VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ OBCÍ
INSTITUTE OF MUNICIPAL WATER MANAGEMENT

PROVOZOVÁNÍ DEŠŤOVÝCH VPUSTÍ

OPERATION OF RAIN GUTTERS

DIPLOMOVÁ PRÁCE
DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE — Bc. Tereza Chotová
AUTHOR

VEDOUCÍ PRÁCE — doc. Ing. PETR HLUŠTÍK, Ph.D.
SUPERVISOR

BRNO 2021

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	NPC-SIV Stavební inženýrství – vodní hospodářství a vodní stavby
Typ studijního programu	Navazující magisterský studijní program s prezenční formou studia
Specializace	bez specializace
Pracoviště	Ústav vodního hospodářství obcí

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Student	Bc. Tereza Chotová
Název	Provozování dešťových vpustí
Vedoucí práce	doc. Ing. Petr Hluštík, Ph.D.
Datum zadání	31. 3. 2021
Datum odevzdání	14. 1. 2022

V Brně dne 31. 3. 2021

doc. Ing. Ladislav Tuhovčák, CSc. Vedoucí ústavu	prof. Ing. Miroslav Bajer, CSc. Děkan Fakulty stavební VUT

PODKLADY A LITERATURA

[1] Hlavinek P. a kol. Hospodaření s dešťovými vodami v urbanizovaném území, ARDEC, ISBN 80-86020-55-X
[2] LARRY W. MAYS. Stormwater collection systems design handbook. McGraw-Hill. 2001. ISBN 0-07-135471-9
[3] Wastewater Technology Fact Sheet : Sewers, Pressure. In MEYERS, F.E. [online]. Niskayuna, NY : EPA U.S., 9/2002. http://nepis.epa.gov.epa 832-pf-02-006
[4] Hlavínek P., Mičín J., Prax P.: Příručka stokování a čištění, ISBN 80-86020-30-4, NOEL 2000, Brno 2001
[5] Krejčí a kol.: Odvodnění urbanizovaných území - koncepční přístup, ISBN 80-86020-39-8, NOEL 2000, Brno 2002
[6] Sborníky Water Science and Technology, IWA Publishing
[7] Související normy a legislativní podklady
[8] Další podklady dle aktualizace vycházející z průběhu řešení dle pokynu vedoucího diplomové práce

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

Student v rešeršní části zpracuje problematiku v oblasti předčištění dešťových vod, návrhových parametrů a technického řešení těchto zařízení na stokové síti.

V praktické části práce student provede testování (laboratoře VHO) vybraných uličních vpustí různých konstrukčních systémů, vyhodnotí výsledky z několika hledisek (konstrukce filtru, množství zachyceného materiálu, doba ucpání uliční vpusti, systém čištění vpustí).

STRUKTURA DIPLOMOVÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část závěrečné práce zpracovaná podle platné Směrnice VUT "Úprava, odevzdávání a zveřejňování závěrečných prací" a platné Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání a zveřejňování závěrečných prací na FAST VUT" (povinná součást závěrečné práce).

2. Přílohy textové části závěrečné práce zpracované podle platné Směrnice VUT "Úprava, odevzdávání, a zveřejňování závěrečných prací" a platné Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání a zveřejňování závěrečných prací na FAST VUT" (nepovinná součást závěrečné práce v případě, že přílohy nejsou součástí textové části závěrečné práce, ale textovou část doplňují).

doc. Ing. Petr Hluštík, Ph.D.
Vedoucí diplomové práce

ABSTRAKT

Diplomová práce je rozdělena na dvě části. V první teoretické části je zaměřena na dešťové vpusti, jejich rozdělení, provozování a čištění. Dále je zde popsáno znečištění a předčištění srážkové vody a hospodaření se srážkovou vodou. Druhá praktická část zahrnuje testování vybraných uličních vpustí v laboratořích vodního hospodářství obcí (VHO). Dále jsou tyto vpusti porovnány a zhodnoceny dle kritérií: konstrukce filtru, množství zachyceného materiálu a systému čištění.

