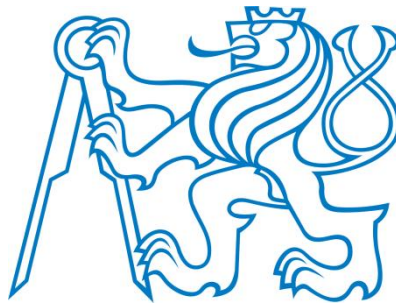


**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA STAVEBNÍ**

**KATEDRA ZDRAVOTNÍHO A EKOLOGICKÉHO
INŽENÝRSTVÍ**



**SRÁŽKOVÉ VODY Z MÍSTNÍCH
KOMUNIKACÍ, ODSTAVNÝCH A
PARKOVACÍCH PLOCH**

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

TOMÁŠ FIAL

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Karel Kříž, Ph.D.

Květen 2018



ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: <u>Fial</u>	Jméno: <u>Tomáš</u>	Osobní číslo: <u>438146</u>
Zadávací katedra: <u>K144 - Katedra zdravotního a ekologického inženýrství</u>		
Studijní program: <u>Stavební inženýrství</u>		
Studijní obor: <u>Vodní hospodářství a vodní stavby</u>		

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce: <u>Srážkové vody z místních komunikací, odstavných a parkovacích ploch</u>	
Název bakalářské práce anglicky: <u>Rainwater from urban roads and parking areas</u>	
Pokyny pro vypracování: Bakalářská práce bude zaměřena na problematiku srážkových vod z místních komunikací, odstavných a parkovacích ploch. Na základě literární rešerše bude proveden rozbor prvků a objektů pro odvodňování těchto ploch včetně objektů a opatření pro podporu retence a vsakování. V rámci oblasti vsakování bude brán ohled na ochranu okolních staveb (konstrukční vrstvy komunikace, okolní zástavba) a také na typické znečišťující látky dle dopravního zatížení.	
Seznam doporučené literatury: Odvodnění urbanizovaných území - koncepční přístup (V. Krejčí a kol., 2000), Přírodě blízké odvodnění dopravních ploch v sídlech (Bavorský zem. úřad pro ŽP, 2005), Hospodaření se srážkovými vodami v urbanizovaném území (Hlavínek a kolektiv, 2005), TP 83, ČSN 75 6101, ČSN 75 9010, ČSN 75 6551, TNV 75 9011, TNV 75 4922, ČSN 73 6110, ČSN 73 6056, ČSN EN 858-1 (756510), ČSN EN 858-2	
Jméno vedoucího bakalářské práce: <u>Ing. Karel Kříž, Ph.D.</u>	
Datum zadání bakalářské práce: <u>23.2.2018</u>	Termín odevzdání bakalářské práce: <u>27.5.2018</u> <i>Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku</i>
_____	_____
Podpis vedoucího práce	Podpis vedoucího katedry

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

<i>Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v bakalářské práci a při citování postupovat v souladu s metodickou příručkou ČVUT „Jak psát vysokoškolské závěrečné práce“ a metodickým pokynem ČVUT „O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací“.</i>	
_____	_____
Datum převzetí zadání	Podpis studenta(ky)

Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracoval samostatně a že jsem uvedl veškeré použité informační zdroje v souladu s Metodickým pokynem o etické přípravě vysokoškolských závěrečných prací.

V Praze, 25. května 2018

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval svému vedoucímu bakalářské práce Ing. Karlu Křížovi, Ph.D. za odborné vedení, podnětné rady a poskytnutí materiálů. Děkuji také rodině a přátelům za podporu při studiu.

Anotace:

Předmětem této bakalářské práce je zaměření na problematiku odvodu srážkových vod z místních komunikací, odstavňích a parkovacích ploch. Postupně je popsán celkový průběh od spadnutí srážky přes odvodnění ploch po nakládání se srážkovou vodou. Na základě literární rešerše tato práce zpřehledňuje problematiku srážkových vod v urbanizovaných oblastech. Podrobněji je popsáno vsakování a retence srážkové vody, které jsou upřednostňovány legislativou.

Klíčová slova: odvodnění, srážková voda, vsakování, retence, urbanizovaná plocha

Annotation:

The bachelor thesis focuses on the issue of precipitation water discharge from local roads, lay-by and parking areas. It gradually describes the overall process from the rain fall, over the drainage of the areas to handling rainwater. Based on a literary research, this paper clarifies the issue of rainwater in urbanized areas. The absorption and retention of precipitation water, both preferred by legislation, are described in more detail.

Keywords: drainage, precipitation water, absorption, retention, urbanized area

Obsah

Úvod	4
1 Srážka (déšť).....	5
1.1 Vznik srážky a jejich typy	5
1.2 Srážkové poměry v České republice	5
1.3 Zpracování a vyhodnocení dešťových dat.....	6
1.4 Zátěžový déšť	7
1.4.1 Blokový déšť	7
1.4.2 Syntetický déšť	7
1.4.3 Historické deště	8
1.5 Volba dešťových dat.....	8
2 Odtok z urbanizovaných ploch.....	8
2.1 Tvorba přímého dešťového odtoku	9
2.1.1 Evapotranspirace (výpar).....	9
2.1.2 Smáčení povrchu (intercepce)	10
2.1.3 Povrchová retence.....	10
2.1.4 Infiltrace (ztráta)	10
2.2 Ztráty na urbanizovaném území	11
2.3 Výpočet průtoku ve stokové síti	12
2.4 Typy racionálních metod a volba	14
3 Látkové znečištění dešťových vod.....	15
3.1 Látkové znečištění atmosférických srážek	15
3.2 Znečištění vznikající na styku s povrchem.....	16
3.3 Znečištění vzniklé při kontaktu dešťové vody s různými materiály	16
3.4 Znečištění dešťového odtoku z místních komunikací	16
4 Místní komunikace	17
4.1 Rozdělení místních komunikací	17
4.2 Rozdělení dle materiálů krytů MK	18
4.2.1 Vozovky s krytem z nestmelených vrstev	18
4.2.2 Vozovky s krytem z asfaltových vrstev.....	18
4.2.3 Vozovky s krytem z dlažeb	19
4.2.4 Povrchy parkovacích ploch	19
4.3 Prostor místní komunikace	20
4.3.1 Umístění sítí v komunikaci.....	22

5	Odvodňování krytu komunikace a odvodňovací zařízení	23
5.1	Rozdělení odvodňovacích zařízení	23
5.1.1	Otevřené odvodňovací zařízení	23
5.1.1.1	Rigoly	23
5.1.1.2	Příkopy	24
5.1.1.3	Odvodňovací proužky	24
5.1.1.4	Otevřené žlaby, odvodňovací žlábký a štěrbinové žlaby	24
5.1.1.5	Skluzy, kaskády, stupně, prahy a vývary	24
5.1.2	Kryté	24
5.1.2.1	Odvodňovací potrubí, kryté žlaby a stoky	25
5.1.2.2	Drenáže	25
6	Volba technického řešení odvodnění	26
6.1	Vsakování	26
6.1.1	Hydrogeologický průzkum	26
6.1.1.1	Laboratorní zkoušky zemin	26
6.1.1.2	Terénní zkoušky	27
6.1.1.2.1	Podzemní voda	28
6.1.2	Přípustnost vsakování na základě znečištění srážkové vody	29
6.1.3	Způsoby předčištění srážkových vod	31
6.1.3.1	Zachycení hrubých nečistot	33
6.1.3.2	Vsakování přes zatravněnou humusovou vrstvu	33
6.1.3.3	Gravitační separace látek	33
6.1.3.4	Filtrace mechanická	34
6.1.3.5	Filtrace přes adsorpční materiál	34
6.1.3.6	Koalescenční filtry	34
6.1.4	Vliv vsakování na okolní stavby	34
6.1.5	Technické principy návrhu	35
6.1.6	Používané materiály vsakovacích zařízení	37
6.1.7	Výstavba vsakovacích zařízení	37
6.1.8	Typy vsakovací zařízení	37
6.1.8.1	Povrchová vsakovací zařízení	38
6.1.8.1.1	Plošné vsakování	38
6.1.8.1.2	Vsakovací průleh	38
6.1.8.1.3	Vsakovací nádrž	39
6.1.8.2	Vsakování s regulovaným odtokem	40
6.1.8.2.1	Vsakovací průleh-rýha	40
6.1.8.2.2	Vsakovací rýha	40
6.1.8.2.3	Vsakovací příkop komunikace	41
6.1.8.3	Podzemní vsakovací zařízení	41
6.1.8.3.1	Vyplněné štěrkem nebo bloky	41
6.1.8.3.2	Tunelový systém	42
6.1.8.3.3	Vsakovací šachta	42
6.1.8.3.4	Kombinace vsakovacích zařízení	44
6.2	Odvádění do povrchových vod	44
6.2.1	Způsoby předčištění dešťových vod před zaústěním do povrchových ...	44
6.2.1.1	Gravitační separace látek	46
6.2.1.2	Filtrace	46

6.2.2	Typy retenčních objektů	46
6.2.2.1	Suché retenční dešťové nádrže (poldry)	46
6.2.2.2	Podzemní retenční dešťové nádrže	47
6.2.2.3	Retenční dešťové nádrže se zásobním prostorem	48
6.2.2.4	Umělé mokřady	49
6.3	Provoz objektů	50
6.3.1	Údržba	50
6.4	Odvádění do jednotné kanalizace	51
7	Závěr	53
	Bibliografie	55
	Seznam tabulek	58
	Seznam obrázků	59

Úvod

Vše na světě se přirozeně vyvíjí a vylepšuje, tak aby způsob řešení byl co možná nejjednodušší a zároveň nejsostifikovanější. Stavitelství je tohoto vývoje nedílnou součástí. Jelikož je ve značné části světa problém s pitnou vodou a suchem, tento pokrok se týká i vodního hospodářství. Z tohoto důvodu je snahou vodu zužít co nejvíce a případně ji použít i v několika cyklech.

Postupně zjišťujeme, že velký vliv na životní prostředí má urbanizace. V minulosti se navrhovalo odvodnění, které co nejrychleji dokázalo odvést vodu z obytných zón do recipientu. Mělo to hned několik důvodů, mimo jiné to, že tyto vody byly například zdrojem nemocí nebo ničily majetek obyvatelstva. Nejdříve se voda splašková a dešťová odváděla převážně jednotnou kanalizací, čímž ovšem docházelo k vysoušení a snižování hladiny podzemní vody v těchto oblastech, což se postupem času projevuje jako nevhodné řešení. V poslední době je snaha tyto vody oddělovat, protože vody dešťové zpravidla nebývají tak znečištěné jako vody splaškové, tudíž jim stačí jednodušší způsob úpravy a nezatěžují tak městské ČOV v době deště. Aktuálně je snaha tvořit návrhy s retenčními a vsakovacími objekty tak, aby byla dešťová voda využita co nejvíce v místě spadnutí srážky a zamezilo se tak vysoušení oblasti a poklesu hladiny podzemní vody.

Současné odvodňovací systémy jsou v dnešním smýšlení o problematice nakládání s dešťovými vodami ve většině případů zcela nevyhovující. Proto jsou hledána jiná, komplexnější řešení, vhodnější pro neustále rostoucí urbanizaci i pro rekonstrukce stávajících odvodňovacích systémů. Při projektování jsou zohledňovány částečně normy pro navrhování místních komunikací a normy z oblasti vodohospodářské, například navrhování stokových systémů.

Cílem této literární rešerše je shrnutí převážné části aspektů odvodňování místních komunikací od srážky – tzv. návrhového deště, přes návrh odvodňovacího zařízení a zachycení nečistot až po následné možnosti zasakování a retence dešťové vody. V bakalářské práci jsou přehledně popsány jednotlivé prvky a objekty pro odvodňování urbanizovaných ploch. Podrobněji jsou vypsány vsakovací a retenční zařízení včetně možností jejich použití.

1 Srážka (déšť)

Dešťové vody jsou srážkové vody, odváděné ze střech, komunikací, parkovišť a jiných ploch. Dešťový odtok je v popředí inženýrského zájmu v urbanizovaném území. Jeho hodnoty jsou získávány pomocí výpočtu, pro nějž jsou hlavním podkladem dešťová data. Informace o průběhu srážek jsou rozdílné např. v klimatologii, protože v městském odvodnění jsou uvažovány podstatně menší plochy a časová osa je počítána spíše ve vteřinách případně minutách než hodinách (kromě návrhu vsakovacích nádrží, kde je uvažováno pro potřeby návrhového objemu v řádu hodin). [1, s.111]

1.1 Vznik srážky a jejich typy

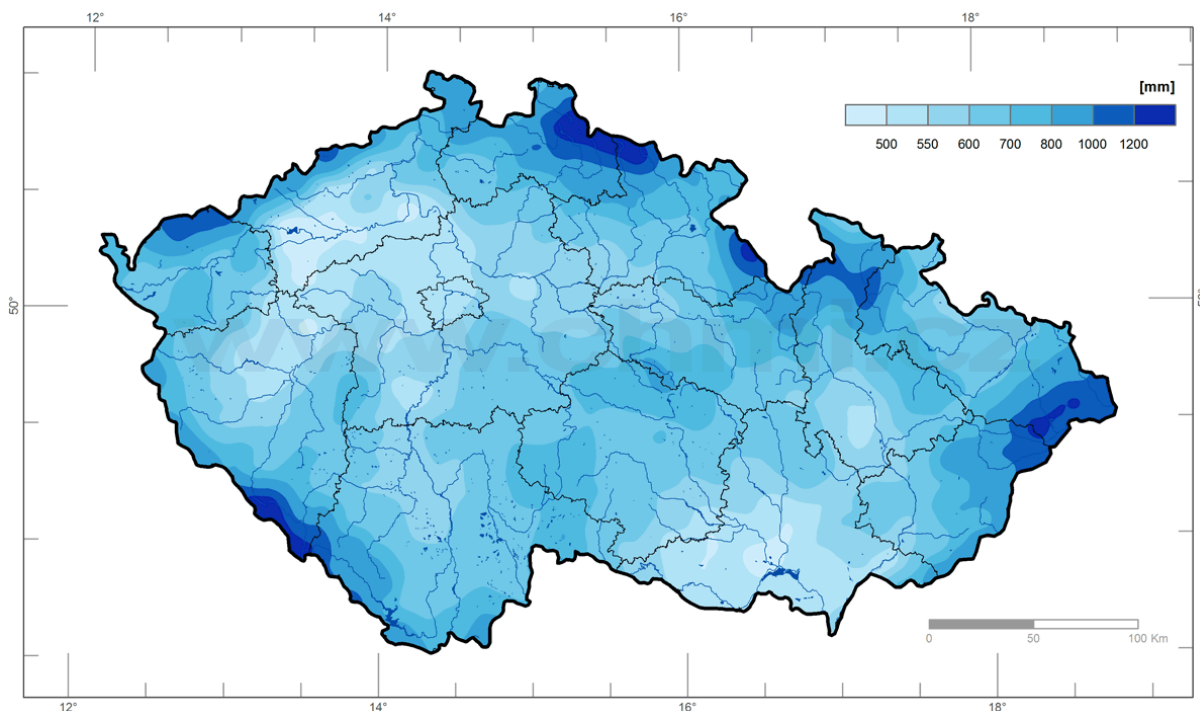
Atmosférická srážka se utváří nasycením vzduchu vodními parami, teplotou, která zajišťuje kondenzaci nebo mrznutí par a přítomností kondenzačních jader, na kterých vznikají kapky vody nebo ledové krystalky. Na území města jsou kondenzačními jádry hlavně prachové částice a kouř. [1, s.111]

Typy srážek mohou být různé:

- Konvektivní – zasahují malé území (spíše lokální); jsou různě intenzivní, ale krátké. Mohou způsobit lokální záplavy.
- Orografické – vyskytují se v pohořích, doba trvání a intenzita je různá v závislosti na počasí.
- Frontální – jsou to srážky zasahující rozsáhlé oblasti. V našem klimatu jsou hlavním zdrojem srážek [1, s.112]

1.2 Srážkové poměry v České republice

Pro Českou republiku jsou srážky hlavním zdrojem vody. Srážky na území ČR zaznamenává Český hydrometeorologický ústav (ČHMÚ) prostřednictvím srážkoměrných stanic. Česká republika má poměrně členitý územní reliéf, tudíž je třeba hustá síť měřicích stanic. Data z nich jsou upravována pro další použití, například výpočet ročních srážkových úhrnů. Dlouhodobě se roční úhrn pohybuje okolo 600 mm/rok, v horských oblastech okolo 1000 mm/rok. Menší srážky, než průměr jsou měřeny v nížinných oblastech, naopak nadprůměrné srážky jsou v horských oblastech, jak vyplývá z obr.1. Z dat ČHMÚ lze vypočítat mírný nárůst průměrných ročních srážkových úhrnů. [2]



Obrázek 1: Průměrný roční úhrn srážek za období 1981-2010 [2]

1.3 Zpracování a vyhodnocení dešťových dat

Pro hydrologické úlohy je množství srážek, které spadnou na urbanizované povodí jedním z hlavních parametrů. Proto je nutné neustále sledovat a měřit jejich intenzity a doby trvání, které zjišťují srážkoodtokové poměry z dané oblasti. [3, s.53]

Dešťová data jsou zpracovávána z důvodu zjištění vztahů, pro jednodušší metody, mezi intenzitou i , trváním t a periodicitou p . Periodicita udává, kolikrát do roka se dešť určité intenzity v daném místě vyskytuje. Intenzita deště se stále mění, a proto je důležité získat tzv. náhradní řady dešťů s průměrnou intenzitou. Spojením bodů vyjadřujícím průměrné intenzity deště téže periodicity (např. $p = 0,1$, $p = 0,2$ atd.) jsou získány tzv. neuspořádané sestupné náhradní řady dešťů. Tyto řady se pro další práci s dešťovými daty vyrovnávají například pomocí Lindleyova nebo Reinholdova vztahu. [3, s.53]

V této rešerši jsou ovšem řešena spíše menší zájmová území, pro která lze využít Truplovy tabulky. V tabulkách z roku 1958 jsou zpracovány dešťoměrné údaje pro 98 stanic a dodnes slouží jako podklad pro projekční praxi v oblasti vodního hospodářství. Je v nich zpracována periodicita od $p = 5$ až po $p = 0,05$ pro doby trvání 5–120 minut. [3, s.53]

Tabulka 1: Dešťová intenzita stanice Praha – Podbaba [4, s.51]

Doba trvání deště v min	Intenzita deště v l/s.ha při periodicitě p						
	5	2	1	0,5	0,2	0,1	0,05
5	120,0	180,0	230,0	283,0	354,0	407,0	457,0
10	78,4	125,0	163,0	205,0	260,0	304,0	345,0
15	57,8	93,4	126,0	160,0	206,0	240,0	276,0
20	45,0	74,2	101,0	130,0	170,0	199,0	230,0
30	31,7	53,4	74,5	96,8	127,0	150,0	175,0
40	24,6	42,2	59,2	77,6	103,0	122,0	143,0
60	17,2	30,1	42,8	56,4	75,6	90,3	106,0
90	12,0	21,3	31,5	41,1	55,2	66,2	77,4
120	9,3	16,7	24,3	32,5	43,9	52,8	62,1

1.4 Zátěžový déšť

Pod pojmem zátěžový déšť si lze představit všechny srážky, které jsou aplikovány při návrhu, posouzení i řízení stokové sítě. Deště aplikované při výpočtu můžeme rozdělit na blokový, syntetický. [3, s.55]

1.4.1 Blokovaný déšť

Déšť s konstantní intenzitou po celou dobu trvání (odvozený ze sestupných náhradních řad srážkových intenzit). Představuje objem vody spadlý na povrch v době skutečných dešťů a s dobou trvání větší či rovnou zvolené době trvání blokovaného deště. Blokované deště se tzv. předdeštěm a následujícím deštěm prodlužují vpřed i vzad, čímž dochází k přiblížení skutečnému objemu deště, přestože časový průběh intenzit zůstává neznámý. Tyto deště mají velmi vysoká krátkodobá maxima a používají se zejména při prvních bilančních výpočtech nebo pro návrh v malém povodí. [3, s.55]

1.4.2 Syntetický déšť

Syntetický déšť je déšť s časově proměnnou intenzitou. Jeho průběh se odvozuje zpětně z čar náhradních intenzit. Úhrnem a zasaženou plochou odpovídá blokovanému dešti. Syntetický déšť může být odvozen podle Čížka, Tholin-Keifra nebo Šifalda. V ČR se nejvíce používá „Chicago storm“ a Šifaldův déšť v délce trvání 20–100 minut.

