerpadla s malým a říditelným čerpaným množstvím (určena speciálně pro vzorkování). Pro konstrukci hydraulické části tohoto typu čerpadel, která přichází do styku s čerpanou vodou, je běžně používána široká škála materiálů, od šedé a temperované litiny přes nerezavějící ocel a speciální plastické hmoty až po PTFE. Stejně tak se liší i elektrické napětí pro napájení elektromotoru a průměry pažnice, do které je možné čerpadla instalovat. Z výše uvedených důvodů je nutné při výběru tohoto typu čerpadla respektovat, k jakému účelu a pro jaké rozmezí pracovních parametrů (např. pH, teplota) jsou výrobcem určena.

Pro vzorkování jsou vyráběna speciální čerpadla s malým průměrem a malým, v některých případech říditelným čerpaným množstvím. Výtlačná výška se u některých typů těchto čerpadel blíží ke 100 m. Některá čerpadla tohoto typu lze kombinovat a zapojovat do série, a tím zvýšit dosažitelnou výtlačnou výšku.

Do této skupiny nepatří některá v minulosti běžně používaná elektrická čerpadla, např. tzv. „Malýš“ (elektromagnetické membránové čerpadlo, k vzorkování nepřiliš vhodné).

Elektrická odstředivá čerpadla jsou velmi dobře použitelná k čištění vrtů a v některých případech i k odběru vzorků.

Výhody:

- princip výtlačného čerpadla,
- široce použitelné,
- malá hmotnost,
- dostupné v provedení z nerezavějící oceli a PTFE,
- některé modely jsou kompletně demontovatelné pro dekontaminaci,
- použitelné pro čištění a vzorkování s malým průtokem,
- dostupné modely pro jednorázové použití, nebo trvalou instalaci do vrtů.

Nevýhody:

- vyžadují externí zdroj energie (připojení na el. síť, generátor nebo akumulátor),
- mohou zvyšovat teplotu čerpané vody.

II.4.2.5 Elektrické vřetenové čerpadlo („progressing cavity pump“)

Toto čerpadlo je podobné předchozí skupině, liší se však provedením výtlačné hydraulické části, která se skládá ze statoru s pružnou vložkou, s dutinou ve tvaru dvouchodého oblého závitu. V této dutině se otáčí vřetenem s jednochodým závitem. Otáčením vřetenem se posouvá dutina mezi státorem a vřetenem směrem do výtlačného potrubí. Čerpané množství lze snadno regulovat na povrchu. Pro konstrukci hydraulické části tohoto typu čerpadel, která přichází do styku s čerpanou vodou, je běžně používána široká škála materiálů, od šedé a temperované litiny přes nerezavějící ocel, pryž a speciální inertní plastické hmoty až po PTFE. K dispozici jsou i modely napájené z baterií s napětím 12 V. Výtlačná výška dosahuje až okolo 50 - 80 m.

Výhody:

- princip výtlačného čerpadla,
- malá hmotnost,
- dostupné v provedení z nerezavějící oceli a vysoce inertního materiálu statoru,
- dobré řízení průtoků,
- použitelné pro čištění a vzorkování s malým průtokem.

Nevýhody:

- vyžadují externí zdroj energie (připojení na el. síť, generátor nebo akumulátor),
- mohou zvyšovat teplotu čerpané vody.

II.4.2.6 Inerciální (pístové) čerpadlo („inertial pump“)

Pístová (inerciální) čerpadla jsou jedním z nejstarších zařízení pro odběr podzemní vody ze studní. Příkladem může být běžně používané ruční čerpadlo, tzv. pumpa. Modifikace tohoto čerpadla pro vzorkování se skládá z dlouhé výtlačné trubičky z inertního materiálu, opatřené na spodním konci zpětnou klapkou (kulovým ventilem) a zapouštěné do vzorkovaného vrtu. Zpětný ventil umožňuje natékat vodě do trubičky, ale brání jí unikat ven. Pracovní cyklus čerpadla sestává z opakovaného zdvihu a zapouštění trubičky ve vzorkovaném vrtu. Během rychlého zapouštění trubičky se uplatňuje setrvačnost (inergie) vody v trubičce a otvírá se zpětný ventil. Voda proudí do vzorkovače. Během zdvihu se zpětný ventil uzavře a voda se posunuje spolu s trubičkou směrem k povrchu.

Trubičkou je možné pohybovat buď ručně, nebo např. elektromechanickým zařízením.

Výtlačná výška tohoto principiálně velmi jednoduchého zařízení se pohybuje mezi 60 až 80 m.

Vzorkovače jsou běžně vyráběny a dodávány mnoha dodavateli vzorkovací techniky, pod různými komerčními označeními. Typickou vlastností tohoto vzorkovače je možnost jeho instalace do výstrojí s velmi malým průměrem, řádově již od prvních milimetrů. To umožňuje konstruovat v jednom vrtu skupinové vzorkovače s vysokým počtem oddílných vzorkovaných úrovní („multilevel samplers“ – MLS).

Výhody:

- velmi levné vzorkovače,
- snadná obsluha a provoz,
- dekontaminace zpětných ventilů je velmi snadná,
- lze použít trubičky k jednorázovému použití,
- při použití v malých průměrech výstroje vhodné i pro vzorkování těkavých analytů.

Nevýhody:

- vzorkování může být fyzicky náročné,
- v některých případech může zvyšovat turbiditu,
- v některých případech může způsobit ztráty těkavých analytů,
- v prostředích s malým průměrem výstroje a nízkou propustností může dojít k vyčerpání objemu vody ve výstroji a provzdušnění odebíraného vzorku.

II.4.2.7 Plynové čerpadlo („air lift“)

Tento typ čerpacích zařízení je v ČSN ISO 5667-18 uveden pod označením „výtlačné přetlakové čerpání“, ale v praxi je znám spíše jako „mamutí“ čerpadlo, „mamutka“, nebo pod anglickým označením „air-lift“. Řadí se do skupiny hydraulicko-pneumatických zařízení. Jedná se o dlouhou kontinuální výstupní trubici, zapuštěnou pod hladinu čerpané vody ve vrtu. Nad spodním okrajem trubice je difuzor, kterým je dovnitř zaváděn stlačený vzduch. Provzdušněná voda má nižší hustotu a stoupá trubicí vzhůru. Čerpadlo má použití například v aerobních reaktorech, čistírnách odpadních vod a používá se rovněž v některých případech pro čerpání podzemní vody k technologickým účelům, popřípadě k čištění vrtů od mechanických nečistot.

Vzhledem ke skutečnosti, že dochází ke kompletnímu provzdušnění vzorku a změně jeho redoxního stavu a uhlíkaté rovnováhy, je toto čerpací zařízení ke vzorkování **obecně zcela nevhodné**. Může totiž docházet ke změnám základních vlastností vody, např. pH a obsahu základních iontů, např. v důsledku srážení minerálních fází po poklesu parciálního tlaku oxidu uhličitého ve vzorku. V zahraničí se pro vzorkování z tohoto důvodu nepoužívá.

Výhody:

- lze využít pro čištění vrtů od mechanických nečistot (např. kal, písek).

Nevýhody:

- pro vzorkování zcela nevhodné zařízení.

II.4.2.8 Alternativní typy vzorkovačů

Vzhledem k rychlosti vývoje v oblasti vzorkovacích technologií výše uvedená vzorkovací zařízení nepokrývají, a ani nemohou pokrýt veškerou škálu vyráběných a dostupných vzorkovacích zařízení. Pro zajištění konkrétních potřeb doporučujeme sledovat aktuální nabídku firem, zabývajících se vývojem a výrobou vzorkovacích zařízení.

Pro zajištění vzorkování v rámci daného projektu lze dále využívat řady dalších speciálních, nebo jednoúčelových vzorkovačů, které mohou být k danému úkolu vhodnější, než jsou běžné komerčně dodávané produkty, které nemusí beze zbytku pokrývat všechny potřeby vzorkování. V některých případech může být dokonce nezbytné navrhnout jednoúčelový vzorkovač speciálně pro dané použití, pro které není komerčně vyráběné zařízení běžně k dispozici. Ve všech takových případech je však nezbytné provést ověření vhodnosti použitého materiálu a funkce vzorkovače vzhledem k zamýšlenému účelu.

Další informace lze najít v literatuře, např. Krajča, J. (1983): Vzorkování přírodních vod, nebo Schoenleber, J. R. (ed.) (2005): Field Sampling Procedures Manual.

II.4.3 Speciální vzorkovací zařízení a vzorkovače**II.4.3.1 Sací lysimetr**

Kromě vody v saturované zóně horninového prostředí je možné vzorkovat rovněž pórovou vodu v nesaturované zóně a v půdním profilu. Nejběžnějším zařízením používaným k tomuto účelu je tzv. sací (membránový) lysimetr. Jedná se o zařízení, která se skládají z keramické pórzní membrány, která zprostředkovává kontakt s okolním prostředím, pouzdra a dvojitého potrubí, sloužícího k vytváření podtlaku v zařízení a vytlačování odebrané vody k povrchu. Lysimetr se instaluje přímo do nevystrojeného vrtu do nesaturované zóny, bez obsypu.

Během pracovního cyklu je v lysimetru potrubím z povrchu vytvořen podtlak. Pórová voda je z horninového prostředí nasávána přes keramickou membránu do pouzdra vzorkovače a přes zpětný ventil do výstupního potrubí. Poté je odsávání ukončeno a druhým potrubím, připojeným ve vzorkovači k výstupní větvi těsně nad zpětným ventilem je do systému přiveden stlačený plyn, který vytlačí vodu ve výstupním potrubí na povrch do vzorkovnice. Vzhledem k vytvářenému podtlaku a následnému proplynění dochází k ovlivnění obsahu rozpuštěných plynů, porušení oxidačně redukční rovnováhy, a tím i k potenciálním změnám obsahů základních iontů.

Výhody:

- relativně levný vzorkovač,
- jednoduchá manipulace,
- poskytuje prosté bodové vzorky,
- trvalá instalace do nesaturované zóny.

Nevýhody:

- jednorázový odběr pouze omezeného množství vody,
- množství odebrané vody je závislé na vlhkosti horninového profilu, při poklesu vlhkosti pod danou mez nelze vzorkovat,
- obecně neposkytuje reprezentativní data pro analyty, citlivé na provzdušnění a oxidačně redukční stav vzorku,
- vyžaduje externí zdroj vakua a stlačeného inertního plynu.

II.4.3.2 Perkolační lysimetr

Tento vzorkovač je druhým, relativně jednoduše použitelným zařízením pro vzorkování půdní vody a vody z nesaturované zóny horninového prostředí. Na rozdíl od předchozího typu poskytuje časově závislé směsné vzorky. Pracuje na velmi jednoduchém principu. Do určené hloubky horninového profilu je instalována profilovaná a vyspádovaná deska z inertního materiálu, která představuje pro prosakující vodu nepropustnou bariéru a odvádí ji do vzorkovnice v kontrolní šachtě. Množství vody, které je zařízení schopné odebrat za daný časový interval, je závislé na množství vody aktuálně gravitačně infiltrující půdním profilem na plochu instalované sběrné desky.

Výhody:

- relativně levný a široce použitelný vzorkovač,
- jednoduchá manipulace,
- trvalá instalace do horninového prostředí,
- není nutný žádný zdroj energie.

Nevýhody:

- odběr pouze omezeného množství vody,
- nelze odebrat okamžitý prostý bodový vzorek,
- poskytuje časově závislé směsné vzorky.

II.4.3.3 Automatické vzorkovače pro odběr povrchových a odpadních vod

Pro odběr vzorků odpadních vod na odtocích z čistíren odpadních vod se dlouhodobě velmi dobře osvědčují automatické vzorkovače. Podmínkou použití automatických vzorkovačů je rovnoměrné promísení vzorkovaného média v bodě odběru (musí být zaručena homogenita kapaliny). Není-li k dispozici vhodné odběrné místo, musí být vytvořeno takové, které umožní reprezentativní odběr vzorků, jinak ani při použití nejlepších vzorkovačů nelze očekávat reprezentativní vzorky.

V zásadě existují 2 druhy automatických vzorkovačů:

- přenosné vzorkovače (podtlakové sání, peristaltická čerpadla),
- stacionární vzorkovače, stejný princip jako přenosné, ale jsou na rozdíl od přenosných vždy aktivně chlazeny.

Existuje mnoho dalších, převážně stacionárních systémů založených na různých principech, např. odběry z tlakového potrubí, řetězové čerpadlo („pater noster“), průtočné výhybky, čerpání pomocí stlačeného vzduchu apod.).

V praxi se používají nejčastěji podtlakové systémy a peristaltická čerpadla.

U podtlakových systémů je před vlastním odběrem prohnán vzduch hadicí napojenou na odběrnou nádobku, čímž dojde k vyčištění sací, odběrové hadice. Následně je vytvářen podtlak v odběrném systému, čímž dochází k nasávání vzorku do odběrové nádoby. Po dosažení požadované hladiny v nádobě je v dalším cyklu odběrového systému naplněn vzduchem, čímž dojde k vytlačení přebytečné kapaliny ze systému. V odběrové nádobce je odměřen nastavený objem vzorku, který je vypuštěn do vzorkovnice. Objem dílčího vzorku je dán konstrukcí vzorkovače.

U peristaltických čerpadel je vzorek odebírán přímo hadicí a jeho velikost se řídí počtem otáček. Jako maximální sací výšku udávají někteří výrobci 8,5 m.

Ani jeden z těchto principů neumožňuje spolehlivě odebírat vzorky pro analýzu těkavých organických látek.

Mimo jiné je třeba brát v úvahu při rozhodování omezení dané průměrem sací hadice (9 nebo 12 mm) a vstupní rychlostí vzorkované kapaliny, která musí být minimálně 0,5 m/s.

Výhody:

- snadné získání požadovaných vzorků,
- snížení pravděpodobnosti proměnlivosti způsobené manipulací se vzorkem,
- možnost chlazení již při odběru,
- možnost použití skleněných nebo plastových odběrových nádob,
- dostatečná kapacita k odběru vzorku do více vzorkovnic pro vizuální odhad proměnlivosti a možnost analýzy stejného vzorku ve více vzorkovnicích.

Nevýhody:

- potřeba dobíjení baterií a dekontaminace zařízení,
- možnost ucpání hrubými nerozpuštěnými látkami,
- omezená světlost odběrového potrubí (hadice),
- možnost kontaminace vzorků,
- předmět zájmu vandalů.

II.4.3.4 Trvale instalovaná vzorkovací technika

Za stabilní instalaci lze v podstatě považovat **každé čerpací zařízení**, které je v objektu nebo u objektu pevně instalováno.

Smyslem instalace vzorkovací techniky do objektu je zajistit neměnnou geometrii vzorkování, včetně eliminace nejistot vyvolaných manipulacemi se vzorkovačem, resp. vzorkovacím zařízením v objektu a snížení nároků na pročištění vzorkovaného objektu před odběrem.

Trvale instalovaná vzorkovací technika nemusí být nutně umístěna jenom uvnitř vzorkovaného objektu (např. vrtu). Může se jednat rovněž o tzv. průtočné vzorkovače na vrtech na povrchu, které mohou být umístěny v potrubí a být snadno dostupné v soustavě ventilů na zhlaví vrtu.

Trvale instalovanou techniku také můžeme rozdělit na demontovatelnou a nedemontovatelnou (např. zacementovaná ve vrtu).

II.4.3.5 Pasivní difúzní vzorkovače

Jedná se o relativně novou skupinu vzorkovacích zařízení, určenou pro dlouhodobou instalaci do vrtů, vodních toků a nádrží. Na rozdíl od všech ostatních skupin vzorkovacích zařízení, která jsou primárně určena pro odběr prostých bodových vzorků, pasivní vzorkovače poskytují vzorky časově integrální, tj. odpovídající časově vážené průměrné koncentraci vzorkovaného analytu ve vodě za dobu expozice vzorkovače. Z tohoto úhlu pohledu se jedná tedy spíše o dozimetrická zařízení.

Princip zařízení je velmi jednoduchý. Do „vzorkovaného“ objektu je zapuštěn vzorkovač (citlivá látka – sorbent na vhodném nosiči), do kterého difunduje sledovaný analyt. Po určené době expozice se vzorkovač vyjme, sorbent je analyzován a obsah sledovaného analytu ve vodě je určen na základě známého rozdělovacího koeficientu mezi podzemní vodou a sorbentem.

Jako sorbent jsou používány různé látky, v závislosti na sledovaném analytu. Například pro monitorování obsahů některých perzistentních organických látek se jako sorbent používá syntetický triolein v LDPE membráně, pro sledování těkavých organických látek superčistá demineralizovaná a deionizovaná voda také v LDPE membráně. Pro sledování některých anorganických analytů jsou používány pevné sorbenty v porézní keramické membráně.

Z výše uvedeného vyplývají některá zásadní omezení této technologie:

1. Použitý vzorkovač je citlivý pouze k některým analytům, tento typ vzorkování by tedy neměl být používán během průzkumných etap prací.
2. Pro expozici je potřeba delšího časového intervalu (řádově dny až stovky dnů), vzorkovače není možné použít v případě potřebné rychlé reakce na změnu koncentrací.
3. Vzorkovač nezaznamenává maximální okamžitou koncentraci analytu, ale pouze dlouhodobou expozici (časově váženou průměrnou koncentrací). To znamená, že pokud koncentrace sledovaného analytu v čase významným způsobem kolísají, nemusí výsledek stanovení daného polutantu ze vzorkovače odpovídat skutečné míře rizika spojeného s kontaminací.

Výhody:

- není třeba náročné čištění vrtů před odběrem (platí pouze pro podzemní vodu),
- relativně jednoduchá a levná zařízení,
- zařízení k jednorázovému použití,
- dekontaminovat je nutné pouze relativně jednoduchá pouzdra vzorkovačů,
- jednoduchá instalace a demontáž,
- lze instalovat skupiny vzorkovačů do různých hloubek v jednom objektu,
- poskytují přesné hodnoty průměrného obsahu rozpuštěného kyslíku.

Nevýhody:

- neposkytují okamžité (bodové) hodnoty koncentrací, ale časově vážené průměry,
- mají využití pouze pro omezené spektrum analytů,
- použitelné pouze v případě, kdy je zajištěno, že vzorkovač je zapuštěn v perforované části výstroje a podzemní voda protéká napříč perforací (platí pouze pro podzemní vodu),
- poskytují koncentrace pouze pro hloubku instalace. V případě výrazné hloubkové stratifikace koncentrací mohou poskytnout nepřesné hodnoty,
- na membráně mohou narůstat v některých případech biofilmy, ovlivňující absorpci sledovaných analytů (zejména hydrofobních).

II.5 Vzorkovací zařízení na odběr plynů

Při odběru ovzduší a vzdušin je nezbytné transformovat vzorek vzdušiny (plyn, pára, aerosol, prachové částice apod.) tak, aby bylo možné provést analytickou zkoušku.

V zásadě existují následující způsoby odběru a následné přípravy vzorku pro další postup měření:

1. přímé měření pomocí přenosných přístrojů (detektory, analyzátory),
2. přímé měření pomocí barevně reagujících detekčních trubiček,
3. odběr vzdušiny do vzorkovnice (např. plastové vaky, skleněné vzorkovnice, kanystry),
4. záchyt sledovaného analytu na kolektor.

II.5.1 Přímé měření pomocí přenosných přístrojů (detektory, analyzátory)

Existuje celá řada přenosných přístrojů různého použití. Některými jsou pouze indikovány např. potenciálně nebezpečné stavy (nebezpečí výbuchu, nedostatku kyslíku apod.), – tzv. detektory; jiné se používají k přímé analýze vzdušiny pro zjištění konkrétního parametru nebo skupiny parametrů – tzv. analyzátory.

Před použitím přenosných přístrojů je důležité se seznámit s konkrétními omezeními, která limitují aplikace přístrojů. Jedná se například o ověření možnosti použití přístroje ve výbušném prostředí, principu konstrukce měřícího čidla a jeho vhodnosti pro dané složení plynu (rizika interference výsledků apod.).

Neoddělitelnou součástí provozu přenosných přístrojů je jejich správná údržba a zejména pravidelná kalibrace příslušnými kalibračními plyny, prováděná podle pokynů výrobce zařízení. Přístroj, který není metrologicky navázán na plyn o známém složení a koncentraci, nelze pro měření používat.

Přenosné přístroje jsou děleny podle účelu použití a podle principů činnosti detekčního senzoru.

Vzhledem k omezenému rozsahu Metodického pokynu jsou typy detektorů měřících přístrojů a jejich použití stručně popsány v tabulce 4. Podrobnější údaje je možné získat studiem doporučené literatury.

Spolehlivá činnost přístrojů vyžaduje dodržování základních pravidel zajištění a kontroly jakosti.

Primárním požadavkem je nastavení a kontrola správnosti měření – kalibrace přístrojů, hodnocení regulačních diagramů apod.

V manuálech přístrojů jsou uváděny předepsané postupy a doporučená četnost kalibrací přístrojů, včetně kontroly dalších parametrů, které je nutné dodržovat.

Dalším prvkem zajištění jakosti měření s přenosnými měřicími přístroji je pravidelná kontrola funkčnosti přístrojů – konfirmace s předepsanými charakteristikami přístroje. Jedná se např. o kontrolu čerpacích systémů, teplotních a tlakových čidel, životnosti akumulátorů apod. Konfirmaci přístrojů obvykle zajišťují specializované servisní firmy doporučené výrobcem.

Neméně důležitým požadavkem pro dodržení kvality výsledků měření je zaškolení personálu, který měření provádí. Tyto osoby musí být dokonale seznámeny s manuálem přístroje, zaškoleny pro činnost s přístrojem a obeznámeny s faktory omezující použití přístroje (možnosti interferencí, nejednoznačných výsledků měření, použití přístroje ve výbušném prostředí apod.).

II.5.2 Přímé měření pomocí barevně reagujících detekčních trubiček

V některých případech je při měření v terénu nezbytné znát okamžitou koncentraci plynu v ovzduší nebo ve vzdušině. Tyto případy mohou nastat např. při vstupu do uzavřených prostor s rizikem výskytu toxických plynů, popř. při orientační kontrole výskytu konkrétní sloučeniny v půdním plynu. Relativně levnou, rychlou a selektivní metodou je použití detekčních trubiček.

Detekční trubička je tvořena skleněnou trubicí se stupnicí koncentrace, obsahující specifickou reagující látku, která reaguje změnou barvy selektivně na určitou sloučeninu obsaženou v plynu.

Detekční trubičky jsou obvykle specifické pro jednotlivé látky. Při měření musí osoba odpovědná za vzorkování znát složení plynu, neboť při kombinaci určitých skupin sloučenin v plynu může docházet k interferenci a k chybným výsledkům měření. Někteří výrobci nabízejí především pro potřebu záchranných týmů hasičů identifikační sady detekčních trubiček, které umožňují pomocí série měření identifikovat rizikovou látku v ovzduší a zvolit vhodnou detekční trubičku pro změření koncentrace této látky v ovzduší.

Postup měření:

1. je určena látka, jejíž koncentrace v plynu se má stanovit,
2. je zvolena příslušná detekční trubička vhodná pro stanovení požadované látky při předpokládaném složení plynu (zvolený typ detekční trubičky musí vyhovovat látkovému složení plynu a nesmí reagovat s ostatními sloučeninami v plynu),
3. trubička je otevřena na obou koncích a připojena se k čerpadlu (resp. pumpě),
4. trubičkou je prosát předepsaný objem zkoumaného plynu (počet zdvihů ruční pumpy),
5. po uplynutí času definovaného výrobcem v návodu na použití je odečteno zabarvení trubičky a porovnáno se stupnicí v návodu,
6. naměřená hodnota je zaznamenána do dokumentačního záznamu.

Použitá detekční trubička je zlikvidována v souladu s doporučením výrobce.

Použití:

Nejčastěji jsou detekční trubičky používány při kontrole kvality ovzduší v rizikových prostorech při vstupu, popř. při vlastní činnosti, resp. po jejím ukončení v daném prostoru.

Jedná se o trubičky měřící obsah hořlavých plynů (CH_4), toxických plynů (CO , CO_2 , H_2S , NH_3 , alifatické chlorované uhlovodíky apod.).

Havarijní sadu detekčních trubiček pro identifikaci rizikové látky lze použít při ochraně zdraví zásahových týmů při havarijním zásahu.

Detekční trubičky mohou nalézt velmi široké uplatnění (např. i při atmogeochemickém měření apod.), podmínkou je znalost základních informací o daném problému – tzn. znalost složení plynu, přibližná znalost koncentrací v ovzduší. Za těchto podmínek jsou měření s detekčními trubičkami velmi rychlou orientační metodou.

II.5.3 Odběr plynu do vzorkovnice

Odběr vzdušiny do vzorkovnice patří mezi klasické metody vzorkování ovzduší, kdy je analýza odebraného vzorku prováděna standardními analytickými metodami. Vzorek plynu je pomocí vakua, podtlaku vhodného čerpadla nebo ruční pumpy přečerpán do vzorkovnice a dopraven do laboratoře ke stanovení. Výhodou tohoto způsobu vzorkování je možnost provedení i vysoce sofistikovaných analytických metod, dále možnost rozhodnout se o výběru analyzovaného ukazatele až v laboratoři, možnost analýzy širší skupiny ukazatelů, které nelze odebírat jinou technologií (např. na sorbent apod.).

Nevýhodou je omezený objem jímaného plynu a dále relativně krátký čas mezi odběrem vzorku a zpracováním vzorku v laboratoři, požadovaný preventivně z důvodu eliminace možného úniku plynu z kontejneru, resp. nebezpečí sorpce analytů na stěny vzorkovnice apod.

II.5.3.1 Příklady vzorkovnic**II.5.3.1.A Plastový vzorkovací vak („air bag“, „gas sample bag“)**

Jedná se o nejběžnější vzorkovnici pro uchování plynu. Je vyrobena z inertních materiálů s nízkou sorpcí a propustností (např. TEDLAR®, TEFLON®, TEDLAR® pokrytý kovovou fólií). Vaky jsou plněny pomocí plynového čerpadla nebo pomocí vývěvy. Před použitím musí být ověřeno, že vaky nejsou poškozeny, nebo že nejsou kontaminovány předchozím vzorkem. Nejohroženějším místem jsou uzávěry a jejich těsnění. Vaky se dekontaminují prosáváním čistým vzduchem.

Sorpce sledovaných sloučenin na stěny plastového vaku je vážným problémem. Jeho řešení spočívá v dodržování maximální přípustné doby uchování vzorku v kontejneru. (Tyto údaje jsou obvykle uváděny výrobcem kontejneru).

II.5.3.1.B Skleněná vzorkovnice („glass bulb“)

Skleněná vzorkovnice (tzv. myš) je válcovitá nádoba, opatřená na obou koncích uzávěry se septem pro naplnění vzorkovaným vzduchem pomocí stříkačky. Před použitím je vzorkovnice evakuována. Dalším způsobem odběru je připojení jednoho konce vzorkovnice k odběrové sondě a druhého konce k čerpadlu. Vzorek je vzorkovnicí prosáván a po propláchnutí odebíraným plynem jsou oba konce uzavřeny. Výhodou této vzorkovnice je minimální sorpce sledovaných sloučenin na skle a její jednoduché použití. Nevýhodou je možnost rozbití a možnost úniku plynu ventily. Maximální čas pro uchování vzorku je 24 hodin.

II.5.3.1.C Stříkačky

Stříkačky lze použít pro odběr vzorku pro analytické stanovení při měření v terénu. Stříkačky mají různé objemy, jsou vyrobeny z různých materiálů podle požadavků analýzy. Lze je snadno vyměňovat a čistit. Doba uchování vzorku však může být jen velmi krátká (max. minuty) z důvodu možnosti úniku vzorků a sorpce na stěnách. Dalším rizikem je netěsnost pístu, která může způsobit úniky sloučeniny nebo přisávání atmosférického vzduchu.

II.5.3.1.D Nerezové kanystry

Jedná se o optimální vzorkovnice pro uchování vzorku vzdušiny. Plnění kanystru se provádí buď pomocí speciálních čerpacích systémů, nebo je z kanystru předem odsát (evakuován) vzduch a plyn se do něj nasaje otevřením ventilu. Kanystry jsou zásadně dekontaminovány v laboratoři, kde je kvalita jejich dekontaminace před dalším použitím ověřena. Doba, po kterou může být vzorek v kanystru uchován před analýzou, je až 14 dní.

Použití kanystrů je vhodné zejména pro analýzu nízkých koncentrací těkavých organických sloučenin (kvalitativní a kvantitativní stanovení).

Výhodou použití kanystrů je možnost delšího skladování vzorku (ve srovnání s ostatními metodami), neboť riziko změny kvality vzorku a nebezpečí jeho úniku ze vzorkovnice jsou minimalizovány. Zásadní výhodou je možnost provádění náročných analýz v laboratoři.

II.5.3.2 Pomocné vybavení

Při aplikaci vzorkovnic pro odběr plynu se využívá aktivních odběrových metod – odběru pomocí čerpadel, čerpacích zařízení nebo ručních pump.

Vhodná zařízení pro tento účel jsou pouze taková, která principem své činnosti nezmění chemické ani fyzikální složení plynu, obvykle zařízení doporučována výrobcí vzorkovacích kontejnerů. Zařízení musí umožňovat čerpání plynu se stabilním průtokem, který je možné regulovat. Při plnění nerezových kanystrů do přetlaku musí být čerpací zařízení vybaveno měřidlem tlaku pro odvození objemu plynu v nich uzavřených.

