

**OBSAH**

<b>1. ÚVOD</b> .....	<b>1</b>
<b>2. VSTUPNÍ INFORMACE</b> .....	<b>5</b>
2.1 ZÁKLADNÍ TYPY KONTAMINANTŮ .....	6
2.1.1 <i>Organické kontaminanty</i> .....	6
2.1.2 <i>Anorganické kontaminanty</i> .....	8
2.1.3 <i>Vlastnosti kontaminantů</i> .....	9
2.1.4 <i>Forma kontaminantů</i> .....	10
2.1.5 <i>Základní procesy ovlivňující chování a rozklad kontaminantů</i> .....	10
2.2 GEOLOGICKÝ PROFIL .....	11
<b>3. FÁZE SANAČNÍHO PROCESU</b> .....	<b>15</b>
<b>4. KRITÉRIA ZNEČIŠTĚNÍ, RIZIKOVÁ ANALÝZA</b> .....	<b>20</b>
4.1 KRITÉRIA ZNEČIŠTĚNÍ ZEMIN A PODZEMNÍ VODY .....	22
4.2 ANALÝZA RIZIKA .....	30
<b>5. PRŮZKUM</b> .....	<b>36</b>
5.1 PŘEDBĚŽNÝ PRŮZKUM .....	36
5.1.1 <i>Předběžný průzkum zaměřený na přírodní prostředí</i> .....	36
5.1.2 <i>Předběžný průzkum zaměřený na kontaminanty</i> .....	38
5.1.3 <i>Závěry předběžného průzkumu</i> .....	39
5.2 DRUHÁ FÁZE GEO-ENVIRONMENTÁLNÍHO PRŮZKUMU .....	40
5.2.1 <i>Vrtné práce</i> .....	40
5.2.2 <i>Geofyzikální průzkumné metody - J. Macháček</i> .....	41
5.2.2.1 <i>Gravimetrické metody</i> .....	42
5.2.2.2 <i>Magnetometrické metody</i> .....	43
5.2.2.3 <i>Radiometrické metody</i> .....	45
5.2.2.4 <i>Atmogeochemické metody</i> .....	46
5.2.2.5 <i>Geotermometrické metody</i> .....	46
5.2.2.6 <i>Geoelektrické metody</i> .....	47
5.2.2.6.1 <i>Potenciálové metody</i> .....	47
5.2.2.6.2 <i>Odporové metody stejnosměrné</i> .....	48
5.2.2.6.3 <i>Odporové metody střídavé</i> .....	53
5.2.2.6.4 <i>Metody elektromagnetické</i> .....	54
5.2.2.7 <i>Seismické metody</i> .....	58
5.2.2.8 <i>Měření ve vrtech (karotážní metody)</i> .....	63
5.2.3 <i>Hydrogeologické pozorovací vrty</i> .....	66
5.2.4 <i>Kuželové penetrační zkoušky</i> .....	67
<b>6. TRANSPORT KONTAMINANTŮ - M. Vaníček</b> .....	<b>71</b>
6.1 PROCESY, KTERÉ OVLIVŇUJÍ TRANSPORT KONTAMINANTŮ .....	71
6.1.1 <i>Advekce</i> .....	71
6.1.1.1 <i>Proudění podzemní vody</i> .....	71