V případě řešení nových stokových systémů pomocí nestacionárních matematických modelů jsou výsledky uspokojivé. Postupně se rozšiřují historické časové řady, proto modelové deště ztrácí svůj význam, avšak ve stavebnictví se stále používají. [3, s.56]

1.4.3 Historické deště

Základními daty pro návrh městského odvodnění jsou historické deště, které vyjadřují průběh dešťů v reálném čase, rozloze a délce. Na základě výběrových parametrů jsou uspořádány do řad a mohou sloužit jako přímý vstup do simulačních modelů. Vybraná řada, která je určována daným kritériem může být označena jako dešťová série. [1, s.115]

1.5 Volba dešťových dat

Při řešení úloh v městském odvodnění jsou dešťová data volena s ohledem na typ úlohy a způsob jejího řešení. Jsou dva typy úloh. [1, s.126]

Prvním typem je skupina, která zahrnuje plánování a projekci městského odvodnění. Při řešení těchto úloh se využívají historické i modelové deště.

Druhá skupina se týká provozu městského odvodnění. Jedná se o úlohy, jejichž řešení probíhá v reálné době výskytu deště. Při řešení těchto úloh se používají výhradně měřené hodnoty historických dešťů ve stejném povodí. [1, s.126]

Při výpočtu reálné periodicity dešťového odtoku se předpokládá, že periodicita maximálního průtoku a objemu odpovídá periodicitě návrhového deště. To ovšem není zcela pravda, protože vznikají odchylky nahodilé i systematické. Tyto odchylky mohou vzniknout výpočetní chybou, nevhodně zvoleným odtokovým součinitelem nebo rozdílným rozložením deště v čase a prostoru proti uvažovanému řešení. [1, s.127]

2 Odtok z urbanizovaných ploch

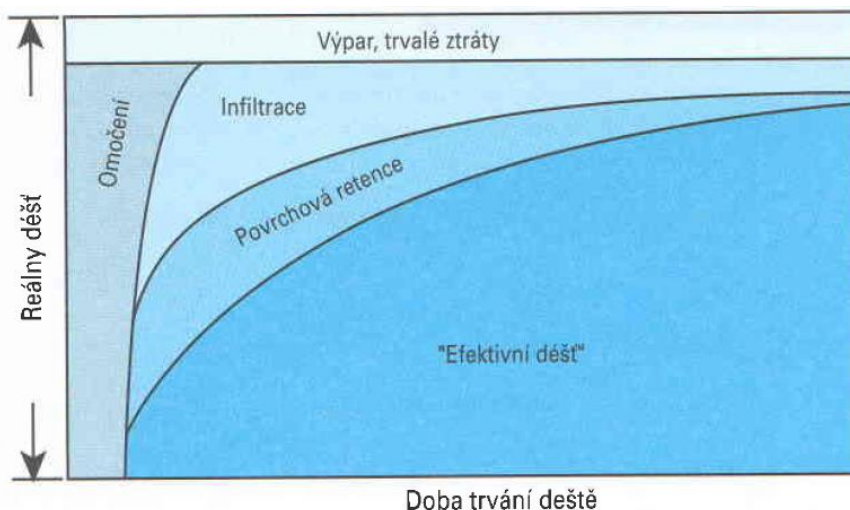
Odtok z daného území ovlivňuje několik aspektů, jako jsou hydrologické srážky, charakter povrchu (typ, sklon, nerovnosti), charakter prostředí (množství výparu) a charakter podloží (zhutnění, propustnost). Ve městech (intravilánu) převládají zpevněné plochy, a proto je odvodnění z těchto území úplně jiné než v extravilánu. Na urbanizovaném území je převládající složkou odtoku hydrologických srážek přímý odtok. Během intenzivních dešťů je dešťový odtok větší než všechny ostatní druhy

odpadních vod, a proto je nutné s ním počítat při návrhu a dimenzování systému městského odvodnění. Aby bylo možné stanovit přímý dešťový odtok, je nutné specifikovat ztráty, do nichž je zahrnuto omočení povrchu, povrchová retence, infiltrace nebo výpar. Po odečtení těchto ztrát od reálného deště vzniká abstraktní hodnota, takzvaný „efektivní dešť“. To je volná dešťová voda, která je připravená k odtoku odvodňovacími zařízeními. [1, s.132]

2.1 Tvorba přímého dešťového odtoku

Přímý dešťový odtok je reálný dešť, snížený o ztráty (obr.2):

- Omočení povrchu (silnice, vegetace)
- Výpar
- Povrchová retence – naplnění nerovností povrchu – tvorba louží
- Infiltrace – nezpevněné a částečně zpevněné plochy (parky, dlažby) [3, s.60]



Obrázek 2: Kvalitativní znázornění tvorby dešťového odtoku [1, s.139]

Velikost ztráty ovlivňuje i momentální nasycení povrchu vodou. Pokud je omočení povrchu úplné, všechny nerovnosti jsou zaplněné, plocha přijímající srážky je plně nasycena a intenzita srážky je stále vyšší, mluvíme o přímém dešťovém odtoku. [3, s.59]

2.1.1 Evapotranspirace (výpar)

Evapotranspirace je souhrnný výpar, který je vztahován k danému území. Tento souhrnný výpar se dělí na fyzikální (evaporace) a fyziologický (transpirace, výdej vody vegetací zejména listy). Na odtok má vliv výpar převážně jen v době mimo dešťové události. V urbanizovaném území postačí pro výpočet výpar během jednoho dne. [1, s.144]

Evaporace je výpar z povrchu zemského nebo například z povrchu rostlin. V urbanizovaném území je mnoho nepropustných ploch, a proto se předpokládá větší výpar. Ten závisí především na teplotě. Pro výpar jsou důležité i typy povrchů, protože ve stejném prostředí může být rozdílný výpar. [3, s.60]

Transpirace je pohyb vody v rostlině a její výdej z rostlin, zejména pak listy. Z rostlin se dostává do ovzduší převážně jako pára. Tento proces se těžko vyjadřuje jako daná hodnota, a proto se často připočítává k evaporaci a bere se jako celková evapotranspirace. [3, s.60]

2.1.2 Smáčení povrchu (intercepce)

Plocha je postupně smáčena, dešťová voda začne odtékat ve chvíli, kdy je schopnost povrchu zadržet vodu naplněna. [1, s.140]

Omočení ovlivňuje druh materiálu, jeho rozsah v povodí, vegetace v místě návrhu, průběh a intenzita srážek, dešťové přestávky. Při malém dešti většinu vody zachytí vegetace (stromy, keře) a na povrch se vůbec nedostane. Proto je důležité vědět při návrhu zastoupení vegetace v řešené oblasti. Záleží také na období sucha před deštěm, kdy bude smáčení delší než při několika deštích v krátkém časovém intervalu. [1, s.140]

2.1.3 Povrchová retence

Povrchová retence je objem vody, zachycené v čase „t“ v drobných nebo větších prohlubních na urbanizovaném území. Dochází k ní, pokud je intenzita srážky větší než kapacita omočení a infiltrační kapacita povrchu a podloží. Plochy v urbanizovaném území jsou převážně nepropustné, ale nejsou zcela rovné a bez trhlin. [3, s.61]

2.1.4 Infiltrace (ztráta)

Infiltrace znamená vsakování vody do zemin a propustných hornin. Spolu s kondenzací vodních par v zeminách se podílí na vzniku podzemní vody. Dělí se na přirozenou (voda z dešťových srážek a povrchových vod) a umělou (vsakování vyvolané umělým zaplavením území). K infiltraci dochází na propustných i nepropustných plochách, markantnější je však na nezpevněných plochách v extravilánu, kde tvoří podstatnou složku dešťového odtoku. Na nepropustných urbanizovaných plochách není většinou nejdůležitější složkou dešťového odtoku. [1, s.142]

Infiltrace z krytů vozovek se řeší hlavně v případě rekonstrukcí starších odvodnění, ale i nových krytů. U starších typů krytů bude infiltrace větší, protože plochy jsou více popraskané. Schopnost infiltrace v čase „t“ u jednotlivých materiálů se vyjadřuje pomocí infiltračních koeficientů, které jsou řešeny v dalších kapitolách. [1, s.142]

2.2 Ztráty na urbanizovaném území

Nejvíce používaný způsob při výpočtu ztrát v návrhu odvodňovacích zařízení je odtokový součinitel (Ψ). Každý materiál má jiné odtokové parametry v závislosti na jeho vlastnostech a sklonu povrchu (tab.2). Proto je důležitý poměr skutečného odtékajícího objemu ku objemu srážky, který vyjadřuje odtokový součinitel (rov.1). Před návrhem je nutné znát informace o materiálech a sklonech v dané lokalitě. Na základě procentuálního zastoupení různých materiálů v navrhovaném území se z jednotlivých součinitelů stanoví průměrná hodnota – výsledný součinitel odtoku. [3, s.62]

$$\psi = \frac{V_Q}{V} \quad (\text{rov.1})$$

Tabulka 2: Doporučené hodnoty vodního součinitele [4, s.41]

Způsob zástavby a druh pozemku	Součinitel odtoku Ψ při konfiguraci území		
	Rovinné při sklonu do 1 %	Svažité při sklonu 1-5 %	Prudce svažité při sklonu nad 5 %
Zpevněné pozemní komunikace (např. asphalt, beton, dlažba)	0,70	0,80	0,90
Nezpevněné pozemní komunikace (např. štěrk)	0,50	0,60	0,70
Hřbitovy, sady hřiště	0,10	0,15	0,20
Zelené pásy, pole, louky	0,05	0,10	0,15
Lesy	0,00	0,05	0,10
Strmá zatravněná plocha (sklony 1:2 až 1:1,5)	0,50 - 0,70 dle propustnosti území		

Správně určený objem dešťového odtoku je základem pro dobrý návrh odvodnění místní komunikace. Jedním z hlavních ukazatelů při dimenzování objektů pro nakládání se srážkovými vodami je dnes i investovaná částka. Při urbanizaci území často dochází k poddimenzování těchto objektů právě z hlediska finančního. Vzhledem k požadavkům, uvedeným v ČSN, které počítají s maximální bezpečností, lze udělat kompromis a tuto bezpečnost v únosné míře snížit s ohledem na konkrétní případ návrhu.

Výpočet dimenze na průtok vody lze provést dvěma způsoby:

- A – pomocí návrhového deště;
- B – pomocí charakteristik povodí.

Metodu A bude využita při návrhu odvodnění podrobného, jako jsou vpusti, rigoly nebo příkopy a také pro koncepci stokových sítí a staveb pro vsakování či retenci vod, které jsou odvedeny z komunikace.

Metoda B se využije v případě otevřených vodotečí, které sbírají vodu z ostatních ploch mimo komunikace a komunikace křížují.

Pro problematiku urbanizovaných ploch přichází tedy v úvahu metoda A, metoda B se zde neuplatní. [5, s.40]

2.3 Výpočet průtoku ve stokové síti

K výpočtu a dimenzování stokové sítě dle návrhového deště v urbanizovaném území bude použita jedna z těchto metod:

- jednoduchá empirická metoda:
Využití má pro návrh malé stokové sítě. Tato metoda počítá se stacionárním, rovnoměrným odtokem.
- hydrologická metoda:
Metoda bude využita při návrhu rozsáhlých stokových sítí a k nim příslušících retenčních nádrží. Metoda počítá s nerovnoměrným odtokem a postupnou retardací a retencí na povrchu i ve stokách.
- hydrodynamická metoda:
V této metodě se počítá s matematicko-fyzikálním modelem dané odvodňované oblasti. Uvažuje nestacionární, nerovnoměrný odtok. [5, s.45]

Oblast, která je řešena, je rozdělena na úseky, tedy plochy, které se výpočtem pomocí odtokových součinitelů mění na S_{red} . Redukovaná plocha povodí S_{red} se určuje podle způsobu zástavby, druhu pozemku a konfigurace území. Je to vážený průměr všech odvodňovaných ploch, které jsou redukovány pomocí redukčních koeficientů. (rov.2) [5, s.40,45]

Existují dvě metody řešení rozdělení ploch. Do sklonu 5 % se řeší plochy metodou takzvaných ideálních střech. V terénu, kde bude sklon větší, se bude výpočet řešit pomocí hydrologické metody. [5, s.40,45]

$$S_{red} = \sum_{i=1}^n S_i \cdot \Psi_i \quad (\text{rov.2})$$

Kde S_{red} ...redukovaná plocha povodí stoky, v ha;
 S_i ...skutečná plocha jednotlivého materiálu v povodí stoky, v ha;
 Ψ_i ...odtokový součinitel.

Pro výpočet návrhu stokové sítě je třeba znát periodicitu návrhového deště – viz následující tabulka (tab. 3).

Tabulka 3: Návrhový dešť pro odvodňovací zařízení [5, s.45]

Periodicita	Opakování	Určení	Doba trvání návrhového deště	Podle
n = 0,5	(dvouletý)	Obytná území Městská centra, průmyslová a komerční území s kontrolou povodňového stavu od přívalových dešťů	t = 15 minut	dle článku 5.3.4.12 ČSN 75 6101
n = 1,0	(jednoletý)	Venkovská území	t = 15 minut	dle ČSN 75 6101
n = 0,2	(pětiletý)	Obytná území Městská centra, průmyslová a komerční území bez kontroly povodňového stavu od přívalových dešťů	t = 15 minut	dle článku 5.3.4.12 ČSN 75 6101
n = 2,0	(půlletý)	Pro komunikace v extravilánu	t = 15 minut	dle ČSN 73 6101

Při stanovení průtoku v malých povodích je používána nejčastěji racionální metoda. Racionální metody dle návrhového deště vycházejí z obecného vzorce pro výpočet průtoku srážkových vod pro dimenzování odvodňovacích prvků. Průtok se vypočte obecnou rovnicí. (rov.3) [5, s.40,45]

$$Q_{dim} = S_{red} \cdot q_s \quad (\text{rov.3})$$

Kde Q_{dim} ...průtok srážkových vod v l/s;
 S_{red} ...redukovaná plocha povodí stoky v ha;
 q_s ...intenzita návrhové deště uvažované periodicity p v l/s.ha.

2.4 Typy racionálních metod a volba

Každá metoda má svá specifika a je vhodná pro jinou velikost a členitost území. Výběr správného typu racionální metody závisí především na oblasti, pro kterou je systém navrhován. Při návrhu dle racionální metody se vychází z redukované plochy povodí, která je dána součtem půdorysných průmětů odvodňovaných ploch, redukovaných dle redukčních koeficientů. Redukční koeficienty v sobě postihují způsob zástavby, druh pozemku a konfiguraci povodí.

Součtová metoda bude použita pro sítě s dotokem do 15 minut. Bartošková metoda se využije pro sítě s průtokem v síti déle než 15 minut. Nevýhoda Bartoškovy metody je, že se dá použít jen pro povodí s pravidelným tvarem.

Další metodou je Riedova neboli tečná metoda, která se u nás využívala ke kontrole Bartoškovy metody. Hauff-Vicariho metoda je retardační a částečně zohledňuje tvar povodí. Používala se pro táhlá údolí a doba dotoku přesáhla 15 minut.