II.5.4 Záchyt sledovaného ukazatele na kolektor

Aktivní metody odběru ovzduší a vzdušin využívají širokého spektra možností jímat vzorek přes vhodný kolektor, na němž se jímáný plyn zachytí. Kolektory mohou být pevné nebo kapalné. Samostatnou skupinou jsou zařízení pro odběr částic ve vzduchu (suspendované částice, prachové částice apod.).

II.5.4.1 Pevné sorbenty

Pevné sorbenty patří mezi velmi rozšířené a oblíbené metody při stanovení koncentrací škodlivin v ovzduší při imisním monitoringu, při měření expozice pracovníků, měření znečištění pracovního ovzduší nebo při atmogeochemickém měření. Jejich obliba vychází z celé řady výhod, které zachycení analytu sorbentem přináší. Jedná se zejména o relativně dlouhou životnost kolektoru (pokud není otevřen), jednoduché použití, široké uplatnění pro sledované skupiny látek apod. Obvykle je sorbent v trubičce uložen ve dvou oddělených ložích – první slouží k záchytu látky pro stanovení, druhé lože umístěné za prvním ve směru průchodu plynu trubičkou slouží ke kontrole, zda kapacita sorbentu první komory nebyla překročena a nedošlo k tzv. „proražení filtru“ (překročení kapacity filtru).

Sorbenty jsou nejčastěji uloženy ve skleněných trubičkách. Dodávány jsou trubičky o různých velikostech s odlišným množstvím sorbentu podle požadovaného typu stanovení, koncentrace látky v plynu apod.

Výběr vhodného sorbentu pro požadované stanovení je závislý na sledované látce. Způsob odběru (doba prosávání přes sorbent, průtok prosávaného plynu, uspořádání měření, doba skladování apod.) je popsán ve standardizovaných postupech (např. NIOSH Manual of Analytical Methods) s návazností na vhodnou analytickou metodu.

Mezi nejčastěji používané pevné sorbenty patří:

- aktivní uhlí a další uhlíkové sorbenty,
- silikagel,
- polymerní sorbenty.

Stručný přehled sorbentů a jejich použití pro jednotlivé sloučeniny je uveden v tabulce 5.

II.5.4.2 Kapaln

Kapalné sorbenty se používají v kombinaci se zařízeními na promývání plynů (tzv. impingery). Plyn při průchodu kapalným sorbentem se zachytává v sorbentu a následně je analyzován.

Relativně menší množství analytických metod využívá tento způsob zachytu plynů, zejména z důvodu úzce selektivního výběru sorbentu ke sledované látce a omezené době uchování vzorku.

Přehled užívaných sorbentů je v tabulce 6.

II.5.4.3 Záchy

Suspendované částice jsou obvykle zachytávány metodou suché filtrace vzorkovaného plynu. Nejběžnější je záchyt při použití různých filtračních materiálů: filtry ze skleněných a křemenných mikrovláken, organických mikrovláken, estery celulózy, PVC, teflon apod. Částice jsou dle velikostních frakcí vyžadovaných legislativou (PM_{2,5}, PM₁₀, respirabilní frakce atd.) separovány pomocí cyklonů, kaskádových impaktorů, pomocí polyurethanových filtrů s definovanou velikostí pórů, apod.

II.5.4.4 Pomocná zaříze

K odběru analyzované vzdušiny na příslušný kolektor je třeba použít čerpadel.

Čerpadla mohou mít různý výkon, který musí vyhovovat typu použitého kolektoru a požadavku měření nebo laboratoře na prosátý objem plynu.

Čerpadla mohou být různého konstrukčního provedení. Nejčastěji jsou používána membránová a lamelová čerpadla, čerpadla s rotujícími písty, apod.

Pro vzorkování plynů jsou vhodná čerpadla obsahující regulaci, která zajišťuje konstantní průtok i při měnících se tlakových poměrech v odběrové trati, s možností záznamu doby měření, popř. s možností naprogramování režimu odběru.

V současnosti se hojně používají bateriová čerpadla s možností nastavení průtoku od jednotek ml/min. až po desítky l/min. Nutnou podmínkou použití těchto čerpadel je kalibrace průtoku čerpadla. Spolehlivé měření odebraného objemu vzdušiny je základním požadavkem pro stanovení koncentrací škodlivin ve vzdušině (nasorbované množství škodliviny se vztahuje k prosátému objemu plynu). Kalibrace na čerpadle nastaveného průtoku plynu na požadovanou hodnotu se provádí pomocí rotametrů, bublinkových průtokoměrů, nebo speciálních elektronických kalibračních zařízení (požadavek na metrologickou návaznost). Nastavený průtok prosávání vzdušiny se kalibruje před každým odběrem a po odběru je třeba provést kontrolu této kalibrace. Rozdíl by neměl být větší než 10 %.

Pokud je použito klasických čerpadel bez elektronické regulace průtoku, je k nastavení průtoku použito regulačního prvku. Nejjednodušším nastavením průtoku je seškrcení průtoku pomocí ventilu (skleněný ventil s teflonovým jádrem nebo jehlový ventil), tlačky, popř. se může použít kritická tryska. Některá čerpací zařízení obsahují regulátor propojený s průtokoměrem, který umožňuje automatizované nastavení průtoku. Vlastní objem odebraného vzorku vzdušiny je měřen plynoměrem – nejčastěji používané jsou membránové nebo laboratorní bubnové (požadavek na metrologickou návaznost).

III Metody odběru vzorků – rozdělení a členění

III.1 Obecné informace vztahující se ke všem matricím

III.1.1 Typy vzorků

Vzorky je možné rozdělit do dvou základních skupin:

- prosté (bodové),
- směsné.

Rozdíl mezi těmito skupinami spočívá v tom, že **prosté vzorky** reprezentují sledovanou vlastnost **v jednom daném bodě, definovaném v prostoru a v čase**, zatímco **směsné vzorky** zastupují sledovanou vlastnost **průměrovanou**, a to buď v prostoru, nebo v čase. Někdy jsou směsné vzorky označovány jako časově, nebo prostorově integrální.

Obě skupiny mají specifické využití.

Prosté vzorky

Prosté vzorky jsou nenahraditelné v případě, že je cílem vzorkování posoudit prostorovou distribuci sledovaného analytu v prostředí, nebo časový vývoj jeho koncentrací. V případě vzorků podzemní vody by měly být prosté vzorky v hydrogeochemické rovnováze s okolím a lze je tedy využít například pro popis probíhajících procesů přirozené atenuace.

Směsné vzorky

Směsné vzorky mají své opodstatnění například při rutinním monitorování hodnoty sledované vlastnosti. V každém případě, kdy jsou používány směsné vzorky, je nutné mít na zřeteli jejich některá omezení.

Pokud jsou skládány dohromady jednotlivé dílčí vzorky, může docházet k ředění koncentrace analytu, úměrně počtu odebraných dílčích vzorků. Nemusí ale docházet jenom k ředění, ale může docházet ke zvýšení mezi stanovitelnosti pro každý dílčí vzorek úměrně celkovému počtu dílčích vzorků, ze kterých je směsný vzorek složen. Např., pokud je v plánu odběru požadováno složit dva samostatné vzorky do jednoho a požadovaný limit stanovitelnosti pro sledovaný ukazatel je 330 ppb, mez stanovitelnosti pro tento ukazatel se ve směsném vzorku nezmění.

Nicméně, pro jednotlivé dílčí vzorky, které tvoří směsný vzorek, je mez stanovitelnosti pro sledovaný ukazatel **dvojnásobkem normálního meze stanovitelnosti**, tj. $2 \times 330 = 660$ ppb. To je důležité zohlednit, protože pokud by sledovaný ukazatel byl přítomen pouze v jednom z dílčích vzorků s koncentrací mezi 330 a 660 ppb, nemusí být obsah tohoto ukazatele ve výsledném směsném vzorku stanovitelný. V případě, že byla nalezena kontaminace ve směsném vzorku, je třeba analyzovat jednotlivé dílčí vzorky pro zjištění skutečné distribuce kontaminantu.

Kromě toho při směšování vzorků s různým chemickým složením může docházet k nežádoucím reakcím, které mohou zásadně ovlivnit složení analyzovaného vzorku (neutralizace, srážení apod.) a nebo mohou ohrozit zdraví pracovníků. Tuto skutečnost je třeba mít vždy na zřeteli.

Přípravě směsných vzorků (jejich homogenizaci) je třeba věnovat maximální pozornost. V případě sypkých vzorků se doporučuje kvartace nebo použití žlábkového (příhradového) děliče. Příprava směsných vzorků pastovitých materiálů je v terénu velice těžko realizovatelná. Pokud je laboratoř vybavena vhodným homogenizátorem, potom lze takový vzorek odebrat a po dohodě provést úpravu až v laboratoři.

Při skládání směsného vzorku může docházet k chemickým reakcím, které mohou zcela zásadně ovlivnit vypovídací schopnost odebraného vzorku. Příkladem může být vypouštění odpadní vody s proměnnou hodnotou pH, kdy může dojít k neutralizaci vzorku. Směsné vzorky jsou zcela nevhodné pro následnou analýzu těkavých organických látek!

Způsoby vzorkování

Jednorázový odběr vzorků – slouží k získání prostého vzorku a podává obraz o jakosti vzorkovaného objektu v době a místě odběru. Vzorek se odebírá pouze jednou a hodnotí se samostatně.

Opakované odběry vzorků – slouží ke zjištění variability vzorků v čase (režimové odběry) nebo v prostoru (řadové odběry), popř. v obojím měřítku současně. Předpokladem vyhodnocení výsledků je standardizace používaného způsobu odběru

Zonální odběr vzorků – je druh opakovaného řadového odběru, při němž se vzorky odebírají z různých hloubek na vertikální ose vzorkovaného objektu. Poloha odběru musí být definována a dokumentována.

Časový (režimový) odběr – je druh opakovaného (režimového) odběru, při němž se opakovaně odebírají jednotlivé vzorky v jistých časových intervalech tak, aby bylo možné sledovat změny v závislosti na čase.

Rozhodnutí, jaký typ vzorků a jaký způsob vzorkování bude zvolen, musí provést manažer projektu při projektování vzorkovacích prací.

III.1.2 Typy matric

Při sanačních pracích obvykle vzorkujeme matrice s různými fyzikálními vlastnostmi, které zásadně ovlivňují možnosti odběru a úpravy vzorků před analýzou. Obecně se dají rozdělit do následujících skupin:

- pevné (tuhé) a polotuhé,
- kapalné vč. vícefázových,
- plynné vč. vícefázových (vzdušiny).

Pevné a polotuhé

Mezi tyto matrice řadíme vzorky materiálu (pevných fází), který může být v kusech, např. skalní horniny, stavební konstrukce, dále zeminy, materiály sypké a pastovité (např. kaly, sedimenty) apod.

Z hlediska problematiky odběru vzorků u pevných a polotuhých materiálů jsou nejčastější příčinou chyb u hodnocení výsledků následující případy:

- odběr vzorků na stanovení těkavých látek,
- odběr matric o odlišné velikosti částic (např. stavební odpad, šterkopisky apod.),
- heterogenita materiálu v rozměrech měřítka vzorků,
- odběr kohezních a pastovitých materiálů.

Tyto případy jsou samostatně řešeny v kapitole III.2 a III.3.

Pro účely hodnocení rozložení kontaminantu ve sledované matici je obecně doporučováno odebírat prosté vzorky, neboť směsné vzorky mohou u heterogenních materiálů zkreslovat skutečné rozložení vlastností.

Směsné vzorky se ale často používají při charakterizaci odpadů, např. pro účely stanovení způsobu dalšího nakládání s nimi. Pokud mají být sestaveny směsné vzorky z již dříve odebraných vzorků, doporučuje se příprava směsného vzorku až po úpravě prostých vzorků v laboratoři (pokud je k tomu vybavena). Je třeba mít na zřeteli, že při této úpravě může docházet k ohřívání vzorku, a tedy i ke ztrátě těkavých a polotěkavých analytů.

Důležitou zásadou při odběrech pevných a polotuhých materiálů je důsledná homogenizace vzorku na stanovení netěkavých organických a anorganických látek před uložením vzorku do vzorkovnice. Pokud konsistence a zrnitostní složení vzorku neumožňuje homogenizaci v terénu, je nutné ji provést v laboratoři před zahájením zkoušek.

Kapalné včetně vícefázových

Odběry jednofázových kapalin obvykle nečiní vážné potíže.

Zvláštní pozornost musí být věnována:

1. odběrům na stanovení těkavých látek, rozpuštěných plynů (způsob odběru a použité vzorkovací vybavení, vzorkovnice a manipulace se vzorkem mohou způsobovat nesprávné výsledky zkoušek),
2. čistotě veškerého vybavení, které při odběru přijde do styku se vzorkem (s ohledem na obecně nízké obsahy látek ve vodných vzorcích),
3. podmínkám pro uchování vzorku a době (ty je třeba vždy konzultovat s laboratoří a důsledně dodržovat).

Problémy nastávají u požadavků na směsné vzorky pro stanovení rozpuštěných plynů a těkavých látek. Takovéto odběry jsou vždy zatíženy významnou chybou a prakticky nemají smysl.

Stejně tak problematické je vzorkování vícefázových soustav a jejich následná analýza. Obvykle u vícefázových soustav nejde odebrat reprezentativní vzorek a ne vždy se lze dohodnout na definovaném vzorku. Potom se doporučuje analyzovat jednotlivé fáze samostatně.

U podzemních vod musí být vzorek odebírán tak, aby v něm pevná fáze nebyla vůbec přítomna. Pokud k tomu dojde, měly by být pro tento případ domluveny postupy úpravy vzorku a analýz tak, aby byly výsledky prováděné více subjekty porovnatelné.

Plynné vč. vícefázových (vzdušiny)

Provádění měření ovzduší a vzdušin je velmi sofistikovaný obor a výsledky měření mohou být velmi ovlivněny použitou metodou odběru a analytické zkoušky. Z těchto důvodů (a na rozdíl od odběrů ostatních matric) patří metody odběru a měření ovzduší a vzdušin mezi nejpropracovanější a popisy postupu a použitého vybavení, včetně analytické koncovky, jsou standardizované a zpracované formou norem, postupů všeobecně uznávaných organizací (NIOSH, OSHA, U.S. EPA), popř. legislativními předpisy.

Z těchto důvodů mezi nejdůležitější a pro získání výsledků požadované kvality nejrizikovější prvky při odběrech ovzduší a vzdušin patří:

- volba vhodné metody záchytu vzorku vzdušiny a metody analytické zkoušky,
- zajištění a kontrola jakosti technického vybavení.

Více než při odběrech jiných matric a především v případech, kdy výsledky měření budou vztahovány k ochraně lidského zdraví, je žádoucí, aby tyto odběry byly zajišťovány specializovanými pracovišti, která mohou prokázat způsobilost k provádění těchto prací (např. autorizovaná pracoviště, pracoviště se zavedeným systémem jakosti uplatňující pro měření akreditované postupy apod.).

III.1.3 Sledované ukazatele

Rozsah sledovaných ukazatelů vyplývá obvykle z povahy kontaminujících látek, s výjimkou základních chemických ukazatelů. Obecně lze tyto ukazatele rozdělit do následujících skupin.

- základní chemické ukazatele,
- anorganické kontaminanty,
- organické kontaminanty (zvláště TOL a POP, resp. PTS),
- mikrobiologické ukazatele,
- ekotoxická.

Z hlediska odběru vzorků a následné manipulace s nimi je některým ukazatelům z výše uvedených skupin zapotřebí věnovat zvýšenou pozornost.

Například při sledování koncentrace rozpuštěného kyslíku v povrchové nebo v podzemní vodě se nedoporučuje při plnění vzorkovnice nechat stékat vzorek po stěně vzorkovnice. Doporučuje se provádět měření mobilními analytickými přístroji ihned na místě. Rovněž stanovení rozpuštěného oxidu uhličitého je třeba provádět okamžitě po odběru, stejně jako měření pH a konduktivity u vod nasycených CO_2 .

Vzorky pro stanovení sulfanu a sulfidů musí být okamžitě fixovány, stejně tak jako vzorky pro stanovení chemické spotřeby kyslíku (CHSK).

Při stanovení kovů (rozpuštěných) ve vodných vzorcích je filtrace zcela nezbytná ihned při odběru vzorku přes filtr o velikosti pórů $0,45\mu\text{m}$, tak aby před tím nedošlo k okysličení vzorku. Ihned po filtraci by měl být vzorek okyselen příslušnou kyselinou (viz pokyny laboratoře). Pro stanovení rtuti se používá pro konzervaci kromě kyseliny dusičné ještě roztok dvojchromanu draselného.

Ve vodných vzorcích nesmí docházet při odběru vzorků pro stanovení TOL k provzdušnění odebíraného vzorku. Odebíraná tekutina by měla být vedena nástavcem na dno vzorkovnice a mělo by dojít k jejímu proplachu. S běžným vybavením nelze připravit směsný vzorek pro stanovení TOL.

Odběrům vzorků pro stanovení TOL v pevných matricích musí být věnována maximální pozornost, musí být používány speciální postupy a zařízení. Kromě toho je třeba sledovat slepými pokusy možnost sekundární kontaminace z okolí prostředí a musí být dokonale zajištěna a ověřena spolupráce s laboratoří.

Sledování POP v pozadových hodnotách, stejně jako sledování nízkých koncentrací kovů, patří do oblasti stopové analýzy, kde je třeba věnovat maximální pozornost čistotě používaných vzorkovnic, pomůcek a zařízení. Tuto čistotu je též třeba ve spolupráci s laboratoří průběžně kontrolovat.

Obdobné problémy s čistotou používaných pomůcek a zařízení jsou v oblasti sledování mikrobiologických ukazatelů.

U ekotoxicity bývá občas problém se stabilitou vzorku mezi odběrem vzorku a jednotlivými testy. Zde je opět nesmírně důležitá spolupráce s laboratoří a plnění její pokynů k uchovávání vzorků, a to především s ohledem na jeho chlazení.

Přehled rizikových fází odběru je uveden v tabulce 7.

III.2 Soudržné horniny, stavební konstrukce

Pro odběr vzorků zpevněných soudržných materiálů, jako jsou zpevněné a skalní horniny a stavební konstrukce, lze rozlišit tři kategorie vzorků:

1. povrchové vzorky,
2. přípovrchové vzorky (zásekové vzorky),
3. vzorky vrtného jádra.

III.2.1 Výběr zařízení

Výběr zařízení závisí na typu odebíraného vzorku a cíli vzorkování.

Pro odběr povrchových přípovrchových zásekových vzorků je možné využít běžných ručních nástrojů a náradí, jako je geologické kladivo, sekáč, nebo elektrické vrtací kladivo.

Pro odběr jádrových vzorků je nutné speciální vybavení, resp. zařízení (např. vrtná souprava).

Ve všech případech dochází během vzorkování k fyzikálnímu narušení vzorkovaného materiálu. Toto narušení je relativně nejmenší v případě strojních jádrových vrtů, poskytujících relativně neporušené vzorky vzorkovaného materiálu, nejvyšší stupeň porušení je v případě otlukových a zásekových vzorků. V každém případě existuje významné riziko drobné kontaminace vzorkovaného materiálu z povrchu.

Další riziko souvisí s potenciálním zahříváním vzorku během odběru, zejména v případě vrtného jádra. Z tohoto důvodu je prakticky vyloučené odebrat reprezentativní vzorek na stanovení těkavých organických kontaminantů (TOL).

III.2.2 Příprava zařízení

Všechny části zařízení, přicházející do kontaktu se vzorkem, by měly být, pokud možno, dokonale dekontaminovány. To je obtížné zajistit zejména u strojních mobilních vrtných souprav. Minimálním požadavkem je vyloučení kontaktu vrtného nástroje a jádrovnice se všemi potenciálními kontaminanty, jako jsou maziva a další technologické kapaliny vrtné soupravy a použití nezávadného vrtného výplachu (pitné vody).

III.2.3 Odběr vzorku**III.2.3.1 Zásekové vzorky**

Zásekové vzorky jsou zpravidla odebírány pomocí ručních nástrojů a nářadí z hloubek bezprostředně pod povrchem vzorkovaného materiálu. V místě odběru je vysekán zářez do požadované hloubky a vzniklé odštěpky představují porušený vzorek materiálu. Pokud má vzorkovaný materiál usměrněnou strukturu, orientuje se zásek zásadně kolmo ke zvrstvení.

Během odběru dojde ke ztrátám těkavých látek, z tohoto důvodu jsou zásekové vzorky k těmto stanovením zcela nevhodné. V případě zásekových vzorků je rovněž významné riziko sekundární kontaminace vzorku, zejména v případě vzorkování povrchově silně kontaminovaných stavebních konstrukcí.

Výhody:

- jednoduché, snadno použitelné.

Nevýhody:

- odběr porušených vzorků,
- ztráty těkavých složek,
- riziko sekundární kontaminace vzorku.

III.2.3.2 Jádrové vrtání

Vzorky jádra jsou odebírány pomocí ruční nebo strojní vrtné soupravy, a to buď stabilní, nebo mobilní. Během hloubení vrtů je nutné dbát, aby během manipulace s vrtným nástrojem nemohlo dojít ke kontaminaci vrtu z povrchu, nebo nepevněných připovrchových vrstev hornin. Z tohoto důvodu je nutné před zahájením jádrování spolehlivě propažit celý úsek procházející zvětralinovým pláštěm. Přitlak vrtného nářadí je nutné řídit s ohledem na maximální výnos jádra. Jako výplach je nutné používat pitnou vodu. Délku návrtů je nezbytně třeba přizpůsobit délce použité jádrovnice, litologii a geologické stavbě horninového prostředí.

Vytěžené jádro je nutné skladovat v čistých, k tomuto účelu určených bednách. Pro účely dokumentace je nezbytné zřetelně oddělovat jednotlivé návrtky.

Během rozrušování vzorkovaného materiálu dochází k otěru používaných nástrojů. Proto je nutné dbát, aby nedocházelo ke kontaminaci vzorku použitými nástroji, nebo například mazivy ze strojních zařízení.

III.2.4 Dokumentace

Úplná a spolehlivá dokumentace je základním předpokladem pro možnost vyhodnocení vzorkování. V případě vzorků soudržných materiálů musí zahrnovat mimo jiné přesnou lokalizaci místa a bodu odběru včetně zákresu do mapového podkladu, náčrtku, popř. fotodokumentace, technické údaje o záseku, nebo vrtu (profil, hloubka atd.), popis odebraného jádra (litologie, konzistence, barva, projevy kontaminace, atd.), datum hloubení, použitou technologii vrtání, případně fotodokumentaci jádra.

III.3 Nesoudržné horniny a zeminy**III.3.1 Výběr zařízení**

Výběr vzorkovacího zařízení je určován především typem vzorkované zeminy a sledovanými analytickými parametry.

Vzorkovací zařízení musí mít pro daný typ vzorkovaného materiálu vhodnou konstrukci a odběr musí být prováděn tak, aby pokud možno nedocházelo k poškození fyzické struktury materiálu, stlačení nebo provzdušnění vzorku.

Největší riziko změn obsahu analytů ve vzorku vůči koncentracím ve vzorkovaném objektu vzniká při odběrech na stanovení TOL. Z tohoto důvodu je správný výběr vhodného vzorkovače pro odběr nesoudržných materiálů na stanovení TOL nejdůležitější.

Mezi typická vzorkovací zařízení pro odběr zeminy patří:

- lopatky, lžice – nevhodné pro stanovení těkavých organických látek,
- ruční vrtáky – nevhodné pro stanovení těkavých organických látek,
- jádrovač,
- žlábkový vzorkovač,
- dělený lžicovitý vzorkovač,

- homogenizační plato nebo nádoba – nevhodné pro stanovení těkavých organických látek,
- stěrka, špachtle – nevhodné pro stanovení těkavých organických látek.

Je doporučováno, aby vzorkovače byly vyrobeny z nerezové oceli. Jiné materiály jsou akceptovatelné podmíněně, protože jejich vícenásobné použití může být omezené (např. nelze-li provést úplnou dekontaminaci z důvodu sorpce organických látek na materiál vzorkovače).

III.3.2 Příprava zařízení

III.3.2.1 Dekontaminace

Veškeré zařízení musí být vyčištěno před vlastním použitím v terénu a mezi odběry na lokalitě. Ruční vzorkovače a vzorkovací pomůcky je vhodné po dekontaminaci uložit do plastových obalů, aby nedocházelo v průběhu dopravy a manipulace k jejich znečištění. Postupy dekontaminace musí být dostatečně účinné, aby vzorkovací zařízení neovlivnilo výsledky měření nad úroveň dohodnutou pro řešený projekt.

III.3.3 Dokumentace, popis vzorku

Dokumentace odběru a popis vzorku jsou neoddelitelnou součástí vzorkovacích prací. Kvalitně zpracovaná a obsahově úplná dokumentace je nutným předpokladem spolehlivé interpretace naměřených výsledků. Pro makroskopický popis vzorků je vhodné při odběru nezpevněných matric použít klasifikaci, založenou zejména na zrnitostním složení. Pro klasifikaci existuje a je používáno (v závislosti na zaměření průzkumných prací) několik systémů (geotechnické, pedologické, litologické).

Základními zrnitostními frakcemi jsou **šterk, písek, prach a jíl**, v pedologických systémech je dále zavedena frakce **práškový písek**. Základní hranici velikosti zrn jsou 2 mm. Částice větší než 2 mm jsou označovány jako šterk, v pedologii jako skelet. Hranice menších zrnitostních frakcí jsou v různých klasifikačních systémech různé, zpravidla využívající sestupnou řadu hranic frakcí 2 – 0,63 – 0,2 – 0,063 – 0,02 – 0,0063 mm.

Z důvodu nejednotnosti stávajících klasifikačních systémů doporučujeme využívat pro makroskopický popis vzorků zemin třídění dle zavedených norem pro geotechnický průzkum řady ČSN EN ISO 14688 a po jejím zavedení ISO 11259, která by měla být určena pro ochranu půdy, pedologické účely obecně a sanaci kontaminovaných oblastí (dosud v ČR nevydána).

Kromě zrnitostního složení a tvaru částic musí popis nezpevněných vzorků zahrnovat charakterizaci barvy, struktury, vlhkosti, údaje o makroskopických nebo senzorických známkách znečištění.

V případě vzorků pevných, resp. zpevněných hornin se používá běžná petrologická klasifikace.

III.3.4 Určení pozice bodu a hloubky odběru

Místo a bod odběru musí být vždy definovány v plánu odběru vzorků a musí být navrženy s ohledem na výsledky dříve provedených prací na lokalitě (např. geofyzikálního průzkumu). Konkrétní podmínky na lokalitě mohou způsobit změnu pozice bodu mezi skutečností a pozicí uvedenou v plánu odběru vzorků (např. z důvodu dodatečného zjištění průběhu podzemních inženýrských sítí). Pak je nezbytné informovat odpovědného řešitele projektu a projednat s ním změnu polohy místa odběru. **Vždy je nutné změnu oproti plánu odběru vzorků zaznamenat v dokumentaci odběru.**

Z hlediska hloubky odběru vzorku rozlišujeme 2 typy vzorků:

- povrchové vzorky (vzorky z hloubkového intervalu 0 až 15 cm),
- podpovrchové vzorky (vzorky odebírané z hloubky pod 15 cm).

III.3.5 Postupy odběru vzorků

Obecné zásady:

- při identifikaci, plošném nebo prostorovém vymezení znečištění se používají především odběry prostých bodových vzorků, charakterizujících znečištění v daném bodě a v daném čase,
- směsné vzorky se obvykle nepoužívají (výjimkou je odběr vzorků pro charakterizaci odpadu),
- odběr vzorků se obvykle provádí od místa méně kontaminovaného po místa kontaminovaná,
- při odběru je vhodné používat metody přímé detekce těkavých organických látek pro okamžitou charakterizaci znečištění vzorkovaného materiálu těkavými organickými látkami (např. měřicí přístroje s PID, FID detekcí),
- ochranné rukavice mají se vzorkem přijít do styku minimálně,
- doporučuje se archivovat minimálně polovinu vzorku pro případy požadavku dodatečných analýz, kontroly apod.,
- vzorky (s výjimkou vzorků na stanovení těkavých organických látek) musí být, pokud je to možné, homogenizovány v terénu před uložením do vzorkovnice!!

III.3.5.1 Postup odběru povrchových vzorků

- před vlastním odběrem je nezbytné odstranit veškerý balastní materiál ze vzorkované plochy s výjimkou zkoumané zeminy – např. rostlinný pokryv, kameny apod.,
- povrchový vzorek je odebírán z hloubkového intervalu 0 až 15 cm. Podle požadovaného typu stanovení se vybere vhodný vzorkovač (vzorkovací lopatka, jádrovač apod.),

- vzorky na stanovení těkavých organických látek se odeberou postupem uvedeným v kapitole III.3.7, vzorky na stanovení netěkavých látek se před uložením do vzorkovnice v terénu homogenizují, pokud není s laboratoří dohodnut jiný postup,
- vzorek ve vhodné vzorkovnici se podle požadavků na minimalizaci poškození vzorku zajistí (konzervací, stabilizací apod.) a dopraví se do laboratoře.

III.3.5.2 *Postup odběru podpovrchových vzorků*

Podpovrchové vzorky lze odebrat standardním vrtáním nebo zarážením vrtného nářadí s přednastaveným vzorkovacím zařízením.