KLÍČOVÁ SLOVA

Srážková voda, dešťová vpust, znečištění, předčištění, infiltrace, retence

ABSTRACT

The diploma thesis is divided into two parts. The first theoretical part focuses on rain gutters, their distribution, operation and cleaning. The pollution, pre-treatment of rainwater and rainwater management are also described here. The second practical part includes testing of selected street rain gutters in the institute of municipal water management laboratories (VHO). Furthermore, these rain gutters are compared and evaluated according to these criteria: filter construction, amount of captured material and cleaning system.

KEYWORDS

Rainwater, rain gutter, pollution, pre-treatment, infiltration, retention

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

Bc. Tereza Chotová *Provozování dešťových vpustí.* Brno, 2021. 75 s. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodního hospodářství obcí. Vedoucí práce doc. Ing. Petr Hluštík, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané diplomové práce s názvem *Provozování dešťových vpustí* je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 14. 1. 2022

Bc. Tereza Chotová
autor práce

PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci s názvem *Provozování dešťových vpustí* zpracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 14. 1. 2022

Bc. Tereza Chotová
autor práce

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji mému vedoucímu práce, panu doc. Ing. Petru Hluštíkovi, Ph.D., za jeho cenné rady a čas věnovaný ke konzultacím diplomové práce.

OBSAH

1 ÚVOD 10

1.1 Cíl práce 11

2 LEGISLATIVA A NORMY 12

2.1 ČESKÁ REPUBLIKA 12
2.1.1 Zákony a vyhlášky 12
2.1.2 Nařízení vlády 12
2.1.3 Státní normy 12

2.2 EVROPSKÁ UNIE 13
2.2.1 Směrnice 13

3 DEŠŤOVÉ VPUSTI 14

3.1 Rozdělení dle umístění 14
3.1.1 Horské dešťové vpusti 14
3.1.2 Uliční dešťové vpusti 15
3.1.3 Chodníkové dešťové vpusti 15

3.2 Skladba dešťových vpustí 16
3.2.1 Vtoková mříž 16
3.2.2 Vyrovnávací prstenec 17
3.2.3 Kalový koš 18
3.2.4 Těleso a dno vpusti 19

3.3 Návrhové parametry vpustí 21

3.4 Opravy uličních vpustí 23

3.5 Provozování a čištění dešťových vpustí 23
3.5.1 Provozovatel dešťových vpustí v Praze 24
3.5.2 Provozovatel dešťových vpustí v Ostravě 24
3.5.3 Provozovatel dešťových vpustí ve Zlíně 24
3.5.4 Provozovatel dešťových vpustí v Brně 24
3.5.5 Provozovatel dešťových vpustí v Plzni 25
3.5.6 Provozovatel dešťových vpustí v malých obcích 25

4 SRÁŽKOVÁ VODA 26

4.1 Srážko-odtokový proces v povodí 27

4.2 Historické deště 29

4.3 Modelové deště 29
4.3.1 Blokový déšť 30
4.3.2 Syntetický déšť 31

4.4 Volba dešťových dat 31

4.5 Znečištění srážkové vody 32
4.5.1 Znečištění z atmosféry 32

4.5.2 Znečištění při kontaktu srážkové vody s různými materiály ... 32

4.6 Předčištění srážkové vody ... 34
4.6.1 Předčištění při zaústění srážkové vody do povrchových vod ... 34
4.6.2 Předčištění při vsakování srážkové vody ... 36
4.6.3 Údržba objektů předčištění srážkových vod ... 39

4.7 Urbanizace a hydrologický režim ... 40

4.8 Hospodaření se srážkovou vodou ... 41
4.8.1 Existující zástavba ... 41
4.8.2 Oblasti novostaveb ... 41

4.9 Použití, retence a infiltrace srážkové vody ... 41
4.9.1 Použití srážkových vod ... 43
4.9.2 Retence srážkových vod ... 43
4.9.3 Infiltrace srážkových vod ... 45

5 TESTOVÁNÍ VYBRANÝCH DEŠŤOVÝCH VPUSTÍ ... 48

5.1 Popis modelu ... 48

5.2 Příprava měření ... 51

5.3 Průběh měření ... 52

5.4 Popis testovaných vpustí ... 54
5.4.1 Betonová vpust firmy Prefa ... 54
5.4.2 Plastová vpust RAINSPOT firmy Rehau ... 55