Máslova metoda je používána pro posuzování pražské stokové sítě. Jde o graficko-početní retardační metodu. [6]

3 Látkové znečištění dešťových vod

Srážkové vody se dělí na znečištěné a neznečištěné. Znečištěnými se stávají při kontaktu se znečištěnou plochou jako je např. průmyslový areál (tab.4). Znečištěnými vodami jsou myšleny vody, které se dostanou do kontaktu jen s neznečištěnými plochami jako jsou parky nebo pěší zóny. [5, s.6]

Zachycené dešťové vody mohou být znečištěny třemi způsoby:

- Látky, které se rozpustí nebo nerozpustí v atmosférických srážkách
- Znečištění, které je odváděno v průběhu deště srážkovou vodou. Vzniká za bezdeštného období, kdy se hromadí.
- Znečištění vzniká kontaktem materiálu na povrchu v oblasti a dešťové vody. [5,s.6]

Tabulka 4: Zdroje látkového znečištění v dešťovém odtoku ulic a silnic [1, s.168]

Ukazatele látkového znečištění	Zdroj
Nerostpuštěné látky	Zvětraný a poškozený materiál povrchu, opotřebení pneumatik, saze, odpadky
Rostlinné živiny	Suché atmosférické depozice
Olovo	Pneumatiky, olovnatý benzín
Zinek	Pneumatiky, motorový olej, mazací prostředky
Železo	Koroze vozidel a kovových konstrukcí
Měď	Brzdy motorových vozidel, fungicidy
Kadmium	Pneumatiky, insekticidy
Chrom	Povrchy kovů, brzdy motorových vozidel
Nikl	Nafta a benzín, kovové povrchy, asfalt
Mangan	Pohyblivé části motorových vozidel
Titan	Značení na povrchu vozovek
Chloridy, kyanidy, sodík, vápník	Zimní provoz vozovek
Uhlovodíky	Benzín, ztráty oleje, asfalt

3.1 Látkové znečištění atmosférických srážek

Látkové znečištění je jedním z důvodů znečištění dešťového odtoku a závisí na produkci v dané urbanizované oblasti, ale i ve vzdálených lokalitách, protože znečištění mohou být přenášena na velkou vzdálenost. Dešťová voda není čistý kondenzát a odráží především antropogenní znečištění dopravou a kouřovými plyny. V průběhu deště dochází k vymývání látkového znečištění, a tedy k čištění atmosféry. [1, s.159]

Z toho mohou vznikat tzv. kyselá deště, které mohou výrazně ovlivňovat faunu a flóru. Základem pro kyselý déšť jsou kyseliny a kyselinotvorné látky. Zdrojem kyselin jsou především sloučeniny síry a sloučeniny dusíku za spalování fosilních paliv. [1, s.159]

3.2 Znečištění vznikající na styku s povrchem

Znečištění se na urbanizovaných plochách akumuluje během bezdeštného období. Během dešťové srážky jsou nečistoty smývány a odváděny srážkovou vodou. Dešťové vody jsou znečištěny z důvodu oplachu znečištěných ploch (např. průmyslové areály). Znečištěné vody by měly být čištěny. [1, s.160]

Neznečištěné dešťové vody odtékají z povrchů, které nejsou kontaminovány nebo jen minimálně. Těmito povrchy jsou pěší zóny, parky, střechy a pozemní komunikace s nízkou intenzitou. Mezi tyto povrchy lze zařadit i znečištěné, které se mohou po oplachu stát neznečištěnými. Neznečištěné vody nejsou vodami odpadními a doporučují se vsakovat nebo odvádět přímo do recipientu. [1, s.160]

3.3 Znečištění vzniklé při kontaktu dešťové vody s různými materiály

Kvalita odtékající vody závisí také na materiálu, se kterým přijde do kontaktu. Voda se stává znečištěnou při kontaktu například se střešní krytinou, odpadními trubkami nebo filtry. S opotřebením částí budov se z povrchu uvolňují například částičky krytiny, cihel, betonu nebo barev. Rozsah těchto znečištění může být významný a závisí na stáří zástavby. [1, s.163]

3.4 Znečištění dešťového odtoku z místních komunikací

Doprava je jedním z rozhodujících faktorů ve znečištění dešťového odtoku. Znečištění z dopravních prostředků zahrnuje pevné částičky a polyaromatické uhlovodíky uvolněné z nespáleného paliva, sloučeniny olova z přísad pohonných hmot a uhlovodíky uvolněné z olejů, mazadel, hydraulických systémů a dalších znečišťujících prvků, vznikajících opotřebením vozidel. Aplikace soli na vozovky v zimě způsobuje zvýšení chloridů v dešťových vodách. [1, s.168]

4 Místní komunikace

Místní komunikace jsou takové komunikace, které slouží převážně místní dopravě na území obce. Vlastníkem je podle zákona obec. Místní komunikace se značí v dopravních stavbách velkým písmenem M, které je doplněno o další specifika, jako jsou například kategorie, šířka, návrhová rychlost nebo cyklistický pruh, pokud je součástí tělesa. Z dopravně technického hlediska jsou na tyto komunikace mnohem vyšší nároky než na komunikace v extravilánu. [7, s.9]

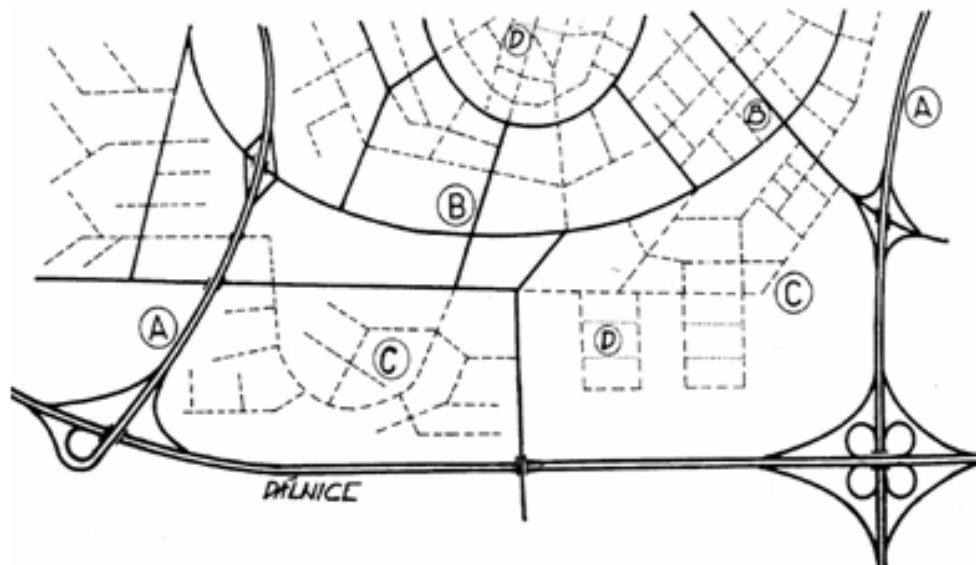
4.1 Rozdělení místních komunikací

Podle své urbanisticko-dopravní funkce se místní komunikace dělí na funkční skupiny:

- A – rychlostní komunikace zajišťující vazbu na vnější síť dálnice a rychlostních silnic
- B – sběrné komunikace obytných útvarů, spojení obcí, průtahy silnic I., II. a III. třídy a vazba na tyto komunikace
- C – obslužné komunikace ve stávající i nové zástavbě
- D – nemotoristické
 - D1 – pěší zóny, obytné zóny
 - D2 – stezky pro chodce a cyklisty, chodníky a průchody

Bakalářská práce se věnuje skupině C a D (obr.3).

Obslužné místní komunikace plní obslužnou funkci, zpřístupňují území a stavby. Nemají umožňovat zbytečné průjezdy obytnými okrsky. Sběrná dopravní funkce je nežádoucí, ale mohou sloužit jako průtahy silnic II. a III. třídy v malých obcích. Na obslužných místních komunikacích mají být v co největší míře aplikována opatření pro regulaci rychlosti ve smyslu zvláštních předpisů. Komunikace funkčních podskupin D1 a D2 jsou komunikace nepřístupné provozu silničních motorových vozidel a komunikace, na kterých je umožněn smíšený provoz. Jsou to komunikace s přístupem dopravy za stanovených podmínek podle zvláštních předpisů. [7, s.19]



Obrázek 3: Schéma hierarchizace komunikační sítě [8, s.4]

4.2 Rozdělení dle materiálů krytů MK

Vozovky se podle krytu vozovek a v závislostech na vlastnostech konstrukčních vrstev dělí na vozovky s krytem cementobetonovým, asfaltovým, dlážděným, ze silničních dílců nebo nestmelených vrstev. [9, s.10]

Místní komunikace se převážně realizují s krytem z asfaltových vrstev. V historických centrech měst a v obytných souborech se zachovávají vozovky s krytem z dlažebních prvků. Vozovky s krytem ze silničních dílců se realizují ve většině případů jako dočasné, případně se mohou realizovat v zastávkách hromadné dopravy. Cementobetonové kryty se rámci místních obslužných komunikací realizují jen zřídka. [9, s.10]

4.2.1 Vozovky s krytem z nestmelených vrstev

Vozovky s krytem z nestmelených vrstev lze použít jako nemotoristické, účelové, dočasné nebo staveništní komunikace. Povrchová vrstva je tvořena drceným kamenivem nebo se používá mlatová úprava. Srážková voda se u tohoto typu částečně vsakuje, částečně je odváděna příčným spádem do okolní zeleně. [10, s.88] [9, s.12]

4.2.2 Vozovky s krytem z asfaltových vrstev

Vrstvy z asfaltu jsou nejpoužívanějším typem materiálu pro kryt vozovky. Asfaltová vrstva vzniká ztuhnutím čerstvě vyrobené horké asfaltové směsi, která se skládá ze směsi kameniva a asfaltového pojiva. U vrstvy z litého asfaltu nedochází k vzájemnému

zaklínění zrn kameniva a dvoufázový systém zůstává zachován i po vychladnutí směsi. Pokládá se ručně nebo finišery. Jednotlivými typy vrstev jsou např. asfaltový beton, asfaltový koberec mastixový, asfaltový koberec pro velmi tenké vrstvy a asfaltový koberec drenážní. [10, s.89] [9, s.11]

Asfaltové vrstvy jsou při dokonalém zhutnění prakticky vodotěsné částečně nepropustné a součinitel odtoku je $\Psi = 0,7$ (vyjma drenážního koberce). V případě, kdy jsou vozovky lemovány obrubníky, je většina srážkové vody odváděna do záchytných zařízení. Mimo centrum mohou být asfaltové vozovky lemovány silničními příkopy, kde se srážková voda částečně vsakuje a částečně je odváděna do recipientu. [10, s.89] [9, s.11]

4.2.3 Vozovky s krytem z dlažeb

V historických centrech měst jsou zachovávány vozovky s povrchem dlážděným. Používá se kamenná dlažba drobná, velká. Odtok srážkových vod je jednak po povrchu, částečně dochází k vsaku spárami v dlažbě. V případě, že jsou podkladní vrstvy nestmelené, voda jimi protéká na pláň vozovky, kde se buď vsakuje nebo je příčným spádem odváděna do drenáže. Drenáž je zaústěna do uličních vpustí. Tento objem je však zanedbatelný. V případě, že jsou podkladní vrstvy stmelené, srážková voda vsakující se spárami odtéká ve výsledném směru sklonu k obrubě. Zde se převod vody do podloží řeší buď geosyntetikem nebo úzkou rýhou vyplněnou drceným kamenivem. Prosakující voda je pak stažena do drenážního potrubí. Z hlediska objemu je toto množství opět zanedbatelné a do záchytného systému se dostává se zpožděním. Objem prosakující vody je největší po pokládce dlažeb. Časem se propustnost snižuje, výplň spár (drcené kamenivo) se utemuje nečistotami. Pro některé účely se spáry zalévají asfaltovou zálivkou a vozovky se tak stávají nepropustnými. V okrajových částech a obytných zónách je používána dlažba betonová. Princip odvodu srážkových vod je obdobný jako u dlažeb kamenných s tím rozdílem, že dlažba je přesnější a spáry jsou tudíž minimální. [10, s.89] [9, s.12]

4.2.4 Povrchy parkovacích ploch

Pro parkovací plochy může být použito několik řešení krytů a lze je i kombinovat. Tyto plochy jsou většinou dopravně méně zatížené, a proto zde můžeme využít kryty s větší vsakovací schopností. I zde však platí omezení pro ochranu podzemních vod před znečištěním, kterými jsou například denní objem dopravy max. 300 vozidel, nařízení

příslušného vodohospodářského úřadu, plochy se starou zátěží nebo plochy, na nichž probíhá manipulace se škodlivými látkami (průmyslové areály, zemědělské dvory, atd.)

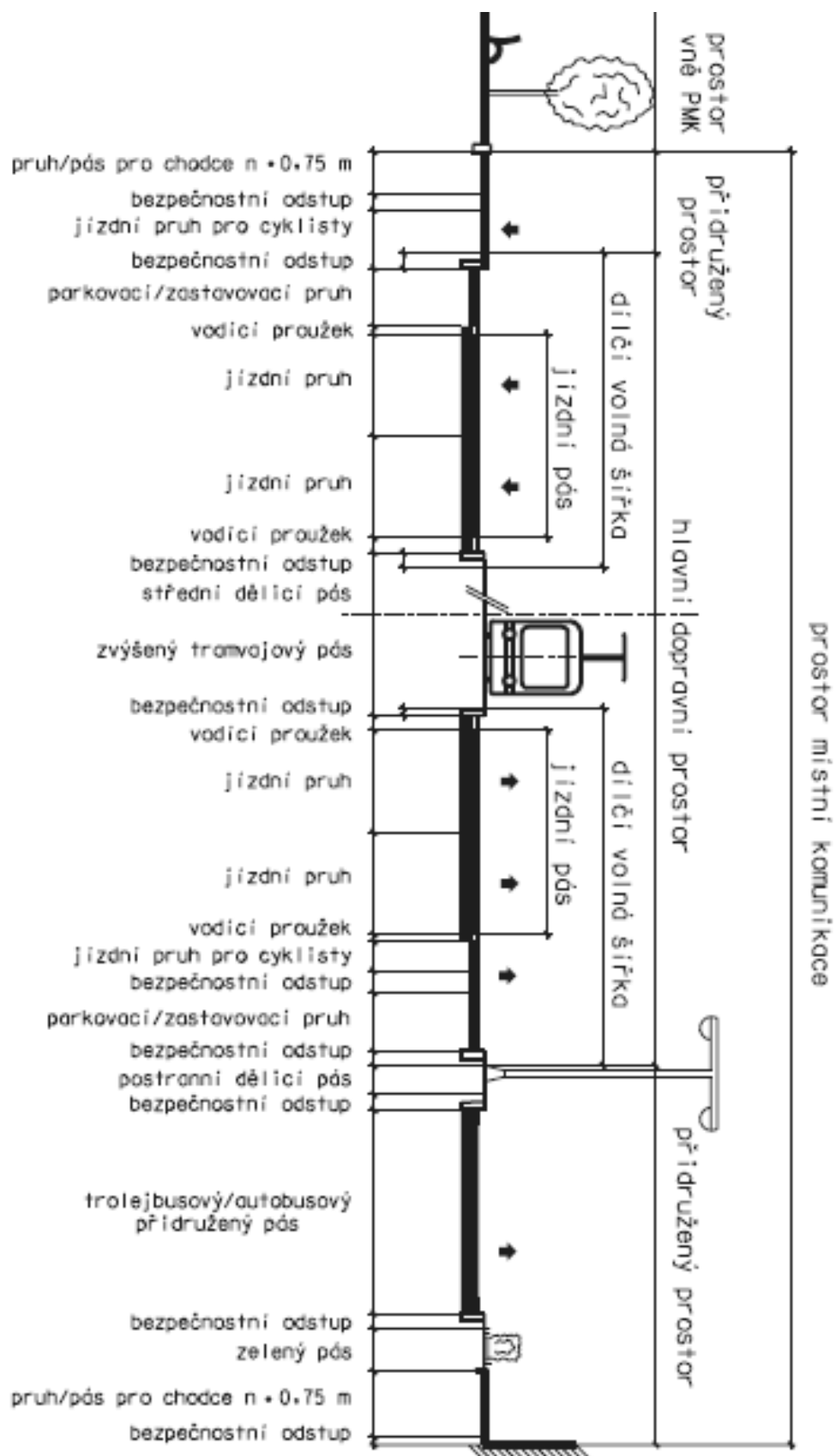
- Dlážděný povrch s drenážními spárami nebo dlažba z mezerovitého betonu – menší vsakovací schopnost, během provozu se spáry většinou zanesou nečistotou a vsakování je minimalizováno - použití na parkovištích velkých obchodních center a veřejných budov, kde je nutno zachovat provoz nákupních vozíků (kolečka nezapadají do spár) a zároveň umožnit pohyb vozíků pro invalidy (plocha musí být rovná a pevná).
- Dlažba se zatravněnými spárami – vjezdy jednotlivých domů, cesty a dvory v obytných zónách
- Vegetační dílce – betonové nebo plastové dílce s převládající plochou zatravnění – dobrá vsakovací schopnost, lze použít při malém zatížení, například parkoviště pro kola, parkoviště u menších obchodů, vhodné kombinovat s betonovou dlažbou pro pohyb mezi auty
- Travníky a šterkové zatravněné vrstvy – maximální vsakovací schopnost, při větším dešti však hrozí rozmočení vrchní vrstvy – používá se pro plochy s velmi malým zatížením, malá soukromá parkoviště a vjezdy rodinných domů. [11, s.16]

4.3 Prostor místní komunikace

Tento prostor slouží veřejnému dopravnímu provozu (vozidlům a chodcům), případně pobytu, dopravě statické i dynamické včetně pásů zeleně. Prostor místní komunikace se dělí na hlavní a přidružený. Prostor je vymezený buď uliční čarou, vnějším okrajem pásu pro chodce nebo obdobné plochy (obr.4). [7, s.24]

Hlavní dopravní prostor je ta část místních komunikací s postranními obrubníky vymezená okrajem bezpečnostního odstupu. V hlavním dopravním prostoru se může nacházet střední dělicí pás do šířky 20 m, tím může být například tramvajový pás. U komunikace, která není směrově rozdělena, je prostor dopravní totožný s volnou šířkou. U rozdělené se dělí na dílčí volné šířky. [7, s.24]