Postup odběru probíhá přibližně v následujících krocích:

- vyhloubení otvoru do požadované úrovně pomocí vhodného zařízení (vrtací souprava, ruční vrtání apod.),
- odběr vzorku pomocí vhodného vzorkovače (viz odběr porušených vzorků versus odběr neporušeného vzorku). (Pokud není plánem odběru vzorků stanoveno jinak, doporučuje se bodové vzorky odebírat s krokem odběru 15 cm.),
- vyjmutí vzorkovače z otvoru. Pokud část vzorku ze zařízení vypadne, nesmí být použit jako vzorek. Je důležité kontrolovat vrtný profil. Je třeba ověřovat, zda do vrtu nenapadal materiál z povrchu, nebo ze stěn vrtu. Ten musí být ze vzorku odstraněn (např. zbytky asfaltu spadlé z povrchu do otvoru),
- vzorky na stanovení těkavých organických látek se odeberou postupem uvedeným v kapitole III.3.7, vzorky na stanovení netěkavých sloučenin se před uložením do vzorkovnice v terénu homogenizují, pokud není s laboratoří dohodnut jiný postup,
- vzorek ve vhodné vzorkovnici se podle požadavků na minimalizaci poškození vzorku zajistí (konzervací, stabilizací apod.) a dopraví se do laboratoře.

Po odběru a zabezpečení vzorků musí dojít k likvidaci vrtu zpětným zaházením, optimálně zatěsněním, aby se vrt nestal transportním místem šíření znečištění do podzemních vod.

III.3.6 *Terénní orientační zkoušky na vzorcích zeminy*

Při odběrech zeminy a nepevných tuhých materiálů je doporučováno bezprostředně po vyjmutí vzorkovaného materiálu ze zkoumaného objektu provést terénní měření na identifikaci znečištění těkavými organickými látkami.

Postup:

- lžící nebo nožem se podélně rozřízne vyjmutý materiál, např. vrtné jádro, popř. se provedou do materiálu otvory v intervalu 15 cm,
- měří se bezprostředně nad povrchem (sonda přístroje se nesmí dotknout vzorkovaného materiálu!).

Měřicí přístroj musí být pro účely terénních měření způsobilý (viz. kapitola II.5.1).

III.3.7 *Odběr na stanovení těkavých organických látek*

III.3.7.1 *Výběr hloubky odběru vzorku zeminy pomocí terénních měření těkavých organických látek*

Při výběru bodu odběru prostého vzorku z vrtného jádra lze použít terénní měření těkavých organických látek. Postup je dvoustupňový:

1. odvrtání celého jádra větším průměrem – 3 až 10 cm,
2. proměření jádra měřicím přístrojem (např. PID, nebo FID detektor).

Vzorky jsou odebírány podle výsledků terénního měření.

Celý postup musí být proveden během několika minut po vyjmutí vrtného jádra z vrtu (z důvodů snížení rizika odvětrání těkavých organických látek).

Výběr bodů odběru má splňovat následující kritéria:

a) Pokud jsou terénním měřením zjištěny hodnoty nad běžnými pozadovými hodnotami:

1. vrt je prohlouben do hloubky, kdy naměřené hodnoty odpovídají pozadovým, byla naražena podzemní voda, nebo je dosaženo podloží zájmového horizontu,
2. vzorek je odebrán v 15 cm mocném intervalu, v němž byla nalezena nejvyšší a nejnižší hodnota (koncentrace) těkavých organických látek.

b) V případě, že naměřené hodnoty přímého terénního měření těkavých organických látek nepřekročí přirozené pozadové koncentrace (metodou PID/FID), postupuje se následovně:

1. vrt je prohlouben pod hladinu podzemní vody, nepropustné podloží, nebo do hloubky stanovené odpovědným řešitelem,

2. je odebrán neporušený vzorek o mocnosti cca 15 cm ze dna vrtu s použitím vhodné vzorkovací techniky a zařízení,
3. pokud je to nezbytné, odeberou se další vzorky podle terénních měření nebo analytických údajů, aby bylo lokalizováno a vymezeno znečištění,
4. pokud nelze terénním měřením detekovat znečištění, jsou body odběru voleny na základě rešeršních údajů předchozích průzkumů, nebo podle jiných dostupných informací.

III.3.7.2 Technologie odběru vzorku zeminy pro stanovení těkavých organických látek

Vzorky zemin na stanovení těkavých organických látek musí být odebrány bezprostředně (v několika málo minutách) po vyjmutí z horninového prostředí, aby se zamezilo ztrátám těkavých organických látek vytěkáním nebo biodegradací.

Kritické body při odběru na stanovení těkavých organických látek:

- analytický postup,
- terénní metoda konzervace vzorku,
- vzorkovnice,
- doba mezi odběrem a zpracováním vzorku.

Vždy je nutné připravit vzorky pro kontrolu jakosti. Jejich množství definuje metoda, laboratoř a odpovědný řešitel.

Při odběru a manipulaci se vzorky se nesmí:

- skladovat vzorky ve vzorkovačích s velkým průměrem mimo definovanou dobu pro jednotlivý typ vzorkovače,
- skladovat vzorky v trubicových vzorkovačích vyrobených z mosazi, acetátů, polykarbonátů,
- vzorek nesmí být transportován v nevhodných vzorkovnicích – vzorkovací láhve s velkým hluchým prostorem, plastové sáčky, hliníkové fólie apod.

Postup:

1. určení vzorkovacího intervalu,
2. odstranění erodovaného či mechanicky poškozeného povrchu jádra (možnost odvětrání těkavých látek) – např. pomocí špachtle,
3. odběr vzorku pomocí speciálního trubicového vzorkovače (odběr množství definovaného analytickým postupem) – je nutné aby mezi vzorkem a pístem vzorkovače nebyla vzduchová bublina!!! Typ matrice, vlhkost materiálu, zrnitost podmiňují volbu směru zarážení vzorkovače do matrice – kolmo, nebo šikmo, vícenásobné zarážení (jak je potřeba, aby se odebralo potřebné množství vzorku),
4. očistí se vnější strana vzorkovače, přebytečný materiál se odstraní,
5. okamžitě se otevře vzorkovnice a vzorek se vytlačí ze vzorkovače do vzorkovnice. Je nutné zabránit styku vzorkovače s konzervační látkou!
6. odebere se další vzorek pro stanovení sušiny a terénní měření,
7. zátky a uzávěr vzorkovnice se zkontrolují, aby na nich nebyly žádné nečistoty způsobující ztráty těkavých organických látek,
8. označení vzorkovnice je doporučeno pomocí visačky, kterou lze snadno odstranit pro potřebu vážení vzorku. Nedoporučuje se používat lepicí etikety, neboť mohou způsobit chyby při vážení vzorku!
9. vzorkovnice se okamžitě umístí do lednice (nikoliv pouze do chladničky!). Vzorky z různých míst by měly být odděleně uloženy, např. v plastickém pytlíku, aby se omezila možnost přenosu kontaminace při transportu.

V případě, že v laboratoři zjistili ztráty konzervantu, nebo neobvyklé snížení hmotnosti vzorku, vzorek se vyloučí z analýzy.

III.3.7.3 Metody konzervace vzorku pro stanovení těkavých organických látek

Konzervace vzorku se provádí buď přímo na lokalitě, nebo v laboratoři.

Fyzikální metody konzervace:

- chlazení (teplota 2 až 6 °C) – umístění do kontejneru s ledem, mrazíci vložkami (suchý led se nedoporučuje – má teplotu až -78 °C, což může vést k poškození vzorkovnic, těsnění apod.),
- mražení (teplota -7 až -15 °C) – vzorky na stanovení sušiny nesmějí být zmrazeny!

Výběr závisí na metodě chemické konzervace, typu vzorkovnice.

III.3.7.4 Metody doporučené U.S. EPA.

III.3.7.4.A Metoda bez použití chemické konzervace („closed-system vials“, „no chemical preservation“)

Materiál:

- skleněné vialky (40 ml) o přesné hmotnosti, s PTFE septem a šroubovacím uzávěrem,
- magnetické míchadlo.

Na každé odběrové místo se použijí minimálně 3 vzorkovnice, další pro určení sušiny a terénní měření.

Postup:

1. hmotnost vialek je ověřena před odběrem – s citlivostí 0,01 g (při měření v laboratoři), 0,1 g (při měření v terénu),
2. vzorek se odebere úzkoprofilovým jádrovým vzorkovačem,
3. 5 g vzorku se uloží do vzorkovnice s magnetickým míchadlem,
4. po ovzorkování a očištění vzorkovnic – se vzorek zváží,
5. označení vzorkovnic je předem provedeno laboratoří nebo prodejcem, žádné dodatečné nalepovací etikety nejsou dovoleny (maximálně visačky, které jsou snadno odstranitelné),
6. fyzikální konzervace vzorku – chlazení, mražení.

Doba uchování vzorku:

Při chlazení, nebo zamražení vzorku – do 48 hodin po odběru

Při použití chemické konzervace nebo zmražení v laboratoři – do 14 dnů

Nevýhody:

- nebezpečí rozbití vzorkovnice při teplotách pod -20°C ,
- komplikace zajistit v terénu teplotu -7 až -15°C ,
- čas 48 hodin pro zpracování vzorku vyžaduje okamžité zabezpečení nebo analýzu po přijetí v laboratoři.

III.3.7.4.B Metoda konzervace vzorků reagenční vodou („closed-system vials“, „no chemical preservation with organic free water (OFW)“)

Materiál:

- skleněné vialky (40 ml) o přesné hmotnosti, s PTFE septem a šroubovacím uzávěrem,
- magnetické míchadlo,
- reagenční voda (bez organických příměsí).

Na každé odběrové místo se použijí minimálně 2 vzorkovnice s reagenční vodou, 1 vzorkovnice bez reagenční vody, další pro určení sušiny a terénní měření.

Postup:

1. vialky jsou převáženy po dodání reagenční vody – s citlivostí 0,01 g (laboratoř), 0,1 g (terén). Doporučované množství vody 5 ml,
2. vzorky jsou kontrolně zváženy před odběrem – je-li rozdíl mezi měřeními ad 1) a ad 2) větší nežli 0,2 g, je to signál ztráty reagenční vody ze vzorku a vzorkovnice se musí vyřadit,
3. vzorek se odebere úzkoprofilovým jádrovým vzorkovačem,
4. 5 g vzorku se uloží do vzorkovnice. Pozor: vzorkovač nesmí přijít do styku s reagenční vodou,
5. po ovzorkování a očištění vzorkovnic – se vzorek zváží,
6. označení vzorkovnic je předem provedeno laboratoří nebo prodejcem, žádné dodatečné nalepovací etikety nejsou dovoleny (maximálně visačky, které jsou snadno odstranitelné).
7. fyzikální konzervace vzorku – chlazení, mražení.

Doba uchování vzorku:

Při chlazení, nebo zamražení vzorku – do 48 hodin po odběru

Při použití chemické konzervace nebo zmražení v laboratoři – do 14 dnů

Nevýhody:

- rostoucí náklady,
- nebezpečí rozbití vzorkovnice při teplotách pod -20°C ,
- komplikace zajistit v terénu teplotu -7 až -15°C ,
- čas 48 hodin pro zpracování vzorku vyžaduje okamžité zabezpečení nebo analýzu po přijetí v laboratoři.

III.3.7.4.C Metoda chemické konzervace vzorku s použitím síranu sodného („Closed-System Vials, Chemical Preservation – Sodium Bisulfate“)

Materiál:

- skleněné vialky (40 ml) o přesné hmotnosti, s PTFE septem a šroubovacím uzávěrem,
- magnetické míchadlo,
- konzervant – Na_2SO_4 roztok (1 g Na_2SO_4 na 5 ml reagenční vody).

Na každé odběrové místo se použijí minimálně 2 vzorkovnice s konzervantem, 1 vzorkovnice bez konzervantu, další pro určení sušiny a terénní měření.

Postup:

1. vialky jsou po dodání konzervantu převáženy – s citlivostí 0,01 g (laboratoř), 0,1 g (terén). Doporučované množství konzervantu 5 ml,
2. vzorky jsou kontrolně zváženy před odběrem – pokud je rozdíl mezi měřeními ad 1) a ad 2) větší než 0,2 g, je to signálem ztráty konzervantu a vzorkovnice se musí vyřadit,
3. vzorek se odebere úzkoprofilovým jádrovým vzorkovačem,
4. 5 g vzorku se uloží do vzorkovnice. Pozor! Vzorkovač nesmí přijít do styku s konzervantem,
5. po naplnění, uzavření a vnějším očištění se vzorkovnice zváží,
6. vzorkovnice jsou označeny předem laboratoří, dodatečné nalepovací etikety zásadně nejsou akceptovatelné (maximálně lze použít snadno odstranitelné visačky),
7. fyzikální konzervace vzorku – chlazení, mražení.

Doba uchování vzorku:

Při chemické konzervaci – do 14 dnů

Nevýhody:

- konzervant může způsobit změnu obsahu některých těkavých organických látek:
 - ztráty – vinylchlorid, TCE, styren, 2-chloretylvinyl ether, trichlorfluorometan, cis-(trans) 1,3-dichlorpropen,
 - nárůst – aceton,
 - ztráty – v materiálech obsahujících uhlíkaté látky (TOC)
 - konzervant snižuje pH, a tím rovněž může způsobit ztráty některých těkavých organických látek,
- nárůst nákladů.

III.3.7.4.D Metoda chemické konzervace vzorku s použitím metanolu („closed-system vials, chemical preservation – Methanol“)

Materiál:

- skleněné vialky (40 ml) o přesné hmotnosti, s PTFE septem a šroubovacím uzávěrem,
- magnetické míchadlo,
- konzervant – metanol (5 – 10 ml).

Na každé odběrové místo se použijí minimálně 2 vzorkovnice s konzervantem, další pro určení sušiny a terénní měření.

Postup:

1. vialky jsou po dodání konzervantu převáženy – s citlivostí 0,01 g (laboratoř), 0,1 g (terén). Doporučované množství konzervantu 5 – 10 ml,
2. vzorky jsou kontrolně zváženy před odběrem – je-li rozdíl mezi měřeními ad 1) a ad 2) větší než 0,2 g, je to signál ztráty konzervantu a vzorkovnice se musí vyřadit,
3. vzorek se odebere úzkoprofilovým jádrovým vzorkovačem,
4. 5 g vzorku se uloží do vzorkovnice. Pozor! Vzorkovač nesmí přijít do styku s konzervantem,
5. po naplnění, uzavření a vnějším očištění se vzorkovnice zváží,
6. vzorkovnice jsou označeny předem laboratoří, dodatečné nalepovací etikety zásadně nejsou akceptovatelné (maximálně lze použít snadno odstranitelné visačky),
7. fyzikální konzervace vzorku – chlazení, mražení.

Doba uchování vzorku:

Při chemické konzervaci – do 14 dnů

Nevýhody:

- nižší meze stanovitelnosti,
- při vyšší vlhkosti zeminy (>10%) – dojde k vyluhování vody do roztoku a je nutné provést korekce,
- výluhy zeminy metanolem mohou způsobit ztráty těkavých organických látek,
- metanol patří mezi jedovaté látky!
- konzervace metanolem činí vzorek nebezpečným odpadem – nárůst nákladů na odstranění odpadu.

III.3.7.5 Stanovení sušiny a terénní měření

Postup odběru je standardní – náběr lopatkou do vzorkovnice – např. do 60 ml tmavé skleněné vzorkovnice s PTFE septem. Vzorkovnice by měla být maximálně zaplněna – bez vzduchu (omezení ztrát vlhkosti).

Vzorek se chemicky nestabilizuje. Fyzikální konzervace – chlazení 2 až 6 °C.

III.3.8 Odběr zemin na stanovení netěkavých sloučenin

Do skupiny netěkavých sloučenin patří především následující ukazatele:

- semivolatilní organické sloučeniny (typu výševroucích ropných produktů),
- pesticidy,
- polychlorované bifenyly (PCB),
- polycyklické aromatické uhlovodíky,
- kovy,
- kyanidy,
- apod.

Pro tuto skupinu obecně platí, že netěkavé sloučeniny nelze jednoduše detekovat terénním měřením.

Před vzorkovacími pracemi je nutné jednoznačně specifikovat:

1. výběr analytických metod,
2. konzervační postupy,
3. vzorkovnice,
4. čas do zpracování vzorku,
5. požadavky na zajištění a kontrolu kvality.

Pořadí odběru vzorků podle typu sledovaných polutantů:

1. těkavé látky,
2. netěkavé sloučeniny.

Před uložením vzorku do vzorkovnic musí být provedena homogenizace vzorku, je-li to možné v terénu. Po dohodě s laboratoří a odpovědným řešitelem lze v rámci přípravy akce homogenizaci vzorků naplánovat a provést až v laboratoři.

Homogenizace se provádí v dekontaminovaném homogenizačním platu nebo nádobě.

a) Postup homogenizace:

- odstranění balastních látek (rostlinných zbytků, např. větviček, kořenů, kamenů a předmětů antropogenní povahy – úlomky, skla, odštěpky cihly apod.),
- série míchání (materiál je přemísťován do rohů, protřásán, nahrnován do středu a do stran apod., a opět promícháván) a kvartování.

b) Homogenizace vzorku kvartováním:

- rozdělení materiálu do 4 čtvrtin (např. pomocí kvartačního kříže),
- každá čtvrtina se míchá a homogenizuje samostatně,
- následně se jednotlivé části smíchají opět do jednoho celku.

Série míchání a homogenizace kvartováním se opakuje minimálně ještě jednou, nebo lépe vícekrát (podle povahy vzorkované matrice). Po té se vzorek zmenšený kvartací na požadovaný objem přesype do vzorkovnice.

Po naplnění vzorkovnice musí být velká pozornost věnována na očištění závitů, víčka, vnějších okrajů vzorkovnice. Víčko musí být pevně uzavřeno.

Okamžitě po uzavření je nutné uložit vzorkovnici do chladicího boxu.

Doporučuje se, aby vzorkovnice z různých lokalit byly ukládány separátně v uzavíratelných plastických pytlících (např. se zipovým uzávěrem).

Označení vzorků se musí shodovat s jejich identifikací v předávacím protokolu.

III.3.9 Postupy odběru vzorků nestandardních matric

V dalším textu jsou uváděny vybrané matrice, u kterých nelze jednoduchým způsobem specifikovat postup odběru vzorků.

Hlavní zásadou při vzorkování těchto matric je podrobná dokumentace vzorkovacích prací, která umožní zpracovateli výsledků objasnit podmínky odběru pro potřeby interpretace.

Při odběrech vzorků nestandardních matric je nejčastější komplikací a jedním z hlavních zdrojů nejistoty výsledků měření získání reprezentativního vzorku materiálu, dále odběr a manipulace se vzorkem na stanovení těkavých organických látek.

III.3.9.1 Odběr pevných nebo zpevněných materiálů

Tato skupina je zastoupena například stavebním materiálem (beton, cihly, asfalt, izolační materiály apod.). Může se jednat o materiál v neporušeném stavu (podlahy, zdi, komunikace apod.), nebo o materiál částečně porušený, uložený na deponiích v blocích, nebo v kusech o velikosti dosahující jednotky až desítky centimetrů.

Hlavní zásady postupu při odběru:

- fragmentace materiálu (například použitím sbíjecího kladiva, vrtání apod.),
- příprava směsi materiálu tvořící vzorek,
- přemístění vzorku do vzorkovnice.

Pozn. Pozor na odletující odštěpky při rozbíjení materiálu!

III.3.9.2 Odběr směsi jemnozrnného a hrubozrnného materiálu (např. šterku s pískem)

Při odběru této matrice je potřeba počítat s následujícími komplikacemi:

- výsledky je nutné interpretovat s velkou opatrností – vzorek nebude reprezentovat skutečnou jakost materiálu (neboť je velmi komplikované až nemožné odebrat vzorek odpovídající zrnitostnímu složení vzorkovaného materiálu. Řešením je odběr velkého množství vzorku a analýza jednotlivých zrnitostních frakcí po prosítování),
- předpokládají se ztráty těkavých látek.

III.3.9.3 Odběr suchého sypkého materiálu

Mezi nejčastější komplikace při odběru můžeme zařadit tato rizika:

- materiál vypadává ze vzorkovače,
- ztráty těkavých organických látek.

Postup:

- materiál je nabírán do vzorkovače pomocí lopatky, špachtle,
- vstupní otvor vzorkovače se překryje pomocí lopatky nebo špachtle, aby vzorek nevypadl,
- vzorek se přesype do vzorkovnice.

III.3.9.4 Odběr sedimentů

Komplikace spojené s odběrem sedimentů:

- sedimenty jsou materiálově velmi různorodé (jemnozrnné až šterkovité), často s balastními látkami (např. s organickými cizorodými zbytky rostlin, s listy, různé artefakty apod.),
- vysoký obsah vody v materiálu může způsobovat chyby spojené s nesprávným stanovením sušiny,
- složitá konzervace v terénu – nelze zajistit aplikaci konzervantu v celém objemu vzorku.

Požadavky:

- výběr vhodného vzorkovače má zásadní vliv na jakost odběru (vzorkovač musí být volen s ohledem na vlastnosti sedimentu a jeho uložení) viz tabulka 2.

III.3.9.5 Odběr olejovitých odpadů, dehtovitých materiálů a jiných odpadů

Komplikace:

- riziko ztrát těkavých organických látek,
- omezená možnost odběru reprezentativního vzorku,
- riziko přenosu znečištění mezi vzorky.

Požadavky:

- nutnost výběru vhodného vzorkovače podle povahy materiálu (doporučuje se používat vzorkovače jednoduše dekontaminovatelné, nebo vzorkovače na jedno použití),
- podrobná dokumentace je velmi důležitá,
- vzorkovnice se pokud možno plní až po okraj (minimalizace výskytu vzduchových bublin ve vzorkovnici).

III.3.9.6 Odběr z průzkumných rýh (zářezů)

Znaky:

- možnost prohlídky půdních horizontů, hloubkového rozdělení viditelné kontaminace,
- riziko poškození půdních vrstev
- hloubkový dosah je limitován hloubkou výkopu,
- bezpečnostní rizika (možnosti sesutí stěn, výpary kontaminantů, úrazy při práci v blízkosti stavební techniky apod.),
- rizika zavlečení povrchového znečištění do hlubších vrstev horninového prostředí

Použití:

- prostorové vyhledání (vymezení) zdrojů a anomálií znečištění (tzv. hot spots),
- identifikace vlastností odpadu deponovaného na lokalitě.

Postup:

- malé hloubky výkopu (do 1 m) – odběr se provádí ze stěny výkopu,
- větší hloubky (nad 1 m) – vytěžení materiálu pomocí nakladače, vzorkuje se materiál v lžici nakladače (příslušnými postupy podle hodnoceného analytu a druhu materiálu).

Pro specifikaci vertikálního profilu znečištění je vhodnější použít vzorky získané pomocí vrtání.

III.4 Odpady

Odpad je každá movitá věc, které se vlastník zbavuje nebo má úmysl nebo povinnost se jí zbavit a které mohou být odstraněny, znovu použity nebo regenerovány (viz Zákon o odpadech).

Hodnocení odpadů při řešení ekologických zátěží je možné rozdělit přibližně do 2 skupin:

1. lokalizování a prostorové vymezení kontaminovaného materiálu, který je určen k následné likvidaci,
 - a. při vzorkování je uplatňován etapovitý přístup za postupného upřesňování lokalizace a celkového množství kontaminovaného materiálu s využitím metod vzorkování s úsudkem (autoritativní vzorkování),
 - b. vzorkování je podmíněno požadavky odpovědného řešitele rizikové analýzy nebo sanačních prací,
2. charakterizace odpadů pro účely dalšího nakládání s odpadem (při zpracování základního popisu odpadu, při hodnocení nebezpečných vlastností odpadů apod.),
 - a. při vzorkování jsou využívány zejména metody statistického vzorkování.
 - b. vzorkování je podmíněno požadavky Zákona o odpadech a osoby odpovědné za další nakládání s odpadem.

Odpady vznikající v procesu průzkumu a odstraňování ekologických zátěží jsou obecně velmi heterogenní, a proto i charakterizace vlastností odpadů a jejich katalogizace, resp. zařazení vyžadují velmi různorodé postupy. Setkáváme se s odpady různých skupenství a konzistence (pevnými, pastovitými i kapalnými), které jsou uloženy v obalech různých rozměrů, nebo s odpady deponovanými v nádržích, lagunách, hromadách apod., s odpady relativně homogenními (např. kaly) až vysoce heterogenními (např. stavební odpad).

Vzorkování odpadů je upraveno požadavky Zákona o odpadech a souvisejících prováděcích vyhlášek, které mimo jiné upřesňují:

- podmínky a požadavky na způsobilost osoby odpovědné za vzorkování při hodnocení nebezpečných vlastností odpadů,
- podmínky a požadavky na způsobilost osoby provádějící odběry vzorků pro účely vedení evidence zařízení s PCB,
- podmínky a požadavky na nezávislost a kvalifikaci vzorkaře při odběrech pro účely zpracování základního popisu odpadů,
- podmínky a požadavky na obsah a zpracování dokumentace odběru vzorků a plánu odběru,
- podmínky a požadavky na analytické zkoušky a na zkušební laboratoře, zajišťující analýzy pro potřeby hodnocení nebezpečných vlastností odpadů a zpracování základního popisu odpadů.

S ohledem na možnosti změn v legislativě doporučujeme, aby se odpovědný řešitel při plánování a před vlastním vzorkováním odpadů seznámil s aktuálním zněním příslušných legislativních předpisů a zohledňoval výše uvedené podmínky a požadavky. Aktuální stav legislativních předpisů při nakládání s odpady je dostupný např. na internetové adrese: **www.env.cz**.

Postupy při volbě metod vzorkování pro jednotlivé případy jsou rovněž zpracovány v Metodickém pokynu odboru odpadů (viz seznam literatury č. 81) Ministerstva životního prostředí ke vzorkování odpadů, který je dostupný ve Věstníku MŽP na internetové adrese: **www.env.cz**.

III.4.1 Přehled základních metod odběru vzorků

Výběr metod odběru vzorků se řídí fyzikálními a chemickými vlastnostmi odpadu a dále způsobem jeho uložení. Mnohé odpady, se kterými se setkáváme při řešení ekologických zátěží, lze vzorkovat jako zeminy, soudržné nebo nesoudržné materiály, nebo jako pastovité, či kapalné materiály. Postupy odběru těchto matric byly probrány v předcházejících kapitolách. Zde jsou řešeny odběry vzorků odpadů především s ohledem na způsob jejich uložení.

III.4.1.1 Balené materiály a materiály v kontejnerech

Obecně:

- přísné požadavky na bezpečnost práce a ochranu zdraví,
- QA/QC postupy jsou přizpůsobeny individuálním požadavkům.

III.4.1.1.A Malá množství materiálu – barely, pytle, sáčky, láhve, plechovky apod.

Obecné zásady při odběru:

- dokumentace všech jednotek (např. celkový objem kontejneru, aktuální objem, označení, technický stav, barva, původ apod.), fotografie, nákresy apod.,
- při potřebě přemístit nádoby musí být ověřeno, zda to technický stav obalu bezpečně umožňuje,
- označení vzorkovaného předmětu pro stávající i budoucí identifikaci,
- opatrnost při otevírání obalu, (např. ověření technického stavu uzávěru)
- podle úrovně znalostí o obsahu obalu je třeba používat vhodní zařízení (použitelné např. ve výbušném prostředí),
- přijmout odpovídající opatření při riziku, že obal nepůjde znovu uzavřít (např. silně zkorodovaný obal, poškození uzávěru apod.), nebo otevření obalu vyžaduje zvláštní způsob otevírání (např. zajistit náhradní obal apod.),
- při otevírání obalu se doporučuje provádět terénní měření na stanovení těkavých organických látek,
- v některých případech (např. pokud hrozí, že by se obal při manipulaci rozpadl a pokud to způsob odběru vyžaduje) je vhodné zkoumaný materiál i s obalem přemístit do nového většího obalu.

III.4.1.1.A.a Pevné materiály uložené v kontejnerech

Vzorkovače (možnost výběru dle konkrétní situace):

- lopatka nebo lžíce,
- žlábkový vzorkovač,
- dvouplášťový vzorkovač.

Postup:

1. otevření obalu,
2. zavedení vzorkovače pokud možno do centra vzorkovaného objektu,
3. vyjmutí vzorkovače ze vzorkovaného objektu,
4. uložení vzorku do vzorkovnice,
5. postup se opakuje podle potřeby získat potřebné množství vzorku pro stanovení,
6. uzavření zkoumaného obalu, resp. obalu náhradního

Mezi odběry je nutné dekontaminovat zařízení, popř. používat jednorázové vzorkovací zařízení.

Každý kontejner se vzorkuje samostatně.

III.4.1.1.A.b Kapalně materiály uložené v kontejnerech

Vzorkovače (možnost výběru dle konkrétní situace):

- trubicový vzorkovač (otevřená trubice),
- trubicový vzorkovač s dolním uzávěrem,
- vzorkovač pro odběr kapaliny, resp. kalu (bailer, naběrákový vzorkovač apod.).

Postup:

1. otevření obalu,
2. vložení vzorkovače do centra vzorkovaného objektu,
3. vyjmutí vzorkovače z objektu,
4. uložení vzorku do vzorkovnice,
5. postup se opakuje podle potřeby získat potřebné množství vzorku pro stanovení,
6. uzavření zkoumaného obalu, resp. obalu náhradního.

