

# OBSAH

PŘEDMLUVA .....	3
OBSAH .....	5
<b>1. ÚVOD.....</b>	<b>10</b>
1.1 Všeobecně.....	10
1.2 Terminologie .....	10
1.3 Historické souvislosti, přehled podkladů.....	23
1.3.1 Zařízení ke vsakování dešťových vod .....	23
1.3.2 Hydraulika podzemních vod.....	25
1.3.3 Experimentální výzkum.....	26
<b>2. VSAKOVÁNÍ DEŠŤOVÝCH VOD.....</b>	<b>28</b>
2.1 Úvodní poznámky.....	28
2.2 Vstupní předpoklady pro vsakování.....	28
2.3 Přehled vsakovacích zařízení.....	30
2.3.1 Plošné vsakování .....	30
2.3.2 Vsakovací průlehy .....	31
2.3.3 Vsakovací příkop a kanál .....	31
2.3.4 Vsakovací perforované potrubí .....	32
2.3.5 Vsakovací systém průleh – rýha.....	33
2.3.6 Vsakovací studna, šachta.....	34
2.3.7 Vsakovací suchá nádrž .....	36
2.3.8 Malé vodní nádrže s retenčním prostorem a břehovou infiltrací .....	37
2.4 Technické prvky z hlediska hydrauliky.....	38
2.4.1 Typ I – vertikální plošný vsak, 1D proudění .....	38
2.4.2 Typ II – vertikální líniový vsak z povrchu, 2D proudění ....	39
2.4.3 Typ III – vertikální líniový vsak z potrubí, 2D proudění.....	40
2.4.4 Typ IV – vsak ze dna a stěn studny/šachty, 2D rotačně symetrické proudění .....	41
2.4.5 Typ V – líniový vsak ze dna a stěn, 2D a 3D proudění .....	42
<b>3. GEOLOGICKÉ PODKLADY, TYPICKÉ SITUACE.....</b>	<b>44</b>
3.1 Geologický průzkum .....	44
3.2 Související vlastnosti geologického prostředí a zemin .....	45
3.2.1 Skladba a uspořádání geologického prostředí .....	46
3.2.2 Materiálové vlastnosti lokality .....	46
3.2.3 Hydrogeologické podmínky .....	47
3.3 Typické situace uspořádání podloží.....	47
3.3.1 Podloží homogenní izotropní.....	48

3.3.2	Podloží homogenní anizotropní .....	48
3.3.3	Podloží nehomogenní izotropní, volná hladina .....	49
3.3.4	Podloží nehomogenní izotropní, napjatá hladina .....	50
3.3.5	Podloží nehomogenní anizotropní, volná hladina .....	50
3.3.6	Podloží nehomogenní anizotropní, napjatá hladina .....	51
<b>4.</b>	<b>VLASTNOSTI VZDUCHU, VODY, PÓROVITÉHO PROSTŘEDÍ A VLASTNOSTI POPISUJÍCÍ JEJICH VZÁJEMNOU INTERAKCI .....</b>	<b>52</b>
<b>4.1</b>	<b>Vlastnosti vzduchu .....</b>	<b>52</b>
4.1.1	Hustota vzduchu .....	52
4.1.2	Viskozita vzduchu .....	53
4.1.3	Stav vzduchu – stavová rovnice .....	54
<b>4.2</b>	<b>Vlastnosti vody .....</b>	<b>54</b>
4.2.1	Hustota vody .....	55
4.2.2	Viskozita vody .....	55
4.2.3	Stlačitelnost vody .....	56
<b>4.3</b>	<b>Vlastnosti pórovitého prostředí .....</b>	<b>56</b>
4.3.1	Geometrické vlastnosti částic .....	57
4.3.2	Zastoupení velikosti částic v zemině – zrnitost .....	58
4.3.3	Hustota pevných částic .....	59
4.3.4	Pórovitost .....	60
4.3.5	Specifický povrch .....	61
4.3.6	Stlačitelnost zeminy .....	62
<b>4.4</b>	<b>Vlastnosti popisující vzájemnou interakci vzduchu, vody a pórovitého prostředí .....</b>	<b>62</b>
4.4.1	Povrchové napětí na rozhraní voda–vzduch .....	62
4.4.2	Vlhkost vzduchu .....	63
4.4.3	Vlhkost zeminy .....	63
4.4.4	Efektivní pórovitost .....	64
4.4.5	Zásobnost .....	65
4.4.6	Kapilární výška .....	66
4.4.7	Hydraulická vodivost a propustnost nasycené zeminy .....	67
4.4.8	Hydraulická homogenita a anizotropie nasycené zeminy .....	70
4.4.9	Tortuosita .....	70
4.4.10	Retenční čára vlhkosti zeminy .....	71
4.4.11	Hydraulická vodivost nenasyčené zeminy .....	77
<b>5.</b>	<b>HYDRAULICKÉ ŘEŠENÍ .....</b>	<b>80</b>
<b>5.1</b>	<b>Nasycená zóna .....</b>	<b>80</b>
5.1.1	Řídící rovnice .....	80
5.1.2	Okrajové a počáteční podmínky .....	82