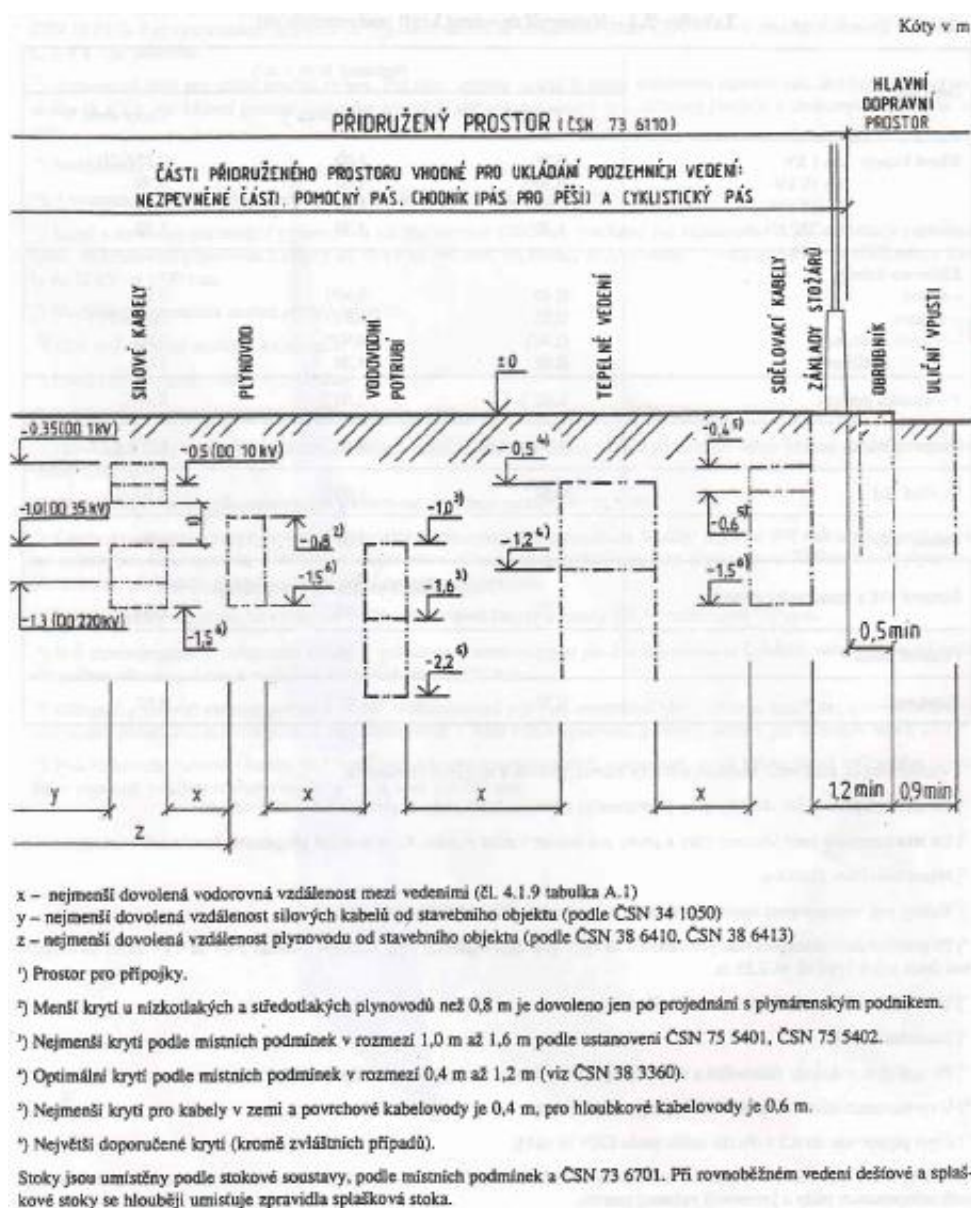
Přidružený prostor se nachází mezi hlavní dopravním prostorem a vnějším o krajem prostoru místní komunikace. Využívá se pro statickou i dynamickou dopravu, zejména je pak využíván cyklisty a chodci. V tomto prostoru se nachází i zeleň, kde může být případně umístěno zařízení na vsakování dešťové vody, pokud to prostor dovoluje. [7, s.28]



Obrázek 4: Příčné uspořádání prostoru MK [7, s.30]

4.3.1 Umístění sítí v komunikaci

V urbanizované oblasti se v uličním prostoru pod povrchem nachází mnoho podzemních sítí technického vybavení. Všechny sítě mají dle ČSN 73 6005 své předepsané vzdálenosti odstupů a křížení jak vodorovné, tak svislé (obr.5). V komunikaci mohou být uloženy elektrické kabely, sdělovací kabely, vodovodní sítě, plynovodní potrubí, tepelné sítě, stokové sítě a jiná vedení. Správně uložené sítě mají stanovený doporučený obsyp z propustných materiálů, který je chrání před poškozením a neměl by být nijak narušen případným návrhem vsakovacího zařízení v tomto prostoru. [12, s.4]



Obrázek 5: Zájmová pásma podzemních vedení v přidruženém prostoru [12, s.16]

5 Odvodňování krytu komunikace a odvodňovací zařízení

Odvodnění krytu vozovky je zajištěno příčným a podélným sklonem. Pomocí těchto sklonů směřuje voda do odvodňovacích zařízení na okrajích komunikací. S ohledem na bezpečnost provozu je nutné vodu rychle odvést z povrchu. Proto se musí klást velký důraz na návrh a realizaci odvodnění povrchu vozovek. [5, s.13]

Odvodňovací zařízení se navrhuje pro zachycení dešťové vody v oblasti komunikace a jejího bezpečného odvedení pryč. Je třeba dbát při návrhu na to, aby tato zařízení byla snadno udržovatelná. Navrhují se dle místních podmínek. [5, s.15]

5.1 Rozdělení odvodňovacích zařízení

Odvodňovací zařízení se dělí do dvou skupin na otevřená a krytá. Mohou se libovolně kombinovat dle aktuální potřeby návrhu. [5, s.15]

5.1.1 Otevřené odvodňovací zařízení

- Rigoly
- Příkopy
- Odvodňovací proužky
- Otevřené žlaby, odvodňovací žlábkové a štěrbinové žlaby
- Skluzy, kaskády, stupně, prahy a vývory
- Uliční vpusti a horské vpusti
- Vsakovací jámy a vsakovací prostory [5, s.15]

5.1.1.1 Rigoly

Maximální hloubku rigolu navrhujeme 0,3 m se sklonem 0,5 %, ve výjimečných případech 0,3 %. Rigoly se provádí v místech, kde je třeba uspořít výkopy nebo zábor pozemků, ve středním dělicím páse a na plochách kde nelze odvodnit do okolního území. Rigoly jsou vyráběny zpevněné zpravidla prostým betonem, který je přímo na místě prováděn speciálním finišerem, případně se můžou vytvářet pomocí prefabrikátů. Rigol by měl být doplněn o podélnou drenáž, umístěnou pod konstrukcí, v některých výjimkách,

kdy jsou vrstvy komunikací samo drenážní je možno ji vypustit. Šířka rigolu se pohybuje od 0,5 až 1,0 m a příčný sklon se uvažuje 10 %. [13, s.8]

5.1.1.2 Příkopy

Příkopy se umísťují rovnoběžně s komunikací u paty násypu nebo pod zářezovým svahem, přičemž jejich rozměry závisí na kapacitních požadavcích, sklonu okolních svahů a prostorových možnostech. Příkopy mohou být navrženy jako trojúhelníkové se sklonem svahu 1:2,5 nebo lichoběžníkové se šířkou dna min. 0,3 m a se sklonem 1:2,5 (v případě umístění svodidla mohou být sklony svahů i větší). Minimální hloubka je stanovena na 0,3 m a podélný sklon je stejný jako u rigolů 0,3 %. Při vyšší sklonech než 3 % musíme zvážit návrh dalšího opevnění, případně prvků snižující rychlost. [13, s.8]

5.1.1.3 Odvodňovací proužky

Odvodňovací proužek je umísťován na okraj komunikace k obrubě, mezi pruh a parkovací pás apod. Slouží k podélnému odvodnění komunikace. Umísťuje se na šířku nezpevněné krajnice, což znamená 0,25 – 0,5 m. [13, s.9]

5.1.1.4 Otevřené žlaby, odvodňovací žlábký a štěrbinové žlaby

Otevřené žlaby se používají ke zpevnění dna příkopů a skluzů, štěrbinové žlaby k liniovému odvodnění komunikací. Velikost se stanoví dle průtočného množství. [13, s.9]

5.1.1.5 Skluzy, kaskády, stupně, prahy a vývare

Skluzy slouží k odvedení většího množství vody po svazích zemního tělesa. Jsou opatřeny vývarem. [13, s.9]

5.1.2 Kryté

- Odvodňovací potrubí, kryté žlaby a stoky
- Drenáže [5, s.15]

5.1.2.1 Odvodňovací potrubí, kryté žlaby a stoky

Odvodňovací potrubí je trubní kanalizace uložená v zemi v nezámrazné hloubce. Návrhová rychlost by neměla být větší než 5 m/s, s ohledem na životnost potrubí. Úprava tohoto parametru je řešena dle místních podmínek snížením sklonu nebo spadišťovou šachtou. U návrhu gravitační kanalizační sítě se musí dbát u návrhu na průměry potrubí, které nesmí být u kameniny menší než DN250 a u plastů, respektive sklolaminátů a jiných materiálů DN300. Součástí kanalizační sítě jsou různé typy objektů jako například vpusti, šachty, skluzy, křížení či měrné objekty. [5, s.18]

5.1.2.2 Drenáže

Funkce drenáže je svádění vody do vhodného místa. Drenáže se dělí na sběrné a svodné. Drenáž slouží k odvádění průsakové vody nebo podzemní vody z konstrukce vozovky do dalších odvodňovacích zařízení jako např. příkop. Drenáž může být realizována jako trubní, ze šterku nebo geotextilie. Trouby mohou být celoděrované nebo poloděrované. [5, s.17]

6 Volba technického řešení odvodnění

Volba odvodnění je rozhodnutí o příjemci dešťových vod na základě priorit. Příjemcem může být ovzduší, půdní a horninové prostředí, povrchová voda nebo jednotná kanalizace. Na stavebním pozemku v urbanizované oblasti by měl být podporován výpar z důvodu zachování příznivého mikroklimatu. Proveditelnost a přípustnost v oblasti, z nichž vyplyne technické řešení a případně čištění. Prioritou je vsakovat v místě spadnutí srážky, při nepropustnosti podloží kombinovat s retenčními objekty a regulovaným odtokem. Pokud není možná retence, je nutné srážkové vody odvádět regulovaně do jednotné kanalizace. Jednotlivé způsoby se kombinují i z důvodu případného zaústění bezpečnostních přelivů. [14, s.8]

6.1 Vsakování

Vsakování je proces infiltrace, kterým se pomocí vsakovacích zařízení dostává srážková voda do půdního profilu. U každé stavby musí být proveden hydrogeologický průzkum, který zhodnotí proveditelnost zařízení. Rychlost vody, která se vsákne za jednotku času [mm/s] ovlivňuje mnoho faktorů. Tyto faktory jsou například fyzikální charakteristiky půdy, vegetace, vlhkost půdy a intenzita srážky. [14, s.10]

6.1.1 Hydrogeologický průzkum

Ke zjištění potřebných hydrogeologických, inženýrskogeologických a geotechnických dat je zapotřebí provést geologický průzkum. Pro takový průzkum je nutné mít dostatečné mapové podklady a základní údaje o stavbě. Náročnost a detailnost průzkumu se odvíjí od složitosti stavby a přírodních poměrů v dané oblasti. Základním nástrojem jsou vrty nebo kopané sondy, které mohou být ručně nebo strojně hloubené. Z těchto vrtů je možné odebrat vzorky pro zkoušky laboratorní. V oblasti vsakovacího zařízení jsou prováděny také terénní zkoušky. [15, s.7]

6.1.1.1 Laboratorní zkoušky zemin

Pro zmapování horninového prostředí je využívána klasifikační zkouška. Ta stanoví různé parametry horniny jako například zrnitost nebo vlhkost. V laboratoři je možné také

stanovit hydraulickou vodivost horniny pomocí tzv. propustoměrů. Propustoměry jsou buď s konstantním nebo proměnným spádem. [15, s.10]

6.1.1.2 Terénní zkoušky

Terénní zkoušky jsou důležité pro stanovení vhodnosti umístění vsakovacího zařízení do oblasti. Může se využít vsakovací (nálevové) zkoušky nebo čerpací zkoušky. Zkoušky jsou prováděny na průzkumných vrtech nebo sondách, které mohou být kopané ručně nebo strojně. [15, s.10]

V terénu použijeme vsakovací zkoušku, která stanoví koeficient vsaku k_v . Koeficient vsaku charakterizuje infiltrační rychlost dešťové vody do horninového prostředí za atmosférického tlaku při hydraulickém sklonu $I = 1$, která je důležitá pro stanovení rychlosti prázdnění vsakovacího objektu. Nálevová neboli vsakovací zkouška může probíhat z povrchu nebo z vrtu. Je to jednorázový nálev vody, který se postupně vsakuje. Průběh tohoto vsaku je pečlivě zaznamenáván. Na základě průběhu zkoušky se můžou stanovit rozměry vsakovacího zařízení. [15, s.10]

Dále se mohou využít kopané sondy nebo vrty k stanovení výšky hladiny podzemní vody. Čerpací zkouška je na principu čerpání vody z vrtu a pomocí odměřování výšky hladin z ostatních vrtů zjistíme skutečnou hladinu podzemní vody. Zkouška probíhá ve vrtu, kde je pomocí čerpání a změn hladin zjišťován přítok do vrtu, a tedy i filtrační součinitel horninového prostředí, kde se vrt nachází. Koeficient filtrace k (m/s) je mírou propustnosti horninového prostředí a číselně je roven filtrační rychlosti při jednotkovém piezometrickém gradientu (vzdálenost mezi dvěma body hladin o tlaku rovnému atmosférickému) (tab.5). [15, s.10]

Tabulka 4: Orientační hodnoty propustnosti vybraných druhů hornin [16]

Druh zeminy	Relativní propustnost zeminy podle ČSN 73 6850	Přibližné rozmezí filtračního součinitele k ($m \cdot s^{-1}$)	Třída zeminy podle ČSN 73 1001
jíly jílovité hlíny	velmi nepropustná	$< 10^{-10}$	F 6 F 7 F 8
hlíny jílovité hlíny písčité písčité jíly	nepropustná	10^{-8} až 10^{-10}	F 2 F 4 F 5
hlinité písky a štěrky jílovité písky a štěrky písčité a štěrkovité hlíny	málo propustná	10^{-6} až 10^{-8}	S 4 F1 S 5 F 3 G 4 G 5
písky a štěrky s příměsí jemnozrnné zeminy (5 až 15 %)	propustná	10^{-4} až 10^{-6}	S 3 G 3
čisté písky a štěrky, písčité štěrky, písky a štěrky s velmi malou příměsí jemnozrnných zemín ($< 5\%$)	velmi propustná	$> 10^{-4}$	S 1 G 1 S 2 G 2

6.1.1.2.1. Podzemní voda

Pro návrh vsakovacího zařízení a vlastně zjištění, zda vůbec může být pro konkrétní případ použito, je důležitá hladina podzemní vody a proudění podzemní vody. Zařízení se má umístit alespoň 1,0 m nad maximální hladinu podzemní vody, kterou ovlivňuje. O výšce hladiny rozhoduje zpravidla horninové prostředí a blízké vodní zdroje, případně pak srážka. Zjistit se dá pomocí vrtu a hladinoměřů. Důležité je pro návrh znát také proudění podzemní vody. To záleží zpravidla na horninovém prostředí. [17]

Jsou různé typy hladin podzemní vody - ustálená, naražená, maximální. Ustálená hladina je taková hladina, která po navrtání vrtu přestane vykazovat pohyb. Naraženou hladinou je taková výška hladiny, která je změřena v momentu provádění vrtu. Maximální hladina vychází z dlouhodobého měření limnigrafem. Ten měří hladiny vody ve vrtu, ze kterých se pak dá zjistit maximální hladina. Maximální hladina je důležitá k umístění dna vsakovacího zařízení, které musí být minimálně 1,0 m nad touto hladinou. [17]

Stacionární proudění podzemní vody v nasycené zóně popisuje Darcyho zákon. (rov.4)

$$Q = k \cdot A \cdot \frac{h_a - h_b}{L} \quad (\text{rov.4})$$

Kde	Q	... průtok pronikající v, m ³ /s;
	k	...koeficient filtrace, v m/s;
	A	...je průtočná plocha, v m ² ;
	h _a	...je tlak v místě vtoku média do prostředí;
	h _b	...je tlak v místě výtoku média do prostředí;
	L	...je vzdálenost mezi místy a a b, v m.