Mezi odběry je nutné dekontaminovat zařízení, popř. používat jednorázové vzorkovací zařízení.

Každý kontejner se vzorkuje samostatně.

III.4.1.1.B Velká množství materiálu uloženého v kontejnerech – cisterny, nádrže apod.

Zásady:

- dokumentace informací souvisejících s uložením odpadu:
 - typ kontejneru, celková kapacita (resp. její odhad), stávající zaplnění, označení, barva, umístění (lokalizace),
- při odběru jsou využívány otvory v cisternách, nádržích apod.,
 - spodní, např. výpustní otvor. Pozor na nekontrolovatelný únik vzorkovaného materiálu (např. rizika spojená s nefunkčním ventilem),
 - horní víko – doporučuje se vzorkovat horním víkem,
- odběru by se měly účastnit minimálně 2 osoby.

Postup při odběru:

1. před zahájením odběru z otvoru zvoleného ke vzorkování musí být zhodnoceno riziko výskytu přetlaku plynu v cisterně nebo uzavřené nádrži a přijata odpovídající opatření k zajištění bezpečnosti práce a ochrany zdraví. Otvor musí být otevírán velmi opatrně, aby se vyrovnal vnitřní tlak v cisterně a atmosférický tlak,
2. plynné úniky se proměřují pomocí terénního měření (např. pomocí PID detektoru),
3. odběr je proveden pomocí vhodného vzorkovače (viz kapitola II.4),
4. v případě, že je materiál ve vzorkovaném objektu stratifikovaný, je třeba ovzorkovat každou vrstvu samostatně,
5. v případě, že je vzorkovaný objekt rozdělen do segmentů, je potřeba každý segment ovzorkovat samostatně,
6. minimálně se odběr provádí v horní části, střední části a v dolní části vzorkovaného objektu,
7. v případě, že je účelem vzorkování charakteristika odpadu pro potřeby dalšího nakládání s odpadem, lze odebrat i směsný vzorek.

III.4.1.2 Transformátory

Vzorkování zařízení (transformátorů, tlumivek apod.), která mohou obsahovat nebo obsahují PCB podle § 26 zákona č. 185/2001 Sb., o odpadech, v platném znění, se provádí podle tohoto zákona a vyhlášky č. 384/2001 Sb., o nakládání s PCB, § 2 – Rozhodčí metody a postup stanovení celkové koncentrace PCB v látkách a zařízeních, které je obsahují.

Pro vzorkování PCB za účelem jejich evidence a národní inventarizace ČR jsou MŽP, odborem odpadů pověřen Výzkumný ústav vodohospodářský T.G. Masaryka, sekce Centrum pro hospodaření s odpady – CeHO. CeHO v souladu s výše uvedenými právními předpisy pořádá odborná školení pro vzorkače před jejich certifikací. Pro tuto činnost jsou připraveny školicí texty, pomůcky a testy tak, aby bylo dosaženo přípravy kvalitních vzorkačů.

Školicí texty, jejichž obsah je ještě rozšířen při školení, obsahují postupy, které je nutno při vzorkování respektovat. Součástí školení jsou i praktické ukázky odběru u vzorku ze zařízení. Je nezbytné zdůraznit odbornost pracovníků, kteří odebírají vzorky z elektrických zařízení (funkčních), viz vyhláška č. 50/1978 Sb., o odborné způsobilosti v elektrotechnice, ve znění vyhlášky č. 98/1982 Sb.

Zásady:

- odběry je možné provádět až po splnění veškerých požadavků na bezpečnost práce – zařízení nesmí být pod vysokým elektrickým napětím, existuje potenciální riziko kontaktu s PCB apod.,
- zajištění ochrany prostředí před únikem PCB – ochranná fólie, nebo pokrývka (např. z plastické hmoty) pod vzorkovacím otvorem, v místě manipulace se vzorkem apod.,
- vzorkač vždy musí být vybaven nádobou, do níž bude shromažďovat materiály kontaminované vzorkovaným materiálem,
- použití výpustních ventilů se nedoporučuje z důvodu rizika úniku materiálu při poruše ventilu. Druhým důvodem je riziko, že nebude odebrán reprezentativní vzorek z důvodu stratifikace transformátorového oleje.

Postup při odběru:

1. volba vhodného vzorkovacího zařízení – doporučuje se vzorkovací trubice se spodním otvorem,
2. vzorkovač se pomalu zanořuje do nádrže tak, aby hladina ve vzorkovači a nádrži byla stejná. Jakmile vzorkovač dosáhne dna, je uzavřen a vytážen z nádrže,
3. vnější stěny vzorkovače se očistí,
4. vzorek se přemístí do vhodné vzorkovnice předem označené.

III.4.1.3 Odběr vzorků z volně ložených deponií odpadu

III.4.1.3.A Úvod

Vždy je nutné připravit vzorkovací plán pro konkrétní cíl vzorkování a dané charakteristiky vzorkovaného materiálu a podmínek jeho uložení.

III.4.1.3.B Charakteristiky ovlivňující volbu vzorkovacího plánu

III.4.1.3.B.a Velikost a tvar deponie

- vždy je nutné zjistit objem materiálu na deponii pro stanovení počtu vzorků,
- vždy je třeba prověřit přístupnost k dílčím bodům odběru – z hlediska bezpečnosti práce a ochrany zdraví vzorkačů, možností použití vzorkovacích zařízení apod.

III.4.1.3.B.b Charakteristiky materiálu

Druh materiálu

Rozhodující je stupeň heterogenity materiálu vyplývající z informací o původu a vzniku materiálu, prohlídky deponie, předběžných zkoušek apod.

Homogenní materiály nevyžadují komplikovaná vzorkovací schémata, na rozdíl od heterogenních materiálů.

Chemická stabilita

Materiály uložené v deponii se mohou vyznačovat prostorovou proměnlivostí chemického složení – odlišným stářím vzniku a uložením materiálu, vznikem chemických reakcí v průběhu uložení materiálu na deponii, lokálními reakcemi v deponii apod. To může být příčinou zvýšení heterogenity materiálu.

Velikost částic tvořících zkoumaný materiál

Velikost částic ovlivňuje množství materiálu určeného k analýze. Rozměrné kusy materiálu, pokud jsou ze vzorku vyřazeny, mohou být zdrojem pozitivních, resp. negativních chyb při interpretaci výsledků analýz. Výsledky analýz rozměrných kusů materiálu je nutné uvádět do souvislosti k jejich zastoupení s ohledem na ostatní vzorkovaný materiál.

Struktura a stupeň zpevnění materiálu

Materiál v deponii se může z hlediska zpevnění a struktury velmi měnit. Od prachovitých, sypkých materiálů až po zcela konsolidované bloky materiálu. Opět tato charakteristika zásadně ovlivňuje postup přípravy vzorkovacího plánu a vlastního odběru vzorků.

III.4.1.3.B.c Účel vzorkování

Podle požadavků řešení ekologických zátěží – zhodnocení deponie pro potřeby vypracování rizikové analýzy a postupu při odstranění ekologické zátěže.

Kroky:

1. charakterizace na základě znalosti technologie vzniku odpadů. Informace je však vždy nutné ověřit analytickými zkouškami – první série odběrů a analýz k ověření platnosti údajů o technologii vzniku materiálu – určení parametrů, které jsou nad a pod stanoveným limitem,
2. identifikace nebezpečných vlastností odpadů,
3. prostorové vymezení materiálů v deponii s nebezpečnými vlastnostmi, s parametry, převyšujícími definované limity, prostorové vymezení materiálu, který bude nutno sanovat (na místě, nebo po transportu), a materiálu, který je možné na lokalitě zanechat bez dalších úprav.

III.4.1.3.C Postup odběru vzorků

Zásady:

- odběr buď z povrchu nebo z definované hloubky,
- přehled používaných vzorkovačů:
 - lopatka,
 - lžíce,
 - žlábkový vzorkovač,
 - sondýrka,
 - ruční vrtáky,
 - dvouplášťový vzorkovač,
 - jádrovač,
 - dělený lžicovitý vzorkovač,
 - apod.

Vlastní odběr se provádí podle postupů uvedených v kapitolách III.3.

III.4.1.3.C.a Odběr povrchového vzorku

Postup:

1. na požadovaném místě se odstraní zbytky materiálů, které se vzorkovaným materiálem nemají souvislost (rostlinné zbytky – listy, větvičky apod.),
2. vzorek je odebrán z hloubky 0 – 15 cm pomocí vhodného vzorkovače (podle požadavků laboratorní analýzy),
3. vzorek je přemístěn do vzorkovnice (obvykle s velkým vstupním otvorem – prachovnice), popř. je transportován do laboratoře ve vzorkovači (např. při stanovením na TOL).

III.4.1.3.C.b Odběr podpovrchového vzorku

Postup:

1. na požadovaném místě je vyhlouben otvor do požadované hloubky pomocí vhodného zařízení (vrták, vhodný typ vzorkovače),
2. vzorek je odebrán vhodným vzorkovačem,
3. vzorek je přemístěn do vhodné vzorkovnice.

III.4.1.3.D Požadované analýzy a jejich četnost

Rozsah provedených zkoušek se odvíjí od účelu vzorkování a zpravidla vychází z prováděcích vyhlášek k zákonu o odpadech.

III.4.2 Zajištění a kontrola jakosti

Požadavky na zajištění a kontrolu jakosti vyplývají z platné legislativy, zejména v následujících oblastech:

- nezávislost, způsobilost osob odpovědných za odběr a vzorkování,
- dokumentace odběru (plány odběru, protokoly o odběru apod.),
- zkušební laboratoře a zkušební postupy.

S ohledem na možnosti změn v legislativě doporučujeme, aby se odpovědný řešitel před plánováním a vlastním vzorkováním odpadů seznámil s aktuálním zněním příslušných předpisů a zohlednil výše uvedené technické podmínky a požadavky.

Kromě výše uvedeného musí být program QA/QC zaměřen na:

- zhodnocení heterogenity vzorkovaného odpadu a ověření volby vzorkovacího schématu,
- výběr vhodného vzorkovacího vybavení,
- manipulaci se vzorky (doba zpracování vzorku, podmínky uložení vzorku po odběru do převzetí laboratoří),
- úpravy vzorků,
- úplnost a spolehlivost dokumentace.

III.5 Plaveniny

Důležitou součástí povrchových vod z hlediska transportu nejen živin, ale i některých kontaminantů jsou unášené nerozpuštěné látky v tekoucích vodách, tzv. plaveniny. Ačkoliv pod termínem plaveniny se rozumí veškeré nerozpuštěné látky všech velikostních frakcí, pro transport znečištění jsou rozhodující především velmi jemnozrnné složky bahna s jílovitými částicemi - frakce < 63 µm.

Pro odběr plavenin neexistují normalizované postupy a obecné pokyny k jejich odběrům jsou shrnuty v normě [ČSN ISO 5667-17], kde jsou uvedeny i jednotlivé principy jejich odběru. Základem je, s ohledem na rozsah prováděných zkoušek, odběr požadovaného množství vody s nerozpuštěnými látkami a jejich separace. Vzorky lze odebírat manuálně, prakticky stejným způsobem jako povrchovou vodu, ale pak je získání většího množství vzorku k analýze velmi pracné (filtruje se přes filtr 0,45 µm). V roce 2001 byl v ČHMÚ zaveden program odběru plavenin s využitím metody odstředování mobilní průtočnou odstředivkou. Tato metoda umožňuje získat požadované množství vzorku k provádění zkoušek, v množství větším, než 50 g.

III.6 Vzorkování povrchů**III.6.1 Přehled základních metod odběru vzorků**

Tato kapitola popisuje postupy při odběru povrchových vzorků technikami:

- stírání,
- odsekávání, otłoukání,
- smetení.

Povrchové vzorky se odebírají za účelem zhodnocení přítomnosti a/nebo rozsahu znečištění na jiných materiálech, nežli je zemina, voda a vzduch.

Níže uvedené postupy mají stejný účel, nicméně volba jejich použití je závislá na druhu vyšetřovaného povrchu, resp. typu kontaminantu.

III.6.1.1 Stírané vzorky

Použití:

- netěkavé látky (PCB, PCDD/F, PAU apod.),
- neporézní povrchy (sklo, keramika, kovové předměty apod.).

Výběr míst odběru je závislý na: znalostech historie znečištění, výrobních postupech a technologiích, pracovních postupech a zvyklostech, cestách migrace a dostupnosti odběrových míst.

Příklady odběrových míst:

- nádrže na suroviny,
- vzduchotechnika,
- konstrukce (nosníky apod.),
- okna, okenní rámy apod.

Velikost vzorkované plochy je podmíněna mezemi stanovitelnosti analytických metod. Vždy je třeba provést odhad kontaminace na dané ploše a konzultovat s analytikem, zda množství setřené analytu umožňuje provedení zkoušky. Případně je třeba velikost vyšetřované plochy upravit.

Pomůcky:

- měřítko, pravítko k určení vzorkované plochy,
- pinzety,
- jednorázové vzorkovací rukavice, vyměňují se před manipulací s čistou gázou, vzorkovnicí nebo s rozpouštědlem,
- sterilní, skládaná gáza (velikost např. 10 x 10 cm) – filtrační papír se nedoporučuje – trhá se, zůstává na vzorkovaném materiálu,
- vhodné rozpouštědlo (podle typu sledovaného ukazatele – je vždy nutné konzultovat s laboratoří, která bude vzorky zpracovávat), např.:
 - aceton/hexan 1 : 4 (pesticidy, semivolatilní sloučeniny, PCB),
 - destilovaná a deionizovaná voda – kovy,
 - metanol nebo destilovaná a deionizovaná voda (barvené povrchy, voskované povrchy) apod.

Postup odběru:

- na místě odběru se vymezi požadovaná plocha (např. 25 x 25 cm²) – např. pomocí šablony vhodného rozměru,
- pinzetou se vyjme gáza ze soupravy, navlhčí v rozpouštědle a povrch se stírá – v horizontálním směru a poté vertikálním směru s průměrným (středním) tlakem na stírání. Počet cyklů stírání je dán předpokládaným množstvím sledované látky na povrchu (vhodný počet cyklů je třeba ověřit testováním). Každý cyklus je tvořen stěry v horizontálním a vertikálním směru,
- exponovaná gáza se okamžitě umístí do vzorkovnice.

Poznámka: Nikdy se nesmí gáza navlhčovat dříve než před vlastním stíráním (riziko sekundární kontaminace ze vzduchu – atmosférický depozit).

Kontrola kvality:

- slepý vzorek („field blank“) – odhalení rizik – znečištění ze vzduchu, rukavic, vzorkovnice, solvent, sterilní gáza apod.),
- testování vhodného počtu cyklů pomocí nástřiků sledované látky o známém množství na vzorkovaný povrch (spikované vzorky).

III.6.1.2 Otlukové vzorky (Vzorky z otluku)

Použití:

- netěkavé látky (PCB, PCDD/F, PAU apod.),
- porézní povrchy (beton, cihly, dřevo apod.).

Výběr míst odběru závisí na: znalostech historie znečištění, výrobních postupech a technologiích, pracovních postupech a zvyklostech, cestách migrace a dostupnosti odběrových míst.

Příklady odběrových míst:

Podlahy u nádrží na suroviny, sklady, překladiště apod.

Velikost vzorkované plochy je podmíněna mezemi stanovitelnosti analytických metod. Vždy je třeba provést odhad kontaminace na dané ploše a konzultovat s analytikem, zda množství získaného analytu umožňuje provedení zkoušky. Případně je třeba velikost vyšetřované plochy upravit.

Pomůcky:

- měřítko, pravítko k určení vzorkované plochy,
- jednorázové vzorkovací rukavice, vyměňují se po odběru vzorku, před další manipulací se vzorkovacími pomůckami,
- dekontaminovaný sekáč, dláto (borosilikátové), kladivo nebo elektrické kladivo,
- štětec s přírodními vlákny, lopatka pokrytá hliníkovou fólií, pokud lopatka sama není vyrobena z materiálu, který může ovlivnit výsledek zkoušky.
- vzorkovnice.

Postup:

1. vymezení vzorkované plochy,
2. pomocí sekáče a kladiva se otlučí zvolená plocha (pozor – odštěpky, které odpadly mimo zájmovou plochu, nelze používat do vzorku),

3. hloubka záseku – max. 6 mm, doporučuje se 3 mm,
4. odštěpky (otluky) se smetou pomocí štětce na dekontaminovanou lopatku a přemístí se do vzorkovnice.

III.6.1.3 Smetené vzorky (Smetky)

Použití:

- netěkavé látky (PCB, PCDD/F, PAU, kovy apod.),
- zbytky prachovitého až jemnozrnného materiálu (především prach) na porézních i neporézních površích (beton, cihly, dřevo apod.).

Postup:

1. vymezení vzorkované plochy,
2. pomocí smetáku, kartáče nebo štětce se namete jemnozrnný materiál na dekontaminovanou lopatku a přemístí se do vzorkovnice.

Smeták, kartáč nebo štětec nesmí sekundárně kontaminovat vzorek (např. vypadávání vlasů, přenos kontaminace mezi vzorky apod.).

III.7 Povrchová voda

III.7.1 Přehled základních metod odběru vzorků

Při vzorkování povrchové vody a sedimentů (kapitola III.3.9.4) na území České republiky se odebírají vzorky z rybníků a jezer [ČSN 5667-4] a dále z potoků a řek [ČSN 5667-6].

Z hlediska sanačních prací může být cílem vzorkování kontrola kvality povrchových vod s ohledem na vypouštění vyčištěných vod po sanaci, tzn. monitorování kvality nad a pod místem vypouštění, případně vyhledávání jiných možných zdrojů kontaminace.

Za normálních podmínek je možné vody vzorkovat na snadno přístupných lokalitách jednoduchými rutinními postupy. V případě proudných úseků řek, špatně přístupných míst, nedostatečně zamrzlé hladiny a pod., jsou podstatně náročnější požadavky na vybavení vzorkovací skupiny a především na bezpečnost práce. Ta by měla být na prvním místě již při tvorbě plánu odběru vzorků a měla by jí být přizpůsobena volba postupů, vybavení a výstroje pracovníků provádějících odběry.

Při tvorbě plánu odběru vzorků se doporučuje upřednostňovat dobře přístupná místa. V úvahu se musí brát hloubka toku/nádrže a rychlost proudu.

Odběry se obvykle provádějí

- ze břehu,
- broděním (brodící tyč, lano),
- z mostů a lávek,
- z lodí (záchranná vesta),
- z pracovních plošin.

V plánu odběru vzorků musí být minimalizována veškerá rizika související s odběry, např. bezpečnost vzorkařů a zároveň dopravy na mostech apod.

Vzorky se odebírají do vzorkovnic, které by měly být těsně před odběry vyzvednuty z laboratoře, která bude provádět požadované analýzy.

Před zahájením odběru by měly být zaznamenány takové údaje, jako jsou teplota a hloubka vody, průtok, pH, konduktivita. Veškeré naměřené údaje musí být náležitě dokumentovány.

Manažer projektu stanoví mimo jiné počty vzorků, místa, čas a četnost odběrů, vymezí podmínky prostředí, kdy mohou být vzorky odebrány a způsob odběru včetně technického vybavení.

Veškeré používané odběrové zařízení a pomůcky musí být před odběrem dekontaminovány, aby se vyloučila případná vzájemná kontaminace odebíraných vzorků.

Výběr vhodného zařízení vychází z umístění odběrového místa, z rozsahu sledovaných ukazatelů apod. Odběry se provádí buď:

- povrchovými vzorkovači (vzorkovnice, vědra, konve, naběráky). Nelze s nimi odbírat vzorek z definované hloubky a nejsou vhodné pro odběr vzorků k analýze rozpuštěných plynů a těkavých látek (TOL). Jsou-li vysterilizovány vhodné skleněné vzorkovnice, lze je použít i pro odběr vzorků k mikrobiologickému rozboru,
- uzavřenými ponornými vzorkovači. Používají se k odběru v definované hloubce, kam se spouští obvykle na lanku a lze je modifikovat i na odběr rozpuštěných plynů a TOL (Dusartova láhev),

- zařízeními tvaru otevřené trubice nebo válce. Jedná se o vzorkovače typu Rutnerovy, Van Dornovy, nebo Friedingerovy láhve a používají se k odběrům vzorků z nádrží nebo pomalu tekoucích vod. K odběrům z rychle tekoucích vod a potoků lze použít Žukovského odběrové zařízení, které na rozdíl od předcházejících pracuje ve vodorovné poloze,
- čerpacími zařízeními. V tomto případě je nutné přihlídnout k vlastnostem a technickým možnostem jednotlivých typů čerpadel,
- automatickými vzorkovači. Tyto vzorkovače jsou vhodné pro odběry kontinuálních nebo směsných vzorků, případně ke sledování změn jakosti vody v čase, a to především na řekách a potocích,
- pasivními difúzními vzorkovači. Tento typ vzorkovačů je vhodný pro kontinuální monitoring především POPs. Na rozdíl od ostatních metod odběru neumožňuje stanovit aktuální okamžitou koncentraci, ale poskytne časově váženou průměrnou koncentraci za dobu expozice vzorkovače.

Při výběru vhodného odběrového místa, počtu vzorků, volbě způsobu odběru apod. se doporučuje řídit normami [ČSN ISO 5667-4,6].

Stejně tak se doporučuje řídit výše uvedenými normami při návrhu protokolů o odběru, v případě akreditovaných odběrů doplněnými požadavky Změnového listu 01/05 k MPA 10-01-01 ČIA.

V poslední době se v oblasti monitorování povrchových vod začínají stále více využívat multiparametrické sondy, které mohou být používány k vertikálnímu monitorování nádrží, lze s nimi kontinuálně zaznamenávat data a jejich pomocí lze řídit odběry vzorků automatickými odběrovými zařízeními při dosažení předem navolených ukazatelů, např. pH, konduktivita, rozpuštěný kyslík apod.

III.8 Podzemní voda

Složení podzemní vody v konkrétním místě je dáno různými fyzikálními, chemickými a biologickými procesy, a to jak přírodními, tak i antropogenními. Obecně platí, že podzemní voda v neovlivněném stavu je v hydrogeochemické rovnováze s prostředím, ve kterém se vyskytuje. Vývoj složení podzemní vody odráží její pohyb v horninovém prostředí. Kromě laterálních změn složení má však v hydrogeochemii zásadní význam vertikální zonálnost. Ta se projevuje nejen u přírodních nekontaminovaných vod, ale zejména v případech, kdy došlo k antropogennímu znečištění horninového prostředí a podzemní vody. V takové situaci lze zaznamenat zcela zásadní vertikální změny chemismu podzemní vody i v řádu prvních decimetrů.

Při vzorkování podzemní vody je možné, stejně jako v případě ostatních matric, rozlišit dva odlišné typy vzorků: **prosté bodové vzorky** a **směsné vzorky**. Prosté bodové vzorky odpovídají složení podzemní vody v bodu odběru a měly by být v hydrogeochemické rovnováze s okolím, vzorky směsné vznikají jako **prostorově, nebo časově závislé průměrné vzorky**. Nejčastěji se bude jednat o vertikálně závislé směsné vzorky, vzniklé smísením podzemní vody, přitékající do vrtu celou perforovanou částí výstroje.

Pokud je v kolektoru složení podzemní vody silně stratifikováno, nemusí být takový směsný vzorek ani v hydrochemické rovnováze (současně mohou být přítomny vzájemně se vylučující složky), ani v rovnováze s okolním prostředím.

Z výše uvedeného vyplývají omezení a různé typy využití pro oba typy vzorků:

Směsné vzorky mají nezastupitelnou úlohu v průzkumech regionálního rozsahu, při vyhledávání, průzkumu a monitorování vodních zdrojů a hodnocení celých hydrogeologických struktur. V případě průzkumných prací prováděných v souvislosti s vyhledáváním, průzkumem a odstraňováním antropogenního znečištění horninového prostředí a podzemní vody jsou využitelné pro průzkumy kategorie C (předběžný průzkum) a v některých případech také pro průzkumy kategorie A (sanační průzkum).

Prosté bodové vzorky jsou zcela nezbytné pro posouzení hydrogeochemických dějů, probíhajících jak v přírodním, tak i ve znečištěném horninovém prostředí. Tyto vzorky jsou nezbytné ke získání dat potřebných pro posouzení vertikálního rozdělení zkoumaných analytů a dále v případě zkoumání hydrogeochemických procesů v kolektoru podzemní vody. Jedná se jak o přirozenou evoluci složení podzemní vody, tak i o hodnocení procesů přirozené atenuace kontaminantů. V tomto případě je význam prostých bodových vzorků zcela nezastupitelný.

V procesu odstraňování starých ekologických zátěží budou prosté bodové vzorky využívány zejména v průzkumech kategorie B (podrobný průzkum). Navzdory označení je technicky i metodicky náročnější odběr prostých bodových než směsných vzorků.

III.8.1 Saturovaná zóna

Voda v saturované zóně vyplňuje všechny volné prostory v hornině a pohybuje se v hornině ve spádu hydraulického gradientu.

Běžně užívané a historicky zavedené dělení vzorků podzemní vody podle způsobu odběru na **statické** a **dynamické** není z metodického hlediska příliš vhodné, protože nevystihuje charakter vzorků.

Pod označením **statické** jsou většinou chápány vzorky, odebrané z monitorovacích objektů bez jejich předchozího čištění od sloupce vody dlouhodobě stagnujícího ve zkoumaném objektu. Takové vzorky však, až na výjimky, neodpovídají svým složením podzemní vodě v okolním kolektoru, ale vodě alterované kontaktem s materiálem výstroje výstroje a výměnou plynů s atmosférou nad hladinou v monitorovaném objektu. Ke změnám dochází zejména v případě složek a vlastností, závislých na obsahu rozpuštěných plynů včetně kyslíku a CO₂ (oxidačně – redukční potenciál, uhličitánová rovnováha atd.) a dále všech ostatních parametrů závislých na hodnotě oxidačně – redukčního potenciálu (celkový obsah a forma rozpuštěných kovů).

Pokud byla například výstroj vzorkovaného vrtu zhotovena z běžné uhlíkaté oceli a zhlaví vrtu nebylo plynotěsně uzavřeno vzhledem k vnější atmosféře, je podzemní voda ve vrtu v kontaktu s kyslíkem a zároveň s reaktivním povrchem oceli, popř. produktů její oxidace.

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**.

Jako **dynamické vzorky** (vzorky v dynamickém stavu) jsou označovány vzorky, odebrané během, nebo bezprostředně po čerpání vzorkovaného objektu. V takovém případě je charakter vzorků 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** – „low flow purging and sampling“, nebo **mikropročišťování** – „micropurging“ (viz ČSN ISO 5667-18).

Pokud některá z podmínek není splněna, bude odebraný vzorek mít vždy charakter směsného vzorku.

III.8.2 Obecný postup odběru vzorků

Odběr vzorku, tj. činnost vzorkovací skupiny na lokalitě, je během vzorkování podzemní vody možné obecně popsat v následujících bodech:

1. příprava a kontrola místa a bodu odběru, vzorkovnic a potřebného vybavení,
2. měření úrovně hladiny podzemní vody a hloubky objektu,
3. instalace vzorkovacího vybavení,
4. čištění (pročišťování) vzorkovaného objektu,
5. terénní měření hydrochemických parametrů, měření úrovně hladiny,
6. odběr vzorků a plnění vzorkovnic,
7. úprava vzorků,
8. dokumentace.

III.8.2.1 Příprava a kontrola místa a bodu odběru

V rámci přípravy je prověřeno místo odběru vzorků s ohledem na jeho technický stav, dostupnost a vhodnost z hlediska předpokládaného způsobu odběru. Kromě toho se kontroluje úplnost a stav sady vzorkovnic a vzorkovacího vybavení.

III.8.2.2 Měření úrovně hladiny

Následně je zaměřena úroveň hladiny podzemní vody a hloubka objektu. Pro zajištění reprodukovatelnosti měření je nutné specifikovat a v dokumentaci uvést použitý odměrný bod. Současně je orientačně ověřena přítomnost samostatné fáze ropných uhlovodíků na hladině podzemní vody. Pro měření se používají zpravidla elektrické kontaktní hladinoměry, nebo Rangeova píšťala na ocelovém nerezovém pásnu. Vzhledem k opakovanému použití hladinoměru je nutné věnovat pozornost jeho adekvátní dekontaminaci.

III.8.2.3 Čištění (pročišťování) objektu

Před vlastním odběrem vzorku je ve většině případů nutné provést čištění (pročištění) vzorkovaného objektu od vodního sloupce stagnujícího ve výstroji. Výjimkou jsou dlouhodobě čerpané objekty, jako jsou například sanační vrty, jímané studny, prameny a otevřené vrty s trvalým přetokem. Pro čištění vrtů jsou používány dvě různé metody:

- objemová metoda,
- stabilizace terénních měření vybraných parametrů.

Objemová metoda

Objemová metoda je založená na výměně předem určeného počtu objemů vody, obsažené ve výstroji vrtu před vlastním odběrem vzorku. Zpravidla je udáváno, že je nutné vyměnit, v závislosti na místních podmínkách, 3 – 5 objemů stagnující vody v daném objektu. K čištění jsou zpravidla používána čerpadla s relativně vysokým výkonem, nebo i kalování. Tato metoda může způsobovat výrazné zvýšení turbidity odebraných vzorků, a s tím spojené možné zkreslení výsledků některých analýz. Z tohoto důvodu není vhodná pro vzorkování metodou malého čerpaného množství.