6.1.1.2	Transport kontaminantů .....	73
6.1.2	<i>Difuse</i> .....	73
6.1.2.1	Difuse v roztoku .....	73
6.1.2.2	Difuse v zeminách .....	74
6.1.3	<i>Disperze</i> .....	75
6.1.3.1	Hydrodynamická disperze .....	76
6.1.4	<i>Sorpce</i> .....	77
6.1.5	<i>Rozklad materiálu</i> .....	80
6.1.6	<i>Základní rovnice pro šíření kontaminantů nasycenými zeminami</i> .....	80
6.2	STANOVENÍ VSTUPNÍCH PARAMETRŮ TRANSPORTNÍCH MECHANISMŮ .....	81
6.2.1	<i>Stanovení propustnosti zemin</i> .....	82
6.2.2	<i>Stanovení sorpční izotermy</i> .....	83
6.2.3	<i>Stanovení součinitele difuse</i> .....	83
6.2.4	<i>Stanovení součinitele mechanické disperze</i> .....	85
6.3	MOŽNOSTI ŘEŠENÍ ŠÍŘENÍ KONTAMINANTŮ .....	85
6.3.1	<i>Analytická řešení</i> .....	86
6.3.1.1	Analytické řešení Ogata-Banks.....	87
6.3.1.2	Analytické řešení Booker a Rowe .....	88
6.3.2	<i>Řešení metodou konečné vrstvy</i> .....	89
6.3.3	<i>Řešení metodou sítí a metodou konečných prvků</i> .....	90
6.4	UKÁZKY ŘEŠENÍ TRANSPORTU KONTAMINANTŮ.....	92
6.4.1	<i>Analytické řešení - parametrická studie</i> .....	92
6.4.1.1	Vliv filtračního součinitele $k$ .....	94
6.4.1.2	Vliv difusního součinitele $D_{ef}$ .....	94
6.4.1.3	Vliv retardačního faktoru $R_d$ .....	95
6.4.1.4	Zhodnocení parametrické studie .....	95
6.4.2	<i>Numerické řešení MKP - plošný transport kontaminantů</i> .....	96
6.4.2.1	Numerické modelování .....	97
6.4.2.2	Závěr.....	98
6.4.3	<i>Numerické řešení MKP - prostorový transport kontaminantů</i> .....	100
6.5	ŠÍŘENÍ KONTAMINANTŮ NENASYCENÝMI ZEMINAMI .....	104
<b>7.</b>	<b>SANACE SKLÁDEK</b> .....	<b>110</b>
7.1	ÚVOD .....	110
7.2	VLASTNOSTI MATERIÁLU TKO .....	113
7.2.1	<i>Indexové vlastnosti</i> .....	113
7.2.2	<i>Deformační charakteristiky, sedání skládky</i> .....	115
7.2.3	<i>Smykové parametry</i> .....	117
7.2.4	<i>Vlastnosti určené polními průzkumnými metodami</i> .....	118
7.2.5	<i>Zlepšování vlastností skládkového materiálu</i> .....	118
7.3	PRINCIP ŘEŠENÍ STARÝCH SKLÁDEK – ENKAPSULACE – GEOKONTEJNMENT ...	119
7.4	POVRCHOVÉ TĚSNĚNÍ .....	121
7.4.1	<i>Jednoduchý těsnicí systém</i> .....	121
7.4.1.1	Zemní – jílové těsnění .....	121
7.4.1.1.1	<i>Jílové minerály</i> .....	122