6.1.2 Přípustnost vsakování na základě znečištění srážkové vody

Srážková voda je v momentě dopadu na povrch klasifikována jako voda povrchová, v případě jeho znečištění je klasifikována jako voda odpadní. Způsob zasakování se volí podle míry zatížení komunikace a parkovacích ploch dopravou. Je nutné zvážit čištění od nečistot ať už hrubých nebo jemných, či samotný vsak v případě silného znečištění. Typické nečistoty vyskytující se na různých typech ploch jsou v množství jejich zastoupení odlišné, a proto se musí navrhovat pečlivě dle budoucího účelu komunikace či parkovacích ploch (tab.6). Existují také doporučené způsoby vsakování dešťových vod z různých typů ploch (tab.7). Volba vsaku je důležitá z důvodu možné kontaminace půdy, proto se musí posoudit dopředu, jestli se v dané lokalitě s typem znečištění příroda vypořádá sama, zda se musí čistit nebo případně neuvažovat zasakování vůbec. [14, s.10]

Tabulka 5: Typické znečišťující látky na pozemních komunikacích a očekávaná míra znečištění srážkových vod [5, s.12]

Typ plochy		Hrubé nečistoty, splaveniny	Jemné částice	Těžké kovy	Uhlovodíky	Chloridy
Zatrávněné plochy		1 - 3	1 - 3	0	0	0
Komunikace pro chodce a cyklisty		2	1	0 - 1	0 - 1	0 - 1
Pozemní komunikace	málo frekventované (příjezdy k domům) ^A	2	1	1	1	1
	středně frekventované ^B	2	2	2	2	2
	vysoce frekventované ^C	2	3	3	3	3
Parkoviště	málo frekventované (osobní auta)	2	1	1	1	1
	(vysoce) frekventovaná (os. auta a busy)	2	2	2	2	2
	nákladní auta ^D	3	3	3	3	2
0	neznečištěná srážková voda					
1	mírně znečištěná srážková voda					
2	středně znečištěná srážková voda					
3	vysoce znečištěná srážková voda					
A	< 300 automobilů za 24 h, např. příjezdy k domům a místní komunikace v obytné zástavbě					
B	300 až 15 000 automobilů za 24 h					
C	nad 15 000 automobilů za 24 h, obvykle dálnice a rychlostní silnice					
D	parkoviště, která nejsou součástí veřejných komunikací					

Tabulka 6: Doporučené způsoby vsakování dešťových vod z různých typů ploch s ohledem na jejich znečištění [14, s.33]

Typ plochy	Způsob vsakování						
	Povrchové vsakování					Podzemní vsakování	
	Přes zatravněnou humusovou vrstvu			Přes nesouvisle zatravněnou humus. vrstvu		Bez zatravněné humusové vrstvy	
	Plošné $A_{red}/A_{vsak} \leq 5$	Decentrální $5 < A_{red}/A_{vsak} \leq 15$	Centrální $A_{red}/A_{vsak} > 15$	Plošné		Plošné	Liniové a plošné
	Široké plochy a zatrav. příkopy	Průlehy a průlehy-rýhy	Systém průlehů, vsakovací nádrže	Zatravnovací tvárnice	Propustné zpevněné povrchy	Štěrky, Příkopy, potrubí, rýhy, prostory vyplněné štěrkem/bloky	Vsakovací šachty
Komunikace pro chodce a cyklisty	++	++	+	+	+	+	-
Málo frekventované parkoviště os. aut	++	++	+	+	+	-	-
Málo frekv. pozemní komunikace ^A	++	++	+	+	+	-	-
Středně frekv. pozemní komunikace ^B	++	++	+	--	--	--	--
(Vysoce) frekventované parkoviště	++	+	+	-/--	-/--	--	--
Vysoce frekv. pozemní komunikace ^C	++	+	+	--	--	--	--
Plochy skladišť, manipulační plochy	+/-/- -	-/--	--	--	--	--	--
Komunikace zemědělských areálů	+/-/- -	-/--	-	--	--	--	--
Parkoviště nákladních aut ^D	--	--	--	--	--	--	--
++	přípustné						
+	zpravidla přípustné, popřípadě vhodné předčištění						
-	problematické, nutné předčištění						
--	nepřípustné, nevhodné způsoby uvedenými v této tabulce; vody z těchto ploch mohou být ve výjimečných případech vsakovány po splnění požadavků článku 5.1.2.4. z TNV 75 9011						
A, B, C, D	viz tabulka 4						

6.1.3 Způsoby předčištění srážkových vod

U znečištěných dešťových vod se zajišťuje předčištění před vsakovacím zařízením. To je důležité z důvodu možné kontaminace půdy a podzemní vody, ale také z důvodu možného zanesení vsakovacího zařízení, což by způsobilo jeho nefunkčnost. Způsoby

předčištění v závislosti na znečištění jsou různé a individuálně jsou řešeny pro každou lokalitu. Mohou být jednostupňové nebo vícestupňové (tab.8). Pro zvýšení účinnosti čištění, se mohou kombinovat jednotlivé procesy jako například filtrační zařízení a průsak půdou nebo sedimentační zařízení a průsak půdou. [14, s.35]

Tabulka 7: Způsoby předčištění srážkových vod při vsakování a účinnost pro různé druhy znečištění [14, s.35]

Způsob čištění	Zařízení	Hrubé nečistoty, splaveniny	Jemné částice	Těžké kovy a jejich nerozp. Sloučeniny	Uhlovodíky (minerální oleje, ropné látky)	Organické látky (nepatřící k jemným či hrubým částicím)	Živiny
Zachycení hrubých nečistot	Vtokové mřížky	++	--	--	--	--	--
	Lapače listí	++	--	--	--	--	--
	Česle	++	--	--	--	--	--
	Síta	+0	--	--	--	--	--
Vsakování přes zatravněnou humusovou vrstvu (filtrace, adsorpce, biologické čištění)	Průlehy	++	++	++	++	++	++
	Průlehy-rýhy	++	++	++	++	++	++
	Vsakovací nádrže	++	++	++	++	++	++
Gravitační separace látek (sedimentace pevných částic a vyplavání lehkých látek)	Kalové jímky	++	++	++	++	--	--
	Usazovací nádrže	++	++	++	++	--	--
Filtrace mechanická	Pískové a šterkové filtry	++	++	+	--	--	+
	Geotextilie	++	++	+	--	--	--
Filtrace přes adsorpční materiál	Aktivní uhlí	0	0	++	++	++	--
	Zeolity	0	0	++	++	+	--
	Hydroxidy železa a hliníku	0	0	++	--	--	--
	Adsorbenty olejů	--	--	--	++	--	--
++	vhodné						
+	podmínečně vhodné						
0	ve spojení s dalšími opatřeními						
-	spíše nevhodné						
--	nevhodné						

6.1.3.1 Zachycení hrubých nečistot

Zachycení hrubých nečistot je nezbytné pro další úpravu nebo pro vsakovací zařízení. K tomuto procesu se využívají vtokové mřížky, lapače listí, česla a síta. Mohou se umisťovat do sběrného zařízení nebo mohou být budovány samostatně. Velikosti otvorů záleží na následných stupních čištění nebo vsakování. [14, s.35]

6.1.3.2 Vsakování přes zatravněnou humusovou vrstvu

Uplatní se v podstatě při jakémkoliv vsakování a zároveň ho lze použít pro dočištění srážkových vod. [14, s.36]

Při tomto způsobu dochází k filtraci nerozpuštěných látek, iontové výměně a adsorpci těžkých kovů a uhlovodíku a k biologickému rozkladu rozložitelných látek. Tloušťky, které se navrhuje pro správnou funkci čištění, jsou 30 cm ohumusování s obsahem jílu kolem 10 %. Pod touto vrstvou se umísťuje vrstva optimálně s tloušťkou 50 cm z písčitojílovité půdy s obsahem jílu 10 % až 35 %. Horní vrstva půdy má být sledována kvůli její kontaminaci, případně jí lze dle požadavků měnit. [14, s.36]

6.1.3.3 Gravitační separace látek

Gravitační separace látek slouží k zadržení usaditelných látek (kal, hlína, písek či posypové látky). Tyto látky jsou nebezpečné pro ucpání vsakovacího objektu. V kalových jímkách a usazovacích nádržích se také snižuje částečně obsah těžkých kovů a organických sloučenin ve vodě. Pomocí norných stěn se zachycuje plovoucí znečištění (listí, minerální oleje apod.).

Slouží jako předstupeň pro podzemní vsakovací zařízení a pro povrchová zařízení, která jsou vysoce zatížena znečištěním. U sedimentačních zařízení je nutná pravidelná údržba, aby nedocházelo k víření zachyceného kalu a rozkladu organických látek. [14, s.37]

Gravitační separace se používá také k odstranění lehkých kapalin. Gravitační a koalescencí dochází k odloučení nečistot od srážkové vody, splývání ve větší celky a k jejich skladování. Odlučovače jsou navrhovány pro srážkové vody, které přijdou do kontaktu s frekventovanými komunikacemi nebo parkovišti. [14, s.37]

6.1.3.4 Filtrace mechanická

Tento způsob čištění bude použit při odstraňování hrubých a jemných částic, případně pro látky rozpuštěné adsorpcí a biologickými procesy. Jako výplň pro mechanické čištění se volí dle zatížení filtrů buď zrnité materiály nebo geotextilie. Pokud jsou tyto vrstvy porostlé vegetací, může docházet i k čištění biologickému. [14, s.37]

6.1.3.5 Filtrace přes adsorpční materiál

Je to čištění na bázi filtrace přes materiály, které dokážou adsorbovat látky znečišťující vodu. Těmito materiály jsou např. aktivní uhlí, zeolity, granulové hydroxidy železa a hliníku a adsorbenty olejů. Pro tento typ filtrace je důležité nerozpuštěné látky zachytit v předchozích procesech. Mohou se umisťovat v několika variantách jako např. v rohožích, vsakovacích šachtách nebo jako různé moduly. Tento proces lze zařadit i při vsakování vody, kdy je zvýšený požadavek na ochranu půdy nebo podzemní vody. [14, s.37]

6.1.3.6 Koalescenční filtry

Toto zařízení má vysoký odlučovací výkon. Je to série kazet poskládaných za sebou v bariéře tak, aby voda musela protéct přes co největší aktivní plochu několikrát po sobě. Při servisu či opravě je výhodou rychlost výměny kazet. Při řádné údržbě má dlouhou životnost, protože čištěním nejsou kazety nějak opotřebovány. Čištění probíhá vytažením kazet, proto je to velice efektivní způsob. [5, s.33]

6.1.4 Vliv vsakování na okolní stavby

V případě vsakování musí být brán ohled na stávající zástavbu, aby nedošlo k poškození, musí být vypracován podrobný geologický průzkum. Tam, kde se vyskytují nepropustné horniny nebo špatně propustné horniny, se musí při vsakování postupovat velmi opatrně. Rekonstrukce kmenových stok je investičně nákladná, proto vzniká tlak na vsak přímo v místě spadu srážky, což je správná úvaha. Preferuje se mělké vsakování pomocí šterkové vrstvy, tunelových útvarů nebo bloků. Mělký způsob vsakování podstatně ovlivňuje hladinu podzemní vody, je však velmi příznivý z hlediska ekologie v okolí stavby. Zvýšená hladina podzemní vody má za následek vliv na stávající zástavbu,

ale i třeba na šterkové zászpy s inženýrskými sítěmi, kterými prosakuje. Působení se musí správně vyhodnotit, aby se mohl vytvořit funkční návrh vsakovacího zařízení. [18]

Působení vody v návaznosti na okolní zástavbu se musí vždy správně vyhodnotit, aby se mohl vytvořit funkční návrh vsakovacího zařízení.

6.1.5 Technické principy návrhu

Při návrhu vsakovacího zařízení se musí v první řadě dbát na to, aby nebyly ohroženy sousední stavby a zdroje pitné vody. Pro stavby jejichž podzemní podlaží je pod úrovní dna vsakovacího zařízení existuje výpočetní vzorec (rov.5). [15, s.32]

$$X = X_1 + X_2 = \frac{h+0,5}{15 \cdot k_v^{0,25}} + 2 + X_2 \quad (\text{rov.5})$$

Kde k_v ... koeficient vsaku, v $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$;
 h ... rozdíl výšek mezi maximální hladinou vody ve vsakovacím zařízení a úrovní podzemního podlaží, v m; pokud se maximální hladina vody ve vsakovacím zařízení nachází pod úrovní podlahy nejnižšího podlaží, dosazuje se do vztahu $h = 0$ m;
 X_2 ... rozšíření dna výkopu, v m. [15, s.32]

Stanovuje se vsakovací odtok zařízení (stanoví se v závislosti na ploše, na které se vsakuje) a koeficientu vsaku (rov.9). Vsakovací plocha se určí pro různé typy vsakovacích zařízení podle následujících rovnic. (rov. 6, 7, 8) V případě kombinace zařízení nebo nízkém koeficientu vsaku je řešení vsakovací plochy individuální. [15, s.15]

a) pro podzemní prostor s propustnými stěnami

$$A_{vsak} = L \cdot \left(\frac{h_{vz}}{2} + b \right) \quad (\text{rov.6})$$

b) pro šachu s propustnými stěnami ve spodní části

$$A_{vsak} = \pi \cdot \left(R + \frac{h_{vz}}{4} \right)^2 \quad (\text{rov.7})$$

c) pro povrchové vsakovací zařízení

$$A_{vsak} = (0,1 \text{ až } 0,3) \cdot S_{red} \quad (\text{rov.8})$$

Kde L ... délka podzemního prostoru, v m;
 b ... šířka podzemního prostoru, v m;
 h_{vz} ... výška propustných stěn, v m;
 R ... poloměr vsakovací šachty, v m;
 S_{red} ... redukovaný půdorysný průmět odvodňované plochy v m²,
 viz 2.3.4. [15, s.15]

$$Q_{vsak} = \frac{1}{f} \cdot k_v \cdot A_{vsak} \quad (\text{rov.9})$$

Kde f ... součinitel bezpečnosti vsaku (doporučuje se $f \geq 2$) – tento součinitel „předimenzovává“ zařízení a zvyšuje bezpečnost, protože čím větší je, tím se zvětšuje i retenční prostor;
 k_v ... koeficient vsaku, m·s⁻¹;
 A_{vsak} ... vsakovací plocha vsakovacího zařízení v m². [15, s.15]

Dále se stanovuje retenční objem vsakovacího zařízení, protože přítok je rychlejší než vsakovaný odtok, a proto je důležité vypočítat dostatečný objem. (rov.10)

$$V_{vz} = \frac{h_d}{1000} \cdot (S_{red} + A_{vz}) - \frac{1}{f} \cdot k_v \cdot A_{vsak} \cdot t_c \cdot 60 \quad (\text{rov.10})$$

Kde h_d ... návrhový úhrn srážek podle s odpovídající dobou trvání t_c a stanovenou periodicitou;
 S_{red} ... redukovaný půdorysný průmět odvodňované plochy, v m², viz kapitola 2.3.4;
 f ... součinitel bezpečnosti vsaku (doporučuje se $f \geq 2$);
 k_v ... koeficient vsaku;
 A_{vsak} ... vsakovací plocha vsakovacího zařízení, v m²;
 A_{vz} ... plocha hladiny však. zařízení (jen u povrchových vsakovacích zařízení), v m²;
 t_c ... doba trvání srážky určité, v min.

Vsakovací zařízení povrchové i podpovrchové musí z důvodu bezpečnosti při větších úhrnech srážek obsahovat bezpečnostní přeliv, k umožnění odtoku vody. [15, s.16]

Po výpočtu objemu zařízení a vsakovacího odtoku, se stanovuje doba prázdnění (rov.11). Čas, za který by se zařízení mělo vyprázdnit, by neměl překročit 72 h.

$$T_{pr} = \frac{V_{vz}}{Q_{vsak}} \quad (\text{rov.11})$$

Kde V_{vz} ... retenční objem vsakovacího zařízení, v m³;
 Q_{vsak} ... vsakovaný odtok, v m³·s⁻¹. [15, s.17]

6.1.6 Používané materiály vsakovacích zařízení

Používaných materiálů je několik. Jeho použití se odvíjí od jednotlivých případů, ale snahou je se co nejvíce přiblížit k přírodním typům. Pro povrchové zařízení jsou používány materiály překryté humusovou vrstvou. Pro podzemní zařízení se používá propustný štěrkový materiál, prefabrikované bloky, u vsakovací šachty betonové skruže, pod kterými je umístěno štěrkové lože, štěrky, plastové galerie. Každé z těchto zařízení má jinou vsakovací schopnost, která se zjišťuje podle použitých materiálů nebo v případě plastových galerií od výrobce. [15, s.20]

6.1.7 Výstavba vsakovacích zařízení

Musí se dodržovat obecné požadavky výrobce vsakovacího zařízení. Nesmí se udusat vsakovací plochy při provádění zemních prací. Do provozu by mělo být zařízení uvedeno až po dokončení všech stavebních prací, tak aby nedošlo k zanesení.

U povrchových rozlehlých zařízení se doporučuje vytvořit hrázky. Vtok by měl být navržen v případě větších přítoků zpevněný, tak aby nedocházelo k erozi půdy. [15, s.20]

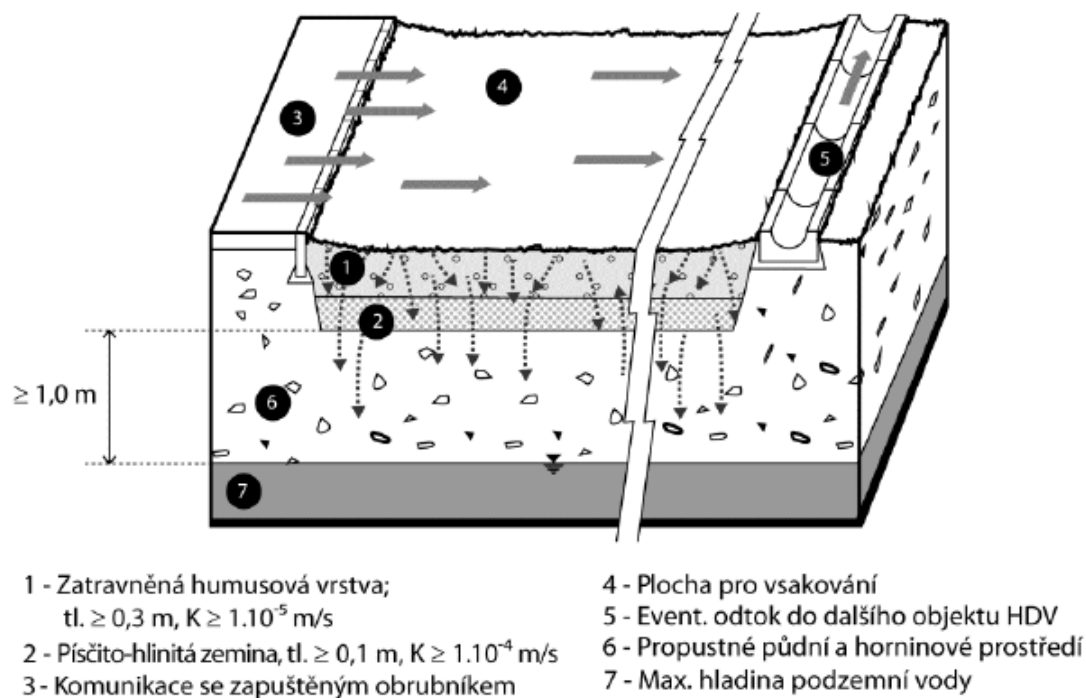
6.1.8 Typy vsakovacího zařízení

Vsakovací zařízení se dají rozdělit podle typu na zařízení povrchová nebo podpovrchová. Jejich volba záleží na dané lokalitě. Preferována jsou však zařízení povrchová z důvodu jejich čistících schopností a podpoře evapotranspirace. [14, s.15]