5.2	<b>Nenasycená zóna</b> .....	84
5.2.1	Proudění vzduchu a vody v pórech.....	85
5.2.2	Proudění vody v pórech zeminy .....	86
5.2.3	Proudění vody v půdní matici a v preferenčních cestách ...	87
6.	<b>ŘEŠENÍ TYPICKÝCH SITUACÍ</b> .....	89
6.1	<b>Vertikální vsak</b> .....	89
6.1.1	Analytické řešení .....	89
6.1.2	Hydrologické metody .....	90
7.	<b>METODY ZJIŠŤOVÁNÍ VSAKOVACÍ SCHOPNOSTI GEOLOGICKÉHO PROSTŘEDÍ</b> .....	92
7.1	<b>Souhrnně k jednotlivým přístupům</b> .....	92
7.2	<b>Použití koeficientu vsaku</b> .....	92
7.3	<b>Použití hydraulických výpočtů</b> .....	93
7.3.1	Stanovení hydraulické vodivosti .....	93
7.3.1.1	<i>Polní metody</i> .....	94
7.3.1.2	<i>Laboratorní metody</i> .....	96
7.3.1.3	<i>Empirické vztahy</i> .....	98
7.3.2	Tvar oblasti řešení .....	102
7.3.3	Kolísání hladiny podzemní vody .....	102
7.3.4	Kolmatace a sufoze.....	103
8.	<b>EXPERIMENTÁLNÍ VÝZKUM</b> .....	104
8.1	<b>Stanovení základních vlastností</b> .....	104
8.1.1	Zrnitost .....	105
8.1.2	Pórovitost, zbytková vlhkost .....	105
8.1.3	Kapilární výška.....	106
8.1.4	Hydraulická vodivost nasycené zeminy .....	107
8.1.5	Hydraulická vodivost nenasycené zeminy .....	108
8.1.6	Retenční čára vlhkosti .....	110
8.2	<b>Jednorozměrné proudění</b> .....	111
8.3	<b>Dvourozměrné proudění ve vertikální rovině</b> .....	113
8.4	<b>Dvourozměrné rotačně symetrické proudění ve vertikální rovině</b> .....	114
9.	<b>NUMERICKÉ ŘEŠENÍ</b> .....	116
9.1	<b>Obecný postup modelování</b> .....	116
9.1.1	Diskretizace náhradní oblasti.....	116
9.1.2	Zadání vlastností materiálů na oblasti .....	117
9.1.3	Zadání okrajových podmínek .....	117
9.1.4	Zadání počátečních podmínek .....	117
9.1.5	Výpočet .....	117

9.1.6	Zobrazení, export a zpracování výsledků .....	118
<b>9.2</b>	<b>Softwarové vybavení .....</b>	<b>118</b>
9.2.1	Program HPV .....	119
9.2.2	Program RETC .....	119
9.2.3	Program SWRC Fit.....	119
9.2.4	Program HYDRUS 1D .....	119
9.2.5	Program HYDRUS 2D .....	119
9.2.6	Program MODFLOW .....	119
9.2.7	Program FEMWATER .....	119
<b>9.3</b>	<b>Odhad parametrů zeminy .....</b>	<b>120</b>
9.3.1	Program RETC .....	120
9.3.2	Program HYDRUS 1D – inverzí modelování .....	122
<b>9.4</b>	<b>Simulování proudění podzemní vody .....</b>	<b>122</b>
9.4.1	Proudění vody v 1D.....	122
9.4.1.1	<i>HYDRUS 1D - vzorový příklad vsakování vody.....</i>	<i>123</i>
9.4.1.2	<i>HYDRUS 1D - vzorový příklad kapilárního výstupu. 126</i>	
9.4.2	Proudění vody ve 2D .....	130
9.4.2.1	<i>HYDRUS 2D - vsakování vody průlehem.....</i>	<i>130</i>
9.4.2.2	<i>HYDRUS 2D - vsakování vody rýhou .....</i>	<i>133</i>
<b>10.</b>	<b>SPOLEHLIVOSTNÍ NÁVRH ZAŘÍZENÍ KE VSAKOVÁNÍ. 137</b>	
<b>10.1</b>	<b>Úvodní poznámky.....</b>	<b>137</b>
<b>10.2</b>	<b>Obecně k posuzování objektů podle mezních stavů .....</b>	<b>138</b>
10.2.1	Mezní stavy .....	139
10.2.2	Parametry materiálů a půd.....	139
10.2.3	Parametry zatížení .....	139
10.2.4	Klasifikace zatížení .....	139
10.2.5	Vyjádření významu objektu.....	140
<b>10.3</b>	<b>Podmínka mezního stavu .....</b>	<b>140</b>
10.3.1	Infiltrované množství.....	141
10.3.2	Retenční objem zařízení .....	142
10.3.3	Objem přivedené srážkové vody .....	142
<b>10.4</b>	<b>Riziková analýza.....</b>	<b>143</b>
10.4.1	Faktory ovlivňující infiltrační schopnost geologického prostředí .....	143
10.4.1.1	<i>Hydrogeologická rizika infiltrace srážkových vod ....</i>	<i>143</i>
10.4.1.2	<i>Vlastnosti filtračního prostředí .....</i>	<i>144</i>
10.4.1.3	<i>Technické řešení způsobů infiltrace vod .....</i>	<i>144</i>
10.4.1.4	<i>Kolmatace vsakovacích zařízení .....</i>	<i>145</i>
10.4.2	Vybrané dopady.....	145
10.4.2.1	<i>Kontaminace podzemních vod.....</i>	<i>145</i>
10.4.2.2	<i>Vlivy infiltrované vody na okolní prostředí.....</i>	<i>146</i>

<b>11. SEZNAMY .....</b>	<b>147</b>
<b>11.1 Seznam veličin .....</b>	<b>147</b>
<b>11.2 Seznam označení.....</b>	<b>150</b>
<b>11.3 Seznam zkratk .....</b>	<b>150</b>
<b>11.4 Literatura.....</b>	<b>150</b>
<b>11.5 Domácí a zahraniční předpisy .....</b>	<b>154</b>
<b>11.6 Internetové odkazy .....</b>	<b>155</b>
<b>11.7 Seznam obrázků .....</b>	<b>156</b>
<b>11.8 Seznam tabulek.....</b>	<b>158</b>