Stabilizace terénní měření vybraných parametrů

Jako kritérium 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, ale jsou obvykle ve spektru požadovaných parametrů pro další zpracování a vyhodnocení výsledků monitorování a měly by být měřeny především z tohoto důvodu.

Parametry jsou měřeny v průtočné cele na výstupu z čerpadla použitého pro čištění objektu. Současně by mělo dojít také k 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 použitým pro měření. Z tohoto důvodu by měla být pro konkrétní objekt stanovena vždy závazná kritéria stabilizace. Tyto podmínky by měly být v čase dále neměnné.

Doba čištění, potřebná pro dosažení stabilizace měřených veličin, je závislá na mnoha různých faktorech, obecně 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.

III.8.2.4 Plnění vzorkovnic

Vzhledem k tomu, že může docházet ke změnám složení vzorkované podzemní vody během odběru i v důsledku činností souvisejících se vzorkováním, je vhodné plnit vzorkovnice v pořadí od silně těkavých a snadno ovlivnitelných složek ke složkám inertním.

Doporučené pořadí plnění vzorkovnic:

1. rozpuštěné plyny (sulfan, metan, etan, vinylchlorid, radon),
2. těkavé organické látky (TOL),
3. organické halogenidy (AOX, EOX),
4. celkový organický uhlík (TOC),
5. ropné uhlovodíky a ostatní organické látky (PCB, PAU, pesticidy),
6. veškeré kovy,
7. rozpuštěné kovy,
8. fenoly a kyanidy,
9. ostatní anorganické ionty,
10. radionuklidy,
11. mikrobiologické vzorky.

Během plnění vzorkovnic je vhodné dodržovat průtok vody na minimálních hodnotách. Základním pravidlem je, že nesmí během plnění vzorkovnic docházet k provzdušňování vzorku a výtok vody z výstupu vzorkovače má mít charakter laminárního proudění (hladký vodní paprsek).

III.8.2.5 Úprava vzorků po odběru

Vzorky pro stanovení některých analytů (např. kyanidy, fenoly, kovy, sulfan atd.) je nezbytné konzervovat (fixovat) přímo v terénu. V některých případech lze získat z laboratoře vzorkovnice preparované konzervační přísadou, jindy se fixují až naplněné vzorkovnice (typicky sulfan).

Vzorky pro stanovení rozpuštěných podílů kovů je nutné během odběru, nebo bezprostředně po něm, filtrovat. Uzanční velikost pórů filtru je 0,45 µm.

Pokyny pro konzervaci vzorků a manipulaci s nimi jsou obsahem ČSN EN ISO 5667-3.

III.8.2.6 Dokumentace

V rámci dokumentace jsou zaznamenávány všechny skutečnosti, které mohou mít vliv na výsledky vzorkování, zejména 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. Nezbytnou součástí dokumentace je protokol o odběru vzorků.

III.8.3 Prostředky a metody odběru

Použitý postup, prostředky a vybavení pro odběr vzorků podzemní vody se budou lišit v závislosti na těchto faktorech:

- cíli vzorkování (např. regionální průzkum kolektoru, průzkumy pro jednotlivé kategorie prozkoumanosti, hodnocení a sledování přirozené atenuace kontaminantů, provozní monitoring skládek atd.),
- typu vzorkovaného objektu,
- rozměrech objektu,

- hloubce objektu a úrovni hladiny,
- sledovaných analytech a vlastnostech,
- délce otevřené části výstroje/nevystrojeného úseku vrtu,
- vlastnostech obsypu a perforace,
- známých/předpokládaných úsecích zvýšeného přítoku do objektu,
- známé/předpokládané propustnosti kolektoru.

V závislosti na výše uvedených faktorech je možné vzorkování podzemní vody v saturevané zóně obecně zařadit do některé z následujících kategorií:

1. vzorkování pramenů a otevřených vrtů s trvalým přetokem,
2. vzorkování dočasných objektů, bez požadavků na dodržení kritérií na stabilizaci těchto objektů před odběrem,
3. vzorkování vrtů metodou malého čerpaného množství v perforovaném úseku pažnice/otevřeném úseku vrtu za dodržení kritérií stabilizace měřených parametrů vrtů,
4. vzorkování vrtů metodou malého čerpaného množství v perforovaném úseku pažnice/otevřeném úseku vrtu, ve vrtech s nekontrolovatelným poklesem hladiny během čištění vrtu a odběru vzorků. Jedná se o objekty situované v prostředí s velmi malou propustností. Nekontrolovatelný pokles hladiny má za důsledek nedodržení kritérií stabilizace měřených parametrů před odběrem,
5. odběr směsných, objemově průměrovaných vzorků. Čištění a vzorkování se provádí čerpadlem zapuštěným mimo perforovanou část výstroje, bez dodržení požadavků kritérií na stabilizaci měřených parametrů před odběrem,
6. piezometry a úzkoprofilové víceúrovňové vzorkovací systémy, za dodržení kritérií na stabilizaci měřených parametrů,
7. časově závislé vzorky z pasivních difúzních vzorkovačů,
8. dlouhodobě čerpané objekty.

Vzorkování z každé kategorie objektů vyžaduje odlišné pomůcky a vybavení a má určitá specifika, která jsou popsána dále v textu.

Doporučené prostředky pro odběr vzorků pro jednotlivé kategorie jsou uvedeny v tabulce 8.

III.8.3.1 *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. Další možností, pokud to místní podmínky umožní, je 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 vzorkovnicí. Šířka paprsku vody vtékající do vzorkovnice by neměla překročit $\frac{1}{3}$ průměru hrdla vzorkovnice. Výtok z pomocné plnicí trubice by měl splňovat požadavky na laminární proudění („hladký“ proud vody).

Z technických prostředků lze pro vzorkování pramenů využít například peristaltické čerpadlo, spodem plněnou kalovku (hlubinný vzorkovač) a v případě některých vzorků přelivný válec (nedoporučeno pro rozpuštěné plyny, těkavé analyty a složky závislé na hodnotě oxidačně – redukčního potenciálu).

Analogickým způsobem lze vzorkovat rovněž otevřené vrty s trvalým přetokem podzemní vody.

III.8.3.2 *Vzorkování dočasných objektů*

Během hydrogeologických průzkumů a průzkumů znečištění jsou v některých případech hloubeny průzkumné vrty a sondy, které mohou být dočasně vystrojeny, nebo zajištěny a ze kterých je možné odebrat vzorky podzemní vody. Od stabilních monitorovacích objektů se liší především malým profilem, nepřítomností kačírkového filtru okolo perforované části výstroje (byla-li výstroj použita), krátkým časovým intervalem mezi odvrtím a odběrem vzorků, dobou od vyhloubení vrtu (zpravidla řádově v prvních hodinách). Takovéto objekty nebyly po vyhloubení zpravidla vyčištěny od jemných kalových frakcí rozvrtaných hornin, popřípadě od zbytků vrtného výplachu. Všechny tyto skutečnosti se projevují následně na turbiditě odebraných vzorků podzemní vody a na možném zkreslení některých výsledků. Z tohoto důvodu je vhodné tyto objekty využívat především pro předběžné průzkumy (kategorie B) a pro návrh umístění trvalých vzorkovacích objektů. Pro čištění takovýchto objektů před odběrem vzorků je využívána zpravidla objemová metoda a vzorky se odebírají dostupnými prostředky v závislosti na průměru vzorkovaného objektu (spodem plněným vzorkovačem, peristaltickým čerpadlem, inerciálním pístovým čerpadlem, resp. plynovým výtlačným čerpadlem).

III.8.3.3 *Metoda malého čerpaného množství*

V normě ČSN ISO 5667-18 je tato metoda označena jako micropurging. Metoda je zejména v USA široce používána a je velmi dobře propracovaná. V literatuře lze nalézt samostatné metodické příručky, speciálně pro tuto metodu, například Low-flow (minimal drawdown) ground-water sampling procedures (Puls a Barcelona, U.S. EPA Groundwater Issue, U.S. EPA/540/S-95/504), odkud je možné čerpat podrobnější informace.

Princip metody je založen na předpokladu, že podzemní voda může, v závislost na místních hydrogeologických podmínkách a konstrukci vrtu, proudit z 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.

I v takovém případě je však nutné vrt 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 zvívením jemných sedimentů ze dna vrtu.

Čištění vrtů metodou malého čerpaného množství se doporučuje provádět se 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).

Doporučená jsou pro tuto vzorkovací metodu výtlačná čerpadla s říditelným čerpaným množstvím, například plynové výtlačné čerpadlo (bladder pump), elektrické odstředivé čerpadlo s říditelnou rychlostí a elektrické vřetenové čerpadlo. Peristaltické čerpadlo je použitelné podle některých zdrojů pro čerpání z malých hloubek pro anorganické analyty, s tím, že může být ovlivněn obsah rozpuštěného kyslíku, pH a oxidačně redukční potenciál. Doporučená čerpaná množství pro čištění vrtu a odběr vzorku se pohybují v běžných podmínkách propustnosti mezi $0,1 - 0,5 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$, v extrémně propustných sedimentech pak mohou dosahovat až $1,0 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$. Nižší čerpané množství, než je $0,1 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$ není pro vzorkování 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.

Měření parametrů pro hodnocení kritéria pročištění vrtů (pH, el. vodivost, obsah rozpuštěného kyslíku, oxidačně – redukční potenciál, teplota a turbidita) se provádí zásadně v průtočné cele, která musí být mezi jednotlivými odběry řádně dekontaminována a vyčištěna. Dekontaminaci a vyčištění průtočné cely je nutné provádět nejen s ohledem na případnou křížovou kontaminaci mezi jednotlivými vzorky, ale především z důvodu správného měření a rychlejšího ustálování měřených parametrů.

Po ustálení měřených parametrů se provádí vlastní odběr vzorku z výstupu vzorkovacího čerpadla přímo do vzorkovnic.

III.8.3.4 Metoda malého čerpaného množství s nekontrolovatelným snížením hladiny ve vrtu

Tato metoda je založena na stejných předpokladech jako předchozí. Rozdílem je skutečnost, že ani při minimálním doporučeném čerpaném množství ($0,1 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$) nedojde ke stabilizaci hladiny a dochází k jejímu stálému poklesu. Příčinou je nízká propustnost horninového prostředí, nebo nevhodná konstrukce monitorovacího objektu, takže nedochází k vyrovnání čerpaného množství a přítoku do objektu. Vysoké snížení ve vrtu může mít za následek zvýšení turbidity vzorků.

Pro vzorkování ve vrtech s nízkou vydatností je nutné volit vhodný typ čerpadel, protože například v případě rotačních elektrických čerpadel může dojít při snižování čerpaného množství až k jejich poruše (zastavení čerpadla).

Pro vzorkování v takovýchto podmínkách je doporučeno použití trvale instalovaných vzorkovačů a vzorkovacích čerpadel, protože v takovém případě se zkracuje doba potřebná pro vyčištění vzorkovaného objektu (nedochází k mísení vodního sloupce během zapouštění vzorkovacího zařízení). Pokud je používáno mobilní zařízení, je vhodné je instalovat (zapustit) do vzorkovaného objektu s předstihem, minimálně 48 hodin tak, aby mohlo dojít k sedimentaci zvívených částic. Po 48 hodinách se provede čištění objektu a odběr vzorků. Odběr vzorků je vhodné provést nejdříve do 2 hodin po vyčištění vrtu.

V každém případě je třeba se vyvarovat vyčerpání vrtu, nebo snížení hladiny pod úroveň perforovaného úseku pažnice. Pokud tuto podmínku není možné dodržet, je vhodnější zvolit pro vzorkování jinou metodu např. pasivní vzorkovače.

III.8.3.5 Objemově průměrované vzorkování

Tento název popisuje běžně užívanou metodu vzorkování, určenou pro objekty s perforovanou částí pažnice delší než 8 m. Metoda předpokládá, že během čištění vrtů dochází k mísení vody, přítékající do vrtu celou mocností perforovaného úseku. Odebírat touto metodou je tedy možné pouze **směsné vzorky**. Vzhledem k přirozené vertikální nehomogenitě horninového prostředí budou ve výsledném vzorku zastoupeny více podíly pocházející z poloh s vyšší propustností, než z vrstev s propustností nízkou.

Pro čištění vrtů před odběrem se běžně využívá objemová metoda a vyšší čerpané množství, než by odpovídalo předchozím metodám. Pro čištění (i odběr vzorků) jsou běžně využívána elektrická odstředivá a vřetenová čerpadla. Z objektu je během čištění odstraněna voda v objemu 3 – 5 násobku vodního sloupce, obsaženého před vzorkováním ve výstroji vrtu.

Tento způsob vzorkování je bohužel pokládán za standardní metodu vzorkování.

I v případě využití této metody je vhodné pro čištění objektu a vlastní odběr vzorku používat co nejmenší čerpané množství tak, aby se zabránilo nadměrnému snížení hladiny ve vzorkovaném objektu. V žádném případě by nemělo dojít k vyčerpání objektu a doporučené maximální snížení hladiny je cca o $\frac{1}{3}$ vodního sloupce vody ve vrtu. Příliš velké snížení, zejména pokud se hladina podzemní vody nachází v perforované části výstroje, zvyšuje turbiditu vzorku a může docházet rovněž k jeho nežádoucímu provzdušnění (pokud voda stéká po stěnách vrtu).

Odběr vzorku má v optimálním případě následovat do 2 hodin po vyčištění vrtu a doba mezi čištěním a odběrem v žádném případě nemá překročit 24 hodin. Metoda se nehodí pro prostředí s nízkou propustností a poskytuje pouze směsné vzorky.

III.8.3.6 Vzorkování piezometrů a multizonálních systémů

V poslední době vzrůstá význam a potřeba vzorkování z většího počtu hloubkových úrovní kolektoru. Jedná se o požadavek daný využíváním metod sledování přirozené atenuace v procesu odstraňování ekologických zátěží. Tyto metody kladou důraz na odběr prostých (bodových) vzorků, které by měly být v hydrochemické rovnováze a zároveň mají reprezentovat přesné složení podzemní vody v místě svého odběru. Pro popis kontaminačního mraku může být v některých případech nezbytné doložení stratifikace podzemní vody pomocí vzorků ve vertikálním směru až v řádu centimetrů.

K takovému účelu je možné využívat piezometrů a jejich skupin a také speciálních systémů pro vícezonální vzorkování.

Jako piezometry jsou označovány úzkoprofilové hydrogeologické objekty, s krátkým úsekem perforované pažnice. Mocnost perforovaného úseku se pohybuje od cca 1 m až po několik cm, průměr pažnice je zpravidla v prvních centimetrech.

Existují rovněž komerčně dostupné systémy, kdy v jedné pažnici je několik, vzájemně oddělených kanálů, které mohou být propojeny s vnějším prostředím v různých hloubkách.

Společnou vlastností piezometrů a víceúrovňových vzorkovačů je minimální průměr jednotlivého vzorkovaného objektu (od cca 8 do 35 mm), do kterého se nevejde většina běžně užívaných vzorkovačů ani vzorkovacích čerpadel. Pro vzorkování mělkých kolektorů je možné v těchto případech použít peristaltické čerpadlo (nevhodné pro některé analyty), nebo speciální inerciální pístová a plynová výtlačná čerpadla.

Výhodou je minimální objem vody stagnující ve výstroji a s tím spojený minimální objem vody potřebný pro čištění vzorkovaného objektu a bodový charakter odebíraných vzorků.

III.8.3.7 Pasivní difúzní vzorkovací systémy

Pasivní difúzní vzorkovače jsou relativně novou skupinou vzorkovacích zařízení, kterou je možné použít pro dlouhodobé vzorkování některých analytů.

Vzorkovací zařízení je dlouhodobě (po dobu desítek hodin až dnů) zapuštěno do sledovaného objektu, do perforovaného úseku výstroje a exponováno. Vzorkovače je rovněž možné použít ve všech objektech (studny, jímky, prameny), kde budou v kontaktu s podzemní vodou. Použití pasivních difúzních vzorkovačů je však omezeno pouze na případy, kdy prokazatelně dochází k proudění podzemní vody vzorkovaným objektem.

Výhodou je, že odpadá nutnost čištění objektu před odběrem vzorku a v některých případech lze získat vzorek s časově průměrovaného charakteru. Kromě toho nabízejí možnost vzorkování v proudu podzemní vody, neovlivněným odběrem z objektu. Další jejich výhodou je možnost instalace několika vzorkovačů vertikálně nad sebou v jednom vrtu a z toho plynoucí možnost posouzení přirozené, neovlivněné stratifikace obsahu sledovaného analytu. Nevýhodou je omezení pouze na některé skupiny analytů. Vzorkovač není schopný poskytnout informace o základním složení podzemní vody.

III.8.3.8 Dlouhodobě čerpané objekty

Vzorkování dlouhodobě čerpaných objektů (sanačních vrtů, studní) je podobné vzorkování pramenů a vrtů s přetokem. Ve všech případech se jedná o odběr směsného vzorku, bez nutnosti zajistit čištění objektu před odběrem.

Dlouhodobě čerpané objekty se zpravidla vzorkují ze zvláštního, k tomuto účelu určeného ventilu, umístěného na potrubní armatuře. Pokud nemá potrubí k tomuto účelu určený ventil, lze vzorkovat rovněž přímo z vyústění výtlačného potrubí. Odběr vzorku se provádí přímým plněním vzorkovnic.

V případě, že čerpané množství znemožňuje odběr vzorku bez jeho provzdušnění, je vhodné použít pomocnou ohebnou (inertní a vyčištěnou) trubičku, která se zavede jedním koncem do výtlačného potrubí a druhým koncem se plní vzorkovnice. Šířka paprsku vody, používaného pro plnění vzorkovnic, by neměla přesáhnout $\frac{2}{3}$ průměru hrdla vzorkovnice. Výtok z pomocné plnicí trubice by měl splňovat požadavky na laminární proudění („hladký“ proud vody).

III.8.3.9 Specifické situace při vzorkování podzemní vody

Proplyněné vzorky

Rozpuštěné plyny jsou běžnou součástí prakticky všech přírodních vod. Prakticky v každém vzorku podzemní vody je rozpuštěn oxid uhličitý, kromě toho je běžný metan, v kontaminovaných prostorech etan, etylen a vinylchlorid, popřípadě sulfan, radon a elementární vodík. Z běžně se vyskytujících plynů je důležitý obsah rozpuštěného oxidu uhličitého, který ovlivňuje prostřednictvím tzv. uhličitánové rovnováhy základní složení podzemní vody (hydrogenuhličitánový anion patří mezi hlavní ionty v podzemních vodách). Podzemní voda je běžně v rovnováze s vyšším parciálním tlakem oxidu uhličitého, než odpovídá jeho zastoupení v atmosféře. Zdrojem CO_2 v podzemní vodě je většinou mineralizace organické hmoty, v některých případech rovněž juvenilní oxid uhličitý. Zvýšené obsahy CO_2 v podzemní vodě mohou být spojené s biodegradací organického antropogenního znečištění.

V některých případech je možné se setkat s podzemní vodou, která obsahuje rozpuštěné plyny v koncentracích vyšších než odpovídajících parciálnímu tlaku daného plynu, běžně přítomnému v půdní atmosféře. V některých případech může být tlak rozpuštěných plynů vyšší než 0,1 MPa tj. atmosférický tlak. V takovém případě může docházet v povrchových podmínkách k uvolňování plynů ze vzorku ve formě bublin samostatné plynné fáze (k evazi plynů).

Odplynění vzorků je zpravidla spojeno s ireverzibilními změnami chemického složení vody, včetně změn pH, srážení některých minerálů apod.

Kvalita výsledků analýz vzorků proplyněných vod je zásadním způsobem závislá na správné metodice odběru vzorků. V případě, kdy celkový tlak rozpuštěných plynů překračuje tlak atmosférický a dochází k uvolňování samostatné plynné fáze, je důležité odebrat obě fáze. K tomu mohou složit různé separátory fází, např. na principu Mariotteovy láhve (podrobněji např. Krajča a kol. Vzorkování přírodních vod. SNTL, Praha, 1983).

V případě, že jsou očekávány zvýšené obsahy oxidu uhličitého, je nezbytné provádět terénní měření hydrochemických parametrů (zejména pH) a provést stanovení forem složek uhličitánového systému bezprostředně po odběru, titrací KNK4,5 a ZNK8,3 přímo v terénu. Obsah velmi volatilního sulfanu je nutné konzervovat bezprostředně po odběru srážením, např. octanem kademnatým.

Ve všech situacích, při kterých může docházet k uvolnění plynů, jako je sulfan, oxid uhličitý a metan je nutné zajistit odpovídající opatření k 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.).

Podrobný rozbor problematiky vzorkování proplyněných vod uvádí Krajča (Plyny v podzemních vodách, SNTL, Praha, 1977).

Vzorkování v kontaminovaném území

Během vzorkování v kontaminovaném území je nutné postupovat od méně kontaminovaných objektů k více kontaminovaným. Pro manipulaci se vzorkovnicemi a vzorkovači je doporučováno použití jednorázových chirurgických rukavic, které musí být měněny vždy mezi jednotlivými místy odběru.

Během odběrů je nutné dodržovat manipulační řády a návody k použití, které jsou výrobci dodávány k jednotlivým, průmyslově vyráběným a dodávaným vzorkovacím zařízením.

Pokud je ve vzorkovaném objektu přítomna samostatná kapalná fáze uhlovodíků na hladině podzemní vody, je prakticky vyloučeno odebrat reprezentativní vzorek podzemní vody pod fází. V každém případě, kdy je zjištěna přítomnost volné fáze uhlovodíků na hladině podzemní vody, je nutné změřit mocnost vrstvy, a to buď elektronicky detektorem fázových rozhraní, nebo pomocí spodem plněné kalovky, zhotovené z průhledného materiálu.

Pomůcky a vzorkovače, kontaminované samostatnými kapalnými fázemi kontaminantů, je zpravidla nemožné dekontaminovat na lokalitě. Z tohoto důvodu je v kontaminovaném území preferováno použití jednorázově použitelných vzorkovačů a pomůcek.

S ohledem na potenciální nebezpečné vlastnosti kontaminantů je třeba věnovat pozornost odpovídajícím opatřením k zajištění bezpečnosti a ochrany zdraví při práci.

Podrobnější popisy a pokyny k jednotlivým zařízením jsou uvedeny v kapitole II.

III.8.4 Nesaturovaná zóna

V některých případech je během průzkumných prací vhodné, nebo dokonce nutné odebrat vzorky vody z nesaturované zóny horninového prostředí. Možnosti odběru a výsledky vzorkování včetně provedených analýz jsou silně závislé na místních podmínkách v terénu, zejména na vlhkosti (obsahu vody) v hornině. Složení vody v nesaturované zóně je silně závislé na probíhajících dějích a může se měnit v závislosti na obsahu vody v zemině. Obecně zde probíhají mnohem významnější změny chemického složení vody než v saturevané zóně, nejintenzivnější změny nastávají v profilech nabo-
hacených organickou hmotou (humusem).

Vodu v nesaturované zóně lze rozdělit na **adsorpční vodu**, vázanou na povrch pevných částic relativně pevnými adsorpčními silami, **kapilární vodu** (která se pohybuje v hornině převážně působením kapilárních sil) a **gravitační vodu**, která se pohybuje v důsledku gravitace. Adsorpční vodu a část z celkového objemu kapilární vody není možné z prostředí odebrat v důsledku její relativně pevné vazby na porézní matici.

Vzorkování vody v nesaturované zóně je možné rozčlenit do následujících kategorií:

1. odběr vzorku zeminy a následná extrakce a analýzy obsahu vody v laboratoři („off site“),
2. vzorkování gravitační a části kapilární vody sacím lysimetrem,
3. vzorkování gravitační vody perkolačním lysimetrem.

Extrakce vody „off site“ je mimo rámec tohoto materiálu, další informace najde zájemce ve specializované hydro-pedologické literatuře.

Sacím lysimetrem je možné odebírat z nesaturované zóny gravitační vodu a část kapilární vody. Podíl odebrané kapilární vody je dán aplikovaným podtlakem a distribucí pórů v hornině. Množství vody, které je možné pomocí vzorkovače odebrat, je závislé na okamžité vlhkosti zeminy. Při velmi nízké vlhkosti půdy může být vzorkování neúspěšné a vzorek nelze odebrat. Vzhledem k aplikovanému podtlaku dochází během odběru ke ztrátě rozpuštěných plynů a obecně ke změnám chemického složení vzorků.

Perkolační lysimetr se využívá ke vzorkování gravitační vody, která infiltruje profilem nesaturované zóny. Zachycená voda je shromažďována ve sběrné nádobce v kontrolní šachtě lysimetru. Zachycené množství vody je závislé na velikosti zachytivé plochy lysimetru a množství infiltrující vody, obecně je však po většinu roku poměrně malé. Zvýšená množství infiltrující vody je možné očekávat mimo vegetační sezónu, především v období tání sněhové pokrývky.

III.9 Odpadní voda

III.9.1 Přehled základních metod odběru vzorků

Odběry vzorků odpadních vod společně s vodami pitnými patří k nejméně frekventovaným odběrům vzorků v oblasti životního prostředí a vzhledem k tomu patří postupy pro odběry vzorků odpadních vod k těm nejpropracovanějším.

V některých případech jsou požadavky na metody a způsob vzorkování stanoveny legislativně např. zákonem č. 254/2001 Sb. o vodách a vyhláškou č. 293/2001 Sb. v platném znění.

Z hlediska sanačních prací je důležité kontrolovat kvalitu vypouštěných sanačních vod do recipientů.

Projekt vzorkovacích prací a následně plán odběru vzorků může požadovat následující způsoby odběru vzorků a k nim příslušné odběrové zařízení:

III.9.1.1 Manuální odběry

Pro manuální odběr vzorků se používají zejména:

- vzorkovnice,
- vzorkovnice uchycené do odběrového zařízení (teleskopická tyč apod.),
- objemové vzorkovače (odběrové nádoby na tyči nebo na laně).

Manuálně jsou odebírány především prosté vzorky, případně slévané vzorky v kratším časovém intervalu.

III.9.1.2 Automatické odběry

Pro automatické odběry jsou využívány následující typy vzorkovačů:

1. přenosné vzorkovače (podtlakové sání, peristaltická čerpadla),
2. stacionární vzorkovače (stejný princip jako přenosné, ale na rozdíl od přenosných jsou vždy aktivně chlazeny).

Lze je používat i ke kontinuálním odběrům, ale častěji se používají k odběrům slévaných vzorků podle předem navo-
leného programu, který by měl odpovídat způsobu vypouštění sledovaných odpadních vod.

Veškerá zařízení a pomůcky by měly být dostatečně dekontaminovány a vzorkovnice by měly vždy být připraveny laboratoři, ve které se budou provádět požadované zkoušky.

Pokud odpadní voda obsahuje NL, je potřeba věnovat maximální pozornost jejímu přelévání do vzorkovnic z odběrových nádob, případně dělení vzorku. To je v některých případech nemožné dobře provádět bez speciálního zařízení. Nerozpuštěné látky mohou rychle sedimentovat a jednotlivé podíly vzorku se potom mohou velmi lišit. Pokud se vzorky odebírají automatickým odběrovým zařízením, případně jenom čerpadlem, je třeba brát v úvahu rychlost sání, která by měla být stejná jako je rychlost proudění vody, ze které je vzorek odebírán.

Stejně tak je v některých případech potřeba věnovat pozornost chlazení vzorku, a to již při slévání směsného vzorku. Doporučuje se to především pro vody s větším obsahem biodegradabilních organických látek, případně amoniakálního dusíku při pH > 8,5.

Pro některé ukazatele je třeba odpadní vody konzervovat [ČSN EN ISO 5667-3].

III.9.1.3 Vzorkování v přítomnosti nevodných kapalných fází

Přítomnost kapalných fází nemísitelných s vodou (tzv. NAPL) ve vzorkovaném systému představuje prakticky v každém případě problém, a to jak z hlediska techniky odběru vzorků, tak i reprezentativnosti následně provedených analýz.

Koncentrace rozpuštěných složek NAPL ve vodě, která je s fází NAPL v kontaktu, by měla odpovídat nasycenému roztoku (v případě vícesložkových NAPL se rozpouštění jednotlivých složek řídí Raoultovým zákonem). Výsledek analýz je však zpravidla zkreslen tím, jaké množství volné fáze se dostane do konečného analytického vzorku.

Přítomnost NAPL ve vzorkovaném prostředí je zpravidla mnohem snáze zjištělná v případě NAPL s hustotou menší než voda (tzv. L-NAPL), které vytvářejí dobře pozorovatelný odloučený film nebo vrstvu na hladině vzorkované vody, než v případě kapalných fází s hustotou větší než voda (D-NAPL), které se hromadí na bázi vzorkovaného systému (hydrogeologického kolektoru, povrchového vodního tělesa nebo vodního toku).

Byla-li v prostředí zjištěna fáze NAPL, je vhodné odebrat z hladiny, nebo z báze systému vzorek fáze pouze pro kvalitativní analýzu. V každém případě je nutné před vzorkováním takového objektu změřit mocnost vrstvy fáze NAPL na hladině vody, popřípadě na bázi systému. K tomuto účelu lze využít elektronických detektorů fázových rozhraní, nebo speciálních variant otevřeného, spodem plněného vzorkovače, vyrobených z průhledného materiálu.