7.4.1.1.2	<i>Výběr vhodné zeminy</i> .....	127
7.4.1.1.3	<i>Technologie realizace jílového těsnění</i> .....	128
✓ 7.4.1.1.4	<i>Vliv zhutňování na propustnost těsnění</i> .....	130
✓ 7.4.1.1.5	<i>Měření propustnosti v laboratořích</i> .....	134
✓ 7.4.1.1.6	<i>Měření propustnosti in situ</i> .....	137
✓ 7.4.1.1.7	<i>Kontrola všeobecná</i> .....	147
7.4.1.2	<i>Fóliové těsnění</i> .....	147
7.4.1.2.1	<i>Typy geomembrán</i> .....	147
7.4.1.2.2	<i>Instalace a svařování geomembrán</i> .....	149
✓ 7.4.1.2.3	<i>Kontrola kvality</i> .....	151
7.4.1.2.4	<i>Ochrana geomembrán</i> .....	153
7.4.1.3	<i>Bentonitové matrace</i> .....	154
7.4.1.4	<i>Nestandardní těsnění</i> .....	157
7.4.2	<i>Kombinované těsnící systémy</i> .....	158
7.4.2.1	<i>Základní typy kombinovaného těsnění</i> .....	159
7.4.2.2	<i>Význam a složení drenážní vrstvy</i> .....	161
7.4.2.3	<i>Ochranná a povrchová – rekultivační vrstva</i> .....	164
7.4.2.4	<i>Odplyňovací / vyrovnávací vrstva</i> .....	167
7.5	<b>SVISLÉ TĚSNÍCÍ PRVKY</b> .....	167
7.5.1	<i>Celkový přehled</i> .....	168
7.5.2	<i>Bližší specifikace pro podzemní stěny</i> .....	172
7.5.2.1	<i>Technologie výstavby</i> .....	172
✓ 7.5.2.2	<i>Kontrola kvality</i> .....	174
7.5.2.3	<i>Změny vlastností s časem</i> .....	175
7.6	<b>SPODNÍ TĚSNĚNÍ – POD SKLÁDKOU</b> .....	176
✓ 7.6.1	<i>Klasická injektáž</i> .....	176
✓ 7.6.2	<i>Trysková injektáž</i> .....	178
✓ 7.7	<b>STABILITA A SEDÁNÍ SKLÁDEK</b> .....	179
7.7.1	<i>Deformace skládek</i> .....	182
7.7.1.1	<i>Vliv nerovnoměrného sedání na vznik tahových trhlin</i> .....	183
✓ 7.7.1.1.1	<i>Způsoby měření tahové pevnosti a přetvoření</i> .....	183
✓ 7.7.2	<i>Únosnost povrchu skládky</i> .....	188
7.8	<b>PRAKTICKÉ PŘÍKLADY SANACE SKLÁDEK</b> .....	190
7.8.1	<i>Sanace staré toxické skládky u Spolany Neratovice</i> .....	190
7.8.2	<i>Sanace staré skládky Skalná u Chebu</i> .....	196
7.8.3	<i>Skládka Chabařovice</i> .....	197
✓ 7.9	<b>MONITORING SKLÁDEK</b> .....	197
8.	<b>SANAČNÍ METODY</b> .....	199
8.1	<b>PŘIROZENÁ SCHOPNOST REGENERACE ZEMINY (NATURAL ATTENUATION)</b> .....	199
8.2	<b>STRUČNÝ PŘEHLED SANAČNÍCH METOD</b> .....	202
8.3	<b>METODY SANACE KONTAMINOVANÝCH ZEMIN A PODZEMNÍ VODY</b> .....	209
8.3.1	<i>Sanační čerpání</i> .....	209
8.3.2	<i>Stabilizace a solidifikace</i> .....	211
8.3.3	<i>Biologická sanace</i> .....	213

8.3.4 Fytosanace .....	215
8.3.5 Sanační metody <i>in situ</i> založené na extrakci.....	216
8.3.5.1 Extrakce půdních par – vakuování.....	216
8.3.5.2 Provzdušňování .....	218
8.3.5.3 Vakuování - dvoufázové extrakce .....	220
8.3.5.4 Doplnkové metody.....	221
8.3.6 Metody sanace vytěžené zeminy .....	222
8.3.6.1 Sanace promýváním vodou.....	222
8.3.6.2 Promývání rozpouštědly.....	223
8.3.6.3 Termální desorpce .....	224
8.3.6.4 Chemická dehalogenace .....	224
8.3.7 Propustné bariéry.....	225
<b>9. VÝSTAVBA NA BROWNFIELDS .....</b>	<b>231</b>
<b>10. PŘÍLOHY.....</b>	<b>235</b>
✓ 10.1 PŘÍLOHA Č. 1 – METODICKÝ POKYN – KRITÉRIA ZNEČIŠTĚNÍ ZEMIN A PODZEMNÍ VODY .....	235
✓ 10.1.1 Zjištění kvality chemických analýz a odběrů vzorků – čl. 5.....	235
✓ 10.1.2 Speciální případy použití kritérií – čl. 6.....	235
✓ 10.2 PŘÍLOHA Č. 2 – METODICKÝ POKYN – ANALÝZA RIZIKA .....	236
10.2.1 Základní pojmy.....	236
<b>11. LITERATURA.....</b>	<b>242</b>
11.1 DŮLEŽITÉ INTERNETOVÉ ADRESY .....	246
✓ 11.1.1 České stránky institucí.....	246
11.1.2 Světové stránky institucí .....	246
11.1.3 Odborné časopisy.....	247