5.5 Výsledky měření ... 56

5.6 Vyhodnocení dešťových vpustí ... 58
5.6.1 Vyhodnocení dle konstrukce filtru ... 58
5.6.2 Vyhodnocení dle množství zachyceného materiálu ... 60
5.6.3 Vyhodnocení dle systému čištění vpusti ... 61

5.7 Srovnání a zhodnocení ... 62

5.8 Doporučení nejvhodnější vpusti ... 64

6 ZÁVĚR ... 65

7 POUŽITÁ LITERATURA ... 66

SEZNAM TABULEK ... 72

SEZNAM OBRÁZKŮ ... 73

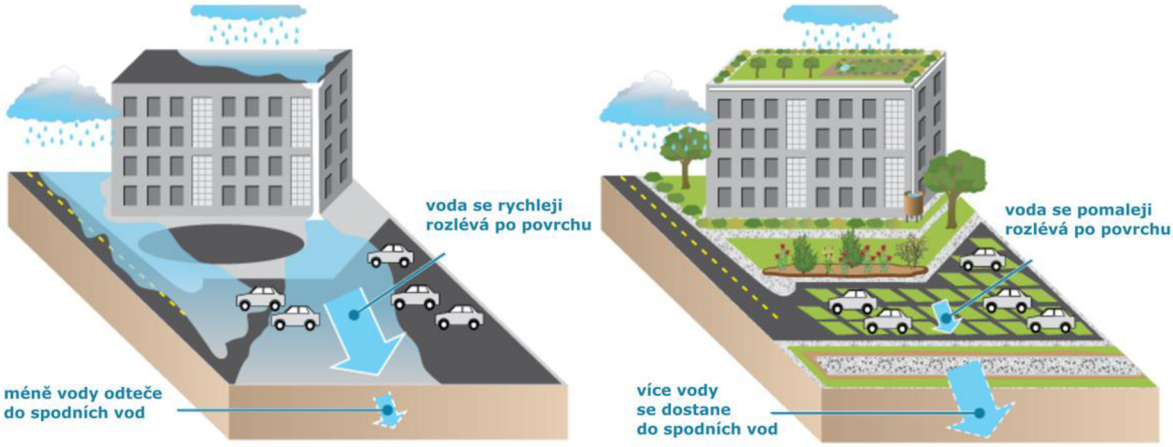
1 ÚVOD

Jedním ze zdrojů pitné vody jsou podzemní vody. Jejich hlavní dotaci zajišťují srážkové vody. V urbanizovaném území je však infiltrace srážkových vod do půdy a tím obohacování podzemních vod značně zkomplikovaná. To je způsobeno hlavně z důvodu rozsáhlé výstavby nepropustných ploch. Proto se doporučuje čím dál tím více se zajímat o hospodaření se srážkovými vodami. [66] Rozumné hospodaření se srážkovou vodou má přínos pro krajinu v urbanizovaných územích. Motivace pro lidi, aby začali více hospodařit se srážkovou vodou, mohou být dotace Ministerstva životního prostředí, které nabízí aktuální program „Dešťovka“. Do budoucnosti by se mohlo začít využívat recyklovanou srážkovou vodu jako užitkovou vodu v rozvodech rodinných domů. Již dnes se ukazuje, že toto znovuvyužití srážkové vody bude mít spíše administrativní problémy než ty technické. [67] V Tab. 1.1 je potřeba srážkové vody pro různé způsoby využití v budově.