6.1.8.1 Povrchová vsakovací zařízení

6.1.8.1.1. Plošné vsakování

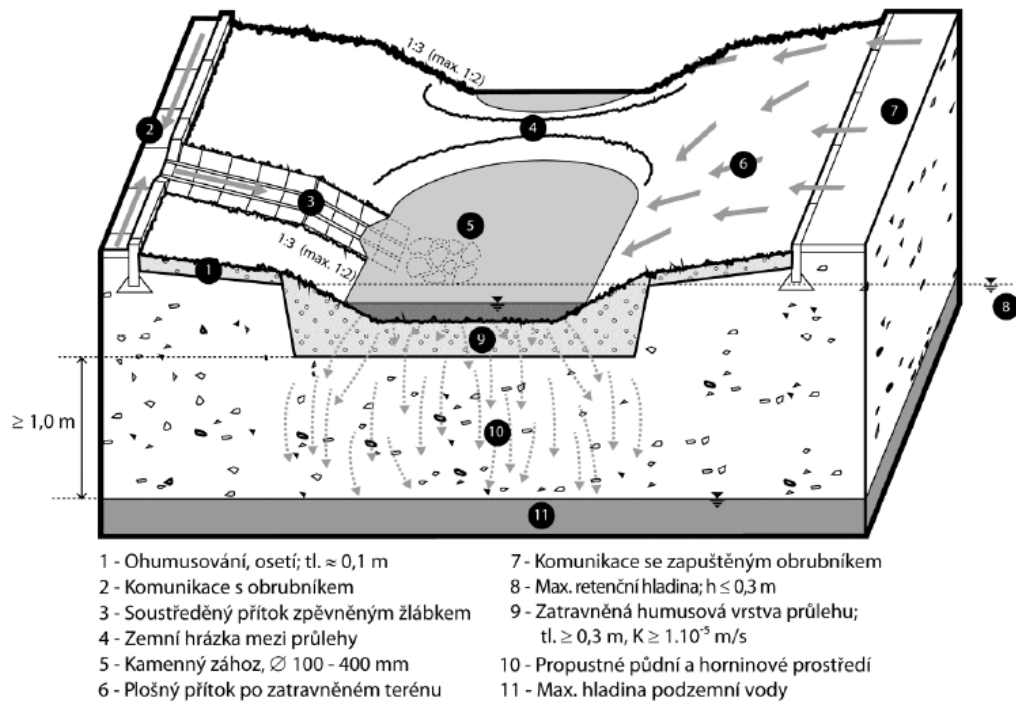
Pro tento způsob je potřeba relativně větší prostor. Budují se s humusovou svrchní vrstvou a maximálním sklonem 1:20. Přítok by měl být plošný, tak aby celá plocha byla rovnoměrně zatížena (obr.5). [5, s.24]



Obrázek 6: Objekt plošného vsakování [14, s.42]

6.1.8.1.2. Vsakovací průleh

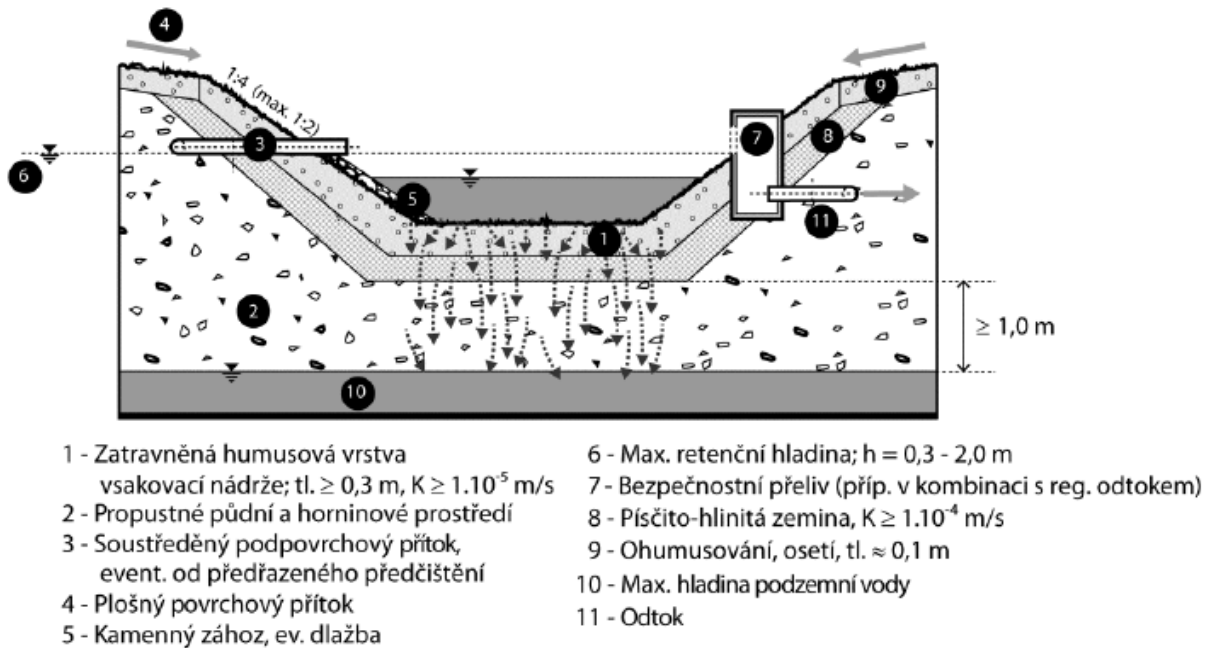
Použije se na menším prostoru, kde nemůže být použito plošné vsakování. Vrchní vrstva je také pokrytá vegetací. Uvažuje se krátkodobé zdržení vody, tak aby neuhynula vegetace. Sklon svahu navrhujeme do 1:2, hloubku pak 0,3 m. Přívod by měl být opevněn a voda by měla přitékat plošně přes zatravněnou plochu. U liniových průlehů se navrhuje hrázky, tím se snižuje ohrožení erozí a zvyšuje účinnost čistícího procesu (obr.6). [5, s.24]



Obrázek 7: Vsakovací průleh s povrchovým přívodem vody [14, s.42]

6.1.8.1.3. Vsakovací nádrž

Je to v podstatě větší plošné vsakování s výraznou retenční funkcí. Sklon svahů se navrhuje maximálně 1:2, s ohledem bezpečnost 1:4. Hloubky se navrhují od 0,3 až 2,0 m. Bezpečnostní přeliv může být řešen jako sdružený (obr.7). [5, s.24]

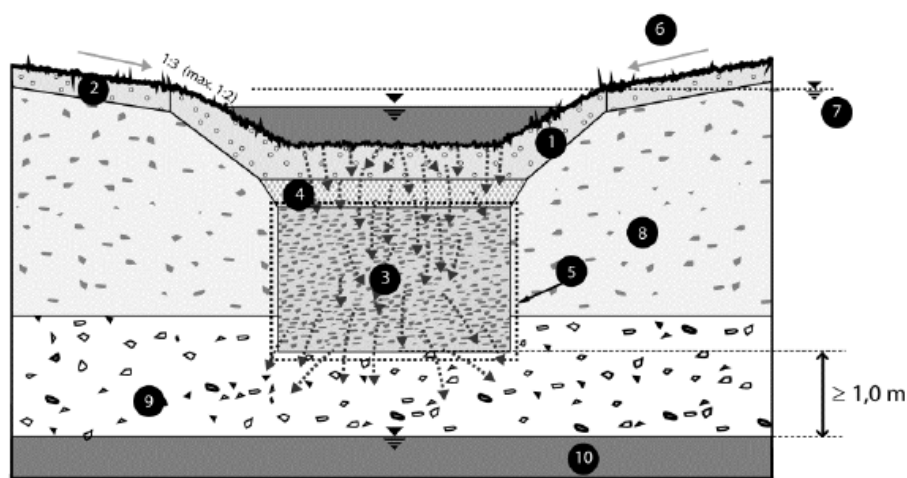


Obrázek 8: Vsakovací nádrž [14, s.44]

6.1.8.2 Vsakování s regulovaným odtokem

6.1.8.2.1. Vsakovací průleh-rýha

Tento způsob se navrhuje ke zvýšení vsakovací rychlosti v horninovém prostředí. Konstrukci má stejnou jako obyčejný průleh až na to, že ve dně je rýha se šterkovitým materiálem (zrnitost 16/35 mm), který zajišťuje větší vsakovací rychlost. V nedostatečně výkonném vsakovacím horninovém prostředí je třeba navrhnout odvod do povrchových vod. Rýha může být odvodněna regulovatelnou drenáží. Zřizuje se samostatný bezpečnostní přeliv pro průleh i rýhu (obr.8). [5, s.24]

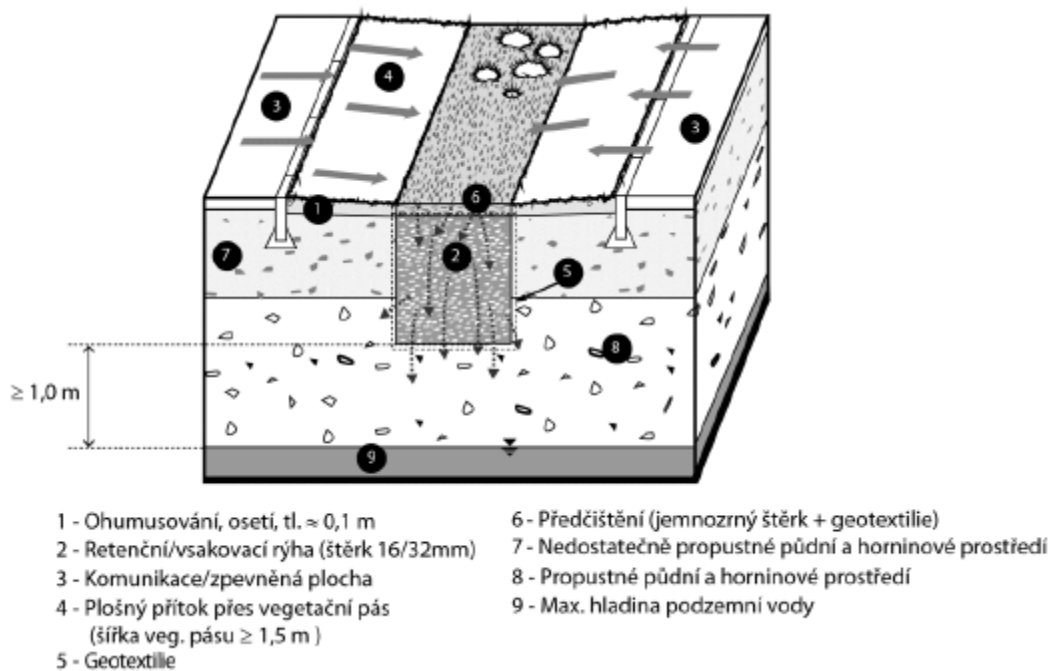


- | | |
|--|--|
| 1 - Zatravněná humusová vrstva průlehu; tl. $\geq 0,3$ m, $K \geq 1 \cdot 10^{-5}$ m/s | 5 - Geotextilie |
| 2 - Ohumusování, osetí; tl. $\approx 0,1$ m | 6 - Plošný povrchový přítok |
| 3 - Retenční/vsakovací rýha (šterk 16/32mm / prefabrikované bloky) | 7 - Max. retenční hladina; $h \leq 0,3$ m |
| 4 - Písčito-hlinitá vrstva, tl. $\geq 0,1$ m, $K \geq 1 \cdot 10^{-4}$ m/s | 8 - Nedostatečně propustné půdní a horninové prostředí |
| | 9 - Propustné půdní a horninové prostředí |
| | 10 - Max. hladina podzemní vody |

Obrázek 9: Vsakovací průleh-rýha [14, s.43]

6.1.8.2.2. Vsakovací rýha

Je to liniové zařízení prováděné hloubením rýhy, která je zasypávána šterkovitým materiálem. Ten přenáší vodu do propustných vrstev. Používá se u málo znečištěných ploch. Přítok se řeší stejně jako u zařízení průleh-rýha. Při vtoku je umístována kalová jámka a revizní šachta k zachycení nečistot, které by zanesly zařízení. [5, s.25]



Obrázek 10: Vsakovací rýha s povrchovým plošným přítokem [14, s.44]

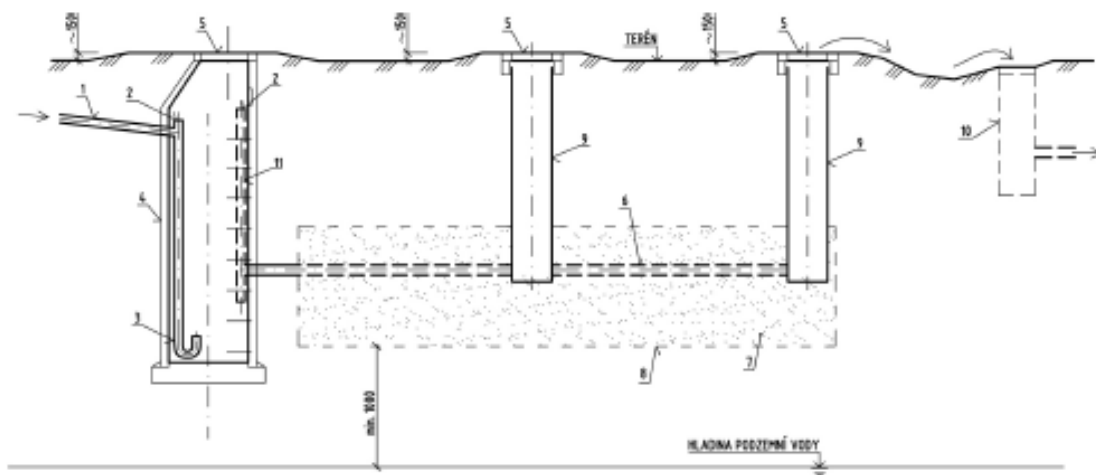
6.1.8.2.3. Vsakovací příkop komunikace

Vsakovací příkop je součástí zemního tělesa a jde o kombinaci rýhy a příkopu. Může sloužit k odvedení vody a přímému vsaku. Musí se posoudit vsakovací možnosti prostředí tak, aby zde nezůstávala voda, nevymílala konstrukce vozovky nebo neohrožovala okolní stavby (obr.9). [5, s.25]

6.1.8.3 Podzemní vsakovací zařízení

6.1.8.3.1. Vyplněné štěrčkem nebo bloky

Vsakovací zařízení, které je umístěno pod zemí, je vyplněno štěrčkem nebo prefabrikovanými bloky (plošné zařízení). Vodu do systému přivádí potrubí vsakovací potrubí. Těch se nedoporučuje více než 5. Potrubí začíná v revizní šachtě, které jsou rozmístěny na maximální délku 30,0 m. Jako minimální šířka se doporučuje 0,5 m. Před systém vsakování se umísťuje prvek pro předčištění srážkových vod z důvodu možného zanesení zařízení (obr.10). [14, s.17]



Legenda

- 1 Přítokové potrubí
- 2 Otevřené svislé hrdlo
- 3 Svislé potrubí se spodní částí zabraňující víření usazenin na dně šachty vytvořenou např. z kolen
- 4 Vstupní a rozdělovací šachta s kalovým prostorem
- 5 Poklop s otvory nebo mříž plnící funkci odvětrání a bezpečnostního přelivu
- 6 Drenážní trubky
- 7 Štěrkový polštář
- 8 Geotextilie
- 9 Revizní a větrací šachta
- 10 Alternativní bezpečnostní přeliv do vodního toku nebo kanalizace
- 11 Alternativní ponorná trubka pro zabránění průniku lehkých kapalin do vsakovacího zařízení (viz 5.3.4)

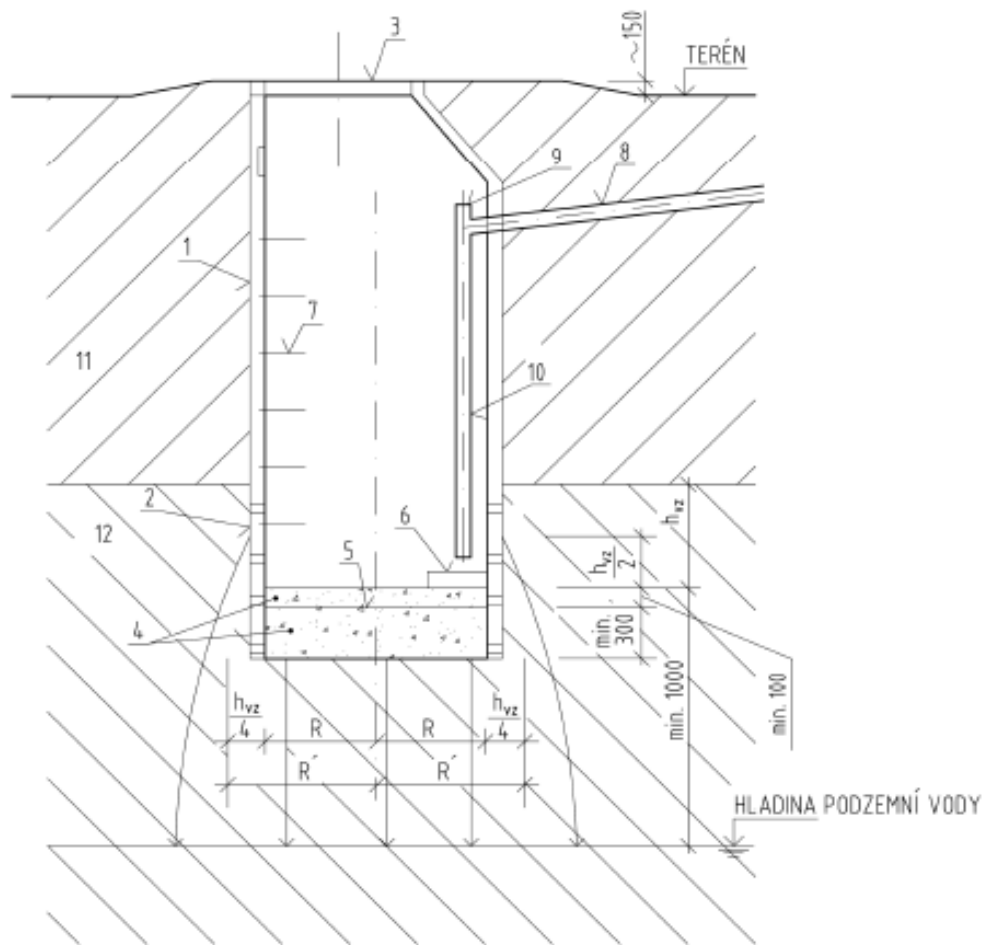
Obrázek 11: Podzemní prostor vyplněný štěrkem [15, s. 27]

6.1.8.3.2. Tunelový systém

Zařízení je vyrobeno z plastických hmot ve tvaru klenby, ty slouží jako retenční prostor pro srážkové vody. Z těchto systémů se voda vsakuje do horninového prostředí stěnami a dnem. [15, s.18]

6.1.8.3.3. Vsakovací šachta

Použije se ji při bodovém vsakování. Před šachtu se také doporučuje umisťovat stupeň předčištění. Je vytvořena zpravidla ze skruží a ve dně je umístěn štěrk a geotextilie (obr.11). [15, s.18]



Legenda

- 1 Skruže bez otvorů
- 2 Skruže s otvory
- 3 Poklop s otvory nebo mříž plnící funkci odvětrání a bezpečnostního přelivu
- 4 Štěrkopísek
- 5 Geotextilie
- 6 Dlaždice (betonová deska)
- 7 Stupadla
- 8 Přítokové potrubí
- 9 Otevřené svislé hrdlo
- 10 Svislé potrubí
- 11 Málo propustné hominové prostředí
- 12 Propustné hominové prostředí
- R Poloměr vsakovací šachty
- R' Poloměr vsakovací plochy vsakovací šachty
- h_{vz} Výška propustných stěn

Obrázek 12: Vsakovací šachta [15, s.30]

6.1.8.3.4. Kombinace vsakovacích zařízení

Zřizují se z důvodu plnění více účelů. Jako příklad lze uvést vsakování kombinované s estetickou funkcí. Tato zařízení jsou vhodná pro srážkové vody z propustných povrchů. Mohou vytvořit například jezírko s břehy nepropustnými do 1,0 m a retenčním prostorem pro zachycování srážek. Břehy se musí ochránit před mrazem a ledem. Návrh by měl uvažovat cirkulaci vody v jezírku. [15, s.19]

6.2 Odvádění do povrchových vod

Před posouzením odvádění srážkových vod do vod povrchových je nutné posoudit stavbu na možnosti použití vsaku. Pro návrh odvádění srážkové vody do vod povrchových se musí provést terénní průzkum o dostupnosti povrchových vod, kam by bylo možné dešťové vody odvést. Odvádění do povrchových vod je podmíněno několika body:

- závisí na druhu a míře znečištění;
- na požadované míře ochrany povrchových vod;
- na ohrožení toků hydrobiologickým stresem, způsobený nárazovým přítokem dešťových vod.