Poznámka: Mocnost vrstvy fáze NAPL zjištěná na hladině podzemní vody, nebo na bázi hydrogeologických vrtů je zpravidla větší, než mocnost vrstvy fáze NAPL v horninovém prostředí. Pro určené reálné mocnosti vrstvy fáze NAPL na hladině podzemní vody je vhodné použít například tzv. „bail-down test“. Podrobnosti lze nalézt ve specializované literatuře.

Uhlovodíkové kapalně fáze rovněž představují problém z hlediska techniky odběru vzorků. Mají totiž díky svým fyzikálně – chemickým vlastnostem tendenci ulpívat na povrchu vzorkovacích zařízení a kontaminované vzorkovací zařízení může způsobit kontaminaci následně odebíraných vzorků. Vzorkovací zařízení kontaminované NAPL zpravidla není možné spolehlivě dekontaminovat v terénu a některé části nelze dekontaminovat za žádných podmínek ani v laboratoři (např. delší hadice).

Pro odběr vzorku z hladiny podzemní vody lze s výhodou využít přelivný válec, v případě povrchové vody lze využít některého z objemových vzorkovačů, nebo odebrat vzorek přímo vzorkovnicí.

Vzorek D-NAPL z báze vzorkovaného systému lze odebrat otevřeným, spodem plněným vzorkovačem, ze vzorkovacích čerpadel jsou vhodné levné jednorázově použitelné typy, jako je plynové výtlačné čerpadlo nebo inerciální čerpadlo. V případě vzorkování NAPL z báze hydrogeologických vrtů je třeba upozornit na riziko sekundární kontaminace výstroje vrtu při manipulaci se znečištěným vzorkovačem.

Podobná situace jako v případě NAPL může nastat u tuhých anorganických fází, suspendovaných fází, nebo fází sedimentujících z roztoku. Tyto složky (například jílové minerály, precipitáty apod.) mohou zkreslit výsledky stanovení v důsledku jejich nerovnoměrného zastoupení ve vzorku, a zároveň poskytují relativně velký reaktivní povrch pro interakce s dalšími složkami (např. sorpci těžkých kovů).

III.9.1.4 Odběr vzorků pro stanovení TOL

Vzorky pro stanovení rozpuštěných plynů a TOL nelze vytvářet sléváním jednotlivých náběrů/dílčích vzorků. Kvalitativní hodnocení lze provádět pouze na základě vhodně odebraných prostých vzorků. Tzn. že při odběru nesmí docházet k jejich probublávání a ihned po naplnění vzorkovnice, buď s pomocí hadičky nebo trubičky, která je zavedena ke dnu vzorkovnice a při plnění vytlačí ze vzorkovnice vzduch, se musí hermeticky uzavřít, a to bez vzduchové bublinky.

Prosté vzorky se odebírají obvykle manuálně, ale existuje i automatický vzorkovač pro stanovení TOL, který k odběru používá „bladder pump“ a vzorky ukládá do speciálních vzorkovnic – vialek. Ty jsou obvykle analyzovány samostatně.

III.9.1.5 Doprava vzorků do laboratoře

Odebrané vzorky se mohou do laboratoře dopravovat přímo v odběrových nádobách, které by měly být uloženy v termoboxu, minimálně s pasivním chlazením (namrazené chladicí vložky). Doporučuje se teplotu při odběru a dopravě do laboratoře monitorovat (data logger). Pokud jsou vzorky po odběru rozlity do jednotlivých vzorkovnic, platí pro ně totéž s výjimkou vzorkovnic s fixačními činidly [ČSN EN ISO 5667-3].

III.9.1.6 Dokumentace

Vzorkář musí mít před a při provádění odběrů k dispozici dokumenty (plán odběru vzorků), které mu jednoznačně stanoví, jaké bude potřebovat odběrové zařízení, pomůcky a materiál, jaké vzorkovnice, ochranné pomůcky a kde, jak a co bude odebírat. Dále musí mít u sebe pracovní postup, podle kterého provádí vlastní odběr vzorku. Po vykonání požadované práce musí zaznamenat do protokolu o odběru informace, které upřesnění provedení naplánované činnosti (datum, čas, vzhled vzorku apod.). Důležité je zaznamenání změn oproti plánu (případně stanovenému postupu), které bylo nutno vykonat. Pokud by se jednalo o závažné změny, které by mohly ovlivnit kvalitu vzorku, musí si je nechat na místě odsouhlasit odpovědným řešitelem (např. telefonicky). Pokud je to možné a účelné, doporučuje se na místě odběru provést fotodokumentaci.

III.10 Odběr ovzduší a vzdušin

III.10.1 Obecný úvod

Odběry vzorků ovzduší, vzdušin a měření spojené se sledováním kvality ovzduší, pracovního prostředí při řešení projektů spojených s ekologickými zátěžemi patří k sofistikovaným technologiím odběru vzorků zejména proto, že kombinují poměrně analyticky složité postupy s obdobně technicky i odborně náročným postupem odběru vzorků.

Ve srovnání s odběrem pevných a kapalných matric, u kterých se stanovení provádějí přímo na odebraném materiálu dané matrice a kdy podmínkou vhodného způsobu odběru vzorku je, aby při odběru a dalších manipulacích se vzorkem nedošlo ke změně sledovaného chemického nebo fyzikálního parametru, je při odběru ovzduší a vzdušin nezbytné upravit vzorek vzdušiny (plyn, pára, aerosol, prachové částice apod.) tak, aby bylo možné provést analytickou zkoušku (např. sorpce na vhodné médium, zachytit filtrem, apod.).

Druhým významným rozdílem při odběrech ovzduší a vzdušin je poměrně nízká koncentrační úroveň u některých ukazatelů, což vede k potřebě odebírat poměrně velké objemy vzduchu (např. při stanovení obsahu PCDD/F ve volném ovzduší). V těchto případech je třeba využívat vhodná odběrová zařízení s velkým průtokem, nebo provádět časově náročnější měření, eventuálně využívat pasivní techniky vzorkování.

Měření objemu prosátého, resp. odebraného vzorku je důležitou součástí měření ovzduší a vzdušin, neboť se výsledky stanovení obvykle vztahují k objemu.

Při měření je proto třeba používat kalibrovaná nebo konfirmovaná zařízení umožňující volit rychlost čerpání vzduchu a zajistit jeho stabilitu.

Dalšími měřeními veličinami při odběrech ovzduší a vzdušin jsou teplota a tlak vzorkované matrice. Výsledky měření se obvykle vztahují k normálním podmínkám, na které je třeba naměřené hodnoty převést.

Měření parametrů ovzduší a vzdušin (např. pro potřeby stanovení imisí, expozice pracovníků, měření vnitřního ovzduší) je velmi sofistikovaný obor a výsledky měření mohou být velmi ovlivněny použitým způsobem odběru (např. použitím nevhodného kolektoru, průtokem čerpání, celkově prosátým objemem, klimatickými podmínkami apod.). Z těchto důvodů jsou postupy odběru a následné analytické zkoušky standardizované (např. postupy při měření expozice – metody vypracované NIOSH, OSHA, ISO, metody imisního měření zpracované U. S. EPA apod.). V některých případech (např. při měření expozice pracovníků pro účely kategorizace prací dle Zákona o zdraví) je legislativně vyžadováno, aby zkouška (odběr vzorků i analýza) byla kompletně zajišťována validovanými postupy se zabezpečeným systémem jakosti (akreditace, autorizace atd.).

Odběry ovzduší a vzdušin jsou obvykle dále děleny podle účelu, pro který jsou zamýšleny, do následujících skupin:

1. měření půdního vzduchu,
2. imisní měření,
3. emisní měření,
4. měření pro účely stanovení znečištění ovzduší pracovního prostředí,
5. měření kvality vnitřního ovzduší.

Z důvodu omezeného prostoru tohoto metodického pokynu, technické a odborné složitosti celé problematiky, ale rovněž z důvodu omezeného použití některých z výše uvedených skupin odběrů v problematice řešení ekologických zátěží, je kapitola rozdělena do dvou částí:

- měření půdního vzduchu (atmogeochemické metody) a
- hygienický monitoring, který shrnuje zbývající měření potencionálních dopadů sanačních prací na lidské zdraví.

III.10.2 **Atmogeochemické metody průzkumu, sanačních a monitorovacích prací**

III.10.2.1 Úvod

Znečištění horninového prostředí a podzemní vody těkavými látkami lze poměrně dobře definovat jak kvalitativně, tak kvantitativně na základě odběru vzorků. V případě určování koncentrací těkavých látek (TL) v zeminách ale nastává celá řada komplikací, při kterých může docházet ke ztrátám TL při odběru vzorků (např. v důsledku porušení horniny, jejího zahřátí apod.) a k nesprávným interpretacím znečištění horninového prostředí.

Rovněž náklady spojené s vrtnými pracemi jsou vysoké. Identifikace znečištění TL, včetně vymezení rozsahu znečištění, pomocí vrtných prací, odběru vzorků zemin, popř. budování monitorovacích vrtů, je v některých případech finančně neefektivní.

Při znečištění nesaturované zóny nebo podzemní vody TL dochází v závislosti na vlastnostech těchto látek (tenzi par, Henryho konstantě, rozpustnosti ve vodě atd.) a celkové úrovni znečištění k jejich uvolňování do půdního vzduchu.

Podpovrchové znečištění TL vytváří vznik koncentračního gradientu polutantu v půdním vzduchu, který klesá směrem od zdroje znečištění.

Je-li znečištěna pouze podzemní voda, klesá jejich koncentrace v půdním vzduchu ve vertikálním směru od hladiny podzemní vody směrem k povrchu. Obdobně horizontální koncentrační gradient v půdním vzduchu klesá ve směru snižující se kontaminace podzemní vody.

Atmogeochemický průzkum je v příznivých litologických podmínkách velmi účinná a uznávaná metoda pro orientační identifikaci, základní plošné vymezení znečištění horninového prostředí. Lze ji uplatnit i při vyhledání vhodných míst

pro umístění monitorovacích, průzkumných vrtů, popř. k monitorování vývoje změn koncentrace znečišťujících látek v horninovém prostředí.

Možnosti použití atmogeochemických metod:

- ověření výskytu znečištění,
- vymezení základního prostorového rozložení kontaminace,
- vymezení rozložení znečištění v nesaturované zóně a v podzemní vodě,
- získání chemické charakteristiky znečištění,
- identifikace zdrojů znečištění,
- zhodnocení modelu migrace znečištění v podzemní vodě,
- monitorování doprovodných kontaminantů souvisejících s chemickým a biologickým rozkladem znečištění,
- rozlišení jednorázové kontaminace od trvalých a dlouhotrvajících (pokračujících) kontaminací,
- posouzení potřeby ověření průniku do vnitřních objektů budov (indoor air sampling),
- realizace měření pro účely projektování sanačních technologií (Soil Vapor Extraction, Bioventing Air Sparging apod.),
- monitoring postupu sanačních prací,
- monitoring úniků znečištění v okolí čerpacích stanic PHM, nebo skladů chemických surovin,
- monitoring skládkového plynu v okolí skládek komunálních odpadů v horninovém prostředí, popř. sledování jeho úniku do geologických struktur nebo do vnitřních prostor budov,
- optimalizace umístění průzkumných vrtů nebo monitorovacích vrtů.

V zásadě existují dvě základní technická řešení, jak zjišťovat obsah těkavých látek v půdním vzduchu:

1. čerpání půdního vzduchu přímo do vzorkovnice (kanystr, plynový vak, sorbent apod.) nebo přímo detektorem nebo analyzátozem – aktivní atmogeochemické metody,
2. umístění filtru se sorbentem přímo do horninového prostředí po definované době – pasivní metody.

III.10.2.2 Metody aktivního čerpání půdního vzduchu – aktivní atmogeochemické metody

Jedná se o metody využívající čerpání půdního vzduchu pomocí stabilních nebo dočasných sond do odběrového kolektoru nebo přímo detektorem či analyzátozem.

Vzorky zachycené do odběrového kolektoru jsou následně převezeny do laboratoře k analytickému stanovení.

V terénu jsou nejčastěji přímo stanoveny sumární obsahy uhlovodíků pomocí přístrojů s detektorem PID, FID, popř. plyny doprovázející biodegradaci rozklad organických materiálů – kyslík (O_2), oxid uhličitý (CO_2), metan (CH_4), sulfan (H_2S), popř. další plyny.

Použitelnost metody aktivního čerpání je závislá na množství jílu, organického materiálu a obsahu vlhkosti v nesaturované zóně v dané hloubce měření. Zarážené sondy rovněž poškozují přirozený charakter půdního složení a stěny otvoru mohou být zarážením sondovacího zařízení zakolmatované (zejména v jílovitém prostředí). To může negativně ovlivnit výsledky měření.

Naopak v suchých zrnitých sedimentárních horninách může docházet k přísávání atmosférického vzduchu pronikajícího netěsnostmi mezi stěnami sondy a měřicím zařízením.

III.10.2.2.A Vzorkovací objekty

III.10.2.2.A.a Půdní sondy (mělké sondy – atmogeochemické sondy)

Obecně existují dva základní druhy sond a jejich přípravy:

1. příprava mělkého otvoru pomocí vhodného zařízení – zarážená sonda, ručně vrtaná sonda, následné umístění měřicí sondy a zatěsnění vstupního otvoru,
2. měřicí sonda je součástí zárazové sondy. Konec zárazové sondy je opatřen buď výsuvným segmentem, popř. je na konci duté zárazové sondy umístěn hrot. Po dosažení požadované hloubky se tělo zárazové sondy vytáhne o cca 20 až 30 cm, a tím se výsuvný segment povytáhne ze zárazové sondy. V případě řešení s hrotem při povytahování sondy hrot zůstane v zemi a vytvoří se volný prostor (tzv. metoda ztracených hrotů). Zatěsnění otvoru od povrchu je zajišťováno tělem zárazové sondy.

Technika zarážení sond je různá: pomocí kladiva, beranidla na zárazové sondě, pomocí elektrických nebo hydraulických kladiv nebo vibračních zařízení, apod.

III.10.2.2.A.b Stálé (permanентní) půdní sondy

Tato zařízení jsou instalována k dlouhodobému (nebo i trvalému) monitoringu půdního vzduchu. Jednoúrovňové nebo i víceúrovňové měřicí systémy jsou umísťovány do 1 otvoru.

Monitorovací stabilní sondy jsou instalovány při potřebě trvalého sledování vývoje obsahů TL v daném prostředí (např. v okolí skládek, v okolí čerpacích stanic, sledování procesu biodegradace, sanačního zásahu apod.).

Umístění a hloubka permanentních sond vychází z požadavků prací (průzkumné, monitorovací, sanační apod.).

Technika přípravy vrtu vychází z konkrétních geologických podmínek a podle nich se liší. Může se jednat o vrtané či zarážené vrt, provedené ručně nebo mechanizovaně. Permanentní sondy jsou konstruovány obvykle z PVC nebo PE trubek o požadovaném průměru. Obvykle se volí sondy úzkoprofilové (průměry 6 mm až 25 mm).

Konstrukce permanentní sondy je obdobná konstrukci monitorovacího vrtu. Délka perforovaného filtru se liší v závislosti na potřebách projektu, neměla by být delší než 1,5 m. K obsypu se používá vytříděný kačírek, poloha filtru je odtěsněná pomocí bentonitového těsnění (minimálně o mocnosti 60 cm), vstupní otvor permanentní sondy by měl být opatřen ochranným zhlavím (nadzemním, popř. v úrovni terénu). Horní konec sondy musí být uzavřen proti úniku TL a poškození (doporučuje se opatřit konec sondy měřicím ventilem).

Uspořádání víceúrovňové permanentní sondy se může provádět v několika modifikacích:

- samostatné sondy (klastrové uspořádání),
- skupiny sond v jednom otvoru („nested wells“),
- víceúrovňový vrt („multi-screen“)—vrt s více perforovanými úseky v jedné sondě,
- vrt s více samostatnými měřicími segmenty („multi-port“).

Při přípravě otvoru je doporučováno používat ochranné pažení, aby nedošlo ke zhroucení stěn vrtu. Metoda přímého zarážení může způsobit zatěsnění stěn otvoru a zhoršení jeho průchodnosti půdnímu vzduchu. Ve větších hloubkách se doporučují techniky rotačního vrtání.

III.10.2.3 Konstrukční materiály

Použité materiály musí splňovat podmínku, že jsou inertní vůči sledovaným ukazatelům v závislosti na měřených koncentracích, požadovaným mezím stanovitelnosti apod.

Pozornost je třeba věnovat – měřicímu potrubí, měřicím sondám v souvislosti s rizikem sorpce těkavých látek na stěnách hadic.

Pro materiály použitých hadic k měřicím sondám jsou doporučovány tyto materiály:

- PTFE (např. TEFLON®),
- PE,
- Tygon®

Neměly by být používány materiály:

- guma,
- silikon,
- apod.

Je doporučováno hadice a měřicí sondy vyměňovat mezi jednotlivými odběry, a používat vždy čisté (dekontaminované) zařízení. V případě měření biodegradačních plynů nejsou nároky na dekontaminaci tak velké, vždy je však nutné mezi měřeními prosát měřicí potrubí a sondu čistým vzduchem.

Vhodnou kontrolou čistoty měřicích sond a potrubí je použití kontrolních vzorků – při prosávání zařízení čistým (atmosférickým) vzduchem (přímé měření, resp. odběr kontrolních vzorků k analýze).

III.10.2.3.A Vybavení pro odběr a záchyt půdního vzduchu

Potřebné technické vybavení je popsáno v kapitole II.5.

III.10.2.3.B Postup odběru

III.10.2.3.B.a Čerpané průtoky a prosátý objem

Po instalování sondy je potřeba před odběrem vzorku sondu pročistit odčerpáním vzduchu ze sondy.

Čerpaný průtok a objem pročištěného vzduchu se liší místo od místa v závislosti na konkrétních geologických podmínkách, typu měřicího zařízení a úrovni znečištění.

Optimální volba čerpaného průtoku při čištění sondy a celkového objemu odčerpáného plynu nastává, pokud sací tlak v sondě odpovídá atmosférickému tlaku a měřené koncentrace jsou stabilní. Proto se doporučuje provést na lokalitě ověřovací měření k určení vhodných čerpaných průtoků a prosátého objemu pročištění sondy.

Změny těchto veličin v průběhu měření mohou způsobit vzájemně neporovnatelné výsledky měření.

K čerpání je vhodné používat malá vzduchová čerpadla s regulovatelným průtokem, opatřená průtokoměrem a měřidlem sacího tlaku. Hodnoty průtoku a sacího tlaku je vhodné zaznamenávat pro potřeby interpretace výsledků, rovněž jsou užitečné při hodnocení plynopropustnosti horninového prostředí v daném bodě měření.

Přímé měření pomocí detektorů a analyzátorů může přinášet komplikace v případě, že je přístroj citlivý na velikost kontaminačního toku do přístroje. Vlivem měnící se plynopropustnosti horninového prostředí může docházet ke snižování průtoku čerpaného vzduchu přístrojem a ovlivnit výsledky měření koncentrací.

Pokud při čištění je tlak ve vzorkovací trase vyrovnán s atmosférickým a jeho velikost je větší než sací tlak měřicího přístroje, je možné detektor (analyzátor) připojit přímo k měřicí sondě.

Je-li sací průtok nebo sací podtlak v průběhu čištění sondy mimo rozsah přístroje, je nutné provést odběr do plynových vaků a měření provést následně. Tak je možné dosáhnout spolehlivých výsledků měření.

Poznámka:

Při měření je nutné sondu dobře utěsnit vůči atmosféře. Pokud není sonda správně utěsněna, proniká vzduch z povrchu do měřicího prostoru a ovlivňuje měření. Nevhodně provedené těsnění může zcela znehodnotit víceúrovňové měření v jednom vrtu.

Těsnící segment by měl být z nepropustného materiálu, popř. z jílu (bentonit).

III.10.2.3.B.b Měření tlaku

Atmogeochemické měření by se mělo provádět za současného měření tlaku plynu v sondě. Měřicí segment pro umístění měřicího přístroje by měl být stabilně umístěn buď na sondě, nebo na přístroji. Sonda by měla být vybavena vzorkovací hlavicí nebo vzorkovacím ventilem. Měření tlaku se má provádět před odběrem vzorku. Po odběru vzorku u stabilních sond je potřeba konec sondy uzavřít, aby nedocházelo k ovlivnění složení půdního vzduchu odvětráním nebo změnami atmosférického tlaku.

Změny tlaku plynu v půdních sondách jsou v úzké korelaci se změnami atmosférického tlaku. Atmosférický tlak má v průběhu dne dvě hlavní oscilace vlivem pohybu Slunce a Měsíce. Kladné anomálie se vyskytují v 10:00 a 22:00 a záporné oscilace jsou pozorovatelné ve 4:00 a 16:00 hodin.

S rostoucí hloubkou instalace plynometrické sondy se prodlužují odezvy na změnu atmosférického tlaku. Sledování změn atmosférického tlaku a tlaku vzduchu v sondě umožňuje identifikovat stavy, kdy dochází k tzv. barometrickému pumpování a ke zvýšenému, resp. sníženému pohybu půdního vzduchu ve vertikálním směru. V případě monitorování skládkového plynu mohou vést účinky barometrické pumpování i ke změnám složení skládkového plynu (indukce kyslíku, změny obsahu metanu apod.).

III.10.2.4 Pasivní atmogeochemické metody

Tyto technologie využívají záchyt TOL na sorpční materiál (sorpční filtr) za určité časové období. V závislosti na typu sorbentu, lze metodu použít pro TOL i pro semivolativní sloučeniny (SVOC).

Vertikální pohyb plyných kontaminantů vytváří koncentrační gradient v nesaturované zóně. Pasivní technologie využívají tento jev pro odběr dlouhotrvajícího neaktivního odběru TOL, SVOC a biogenních plynů.

Princip metody spočívá ve vyvolání změny rovnovážného stavu v prostoru okolo sorbentu, úbytkem koncentrace sorpcí kontaminantu na sorbent. Tím dochází k vyrovnávání gradientu a k přísunu kontaminantu do prostoru sorbentu.

Dlouhotrvající expozice sorbentu rovněž zvyšuje mez stanovitelnosti metody a její citlivost vůči kontaminantům v nesaturované zóně. Množství zachycených kontaminantů na pasivním sorbentu je závislé na koncentračním gradientu v okolí sondy a na schopnost sorbentu dané kontaminanty vázat.

Pasivní technologie je použitelná v řadě geologických i environmentálních situací. Sorbenty jsou umístěny do otvorů s malým průměrem, do různých hloubek (podle potřeby od několika centimetrů až do 1,5 m). V zemi jsou ponechány několik dní až týdnů v závislosti na účelu jejich použití a místních podmínkách. Vzorky získané pasivními vzorkovači poskytují časově průměrovaný vzorek, který dlouhodobou expozicí vykompenzuje dílčí vlivy změn tlaku, vlhkosti apod. v průběhu měření. Tyto metody jsou doporučovány v případech, kdy jsou měřené koncentrace neznámé nebo velmi nízké.

Pasivní vzorkovače jsou v zahraničí nabízeny jako hotové výrobky. Dále jsou uvedeny příklady těchto výrobků:

- Gore-Sorber Passive sampler,
- Quadrel Emflux Soil Gas Sampler.

Bližší informace jsou dostupné v doporučené literatuře.

III.10.2.5 Měření emisního toku z povrchu

Tato metoda je používána k měření toku TL z horninového prostředí, skládek nebo kontaminované vody k určení zdravotních rizik potenciálně hrozících obyvatelstvu. Výsledky lze rovněž použít k projektování sanačních zásahů, k vyhodnocení emisních toků k určení rizika expozice populace při rizikových analýzách apod.

Emise TL jsou zachycovány pomocí tzv. Emission Isolation Flux Chamber (zvonu k měření emisního toku) z definované plochy. Flux Chamber je zařízení vypuklého tvaru s kruhovým průřezem. Tvar bez rohů umožňuje promíchání plynů uvnitř tělesa bez tzv. „hluchých prostorů“. Zařízení je jednoduše dekontaminovatelné.

Emise uvolněné do prostoru zvonu jsou cirkulací inertního plynu, přiváděného do zvonu (s průtokem odpovídajícím čerpanému průtoku vzorkovací větve), vedeny buď přes sorbent nebo přímo do detektoru (analyzátoru).

Tlak v měřicím zvonu musí odpovídat atmosférickému tlaku, aby ve zvonu nevznikal podtlak, který by zkreslil výsledky měření.

Vybavení pro odběr a záchyt emisí je popsáno v kapitole II.5.

III.10.2.6 Kontrola kvality

Kontrola kvality je neoddelitelnou součástí každého odběru vzorků spojeného s analytickými zkouškami. Kromě postupů uvedených v kapitole I.8 jsou v případě atmogeochemického měření doporučeny následující postupy:

Neměnnost postupu a způsobu měření. Atmogeochemické měření je velmi citlivé na změny v metodice prací – doba čištění otvoru, hloubka umístění sondy, použité vybavení. Veškeré změny v postupu je nutné dokumentovat. Měření by se mělo uskutečnit v co nejkratším čase, aby byly eliminovány zdroje nejistot jako jsou teplotní změny, změny vlhkosti, atmosférického tlaku apod.

Požadová měření – pro ověření významu naměřené anomálie srovnáním s měřením v znečištění neovlivněných podmínkách

Dekontaminace – sondy se dekontaminují horkou parou nebo pomocí vodného roztoku detergentu s následnými oplachy pitnou vodou a destilovanou/deionizovanou vodou a vysušením sondy. Potom jsou sondy pročištěny vzduchem. Pokud je sonda po dekontaminaci stále znečištěná nad limit definovaný řešitelem, musí být vyčištěna i vícenásobným opakováním výše uvedeného dekontaminačního postupu.

Kontrola netěsnosti – ověření utěsnění otvoru sondy (spojení hadic k sondě a přístroji, ventily a těsnění plynových vaků apod.). Přísávání atmosférického vzduchu je nejčastější příčinou negativní chyby výsledků.

Kalibrace přístrojů – základní požadavek aplikace přímých měření

Omezení použité analytické metody – je potřeba ověřit, jaký vliv na použité analytické metody má např. vlhkost půdního vzduchu, obsah kyslíku, popř. doba a průtok vzdušin při čerpání přístrojem. Znalost metodologie analytických zkoušek je důležitý předpoklad pro spolehlivou interpretaci naměřených dat.

III.11 Monitoring potenciálních dopadů sanačních prací na lidské zdraví**III.11.1 Úvod**

Monitoringem potenciálních dopadů sanačních prací na lidské zdraví jsou v rámci tohoto dokumentu míněna měření pro následující cíle:

- zabezpečení podmínek ochrany zdraví pracovníků provádějících odběry vzorků a vlastní sanační práce monitorováním jakosti pracovního prostředí,
- řízení postupu sanačních prací s ohledem na případné negativní ovlivnění např. kvality ovzduší nebo hlukové zátěže v předmětné lokalitě s cílem eliminovat nepřiměřenou expozici obyvatel v blízkém okolí.

Sanační práce mají oproti běžným pracím některá specifika:

- mnohdy mívají pouze časově omezený rozsah (dny, týdny měsíce, někdy několik let),
- k dispozici jsou často jen omezené informace o kvalitě i kvantitě výskytu rizikových chemických látek (např. při výrobě jsou známy suroviny (bezpečnostní listy), v dřevě většinou meziprodukty i vedlejší produkty a samozřejmě výrobky),
- během sanačních prací může dojít k značným změnám v úniku škodlivých látek po stránce kvality i kvantity,
- rizika při sanačních pracích jsou podstatně vyšší – nutnost zvýšených požadavků na zajištění bezpečnosti práce,
- monitoring potenciálních dopadů sanačních prací na lidské zdraví by neměl být směřován pouze na chemické látky, ale i na většinou podceňované další rizikové faktory: fyzickou zátěž, pracovní polohu, zátěž teplem, zátěž chladem a zejména na psychickou zátěž,
- fugitivními emisemi mohou být zasaženi i obyvatelé z okolí prováděných sanačních prací.

Těmto specifickým je nutno přizpůsobit i filosofii přístupu k měření:

- podstatně vyšší nároky na získávání okamžitých hodnot (i na úkor správnosti, přesnosti a selektivity) – preference detekčních metod a použití analyzátorů,
- různý přístup k měření látek s akutním a chronickým působením,
- respektování vyšší zátěže psychiky pracovníků provádějících sanační práce (snížená spolupráce při instalaci osobních odběrových, např. dozimetrických aparatur omezujících některé činnosti – nutnost stínování pracovníky provádějícími monitoring, aj.,
- zvýšená bezpečnostní opatření i pro pracovníky provádějící monitoring (ochranné protichemické oděvy, masky, respirátory, apod.,
- zabezpečení imisního monitoringu.

III.11.2 Legislativa

Požadavky na kontrolu pracovních podmínek a životních podmínek v okolí prováděného sanačního zásahu vycházejí z platných legislativních předpisů a norem, které zároveň popisují rozdělení odpovědnosti a povinností zadavatelů a zhotovitelů sanačních prací.

Legislativa v oblasti ochrany zdraví (pracovní prostředí, zdravotní rizika apod.) spadá do kompetence ministerstva zdravotnictví (přehled lze získat na webových stránkách ministerstva – www.mzcr.cz, dále např. na webových stránkách Státního zdravotního ústavu v Praze – www.szu.cz), legislativa v oblasti měření imisí a emisí spadá do kompetence

ministerstva životního prostředí (přehled lze získat na webových stránkách ministerstva – www.env.cz, dále např. na webových stránkách ČHMÚ – www.chmi.cz).