Tab. 1.1 Potřeba srážkové vody pro různá využití v budově [35]

Způsob využití srážkové vody	Potřeba srážkové (nepitné) vody	
	Úsporná zařízení	Neúsporná zařízení
Záchody v domácnosti	24 l/osoba·den	45 l/osoba·den
Záchody v administrativní budově	12 l/osoba·den	22 l/osoba·den
Záchody ve škole	6 l/osoba·den	12 l/osoba·den
Pračka v domácnosti	12 l/osoba·den	20 l/osoba·den
Zalévání zahrady	cca 1,0 l/m^2 (na plochu celé zahrady, i když se zalévá jen její část)	
	(60 l/m^2·rok, zalévá se od dubna do září)	
Kropení hřišť	1,2 l/m^2 na jedno kropení	
	(300 l/m^2·rok, kropí se od dubna do září)	
Kropení zeleně	cca 1,0 l/m^2 na jedno kropení	
	(80 - 200 l/m^2·rok, kropí se od dubna do září)	

S hospodařením se srážkovou vodou úzce souvisí pojem Modrozelená infrastruktura. Tou se rozumí modré a zelené plochy v zastavěném území. Tyto plochy mohou mít zásadní vliv na mikroklima ve městě a koloběh vody v přilehlé krajině. Budují se v souladu s přírodou. [68] Modré plochy zahrnují vodní prvky a vodní plochy ve městě. Cílem je zadržet maximum srážkové vody ve městech. Voda odvedena do přírodních jezírek či technických nádrží může sloužit k zálivce okolní zeleně. [69] V České republice se denně zastaví 14 ha pozemků, přičemž se odstraňuje zeleň a plocha se alespoň částečně znepropustní. Následky, které souvisí s menšími plochami zeleně, jsou větší povrchový odtok a možnost vzniku tepelných ostrovů. Tyto následky je ve snaze snižovat např. propustnými zpevněnými plochami nebo ozeleněním propustné vrstvy (Obr. 1.1). [70]



Obr. 1.1 Odtok srážkové vody z nepropustných ploch (vlevo) a propustných ploch (vpravo) [71]

1.1 CÍL PRÁCE

V teoretické části diplomové práce bylo cílem přiblížit problematiku s předčištěním srážkových vod. S tím souvisí znečištění těchto vod a objekty používané k předčištění. Dále se zde popisují návrhové parametry dešťových vpustí, jejich rozdělení dle konstrukce a materiálu, technické řešení vpustí a v neposlední řadě provozování a čištění uličních vpustí.

Praktická část zahrnuje testování vybraných uličních vpustí a porovnání z hlediska konstrukce filtru, množství zachyceného materiálu a systému čištění s testovanými vpustmi v roce 2020. Uliční vpusti jsou ohodnoceny podle váženého průměru, kdy se ke každému parametru přiřadila pomyslná známka a váha, a nakonec je doporučena nejvýhodnější uliční vpust.

2 LEGISLATIVA A NORMY

2.1 ČESKÁ REPUBLIKA

2.1.1 Zákony a vyhlášky

- **Zákon č. 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů (zákon o vodovodech a kanalizacích).**
- **Zákon č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon).**
- **Zákon č. 183/2003 Sb., o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon).**
- **Vyhláška č. 428/2001 Sb.**, kterou se provádí zákon č. 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů (zákon o vodovodech a kanalizacích).
- **Vyhláška č. 448/2017 Sb.**, kterou se mění vyhláška č. 428/2001 Sb.
- **Vyhláška č. 501/2006 Sb. o obecných požadavcích na využívání území**
- **Vyhláška č. 269/2009 Sb.**, kterou se mění vyhláška č. 501/2006 Sb.
- **Vyhláška č. 268/2009 Sb., o technických požadavcích na stavby.**

2.1.2 Nařízení vlády

- **Nařízení vlády č. 401/2015 Sb.**

2.1.3 Státní normy

ČSN 73 6005	Prostorové uspořádání sítí technického vybavení
ČSN 73 6101	Projektování silnic a dálnic
ČSN 73 6110	Projektování místních komunikací
TNV 75 9011	Hospodaření se srážkovými vodami
ČSN EN 124-1	Poklopy a vtokové mříže pro dopravní plochy – Část 1: Definice, klasifikace, konstrukční zásady, funkční požadavky a zkušební metody
ČSN EN 16941-1	Zařízení pro využití nepitné vody na místě - Část 1: Zařízení pro využití srážkových vod

2.2 EVROPSKÁ UNIE

2.2.1 Směrnice

- **Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2000/60/ES,** kterou se stanoví rámec pro činnost Společenství v oblasti vodní politiky.