Pro málo znečištěné srážkové vody není třeba provádět žádná předčištění. K výpočtu přípustného odtoku dešťových vod se doporučuje specifický odtok $3 \text{ l}/(\text{s} \cdot \text{ha})$. Mělo by být upřednostněno svádění srážkové vody svodnicemi, které podporují výpar a snižují kulminační průtok. [14, s.12]

6.2.1 Způsoby předčištění dešťových vod před zaústěním do povrchových

Zařízení používaná pro čištění dešťových vod zaústěných do vod povrchových jsou obdobná jako u vsakovacích zařízení. Jsou však navíc řešena tak, že plní retenční i čistící funkci dohromady. [14, s.20]

Tabulka 8: Způsoby předčištění srážkových vod při zaústění do povrchových vod a účinnost pro různé druhy znečištění [14, s.39]

Způsob čištění	Zařízení	Hrubé nečistoty, splaveniny	Jemné částice	Těžké kovy a jejich nerozp. Sloučeniny	Uhlovodíky (minerální oleje, ropné látky)	Organické látky (nepatřící k jemným či hrubým částicím)	Živiny
Gravitační separace látek (sedimentace pevných částic a vyplavání lehkých látek)	Kalové jímky	++	++	++	++	-	-
	Usazovací nádrže						
	Dešťové nádrže	++	+	+	--	-	-
	Hydrodynamické odlučovače	++	++	+	++	-	-
	Odlučovače lehkých kapalin	++	++	+	++	-	-
Sedimentace a biologické čištění	Retenční nádrže se zásobním objemem, mokřady	+,0	++	++	-,0	++	++
Filtrace mechanická	Pískové a štěrkové filtry	++	++	+	--	--	+
	Geotextilie	++	++	+	--	--	--
Filtrace a biologické čištění (popř. přes půdní vrstvu)	Pískové a štěrkové filtry prorostlé vegetací	+,0	++	++	-	++	++
	Průlehy - rýhy Retenční půdní filtry	+,0	++	++	++	++	++
Filtrace přes adsorpční materiál	Aktivní uhlí	0	0	++	++	++	--
	Zeolity	0	0	++	++	+	--
	Hydroxidy železa a hliníku	0	0	++	--	--	--
	Adsorbenty olejů	--	--	--	++	--	--
++	vhodné						
+	podmínečně vhodné						
0	ve spojení s dalšími opatřeními						
-	spíše nevhodné						
--	nevhodné						

6.2.1.1 Gravitační separace látek

Pro málo odvodňované plochy se budují kalové jímky, pro velké plochy usazovací nádrže s odlučovačem lehkých kapalin. U suchých nádrží se zřizují plovací normé stěny. Je možné realizovat nádrže, které zachycují jen úvodní znečištěný splach a následný odtok je odkloněn mimo nádrž. Tyto nádrže však musí být realizovány s ústím do jednotné kanalizace nebo přímo na ČOV. [14, s.40]

V nádržích a mokřadech, kde je stálé nadržení, dochází také k biologickému čištění. Tyto nádrže musí být opatřeny kalovou jímkou z důvodu zanášení. [14, s.40]

Před retenční nádrží musí být zřízen objekt pro odloučení lehkých kapalin, tak aby se toto znečištění nedostávalo do nádrže a nebylo tam rozpouštěno. Retence před odlučovačem je možná, musí být však zařazena do čištění. [14, s.40]

6.2.1.2 Filtrace

Před zaústěním srážkových vod do povrchových vod probíhá filtrace. Filtrační zařízení jsou utěsněná vůči půdním vrstvám nepropustnými fóliemi. Filtrace probíhá přes štěrkopískové vrstvy, na kterých se zachytí i díky porůstající vegetaci hrubé a jemné nerozpouštěné látky, ale i jemné částice a biologicky rozkládající se organické látky. Při adsorpci v půdě dochází k zachycení těžkých kovů a organických polutantů. Zařízení určené k filtraci je nutné chránit před kolmatací. [14, s.40]

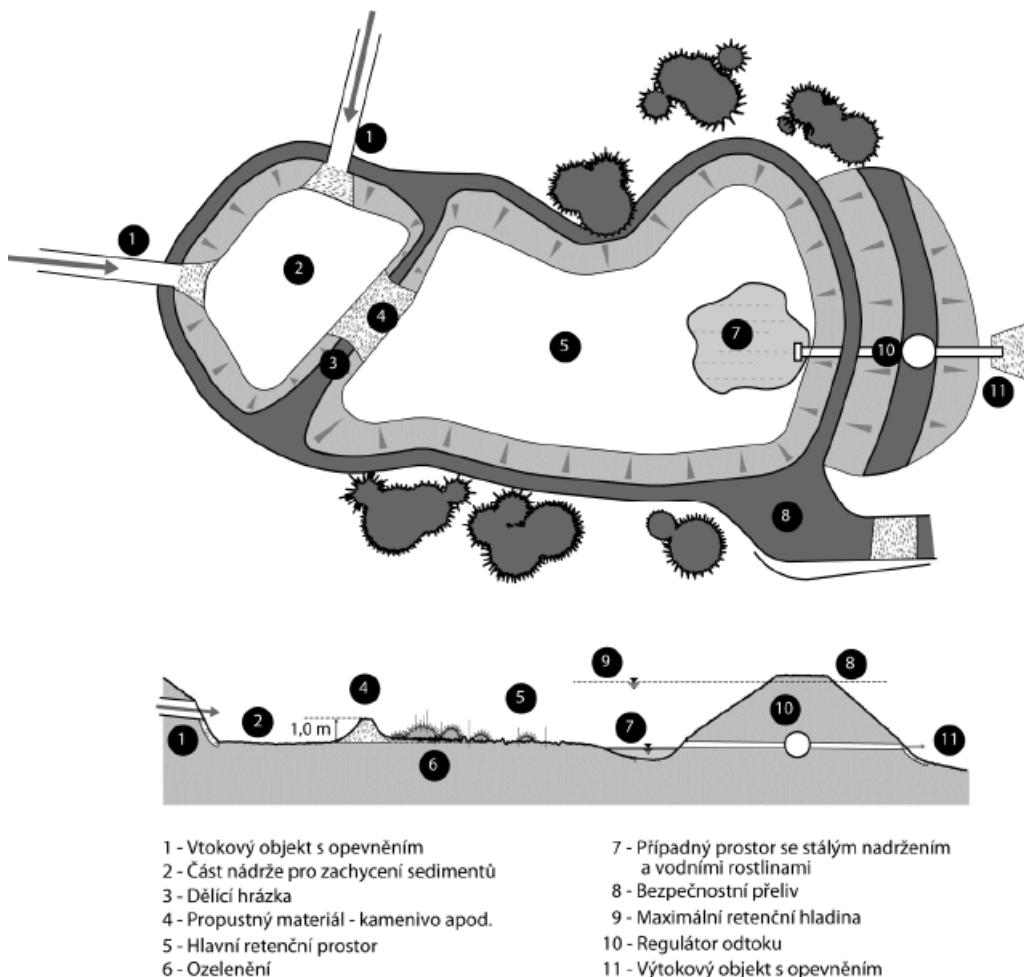
6.2.2 Typy retenčních objektů

Zpravidla je nutné navrhnout zařízení (retenční objekt), které zdrží odtok dešťových vod do recipientu. Retenční objekt musí být vybaven regulátorem odtoku, který reguluje odtok stanovený dle vodoprávního úřadu. Retenční objekt musí být vybaven bezpečnostním přelivem. Pro podporu evapotranspirace a estetiky by se měl navrhovat objekt především jako nádrž se zatravněnými břehy. Retenční objekty se mohou zřizovat suché nebo se stálým nadržem. [14, s.19]

6.2.2.1 Suché retenční dešťové nádrže (poldry)

Je to vymezený retenční prostor, který se při dešťové srážce plní. Má funkci snižování kulminačního průtoku a postupně se vyprazdňuje regulovaným odtokem. Osazuje

se vegetací. Kolem komunikací jsou tyto retenční prostory navrhovány jako liniové průlehy a jsou opatřeny hrázkami. Odtok umístujeme do jímky v nejnižším bodě objektu. U vtoku do nádrže se doporučuje zřídit usazovací prostor, tak aby se zamezilo zanášení objektu (obr.12). [14, s.19]



Obrázek 13: Suchá retenční dešťová nádrž (polder) [14, s.46]

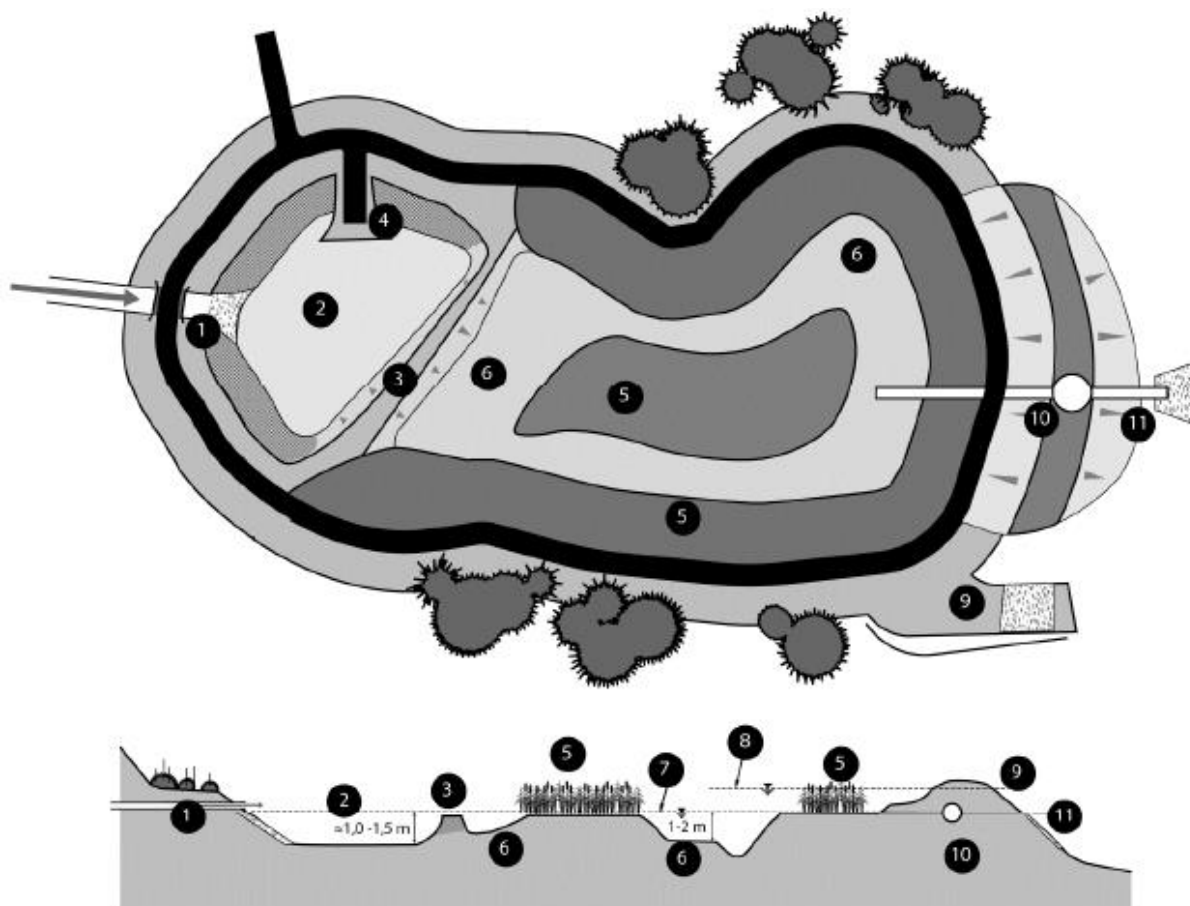
6.2.2.2 Podzemní retenční dešťové nádrže

Tyto nádrže jsou prostory velkého rozměru, které jsou umístěny pod povrchem a jsou nepropustné vůči okolí. Vyrábí se betonové, plastové nebo z plastových bloků, izolovaných fólií. Umisťují se přednostně mimo budovy. Regulace odtoku z nádrže je v nejnižším místě, tak aby byla vypustitelná. Stejně jako u předchozího typu se doporučuje zřizovat kalovou jímku proti vnosu sedimentů do nádrže. Pro možný přístup a odvětrání nádrže se zřizuje uzavíratelný otvor, případně i otvor s mřížkou umístěný

150 mm nad úrovní okolního terénu, který plní funkci odvětrání, uzavíratelného otvoru a bezpečnostního přelivu. [14, s.19]

6.2.2.3 Retenční dešťové nádrže se zásobním prostorem

Tyto nádrže mají svůj trvale nadržovaný prostor, po který se vyprazdňují regulovaným odtokem v době dešťů. V urbanizované oblasti mohou mít estetickou funkci, zlepšují mikroklima a případně je můžeme využít i k jiným účelům. Regulátor odtoku je umístěn v místě hladiny normálního nadržení. Pro omezení vstupu sedimentů osazujeme taktéž prostor pro sedimentaci. V části nádrže může být navržen biotop, přes který je voda vedena a biologicky čištěna (obr.13). [14, s.20]

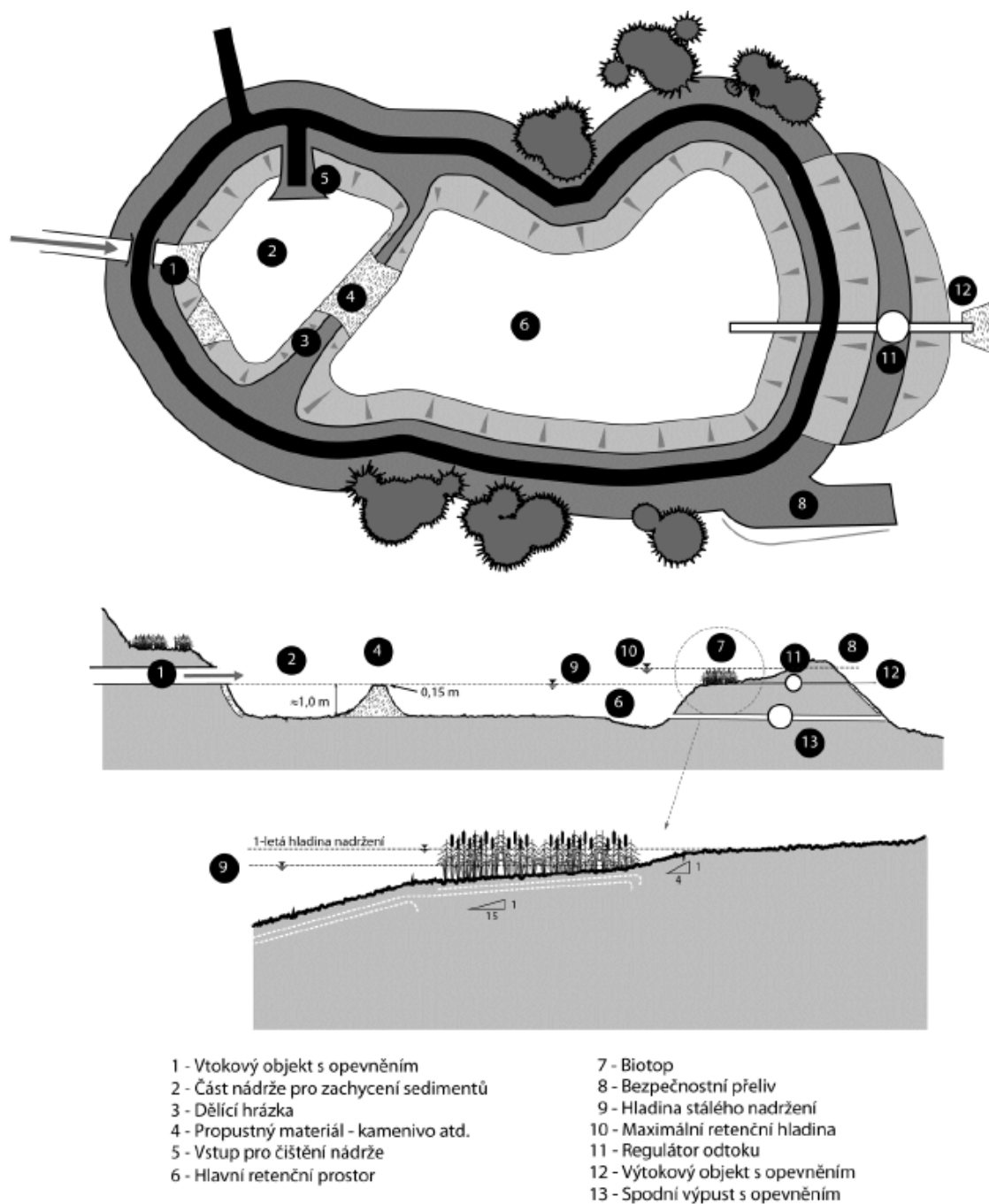


- | | |
|---|-------------------------------------|
| 1 - Vtokový objekt s opevněním | 6 - Zóna plovoucí/ponořené vegetace |
| 2 - Část nádrže pro zachycení sedimentů | 7 - Hladina stálého nadržení |
| 3 - Dělicí hrázka | 8 - Maximální retenční hladina |
| 4 - Vstup pro čištění nádrže | 9 - Bezpečnostní přeliv |
| 5 - Zóna emersní vegetace | 10 - Regulátor odtoku |
| | 11 - Výtokový objekt s opevněním |