III.11.3 *Monitorování pro účel ochrany zdraví pracovníků*

Nejběžněji se v průběhu sanačních prací setkáváme s rizikovými faktory – prachem, chemickými látkami, hlukem, vibracemi, chladem, psychickou zátěží, fyzickou zátěží. S výskytem ostatních faktorů na úrovni rizikových pracovišť se setkáváme spíše ve speciálních případech. S ohledem na charakter tohoto dokumentu se v další části budeme zabývat pouze monitoringem výskytu chemických látek a chemických přípravků nebo prachu.

Základním dokumentem je Zákon o ochraně veřejného zdraví, na něj navazující prováděcí předpisy (nařízení vlády, vyhlášky ministerstva) případně metodické pokyny.

A. Zákon o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů stanovuje, že měření pro účely kategorizace může zaměstnavatel provést jen prostřednictvím osoby akreditované nebo autorizované k příslušným měřením, pokud není sám takto kvalifikován. Při měření zaměstnavatel nebo jiná osoba musí dodržet metody stanovené zvláštním právním předpisem.

B. Nařízení vlády, kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví zaměstnanců při práci, jsou definovány rizikové faktory pracovních podmínek, hygienické limity, způsob jejich zjišťování a hodnocení, minimální rozsah opatření k ochraně zdraví zaměstnanců apod.

Hodnocení zdravotního rizika chemických faktorů a prachu

Hodnocení zdravotního rizika pro zaměstnance, kteří jsou při práci vystaveni účinkům chemických látek a chemických přípravků nebo prachu, které se považují za zdraví škodlivé, zahrnuje:

- a. zjištění přítomnosti chemické látky a prachu, které mohou mít vliv na zdraví zaměstnanců,*
- b. zjištění nebezpečných vlastností chemické látky a prachu, které mohou mít vliv na zdraví zaměstnanců,*
- c. využití údajů z bezpečnostních listů,*
- d. zjištění úrovně, typu a trvání expozice,*
- e. popis technologických a pracovních operací s chemickou látkou nebo spojených s vývinem prachu,*
- f. využití dat o PEL, NPK-P, BET, zejména přijatých členskými státy EU,*
- g. posouzení opatření, která byla stanovena příslušným orgánem ochrany veřejného zdraví,*
- h. využití závěrů již z provedených lékařských prohlídek a vyšetření a dalších informací z dostupných zdrojů.*

V tabulkách 9 a 10 jsou uvedeny příklady hygienických limitů (platných ke dni zpracování tohoto materiálu) vybraných látek v ovzduší pracovišť, se kterými se nejčastěji setkáváme v sanacích ekologických zátěží.

Toto nařízení dále uvádí požadavky na měřicí postupy:

- a) Postup měření musí dávat o inhalační expozici zaměstnance škodlivinám v pracovním ovzduší reprezentativní výsledky, odvozené od časově váženého průměru jejich koncentrací. Výpočet časově váženého průměru koncentrací musí postihnout všechny pracovní operace i veškerou ostatní činnost v průběhu směny.*
- b) Pro zjištění inhalační expozice zaměstnance na pracovišti, se musí použít tam, kde je to možné, osobní odběr vzorků ovzduší vhodným zařízením připevněným na těle. Tam, kde skupina zaměstnanců provádí identické nebo podobné úkony na stejném místě a je obdobně exponována, je za reprezentativní pro celou skupinu považován odběr prováděný na vybraných zaměstnancích uvnitř této skupiny. Odběry vzorků a měření na pevně stanovených místech (stacionární) se mohou používat, jestliže jejich výsledky umožňují zjistit míru inhalační expozice zaměstnance na pracovišti. Vzorky se musí odebírat ve výšce dýchací zóny (t. j. uvnitř polokoule obepínající zepředu obličej o poloměru 300 mm, měřeném ze středu spojnice uší) a v bezprostřední blízkosti zaměstnanců.*
- c) Postup měření musí odpovídat látce, která má být měřena, jejím limitním hodnotám a složení pracovního ovzduší.*
- d) Jestliže metoda měření není specifická jen pro danou látku, musí být celá naměřená hodnota vztažena na látku, která má být hodnocena.*
- e) Meze stanovitelnosti musí odpovídat nejméně jedné čtvrtině PEL.*
- f) Musí být zajištěna správnost měřicího postupu. U metody musí být zajištěna celková správnost odpovídající odhadu relativní chyby $\pm 25\%$.*
- g) Pro měření musí být použity postupy ověřené v podmínkách praxe.*
- i) Odběr vzorků ovzduší na stanovení celkové koncentrace prachu (vdechovatelné frakce) se provádí odběrovým zařízením, které odpovídá normově stanoveným konvencím pro vdechovatelnou a respirabilní frakci. Pro stanovení koncentrace respirabilní frakce mohou být používána i zařízení odpovídající Johannesburgské konvenci.*

C. Vyhláška, kterou se stanoví podmínky pro zařazování prací do kategorií, limitní hodnoty ukazatelů biologických expozičních testů, podmínky odběru biologického materiálu pro provádění biologických expozičních testů a náležitosti hlášení prací s azbestem a biologickými činiteli stanoví příslušná kritéria, faktory a limity. Pro vlastní hygienický monitoring je podstatný uvedený seznam chemických látek spolu s limitními ukazateli biologických expozičních testů v moči a krvi (potřeba zajištění odběru těchto biologických materiálů v odůvodněných případech).

III.11.4 Monitorování pro účel ochrany zdraví obyvatel

Zdravotní aspekty řeší výše citovaný Zákon o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů, a jeho prováděcí vyhlášky, vlastní technickou problematiku týkající se měření imisí řeší Nařízení vlády, kterým se stanoví imisní limity a podmínky a způsob sledování, posuzování, hodnocení a řízení kvality ovzduší jako prováděcí předpis Zákona o ochraně ovzduší. Upravuje způsob sledování, posuzování a řízení kvality ovzduší, vymezuje podmínky pro posuzování oblastí a míst se zhoršenou a dobrou kvalitou ovzduší a zásady měření úrovně znečištění ovzduší. Zároveň stanovuje imisní hodnoty, meze tolerance, cílové imisní limity a dlouhodobé imisní cíle.

Nařízení definuje klasifikaci míst pro umístění bodů vzorkování a kritéria jejich výběru s ohledem na účel měření:

- ochrana zdraví lidí,
- ochrana ekosystémů a vegetace.

Dále stanovuje kritéria pro určování minimálního počtu vzorkování kontinuálního měření koncentrací znečišťujících látek ve vnějším ovzduší, uvádí referenční metody měření a analýzy znečišťujících látek.

III.11.5 Praktická realizace monitoringu potenciálních dopadů sanačních prací na lidské zdraví

Kontrola zabezpečení ochrany zdraví pracovníků a zdraví obyvatel v sousedství sanované ekologické zátěže by měla být řešena v rámci každého projektu sanačních prací. S ohledem na očekávaná rizika spojená s vlastní realizací sanace se zajišťuje tzv. hygienický monitoring.

Dle časového postupu sanace může být členěn do navazujících etap:

- monitoring v průběhu přípravných sanačních prací,
- monitoring v průběhu vlastní sanace.

III.11.5.A Hygienický monitoring v průběhu přípravných sanačních prací

Cílem monitoringu v rámci této etapy je:

- definování strategie měření pro účely ochrany zdraví pracovníků,
- stanovení hodnot imisní zátěže ze zájmového prostoru před zahájením sanace.

III.11.5.A.a Strategie měření pro účely ochrany zdraví pracovníků

Při definování strategie měření je třeba specifikovat:

Zdroje možné expozice–seznam nebezpečných látek (suroviny, látky znečišťující, meziprodukty, hotové výrobky, reakční a vedlejší produkty, odpady apod.) např. formou bezpečnostních listů, přiřazení příslušných limitních hodnot atd.

Faktory ovlivňujících expozici na pracovišti

Zhodnocení pracovních procesů a postupů v souvislosti s možnostmi expozice pracovníků chemickým látkám – zejména:

- náplň práce pracovníků: tj. pracovní úkoly,
- pracovní činnosti a techniky,
- výrobní zařízení a výrobní procesy,
- konfigurace pracoviště,
- ochranná zařízení a opatření,
- větrací zařízení a jiné způsoby technického zajištění,
- zdroje emisí,
- časy a doba trvání expozic,
- pracovní zatížení.

Projekt měření musí být připraven na základě všech dostupných informací.

III.11.5.A.b Imisní monitoring

V rámci předsanačního monitoringu ovzduší se provádí místní šetření zohledňující rozmístění, hustotu a charakter osídlení, komunikačních a expozičních ploch v okolí lokality sanovaného prostoru.

Nezbytná je rešerše převažujících meteorologických podmínek v oblasti zájmu (zejména převládající směry větrů s ohledem na možnost šíření imisí a míst ohrožení).

Na základě místního šetření a rešerše podkladů, podrobné analýzy charakteru emisního zdroje, reliéfu terénu, meteorologických a morfologických podmínek lokality jsou vybrána vhodná stanoviště pro imisní měření a jsou zahájena měření požadových koncentrací.

Měření se provádějí minimálně na třech vzorkovacích místech, umístěných na hranici pozemku nebo obytné zástavby.

Odběr vzorků se provádí pomocí automatizovaných měřicích stanic, umožňujících kontinuální odběr ovzduší po požadovanou dobu měření, popř. pomocí mobilních stanic.

III.11.5.B Hygienický monitoring v průběhu sanace

Cílem monitoringu v rámci této fáze je:

- hodnocení zdravotního rizika chemických faktorů a prachu – měření inhalační expozice pracovníků,
- na základě monitoringu kvality ovzduší zaměřené na stanovení úrovně imisní zátěže uvolňované z prostoru sanace v průběhu sanačních prací, odhadnout expozici obyvatelstva v okolí sanované lokality,
- kontrolovat plnění technologické kázně při sanačních pracích z pohledu emisí chemických škodlivin.

III.10.3.5.B.a Hodnocení zdravotního rizika chemických faktorů a prachu v pracovním prostředí

Cílem je zajistit ochranu zdraví pracovníků při provádění sanačních prací. Měření pro hodnocení míry ohrožení zdraví pracovníků je prováděno ve dvou základních etapách dle ČSN EN 689 Ovzduší na pracovišti – Pokyny pro stanovení inhalační expozice chemickým látkám pro porovnání s limitními hodnotami:

- stanovení expozice,
- periodická měření.

Stanovení expozice

Vyhodnocení dat při identifikaci zdrojů expozice, faktorů na pracovišti ovlivňujících expozici a spojitosti mezi nimi se provádí strukturovaným postupem ve třech krocích:

Krok 1: Výchozí hodnocení

Úvaha o pravděpodobnosti expozice na základě seznamu chemických látek a faktorů na pracovišti. Koncentrace škodlivin v blízkosti pracovníka ovlivňují:

- počet zdrojů, z kterých se chemické látky uvolňují,
- využívání výrobní kapacity,
- okamžitá vydatnost zdrojů emisí,
- druh a prostorové umístění každého zdroje,
- šíření látek pohybem vzduchu,
- druh a účinnost odsávacích a větracích zařízení,
- vzdálenost jednotlivce od zdrojů emisí,
- trvání doby pobytu v určitém prostoru,
- individuální pracovní praktiky jednotlivce.

Krok 2: Základní šetření

Kvantitativní informace o expozici dotyčných pracovníků. Možné zdroje informací:

- dřívější měření expozic,
- měření ze srovnatelných výrobních zařízení a pracovních procesů,
- spolehlivé výpočty založené na příslušných kvantitativních údajích.

Pokud tyto údaje nestačí ke spolehlivému porovnání expozice s limitními hodnotami, je třeba doplnit měření na pracovišti.

Krok 3: Podrobné šetření (provádí se, pokud se koncentrace škodlivin během expozice blíží k hodnotě limitu).

Získání přesvědčivých a spolehlivých údajů o expozici, pokud se koncentrace chemické látky v ovzduší během expozice blíží k limitní hodnotě.

Strategie měření

Při zjišťování kvantitativních údajů o expozici je třeba volit přístup s co nejhospodárnějším využíváním finančních prostředků. Při očekávání úrovně koncentrací podstatně menších nebo výrazně vyšších než dané limitní hodnoty je možné tyto jednoznačné případy potvrdit jednoduchými, třeba i méně přesnými postupy. Tam, kde se očekávají koncentrace blízko limitních hodnot, je třeba využít všech možností přístrojových a analytických technik.

Druhy měření:

- orientační měření časově vážených průměrných koncentrací (hrubé kvantitativní informace ve vztahu k mezní hodnotě),
- orientační měření k upřesnění rozdělení koncentrace v čase nebo prostoru,
- měření v blízkosti zdroje,
- měření pro porovnání s mezními hodnotami,
- periodická měření.

Pro jednotlivé typy měření je udána poměrná celková nejistota měření, minimální specifikovaný měřicí rozsah a doba zprůměrování.

Výběr pracovníků pro stanovení expozice

Je možné vybírat sledované pracovníky metodou náhodného výběru. Vhodnější přístup je rozdělení pracovníků do skupin homogenních dle expozice (problematika homogenity) a zvolit vhodný počet sledovaných pracovníků z dané skupiny (alespoň 10 % členů každé skupiny).

Závěry ze stanovení expozice

Stanovená koncentrace chemické látky v ovzduší se vypočítá jako aritmetický průměr měření v dané směně a porovná se s příslušnou referenční limitní hodnotou dané látky.

a) Koncentrace chemické látky je nad limitní hodnotou:

je třeba zjistit příčiny překročení limitní hodnoty a co nejdříve uskutečnit vhodná opatření; měření koncentrací po uskutečnění opatření se musí opakovat.

b) Koncentrace chemické látky je opakovaně podstatně nižší než limitní hodnota při stabilních podmínkách technologie:

není třeba provádět periodická měření, pravidelná kontrola podmínek stanovení expozice vedoucích k tomuto závěru.

Koncentrace nepatří do kategorie a) ani b):

je třeba provádět periodická měření, i když koncentrace během expozice zůstává pod limitní hodnotou.

Periodická měření

Sanační práce jsou ve většině případů prováděny v delším časovém úseku. Proto je kladen důraz na dlouhodobější cíle (kontrola, účinnost nápravných opatření, získání informací o časových trendech, strukturálních změnách) tak, aby mohla být provedena příslušná opatření dříve, než dojde k nadměrným expozicím.

Výsledky měření musí být průběžně vyhodnocovány a na jejich základě přijímána odpovídající opatření vedoucí k ochraně zdraví pracovníků provádějící sanaci.

III.11.5.B.b Imisní monitoring

Cílem monitoringu ovzduší v průběhu sanačních prací je stanovit úroveň imisní zátěže okolí, odhad potenciální expozice obyvatelstva a zajištění podkladů pro hodnocení zdravotních rizik. Cílem monitoringu je rovněž kontrolovat plnění technologické kázně v průběhu sanačních prací z pohledu emisí chemických škodlivin.

IV. Použitá a doporučená literatura:

- 1) Acker, W. L. III, *Basic Procedures for Soil Sampling and Core Drilling*, Acker Drill Company, Scranton, PA, 1974.
- 2) American Society for Testing and Materials, *Standard Practice for Diamond Core Drilling for Site Investigation*, D 2113-83, ASTM, West Conshohocken, Pennsylvania, 1987.
- 3) American Society for Testing and Materials, *Standard Practice for Using the Disposable En Core Sampler for Sampling and Storing soil for Volatile Organic Analysis*, D 6418-99, ASTM West Conshohocken, Pennsylvania, 1999.
- 4) American Society for Testing and Materials, *Standard Practice for Environmental Site Assessments: Phase I Environmental Site Assessment Process*, E 1527-00, 2000.
- 5) American Society for Testing and Materials, *Standard Guide for Sampling Waste and Soils for Volatile Organic Compounds*, D 4547-98, ASTM West Conshohocken, Pennsylvania, 1998.
- 6) American Society for Testing and Materials, *ASTM Standards on Ground Water and Vadose Zone Investigations, sponsored by ASTM Committee D-18 on Soil and Rock, second edition*, ASTM West Conshohocken, Pennsylvania, 1994.
- 7) American Society for Testing and Materials, *Practice for Soil Investigation and Sampling by Auger Borings*, ASTM D1452-80, 1996.
- 8) American Society for Testing and Materials, *Standard Guide for Sampling Waste Piles*, D6009-96. 1996.
- 9) American Society for Testing and Materials, *Guide for Soil Sampling from the Vadose Zone*, ASTM D4700-91.
- 10) American Society for Testing and Materials, *Guide for Field Logging of Subsurface Explorations of Soil and Rock*, ASTM D5434.
- 11) American Society for Testing and Materials, *Test Method for Particle-Size Analysis of Soils*, ASTM D422-63.
- 12) Bailey, Dr. Renata, *Improving Sampling Techniques for the Analysis of Lead in Ground Water: Determining Optimal Filtration Conditions*, State of New Jersey, Department of Environmental Protection, Division of Science, Research and Technology, Final Report 2002.
- 13) Barcelona, M.J., J.P. Gibb, J.A. Helfrich, and E.E. Garske, *Practical Guide for Ground-Water Sampling*, Illinois State Water Survey, ISWS Contract Report 314, 1985.
- 14) Barcelona, Gibb and Miller, *A Guide to the Selection of Materials for Monitoring Well Construction and Ground Water Sampling*, Champaign, IL., US Government Printing Office, August 1983.
- 15) Barcelona, M.J., J.A. Helfrich, E.E. Garskey, and J.P. Gibb, *A Laboratory Evaluation of Ground Water Sampling Mechanisms*, in Ground Water Monitoring Review, Spring, Vol. 4, No. 2, pp. 32-41. 1984.
- 16) Barcelona, M.J., J.A. Helfrich, E. E. Garske, and J.P. Gibb, *Field Verification of Sampling Methods and Materials Selection for Ground Water Contamination Studies*, Presented at: Symposium for Ground Water Contamination Studies and Their Standardization, ASTM, Cocoa Beach, Fla., Feb. 1986.
- 17) BP Corporation North America and U.S. EPA Region 4 and Region 5., *Monitoring Well Comparison Study: An Evaluation of Direct-Push versus Conventional Monitor Wells*, May, 2002.
- 18) Christensen, Thomas H., Bjerg, Poul L., Kjeldsen, P., *Natural Attenuation: A Feasible Approach to Remediation of Ground Water Pollution at Landfills?*, Ground Water Monitoring Review, Winter, 2000.
- 19) Church, Peter E., and Granato, Gregory E., *Bias in Ground Water Data Caused by Well-Bore Flow in Long-Screen Wells* Ground Water, Vol.34, No.2, pp. 262-273, 1996.
- 20) Cohen, Robert M., Bryda, Anthony P., Shaw, Scott T., Spalding, Charles P., *Evaluation of Visual Methods to Detect NAPL in Soil and Water*, Ground Water Monitoring Review, Fall, 1992.
- 21) ČSN EN 14899: *Charakterizace odpadů. Vzorkování odpadů. Pokyny pro přípravu programu vzorkování a jeho použití*. Český normalizační institut, Praha, 2006.
- 22) ČSN EN 25667-1: *Jakost vod. Odběr vzorků: Pokyny pro návrh programu odběru vzorků*. Český normalizační institut, Praha, 1995.
- 23) ČSN EN 5667-2: *Jakost vod. Odběr vzorků: Pokyny pro způsoby odběru vzorků*. Český normalizační institut, Praha, 1995.
- 24) ČSN EN ISO 5667-3: *Jakost vod. Odběr vzorků: Pokyny pro konzervaci vzorků a manipulaci s nimi*. Český normalizační institut, Praha, 1996.
- 25) ČSN ISO 5667-4: *Jakost vod. Odběr vzorků: Pokyny pro odběr vzorků z vodních nádrží*. Český normalizační institut, Praha, 1994.
- 26) ČSN ISO 5667-5: *Jakost vod. Odběr vzorků: Pokyny pro odběr vzorků pitné vody*. Český normalizační institut, Praha, 1994.
- 27) ČSN ISO 5667-6: *Jakost vod. Odběr vzorků: Pokyny pro odběr vzorků z řek a potoků*. Český normalizační institut, Praha, 1994.
- 28) ČSN ISO 5667-10: *Jakost vod. Odběr vzorků: Pokyny pro odběr vzorků odpadních vod*. Český normalizační institut, Praha, 1996.
- 29) ČSN ISO 5667-11: *Jakost vod. Odběr vzorků: Pokyny pro odběr vzorků podzemních vod*. Český normalizační institut, Praha, 1996.

- 30) ČSN ISO 5667-12: *Jakost vod. Odběr vzorků: Pokyny pro odběr vzorků dnových sedimentů*. Český normalizační institut, Praha, 1997.
- 31) ČSN ISO 5667-17: *Jakost vod. Odběr vzorků: Pokyny pro odběr vzorků plavenin*. Český normalizační institut, Praha, 2002.
- 32) ČSN ISO 5667-18: *Jakost vod. Odběr vzorků: Pokyny pro odběr vzorků podzemních vod na znečištěných místech*. Český normalizační institut, Praha, 2002.
- 33) ČSN ISO 10381-6: *Kvalita půdy - Odběr vzorků - Část 6: Pokyny pro odběr, manipulaci a uchovávání půdních vzorků určených pro studium aerobních mikrobiálních procesů v laboratoři*. Český normalizační institut, Praha, 1998.
- 34) ČSN ISO 10725: *Výběrové přejímací plány a postupy pro kontrolu hromadných materiálů*. Český normalizační institut, Praha, 2002
- 35) ČSN ISO 11648-1: *Statistická hlediska vzorkování hromadných materiálů. Část 1: Obecné přístupy*. Český normalizační institut, Praha, 2004
- 36) ČSN ISO 11648-2: *Statistická hlediska vzorkování hromadných materiálů. Část 2: Vzorkování sypkých materiálů*. Český normalizační institut, Praha, 2003
- 37) DeVera, Emil R., Bart P. Simmons, Robert D. Stephens and David L. Storm, *Samplers and Sampling Procedures for Hazardous Waste Streams*, Cincinnati, U.S. EPA Municipal Environmental Research Lab U.S. EPA-600/2-80-018, 1980.
- 38) Dragun, J., The Fate of Hazardous Materials in Soil, *What Every Geologist and Hydrogeologist Should Know*, Part 1, HMC, March/April 1988
- 39) Driscoll, F.G., *Ground Water and Wells*, Second Edition, H.M. Smyth Company Inc., St. Paul, Minnesota, 1986
- 40) Elton, E.L. and E. Fendley, *Installing the Perfect Monitoring Well: Identifying, Quantifying, and Mitigating Interferences from Monitoring Well Installation Techniques*, Presented at: Symposium for Ground Water Contamination Studies and Their Standardization, ASTM Cocoa Beach, Fla., February 1986.
- 41) Environmental Research Laboratory, Robert S. Kerr, *Practical Guide for Ground Water Sampling*, Ada. OK, US Government Printing Office, U.S. EPA-600/2-85/104, 1985.
- 42) Fetter, C.W., Jr., *Contaminant Hydrogeology*, 1993
- 43) Fink, Michael J., Boyajian, Ralph T., *Decontamination Procedures for Ground Water Sampling Equipment*, Proceedings of the Third National Outdoor Action Conference on Aquifer Restoration, Ground Water Monitoring and Geophysical Methods, May 1989.
- 44) Foster, M., Stefanov, J, Bauder, T., Shinn, J., and Wilson, R., *Piezometer Installation Using a Cone Penetrometer Ground Water Monitoring Review Fall*, 1995.
- 45) Fuksa J.V., *Příručka pro vzorkování vody a vodního prostředí (PVVVP). Výzkum pro praxi, sešit 49*. VÚV TGM Praha, 2003.
- 46) Gallant, R.F., J.W. King, P.L. Levins, J.F. Piecewicz, *Characterization of Sorbent Resins for Use in Environmental Sampling*, Research Triangle Park, N.C., US Government Printing Office, U.S. EPA-600/7- 78-054, 1978
- 47) Gibbs, J., Brown, Allan G., Turner, Kenneth S., MacLeod, Cecilia L., Jelinski, James C., Koehnlein, Susan A., *Effects of Small-Scale Vertical Variations in Well-Screen Inflow Rates and Concentrations of Organic Compounds on the Collection of Representative Ground-Water Quality Samples*, Ground Water, Vol. 31, No.2, March-April, 1993.
- 48) Gibb, J.P., and M.J. Barcelona, *The Development of Effective Ground Water Sampling Protocols*, Presented at: Symposium of Field Methods for Ground Water Contamination Studies and Their Standardization, ASTM, Cocoa Beach, Fla., Feb. 1986.
- 49) Gibs, J., and Imbrigiotta, Thomas E., *Well Purging Criteria for Sampling Purgeable Organic Compounds*, Ground Water Vol.28, No. 1, pp 68-78, 1990.
- 50) Gibs, J., Imbrigiotta, Thomas E., Ficken, James H., Pankow, James F., Rosen, Michael E., *Effects of Sample Isolation and Handling on the Recovery of Purgeable Organic Compounds*, Ground Water Monitoring Review, Spring, 1994.
- 51) Gillham, R.W., M.J.L. Robin, J.F. Baker, and J.A. Cherry, *Ground Water Monitoring and Sample Bias*, American Petroleum Institute, API Publication 4367, p 206, 1983.
- 52) Hacket, Glen, *Drilling and Constructing Monitoring Wells with Hollow-Stem Augers, Part 2 Monitoring Well Installation*, Ground Water Monitoring Review, pages 60 - 68, 1988
- 53) Hart, Barbara F., Tomlinson, Rodger B., and Chaseling, J., *Using the Stabilization Plateau to Estimate Optimum Well Purge Volume*, Ground Water Monitoring Review, Summer, 2000.
- 54) Hewitt, A.D., *Enhanced Preservation of Volatile Organic Compounds in Soil with Sodium Bisulfate*, U.S. Army Corps of Engineers, Cold Regions Research and Engineering Laboratory, Special Report 95-26, 1995.
- 55) Hewitt, Alan D., Jenkins, Thomas F., Grant, Clarence L., *Collection, Handling and Storage: Keys to Improved Data Quality for Volatile Organic Compounds in Soil*, American Environmental Laboratory, February 1995.

- 56) Hewitt, Alan D., Lukash, Nicole J.E., *Obtaining and Transferring Soils for In-Vial Analysis of Volatile Organic Compounds*. U.S. Army Corps of Engineers, Cold Regions Research and Engineering Laboratory, Special Report 96-5, 1996.
- 57) Hewitt, Alan D., *Chemical Preservation of Volatile Organic Compounds in Soil*, Environmental Science and Technology, Vol. 31, No. 1, 1997
- 58) Hewitt, Alan D., *Dynamic Study of Common Well Screen Materials*, Ground Water Monitoring Review, Winter, 1994.
- 59) Hewitt, Alan D., *Storage and Preservation of Soil Samples for Volatile Organic Compound Analysis*, U.S. Army Corps of Engineers, Cold Regions Research and Engineering Laboratory, Special Report 99-5, 1999
- 60) Hewitt, A. D., Myers, K. F., *Sampling and On-Site Analytical Methods for Volatiles in Soil and Groundwater—A Field Guidance Manual*, U.S. Army Corps of Engineers, Cold Regions Research and Engineering Laboratory, Special Report 99-16, 1999.
- 61) Hewitt, Alan D., *Frozen Storage of Soil Samples for VOC Analysis*, Environmental Testing and Analysis, Vol. 8, No. 5, 1999.
- 62) Hewitt, Alan D., *Methods of Preparing Soil Samples for Headspace Analysis of Volatile Organic Compounds: Emphasis on Salting Out*, Proceedings of the Waste Testing and Quality Assurance Symposium, pp. 323-329, 1996.
- 63) Hewitt, Alan D., Jenkins, Thomas F., Grant, Clarence L., *Collection Handling and Storage: Keys to Improved data quality for Volatile Organic Compounds in Soil*, American Environmental Laboratory, February, 1995.
- 64) Hyman, Jennifer A., McLaughlin, Dennis G., *Multi-Level Sampling for Naphthalene In a Shallow, Sandy Aquifer*, Ground Water Management, Proceedings of the Fifth National Outdoor Action Conference on Aquifer Restoration, Ground Water Monitoring and Geophysical Methods. 1991.
- 65) Hutchins, Stephen R., Acree, Steven D., *Ground Water Sampling Bias Observed In Shallow, Conventional Wells*, Ground Water Monitoring Review, Winter, 2000.
- 66) Hutzler, Neil J., *Processes Controlling the Transport and Fate of VOCs in Soil*, National Symposium on Measuring and Interpreting VOCs in Soils: State of the Art and Research Needs, Las Vegas, Nevada, January 12-14, 1993.
- 67) Jury, W.A., Russo, D., Streile, G., Sesham, E.A., *Evaluation of Volatilization by Organic Chemicals Residing Below the Soil Surface*. Water resources Research, Vol. 26, No. 1 pp.13-20, 1990.
- 68) Kadlec, K., *Provozní analyzátory plynů*. AUTOMA časopis pro automatizační techniku, č. 10, ročník 2001.
- 69) Kaplan, E., Banerjee, S., Ronen, D., Magaritz, M., Machlin, A., Sosnow, M., Koglin, E., *Multilayer Sampling in the Water-Table Region of a Sandy Aquifer*, Ground Water, Vol. 29, No.2, 1991.
- 70) Kraják, V., *Vzorkování ovzduší v pracovním prostředí*, in Odběry vzorků, Sborník přednášek z kurzu, 1.vydání, 2 THETA, 2003
- 71) Krajča J.: *Plyny v podzemních vodách*. SNTL, Praha, 1977.
- 72) Krajča, J.: *Vzorkování přírodních vod*. SNTL, Praha, 1983.
- 73) Kohout, P.: *Zásady odběru vzorků odpadů včetně jeho dokumentace*. Česká společnost pro jakost. Kurz Odběr vzorků odpadů a postup hodnocení nebezpečných vlastností odpadů, Praha, 2004.
- 74) Lapham, W.W., F.D. Wilde, a M.T. Koterba, *Guidelines and Standard Procedures for Studies of Ground-Water Quality: Selection and Installation of Wells, and Supporting Documentation*, U.S.G.S. Water-Resources Investigations Report 96-4233, 1997.
- 75) Liikala, Terry L., Olsen, Khri B., Teel, Steven S., Lanigan, David C., *Volatile Organic Compounds: Comparison of Two Sample Collection and Preservation Methods*, Environmental Science and Technology, Vol. 30, No. 12, 1996.
- 76) McAllister, P.M., Chiang, C.Y., *A Practical Approach to Evaluating Natural Attenuation of Contaminants in Ground Water*, Ground Water Monitoring Review, Spring, 1994
- 77) Mackiewicz, Michael C., *A Simple 11 Step Procedure to Document the Accuracy, Precision and Significance of Measurements by Field Instrumentation*, Proceedings of the Fourth National Outdoor Action Conference on Aquifer Restoration, Ground Water Monitoring and Geophysical Methods, Ground Water Management, 1990.
- 78) McCaulou, D.R., Jewet, D.G., Huling, S.G. (1995) *Nonaqueous phase liquids compatibility with materials used in well construction, sampling, and remediation*. U.S. EPA/540/S-95/503
- 79) McCall, W., Stover, S., Enos, C., Fuhrmann, G., *Field Comparison of Direct Push Prepacked Screen Wells to Paired HAS 2" PVC Wells*, Conference Proceedings, HazWaste World Superfund XVIII, December, 1997.
- 80) Millson, M., Eller, P.M., Ashley, K., *Evaluation of Wipe Sampling Materials for Lead In Surface Dust*, Journal of American Industrial Hygiene, Vol. 55, No.4 p.339-1994.
- 81) MŽP ČR, *Metodický pokyn odboru odpadů Ministerstva životního prostředí ke Vzorkování odpadů*, Věstník Ministerstva životního prostředí ČR, Ročník XI, částka 5, 2001.
- 82) MŽP ČR, *Metodický pokyn Ministerstva životního prostředí, odboru odpadů pro shromažďování a skladování zařízení, kapalin a provozních náplní s obsahem PCB a pro dekontaminaci zařízení s obsahem PCB (polychlorovaných bifenyli)*, Věstník MŽP č. 2/2006, Ročník XVI, částka 2, 2006.