Obrázek 14: Retenční dešťová nádrž se zásobním prostorem [14, s.47]

6.2.2.4 Umělé mokřady

Umělé mokřady jsou mělké nádrže se stálým nadržением. Jsou osazeny vodními rostlinami. Ty zajišťují biologické čištění. Mokřady slouží ke zvýšení vlhkostních poměrů, úpravě jakosti vody, retenci a regulaci odtoku. Stejně jako u suchých nádrží se doporučuje zřídit usazovací prostor, aby nebyl zanesen mokřad. Regulátor odtoku je umístěn ve výšce hladiny normálního nadržení (obr.14). [14, s.20]



Obrázek 15: Umělý mokřad [14, s.48]

6.3 Provoz objektů

Každý objekt nebo jejich kombinace musí mít stanoveného vlastníka, který zajišťuje provozuschopnost. Pro zajištění provozu musí být objekty dobře vybudované a jednoduše přístupné. Zhotovitel díla musí vlastníkovvi předat uživatelskou příručku (provozní řád), která má obsahovat technické parametry, vysvětlení funkčnosti, poruch a kritických stavů, požadavky na údržbu a možnosti nakládání se sedimenty. [14, s.25]

6.3.1 Údržba

Údržbu zařízení je možno rozdělit do tří kategorií – na pravidelnou údržbu, příležitostnou údržbu a opravy. Pravidelná údržba je definovaná jako časově předvídatelné úkony, jako je třeba údržba vegetace nebo odstraňování odpadu. Příležitostná (občasná) údržba jsou úkony, které nelze dobře předvídat – například odstranění sedimentů. Oprava zajišťuje původní funkčnost díla. Potřeba opravy může vzniknout při nedostatečném návrhu nebo špatné výstavbě, při nečekaných místních podmínkách. Může obsahovat úkony, jako jsou opravy erozí postižených částí, oprava vsakovací vrstvy a oprava nátoků nebo výtoků zařízení. Typická údržba objektů a zařízení HDV viz. tab.10. [14, s.26]

Tabulka 9: Typické úkony údržby objektů a zařízení HDV [14, s.27]

Úkon údržby <input checked="" type="checkbox"/> je vyžadováno <input type="checkbox"/> může být vyžadováno	Objekt/zařízení HDV										
	Vegetační střechy	Propustné zpevněné povrchy	Plošné vsakování	Vsakovací průlehy	Vsakovací nádrže	Vsakovací šachta	Prefabrikovaná podzemní vsakovací a retenční zařízení	Suché retenční nádrže	Suché retenční nádrže se zásobním objemem	Umělé mokřady	Předčisticí zařízení
Pravidelná údržba											
Kontrola	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Odstranění odpadků a listí	■	■	■	■	■	□	□	■	■	■	■
Kosení trávy	■	□	■	■	■			■	■	■	□
Pletí	□	□	□	□	□			□	□	□	□
Údržba křovin	□	□	□	□				□	□	□	□
Údržba břehové vegetace								□	■	■	□
Údržba vodní vegetace								□	■	■	□
Příležitostná údržba											
Odstranění sedimentu	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Výměna vegetace	□		□	□	□			□	□	□	□
Čištění (zametání) propustných a polopropustných povrchů		■									
Opravy											
Oprava objektu/zařízení či jeho částí	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□
Výměna filtrační vrstvy	□	□	□	□	□	□					□

6.4 Odvádění do jednotné kanalizace

Před návrhem zaústění dešťových vod do jednotné kanalizace je potřeba vyšetřit, zda není možné využít dva předchozí typy způsob nakládání se srážkovými vodami. Dalším důležitým parametrem je dostupnost jednotlivých stok. V případě zaústění vod nesmí být v kanalizaci překročeny hodnoty ukazatelů znečištění, stanovené v daném řadu pro odpadní vody. Pro stanovení přípustného odtoku slouží výpočet, případně se povoluje v závislosti kapacity stoky a ČOV na vodoprávním úřadu nebo se konzultuje s provozovatelem. Jestliže potřebujeme zpomalit odtok, navrhuje se retenční objekty.

Ten musí být vybaven všemi opatřeními, které jsou uvedeny v předcházející kapitole o retenčních objektech. [14, s.13]

Před zaústěním srážkové vody do jednotné kanalizace by se měla realizovat opatření proti vniku nerozpuštěných a ropných látek do sítě. Způsoby předčištění jsou uvedeny v ČSN EN 752. [14, s.13]

7 Závěr

Hospodaření se srážkovou vodou je jedna z aktuálně nejvíce řešených problematik. V místech souvislé zástavby je podstatně menší vsakovaná míra dešťových vod než mimo ni. Většina vody je odváděna kanalizací, která je při velkých vzdálenostech ekonomicky náročná, navíc se voda velmi rychle dostává do vodních toků, kde hrozí riziko vzniku povodní. Těmto negativním jevům lze předejít návrhem vsakovacích a retenčních zařízení.

Možnosti vsakování a retence jsou v urbanizovaném území poměrně omezené s ohledem na stísněné prostory a majetkoprávní vztahy. Každá plocha vyžaduje svůj specifický návrh a záleží především na hydrogeologických podmínkách. Půda musí být dostatečně propustná (není možné zasakovat například v jílovitých půdách) a zároveň hladina podzemní vody musí být dostatečně hluboko (minimálně 1,0 m pod dnem vsakovacího objektu). Plochy je možné rozdělit obecně na plochy parkovací, místní komunikace, parkové plochy a plochy náměstí. Odvod srážkových vod z těchto ploch by měl být řešen tak, aby srážkové vody zůstaly v místě spadu.

Parkovací plochy jsou zpevněné, propustné nebo nepropustné plochy. Jako jedno z možných řešení likvidace srážkových vod lze využít zelené dělicí pruhy mezi parkovacími stáními, do nichž jsou vyspádované okolní plochy. Vsak lze podpořit zatravněvacími tvárnicemi, které mohou být betonové nebo plastové. Zelený pruh lze realizovat jako vsakovací průleh, jímž je voda zadržována a postupně vsakována. Vsakování je možné zlepšit návrhem lože z drceného kameniva. K regulaci výšky hladiny vody v průlehu mohou sloužit vpusti s kótou mříže v navržené výšce. Vpust' může být osazena v konstrukci vsakovací šachty, kde se dnem postupně vsakuje voda do podloží. V případě naplnění šachty, kdy se voda nestíhá vsakovat, může odtékat vsakovacím potrubím, kde se postupně po celé délce absorbuje do půdy. Toto potrubí může ústít buď do další navazující vsakovací šachty, do podzemních objektů pro vsakování nebo do povrchového zařízení, pokud je v okolí parkovacích ploch dostatek prostoru. Obecně platí, že likvidace srážkových vod se má realizovat na vlastním pozemku.

V prostoru městské komunikace je zpracování dešťové vody vsakem ve většině případů technicky náročné, pokud je vůbec možné. V případě dostatečného prostoru lze navrhnout vytvoření liniového příkopu vedle komunikace, kam stéká voda spádem přímo

a rovnoměrně po celé délce. Pro podpoření retence se mohou navrhovat malé přehrážky, které postupně vodu zadržují a až po naplnění určitého úseku voda odtéká do dalšího. V případě, že podél komunikace není prostor pro realizaci zeleného pruhu, je možné zvážit návrh vsakování přímo pod konstrukcí vozovky. Pro návrh tohoto typu odvodnění je nutné posoudit několik kritérií. Jedním z nich je znalost dopravního zatížení, které určuje mocnost vrstev nad vsakovacím objektem. Další nedílnou součástí je nutnost zachování stability zemního tělesa komunikace, požadovaný objem retence a posouzení vlivu zasakující srážkové vody na okolní stavby. Vsakovací systém nesmí být příčinou škod na budovách, proto je nutné prověřit existenci a polohu propustných a nepropustných vrstev v okolí základů budovy. Musí se počítat i s podzemními inženýrskými sítěmi (popř. s kolektory). Je třeba zvážit možnosti průsaku do zásypů rýh inženýrských sítí, které jsou většinou konstruovány z materiálů větších propustností než okolní prostředí. Při dlouhodobém zatížení hrozí odnos tohoto materiálu a vytvoření kaveren. V případě kanalizace mohou při nedostatečném těsnění potrubí vnikat balastní vody do stokové sítě a zatěžovat ČOV.

Možným řešením v oblastech místních komunikací jsou podzemní prostory, které vodu zadrží a ta se postupně vsakuje. K tomuto účelu jsou využívány vsakovací šachty, které mohou být umístěny přímo pod zemním tělesem a je do nich svedena srážková voda z komunikací uličními vpustěmi. Na vsakovací šachty mohou navazovat vsakovací potrubí nebo podzemní vsakovací systémy, v nichž se voda zadrží a postupně se vsakuje do půdy. V případě rozlehlějších prostorů ve městě, jako jsou náměstí nebo malé parky je možné vody zaústit do povrchových prohlubní nebo podzemních vsakovacích galerií (bloků). Vytvoření mělké prohlubně v trávniku umožní zadržet větší část vody na konkrétním místě. Prodlouží se tím doba, po kterou je vegetace zavlažena a zlepšuje se tak mikroklíma.

Vsakování a retence srážkové vody v urbanizovaných oblastech je velmi důležitá, jelikož vrací dešťovou vodu do přirozeného koloběhu přímo v místě srážek. Navíc je vrstvou trvalého travnatého porostu a půdou přefiltrována a přečištěna, takže nesnižuje kvalitu podzemní vody. Provoz a údržba vsakovacích systémů je proti kanalizačním sítím a čistírnám odpadních vod levnější a jednodušší. Tuto problematiku považuji za aktuálně důležité téma, jelikož poskytuje prostor pro další vývoj. Podrobnějšímu zkoumání na konkrétních případech bych se rád věnoval a navázal na tuto literární rešerši v diplomové práci.

Bibliografie

- [1] Krejčí, V. a kol. *Odvodnění urbanizovaných území – koncepční přístup*. Brno: NOEL 2000, 2002. ISBN 80-86020-39-8.
- [2] Český hydrometeorologický ústav. [online]. [cit. 2018-04-05] Dostupné z: <http://portal.chmi.cz/>
- [3] Hlavínek, P., Mičín, J. a Prax, P. *Příručka stokování a čištění*. Brno: NOEL 2000, 2001. ISBN 80-86020-30-4.
- [4] Trupl, J. *Intensita krátkodobých dešťů v povodí Labe, Odry a Moravy*. Praha: VÚV, 1958.
- [5] *Technické podmínky TP 83 odvodnění pozemních komunikací*. Praha: Ministerstvo dopravy Odbor pozemních komunikací, 2014.
- [6] ČVUT Fakulta stavební. Katedra zdravotního a ekologického inženýrství. Hydrobiologie, hydrochemie a zdravotní inženýrství. *Stokování – návrh stok*. [online]. 2017 [cit. 2018-04-19] Dostupné z: http://kzei.fsv.cvut.cz/pdf/HHZI_08.pdf
- [7] *ČSN 73 6110 (736110) Projektování místních komunikací*. Praha: Český normalizační institut, 2006. ICS 93.080.10.
- [8] Vysoká škola báňská. Organizace a řízení dopravy. [online]. [cit. 2018-04-21]. Dostupné z <http://kds.vsb.cz/mkk/podklady/ds-04.pdf>
- [9] *TP 170 Navrhování vozovek pozemních komunikací*. Praha: Ministerstvo dopravy České republiky, 2004.

- [10] Zajíček, J. a kol. *Technologie stavby vozovek*. Praha: ČKAIT, 2014. ISBN 978-80-87438-59-6.
- [11] Vébr, L. a Sedláčková, J. *Přírodě blízké odvodnění dopravních ploch v sídlech*. Praha: Ústav pro ekopolitiku, 2006. ISBN 80-903244-8-7.
- [12] ČSN 73 6005 (736005) *Prostorové uspořádání sítí technického vybavení*. Praha: Český normalizační institut, 1994.
- [13] *Vzorové listy staveb pozemních komunikací VL. 2.2 Odvodnění*. Brno: Ministerstvo dopravy ČR – obor infrastruktury, 2008.
- [14] TNV 75 9011 (759011) *Hospodaření se srážkovými vodami*. Praha: Sweco Hydroprojekt a.s., 2013.
- [15] ČSN 75 9010 (759010) *Vsakovací zařízení srážkových vod*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2012. ICS: 13.060.10.
- [16] Vysoká škola báňská. Cvičení inženýrské geologie [online]. [cit. 2018-04-27]. Dostupné z: http://geologie.vsb.cz/CviceniInzenyrskaGeologie/KAPITOLY/10_Vlastnosti/10%20Vlastnosti_v7ma.htm
- [17] Vysoké učení technické v Brně. Ústav geotechniky. Studium [online]. [cit. 2018-05-05]. Dostupné z: <http://geotech.fce.vutbr.cz/studium/geologie/skripta/PODVODA.htm>
- [18] Žabička, Z. *Vliv vsakování povrchové dešťové vody na stavební objekty* [online]. 2007 [cit. 2018-05-10]. Dostupné z: <https://voda.tzb-info.cz/destova-voda/4385-vliv-vsakovani-povrchove-destove-vody-na-stavebni-objekty>

- [19] ČSN 75 6101 (756101) *Stokové sítě a kanalizační přípojky*. Praha: Český normalizační institut, 2004.
- [20] ČSN EN 752 (756110) *Odvodňovací systémy vně budov - Vedení kanalizace*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2017.
- [21] TNV 75 4922 *Údržba odvodňovacích zařízení*. Praha: Hydroprojekt, 1995.
Odvětvová technická norma vodního hospodářství.
- [22] ČSN 73 6056 (736056) *Odstavné a parkovací plochy silničních vozidel*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2011.
- [23] ČSN 75 6261 (756261) *Dešťové nádrže*. Praha: Český normalizační institut, 2004.
- [24] ČSN EN 858-2 (756510) *Odlučovače lehkých kapalin (např. oleje a benzínu). Část 2, Volba jmenovité velikosti, instalace, provoz a údržba*. Praha: Český normalizační institut, 2003. ICS: 13.060.30
- [25] ČSN 75 6551 (756551) *Odvádění a čištění odpadních vod s obsahem ropných látek*. Praha: Český normalizační institut, 2008.
- [26] ČSN EN 752 (756110) *Odvodňovací systémy vně budov - Vedení kanalizace*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2017.
- [27] Prax, P. a Hlavínek, P. *Hospodaření s dešťovými vodami v urbanizovaném území*. Brno: ARDEC, 2007. ISBN 978-80-86020-55-6.
- [28] Haloun, R. *Modelování odtoku z intravilánu*. Praha: ČVUT Praha, 1993.
ISBN 80-01-00974-2.

Seznam tabulek

Tabulka 1: Dešťová intenzita stanice Praha – Podbaba [4, s.51].....	7
Tabulka 2: Doporučené hodnoty vodního součinitele [4, s.41].....	11
Tabulka 3: Návrhový déšť pro odvodňovací zařízení [5, s.45]	13
Tabulka 5: Orientační hodnoty propustnosti vybraných druhů hornin [16].....	28
Tabulka 6: Typické znečišťující látky na pozemních komunikacích a očekávaná míra znečištění srážkových vod [5, s.12].....	30
Tabulka 7: Doporučené způsoby vsakování dešťových vod z různých typů ploch s ohledem na jejich znečištění [14, s.33]	31
Tabulka 8: Způsoby předčištění srážkových vod při vsakování a účinnost pro různé druhy znečištění [14, s.35].....	32
Tabulka 9: Způsoby předčištění srážkových vod při zaústění do povrchových vod a účinnost pro různé druhy znečištění [14, s.39]	45
Tabulka 10: Typické úkony údržby objektů a zařízení HDV [14, s.27].....	51

Seznam obrázků

Obrázek 1:Průměrný roční úhrn srážek za období 1981-2010 [2].....	6
Obrázek 2:Kvalitativní znázornění tvorby dešťového odtoku [1, s.139].....	9
Obrázek 3: Schéma hierarchizace komunikační sítě [8, s.4]	18
Obrázek 4: Příčné uspořádání prostoru MK [7, s.30]	21
Obrázek 5: Zájmová pásma podzemních vedení v přidruženém prostoru [12, s.16]	22
Obrázek 6:Objekt plošného vsakování [14, s.42]	38
Obrázek 7: Vsakovací průleh s povrchovým přívodem vody [14, s.42]	39
Obrázek 8: Vsakovací nádrž [14, s.44]	39
Obrázek 9: Vsakovací průleh-rýha [14, s.43]	40
Obrázek 10: Vsakovací rýha s povrchovým plošným přítokem [14, s.44].....	41
Obrázek 11: Podzemní prostor vyplněný šterkem [15, s. 27].....	42
Obrázek 12: Vsakovací šachta [15, s.30].....	43
Obrázek 13: Suchá retenční dešťová nádrž (poldr) [14, s.46]	47
Obrázek 14: Retenční dešťová nádrž se zásobním prostorem [14, s.47].....	48
Obrázek 15: Umělý mokřad [14, s.48]	49