- 83) MŽP ČR, *Metodický pokyn MŽP pro analýzu rizik kontaminovaných území*, Věstník Ministerstva životního prostředí ČR, Ročník XV, částka 9, 2005.
- 84) MŽP ČR, *Metodický pokyn MŽP pro průzkum kontaminovaného území*, Věstník Ministerstva životního prostředí ČR, Ročník XV, částka 9, 2005.
- 85) Neilson, David M. and Gillian L. Yeates, *Comparison of Sampling Mechanisms Available for Small-Diameter Ground Water Monitoring Wells*, Ground Water Monitoring Review vs. Vol. 4, No. 2 pp. 83- 99, Spring, 1984.
- 86) Newell, Charlse J., Lee, Robert S. Spexet, AnnMarie H., *No-Purge Ground Water Sampling: An Approach for Long-Term Monitoring*, American Petroleum Institute, October, 2000.
- 87) New Jersey Department of Environmental Protection and Energy, *Alternative Ground Water Sampling Techniques Guide*, 1994.
- 88) New Jersey Department of Environmental Protection and Energy, *Field Sampling Procedures Manual*, pp. 134-135, 1992.
- 89) New Jersey Department of Environmental Protection, *The Technical Requirements for Site Remediation*, N.J.A.C. 7:26E et seq.
- 90) Nyer, E.K., and Gearhart, M.J., *Plumes Don't Move*, Ground Water Monitoring Review, Winter, 1997.
- 91) Odběry vzorků, *Sborník přednášek z kurzu 2. upravené vydání*, Ing. Václav Helán – 2 Theta, 2006
- 92) Oneacre, John., and Figueras, Debbie., *Ground Water Variability at Sanitary Landfills Causes and Solutions*, Proceedings of Uncertainty, Geotechnical Engineering Division/ASCE, 1996.
- 93) Parker, Louise V., *The Effects of Ground Water Sampling Devices on Water Quality: A Literature Review*, Ground Water Monitoring Review, Vol. 14, No. 2, pp. 130-141, 1994.
- 94) Parker, L.V. and T.A. Ranney, *Sampling Trace-Level Organics with Polymeric Tubings: Part 1. Static Studies*, Ground Water Monitoring and Remediation, Vol. 17, No. 4, pp. 115-124, 1997.
- 95) Parker, L.V. and T.A. Ranney, *Decontaminating Groundwater Sampling Devices*, Special Report 97-25, CRREL, 1997.
- 96) Parker, L.V. and T.A. Ranney, *Decontaminating Materials Used in Groundwater Sampling Devices*, Special Report 97-24, CRREL, 1997.
- 97) Parker, L.V. and T.A. Ranney, *Sampling Trace-Level Organics with Polymeric Tubings: Part 2. Dynamic Studies*, Ground Water Monitoring and Remediation, Vol. 18, No.1, pp. 148-155, 1998.
- 98) Parker, L.V. and T.A. Ranney, *Decontaminating Materials used in Ground Water Sampling Devices: Organic Contaminants*, Ground Water Monitoring and Remediation, Vol. 19, No. 1, pp. 56-68, 2000.
- 99) Paul, Cynthia J., and Puls, Robert W., *Impact of Turbidity on TCE and Degradation Products in Ground Water*, Ground Water Monitoring Review, Winter, 1997.
- 100) Pettijohn, F.J., *Sedimentary Rocks*, Harper & Row, 1975.
- 101) Puls, Robert W., and Barcelona, Michael J., *Low-Flow (Minimal Drawdown) Ground-Water Sampling Procedures*, U.S. EPA Report, U.S. EPA/540/S-95/504, April, 1996.
- 102) Puls, Robert W., Eychaner, James H., *Sampling of Ground Water for Inorganics – Pumping Rate, Filtration, and Oxidation Effects*, Ground Water Management Proceedings of the Fourth National Outdoor Action Conference on Aquifer Restoration, Ground Water Monitoring and Geophysical Methods, 1990.
- 103) Radcliffe, M.J., B.W. Rehm, C.S. Peters, T.R. Stolzenburg, and S.D. Johannsen, *Sample Handling: The Impact of Filtering Ground Water Samples*, Proceedings of the Fourth Annual Hazardous Materials Management Conference, Atlantic City, NJ, June 1986.
- 104) Ranney, T.A. and L.V. Parker, *Comparison of Fiberglass and Other Polymeric Well Casings: Part III. Sorption and Leaching of Trace-Level Metals*, Ground Water Monitoring and Remediation, Vol. 18, No. 3, pp. 127-133, 1998.
- 105) Ranney, T.A. and L.V. Parker, *Comparison of Fiberglass and Other Polymeric Well Casings: Part II. Sorption and Leaching of Trace-Level Organics*, Ground Water Monitoring and Remediation, Vol. 18, No. 2, pp. 107-112, 1998.
- 106) Ricker, Michael J., *Determining Volatiles in Soils: A New Sampling Procedure*, Environmental Testing and Analysis, Vol. 8, No. 4, 1999.
- 107) Robbins, Gary A., Martin-Hayden, James M., *Mass Balance Evaluation of Monitoring Well Purging*, Journal of Contaminant Hydrology, Vol. 8, pp. 203-224, 1991
- 108) Robin, M.J.L., and Gillham, R.W., *Field Evaluation of Well Purging Procedures*, Ground Water Monitoring Review, 1987.
- 109) Rose, S., and Long, A., *Monitoring Dissolved Oxygen in Ground Water: Some Basic Considerations*, Ground Water Monitoring Review, 1998.
- 110) RS Dynamics, *Ecoprobe 5, Model 27, Operator's Manual*, RS Dynamics, 2004.
- 111) Scalf, Marion R. et. seq., *Manual of Ground Water Sampling Procedures*, U.S. EPA and National Well Water Association, Worthington, OH, pp. 92-93, 1981.
- 112) Schumacher, Brian A., Ward, Steven, E., *Quantitation Reference Compounds and VOC Recoveries from Soils by Purge and Trap GC/MS*, Environmental Science and Technology, Vol. 31, No. 8, 1997.

- 113) Schumacher, B.A., Shines, K.C., Burton, J.V., Papp, M.L., *A Comparison of Soil Sample Homogenization Techniques*, Hazardous Waste Measurements, Chapter 4. Lewis Publishers, Michigan, 1991.
- 114) Siegrist, Robert L., *Measurement Error Potential and Control When Quantifying Volatile Hydrocarbon Concentrations in Soils*, Hydrocarbon Contaminated Soils, Vol. I, Lewis Publishers, pp. 205-215, 1991.
- 115) Siegrist, Robert L., Jenssen, Petter D., *Evaluation of Sampling Method Effects on Volatile Organic Compound Measurements in Contaminated Soils*, Environmental Science and Technology, Vol. 24, No. 9, 1990.
- 116) SKC 2003/2004 *Comprehensive Catalog & Air Sampling Guide*, International Edition, SKC, 2003
- 117) Sorini, Susan S., Schabron, John F., Rovani, Joseph F., *Evaluation of VOC Loss From Soil Symplex Contaminated Soil Sediment and Water*, 2002.
- 118) Stone, William J., *Low Flow Ground Water Sampling-Is It a Cure-All?*, Ground Water Monitoring Review, 1997.
- 119) Testa, Stephen M., and Winegardner, Duane L., *Restoration of Contaminated Aquifers*, Lewis Publishers, New York, New York, 1991.
- 120) United States Department of Interior, *Ground Water Manual, A Water Resources Technical Publication*, Bureau of Reclamation, Chapters 16 and 17, 1985.
- 121) United States Environmental Protection Agency, *Handbook of Suggested Practices for the Design and Installation of Ground-Water Monitoring Wells*, Office of Research and Development, U.S. EPA/600/4-89/034, Washington, D.C., March, 1991.
- 122) United State Geological Society, *Field Guide for Collecting Samples for Analysis of Volatile Organic Compounds in Stream Water for the National Water-Quality Assessment Program*, US Geological Survey Report 97-401, 1997.
- 123) University of Arizona, College of Agriculture, *Field Manual for Water Quality Sampling*, 1995.
- 124) Urban, Michael J., Smith, James S., Schultz, Elizabeth K., Dickenson, Randall K., *Volatile Organic Analysis for a Soil, Sediment or Waste Sample*, Fifth Annual Waste Testing and Quality Assurance Symposium, July 24-28, Washington, D.C., pp. II-87 to II-101, 1989.
- 125) U.S. EPA, *Field Analytical and Site Characterization Technologies Summary of Applications*, U.S. EPA-542-R-97-011, November, 1997.
- 126) U.S. EPA, *Characterization of Hazardous Waste Sites: A Methods Manual Vol. II Available Sampling Methods*, U.S. EPA-600/4-83-040 Environmental Monitoring and Support Laboratory Las Vegas, NV, 1983.
- 127) U.S. EPA, *Handbook for Sampling and Sample Preservation of Water and Wastewater*, U.S. EPA-600/4-82-029 Environmental Monitoring and Support Laboratory, Cincinnati OH, 1982.
- 128) U.S. EPA, *Ground Water Monitoring Guidance for Owners and Operators of Interim Status Facilities*, U.S. EPA-SW-963, Office of Solid Waste and Emergency Response Washington, DC, 1983.
- 129) U.S. EPA, *Handbook for Sampling and Sample Preservation of Water and Wastewater*, Cincinnati, OH, 1982.
- 130) U.S. EPA, *Method 1669: Sampling Ambient Water for Trace Metals at U.S. EPA Water Quality Criteria Levels*, Office of Water Engineering and Analysis Division, April, 1995.
- 131) U.S. EPA, *Suggested Operating Procedures for Aquifer Pumping Tests*, U.S. EPA/540/S-93/503, Office of Research and Development, Washington, DC, 1993.
- 132) U.S. EPA, *Immunoassay Guidelines for Planning Environmental Projects*, U.S. EPA Quality Assurance Unit Staff, Office of Environmental Measurement and Evaluation, October, 1996.
- 133) U.S. EPA, *Light Non-Aqueous Liquids*, U.S. EPA/540/S-95/500, Office of Solid Waste and Emergency Response, 1995.
- 134) U.S. EPA, *Non-Aqueous Phase Liquids Compatibility with Materials Used in Well Construction, Sampling and Remediation*, U.S. EPA/540/S-95/503, Office of Solid Waste and Emergency Response, 1995.
- 135) U.S. EPA, *Soil Sampling and Analysis for Volatile Organic Compounds*, U.S. EPA/540/4-91/001, Office of Solid Waste and Emergency Response, 1991.
- 136) U.S. EPA, *NPDES Compliance Inspection Manual*, Washington, D.C., 1984.
- 137) U.S. EPA, *NPDES Compliance Sampling Manual*, Washington, D.C., 1977.
- 138) U.S. EPA, *Test Methods for Evaluating Solid Waste Physical/Chemical*, SW-846 Final Update 3 to the 3rd Edition, 1996.
- 139) USGS, *Ground-Water Data-Collection Protocols and Procedures for the National Water-Quality Assessment Program: Collection and Documentation of Water Quality Samples and Related Data*, U.S. Geological Survey Report 95-399. 1995.
- 140) USGS, *Field Guide for Collecting Samples For Analysis of Volatile Organic Compounds In Stream Water for the National Water Quality Assessment Program*, U.S. Geological Survey Report 97-0401, 1997.
- 141) USGS, *Guidelines for Collecting and Processing Samples of Stream Bed Sediment For Analysis of Trace Elements and Organic Contaminants for the National Water Quality Assessment Program*, US Geological Survey Report 94-458, 1994.
- 142) USGS, *U.S. Geological Survey Protocol for the Collection and Processing of Surface Water Samples for the Subsequent Determination of Inorganic Constituents in Filtered Water*, USGS Report 94-539, 1994.

- 143) Vroblesky, Don A., Borchers, James W., Campbell, Ted R., Kinsey, W., *Investigation of Polyethylene Passive Diffusion samplers for Sampling Volatile Organic Compounds in Ground Water at DavisGlobal Communications*, Sacramento, California, August 1998 to February 1999, U.S. Air Force Center for Environmental Excellence, 2000
- 144) Vroblesky, Don A. Hyde, Thomas W., *Diffusion Samplers as an Inexpensive Approach to Monitoring VOC's in Ground Water*, Ground Water Monitoring Review, Summer, 1997.
- 145) Vroblesky, Don A., *User's Guide for Polyethylene-Based Passive Diffusion Bag Samplers to Obtain Volatile Organic Compound Concentrations in Wells*, Part 1 and Part 2., USGS Reports 01-4060 and 01-4061, 2001.
- 146) West, Olivia R., Siegrist, Robert L., Mitchell, Toby J., Jenkins, Rodger A., *Measurement Error and Spatial Variability Effects on Characterization of Volatile Organics in the Subsurface*, Environmental Science and Technology, Vol. 29, No. 3, 1995.
- 147) Wilson, Neal, *Soil Water and Ground Water Sampling*, Chapter 3, Lewis Publishers, 1995
- 148) Wisconsin Department of Natural Resources, *Ground Water Sampling Desk Reference*, Report PUBLDG-037 96, 1996.
- 149) Wisconsin Department of Natural Resources, *Ground Water Sampling Field Manual*, Report PUBL-DG-038 96, 1996.

Příloha

Tabulka 1: Výběr vzorkovačů pro odběr nekapalných vzorků vhodných pro vybranou skupinu ukazatelů

Vzorkovací zařízení	Typ vzorku	Sledované parametry		Omezení použití
		Těkavé organické látky	Ostatní organické a anorganické ukazatele	
Vzorkovací lopatka, lžice	Porušený vzorek	Nevhodný	Vhodný	Zpevněné materiály, odběr hloubkového vzorku
Ruční vrtáky	Porušený vzorek	Nevhodný	Vhodný	Komprese materiálu, zpevněné, kamenité materiály
Žlábkový vzorkovač	Porušený vzorek	Omezené použití	Vhodný	Zpevněné, kamenité, suché sypké materiály, malá velikost vzorku
Jádrovač	Neporušený vzorek	Vhodný	Vhodný	Zpevněné, kamenité materiály, omezený hloubkový dosah
Dělený lžicovitý vzorkovač	Neporušený vzorek	Vhodný	Vhodný	Zpevněné, kamenité materiály
Trubicový vzorkovač	Neporušený vzorek	Vhodný	Vhodný	Zpevněné, kamenité, suché sypké materiály, omezený hloubkový dosah
Speciální vzorkovače na stanovení TOL	Neporušený vzorek	Vhodný	Omezené použití	Vzorkovač se používá k odběru malých množství vzorku vyjmutého z materiálu pomocí jiného vzorkovače

Tabulka 2: Výběr vzorkovačů pro odběr sedimentů/kalů v závislosti na fyzikálních vlastnostech

Typ sedimentu/kalu	Vzorkovací zařízení
štěrk	Drapákové vzorkovače
písek	Drapákové vzorkovače a trubicové (jádrové) vzorkovače
jíl	Trubicové (jádrové) vzorkovače
rašelina	Trubicové (jádrové) vzorkovače, rašelinový vzorkovač (Russian /peat sampler)
zpevněný bahnitý sediment	Drapákové vzorkovače a trubicové (jádrové) vzorkovače
nezpevněný bahnitý sediment	Trubicové vzorkovače

Tabulka 3: Vhodnost vzorkovacích čerpadel vzhledem ke sledovaným analytům

Princip činnosti	a)	b)	c)	d)	e)	f)	g)	h)	i)	j)	k)	l)
Sací systémy												
peristaltická pumpa	+	-	-	+	+		+	-	-	+	-	+
- plynové čerpadlo (air lift)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Výtlačné systémy												
- elektrické odstředivé čerpadlo	+	+	(+)	+	+	(+)	+	(+)	(+)	+	+	(+)
- plynové membránové čerpadlo (bladder pump)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
- plynové výtlačné čerpadlo (double valve pump)	+	+	(+)	+	+	(+)	+	(+)	(+)	+	+	(+)
- inerciální čerpadlo (inertial pump)	+	+	+	+	(+)	(+)	+	+	(+)	+	+	+

Ukazatele jakosti vody					
a)	vodivost	b)	pH	c)	Eh
d)	kationty/anionty	e)	stopové kovy	f)	rozpuštěné plyny
g)	netěkavé sloučeniny	h)	těkavé sloučeniny	i)	celkový organický uhlík
j)	radium	k)	aktivity alfa a beta	l)	mikrobiologie
+	Systém je vhodný pro daný parametr		-	Vhodnost systému pro daný parametr je omezená	

Tabulka 4: Typy detektorů plynů používaných v terénních měřicích přístrojích a jejich použití

Princip detekce	Použití	Omezení použití
Tepelně vodivostní senzory	Binární směsi nebo jejich ekvivalenty, tvořené plyny o dostatečném rozdílu měrných tepelných vodivostí (např. směsi H_2 a N_2 , H_2 a O_2 , CH_4 a vzduch, SO_2 a vzduch).	
Pellistor (senzor s katalytickým spalováním)	Detektory hořlavých plynů a par.	Inhibitory (např. halogeny, organické halogenderiváty, SO_2 apod.) snižují výkonnost senzoru, katalytické jedy (např. silikony, alkyl-olovnaté sloučeniny, fosfáty apod.) reagují s katalyzátorem a ničí senzor.
Polovodičové senzory oxidového typu	Detekce a stanovení nízkých koncentrací par uhlovodíků a jejich derivátů, halogenovaných uhlovodíků, alkoholů, esterů, nitrovaných sloučenin, amoniaku, oxidu uhelnatého a kyanovodíku	výrazná závislost na vlhkosti, teplotě a koncentraci měřeného plynu. Vysoké koncentrace mohou činnost senzoru inhibovat.
Elektrochemické senzory	Měření koncentrace kyslíku a měření nízkých koncentrací některých toxických plynů (např. CO , H_2S , NH_4 , freony)	Nevýhodou je dosti krátká životnost senzorů (1 – 3 roky).
Infračervené spektrometry	Plyny s trvalým dipólovým momentem (např. CH_4 , CO , NH_4 apod.). Vysoká selektivita	Možnost zkreslení výsledku měření (např. vodní pára, CO_2 v kouřových emisích).
Plamenově ionizační detektor (FID)	Plyny, které se při spalování ionizují. Jedná se především o uhlovodíky – nasycené alkany, nenasycené (alkeny a alkyly) a aromatické uhlovodíky	Detektor nelze používat pro měření anorganických sloučenin v plynu.
Fotoionizační detektor (PID)	Citlivost detektoru vůči detekovatelným skupinám látek klesá/stoupá/ zhruba v následujícím pořadí: 1. Aromatické uhlovodíky 2. Nenasycené alifatické chlorované uhlovodíky 3. Nenasycené uhlovodíky 4. Parafinické uhlovodíky 5. Amoniak a parafinické uhlovodíky	Detektor není selektivní.

Tabulka 5: Stručný přehled pevných sorbetů a jejich použití pro jednotlivé sloučeniny

Typ sorbetu	Adsorbované látky
<u>Aktivní uhlí</u> – na bázi coconuts (z ořechových skořápek)	organická rozpouštědla (aromatické uhlovodíky, alifatické chlorované uhlovodíky), benzyl acetát, bromoform, chloropren, cyklohexanon apod.
<u>Aktivní uhlí</u> – na bázi zpracování ropy	1,2-dibrom-3-chlorpropan, etylen, metyl bromid, n-propyl nitrát, 1,1,2,2-tetrachloreten
<u>Silica gel</u>	aminy, amidy, acetic acid
<u>Molekulární síto 5A</u>	akrolein
<u>Tenax GC</u>	allyl glycidyl, etér, difenyl, etylen glykol, nitroglycerin, dinitrat, bílý fosfor, trinitrotoluen (TNT)
<u>Chromosorb 101</u>	PCB, aminy, amidy
<u>Chromosorb 104</u>	butyl mercaptan
<u>Poropak Q</u>	furfuryl alkohol, metyl cyklohexan
<u>XAD-2</u>	tetrametyl olovo, etyl silikát, nitroetan, PAU, pesticidy
<u>XAD-7</u>	fenoly, kresoly
<u>Carbotrap-100, 150, 200</u> (grafitizované černé uhlí)	C2-C12 uhlovodíky, PCB,
<u>Carboxen 564</u> (carbon molecular sieve)	C2-C12 těkavé organické látky, trihalometany
<u>Carbosieve</u> (Carbon molecular sieve)	C2 uhlovodíky
<u>PUF</u> polyuretanová pěna	pesticidy (organochlorované, organofosforové)

Tabulka 6: Stručný přehled kapalných sorbetů a jejich použití pro jednotlivé sloučeniny

Absorpční kapalina	Absorbované látky
0,1 N H_2SO_4	zásady a aminy
0,1 N NaOH	kyseliny a fenoly
0,1 N HCl	Karbonyl niklu $[Ni(CO)_4]$
Alkalický síran kademnatý ($CdSO_4 \cdot NaOH$)	sulfan (H_2S)
Metylénová modř	sulfan (H_2S)
1% KI v 0,1 N NaOH	ozón (O_3)
4-nitropyridyl propylamin v toluenu	Diisokyanáty
0,3 N H_2O_2	Oxid siřičitý (SO_2)
0,1% anilin	Fosgen ($COCl_2$)
1% $NaHSO_2$	Formaldehyd (HCHO)
Destilovaná voda	Kyseliny a zásady

Tabulka 7: Orientační přehled rizikových fází odběru, které mohou mít významný vliv na spolehlivost výsledků zkoušek.

Typ analytu	Pevné a polotuhé matrice	Kapalné matrice	Plynné matrice
Základní chemické ukazatele	Homogenizace vzorku	Manipulace se vzorkem a doba zpracování vzorku	Metoda odběru a analýzy
Anorganické kontaminanty			
Plyny, rozpuštěné plyny	Metoda odběru, Použité vzorkovací vybavení	Metoda odběru, Použité vzorkovací vybavení	Metoda odběru a analýzy
	Manipulace se vzorkem a doba zpracování vzorku	Manipulace se vzorkem a doba zpracování vzorku	
Ostatní	Homogenizace vzorku	Manipulace se vzorkem a doba zpracování vzorku	Metoda odběru a analýzy
Organické kontaminanty			
Těkavé látky	Metoda odběru, Použité vzorkovací vybavení	Metoda odběru, Použité vzorkovací vybavení	Metoda odběru a analýzy
	Manipulace se vzorkem a doba zpracování vzorku	Manipulace se vzorkem a doba zpracování vzorku	
Ostatní	Homogenizace vzorku	Manipulace se vzorkem a doba zpracování vzorku	Metoda odběru a analýzy
Mikrobiální rozbory	Metoda odběru, Použité vzorkovací vybavení	Metoda odběru, Použité vzorkovací vybavení	Metoda odběru a analýzy
	Manipulace se vzorkem a doba zpracování vzorku	Manipulace se vzorkem a doba zpracování vzorku	Metoda odběru a analýzy
Ekotoxicita	Homogenizace vzorku	Manipulace se vzorkem a doba zpracování vzorku	Metoda odběru a analýzy

Tabulka 8: Doporučené prostředky pro vzorkování podzemní vody.

Kategorie	Doporučené prostředky	Typ vzorku
1) Prameny a vrty s trvalým přetokem	B, C, alternativně K, A	směsný
2) Vzorkování dočasných průzkumných objektů	B, C, D, H	směsný/ prostý bodový ¹
3) Metoda malého čerpaného množství v perforovaném úseku	Výtlačná čerpadla s regulovatelným čerpaným množstvím - D, G, F, (H)	prostý bodový/ směsný ¹
4) Metoda malého čerpaného množství v perforovaném úseku, s nekontrolovatelným poklesem hladiny	Výtlačná čerpadla s regulovatelným čerpaným množstvím - D, G, F, (H)	směsný/ prostý bodový
5) Směsné, objemově průměrované vzorky	B, C, D, E, F, G	směsný
6) Piezometry a úzkoprofilové víceúrovňové systémy	E, H	prostý bodový
7) Časově závislé průměrné vzorky	J	směsný
8) Dlouhodobě čerpané objekty	K (z ventilu armatury), B, D, E, H	směsný

Poznámky: 1 – v závislosti na délce otevřeného úseku a měřítku sledovaných změn

Legenda: A přelivný válec
 B spodem plněný (zonální) vzorkovač
 C peristaltické čerpadlo
 D plynové membránové čerpadlo (bladder pump)
 E plynové výtlačné čerpadlo
 F el. odstředivé čerpadlo
 G el. vřetenové čerpadlo
 H inerciální pístové čerpadlo
 I plynové čerpadlo (airlift)
 J pasivní difúzní vzorkovače
 K přímé plnění vzorkovnice ponožením

Tabulka 9: Hygienické limity pro pracovní ovzduší–chemické látky.

Látka	PEL [mg/m ³]	NPK-P [mg/m ³]
amoniak	14	36
benzen	3	10
benzo(a)pyren	0,005	0,025
1,1 – DCE	8	16
1,2 – DCE	800	1600
difenylnmetan-4,4-diisokyanát	0,05	0,1
etylbenzen	200	500
fenol	7,5	15
kyanovodík	3	10
kyselina sírová (jako SO ₃)	1	2
oleje minerální (aerosol)	5	10
ozón	0,1	0,2
PCB	0,5	1
PCE	250	750
rtuť	0,05	0,15
alkyl-sloučeniny rtuti	0,01	0,03
toluen	200	500
TCE	250	750
vinylchlorid	7,5	15
xylén	200	400

PEL–Přípustné expoziční limity jsou celosměnové časově vážené průměry koncentrací plynů, par nebo aerosolů v pracovním ovzduší.

NPK-P–Nejvyšší přípustné koncentrace chemických látek v pracovním ovzduší jsou koncentrace látek, kterým nesmí být zaměstnanec v žádném časovém úseku pracovní směny vystaven. S ohledem na možnosti chemické analýzy lze při hodnocení pracovního ovzduší porovnávat s nejvyšší přípustnou koncentrací dané chemické látky časově vážený průměr koncentrací této látky po dobu nejvýše 10 minut.

Tabulka 10 Hygienické limity pro pracovní ovzduší – prach

Látka	PEL mg/m ³	PEL mg/m ³	
	Respirabilní frakce	Celková koncentrace	
Prachy s převážně fibrogenním účinkem			
Křemen	0,1	-	
Kristobalit	0,1	-	
	Fr<5%	Fr>5% 16	16
horninové prachy	2	10:Fr	10
slévárenský prach	2	10:Fr	10
ostatní křemičitany	2	10:Fr	10
Prachy s převážně nespecifickým účinkem			
půdní prachy	-	-	10
Popílek	-	-	10
Škvára	-	-	10

Fr – obsah fibrogenní složky(křemen, kristobalit apod.) v respirabilní frakci v procentech