- **Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2006/118/ES o ochraně podzemních vod před znečištěním a zhoršováním stavu.**

- **Směrnice 2008/105/ES,** která stanoví normy environmentální kvality v oblasti vodní politiky

3 DEŠŤOVÉ VPUSTI

Dešťové vpusti slouží k odvodnění vozovek, zpevněných ploch nebo chodníků. Umisťují se nejčastěji na okraje komunikací, ze kterých se odvádí srážková voda do kanalizace. Vzdálenost jednotlivých vpustí od sebe je 40 m, maximálně pak 60 m. Tato vzdálenost je závislá na podélném sklonu komunikace, chodníku nebo zpevněné plochy a na návrhovém přítoku srážkových vod. Hltnost vpusti (množství vody, které je dešťová vpust schopna zachytit a odvést při konkrétních podmínkách v místě osazení) má být 10 – 25 l/s v závislosti na údržbě, sklonu terénu apod. Odtokové potrubí musí být v nezámrzné hloubce a zároveň musí být respektována jiná potrubí. Na dálnicích a jiných rychlostních komunikacích se dešťové vpusti nesmí umisťovat do jízdních pruhů. Dále nesmí být umístěny na nároží křižovatek, na přechodech pro chodce a musí být mimo cyklostezky. Dešťové vpusti se dále rozdělují dle mnoha hledisek. [1][22]

3.1 ROZDĚLENÍ DLE UMÍSTĚNÍ

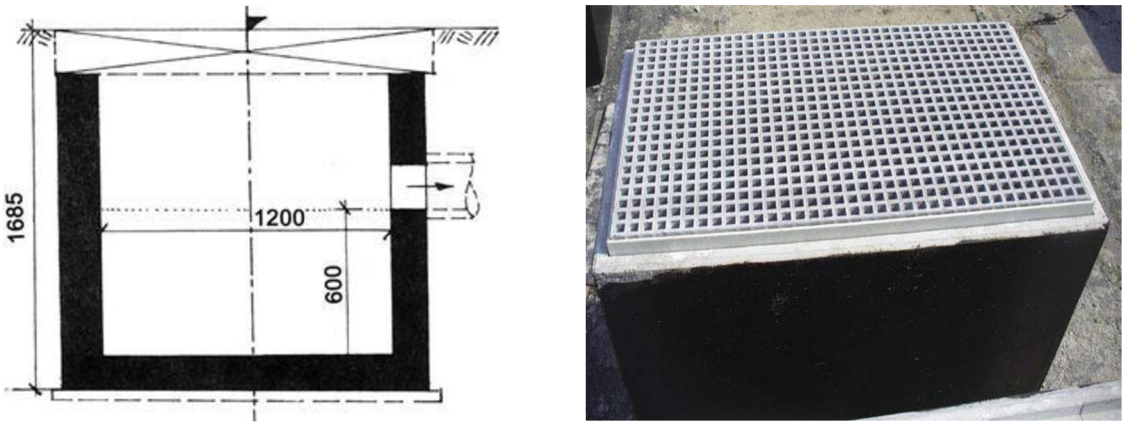
Podle umístění se dešťové vpusti rozdělují na:

- horské;
- uliční;
- chodníkové;
- kombinované.

3.1.1 Horské dešťové vpusti

Jedná se o dešťovou vpust, která má velkou plochu mříže a akumulační prostor na splaveniny. Sklon terénu, ze kterého se zachytávají srážkové vody, je obvykle vyšší než 8 %. Dále se horské vpusti používají tam, kde je přítok srážkových vod z nezpevněných ploch nebo v jiných otevřených příkopech. [2]

Horské dešťové vpusti (Obr. 3.1) se navrhují jako zděné, monolitické nebo prefabrikované šachty, které mají obdélníkový půdorys. Potrubí na odvodnění srážkové vody se navrhuje bez pachové uzávěrky. Tím, že se odtokové potrubí umístí 600 mm nade dnem výpusti, vznikne sedimentační prostor. Rám dvojité mříže se osazuje přímo na konstrukci tělesa výpusti. [1]



Obr. 3.1 Horská dešťová vpust [1][3]

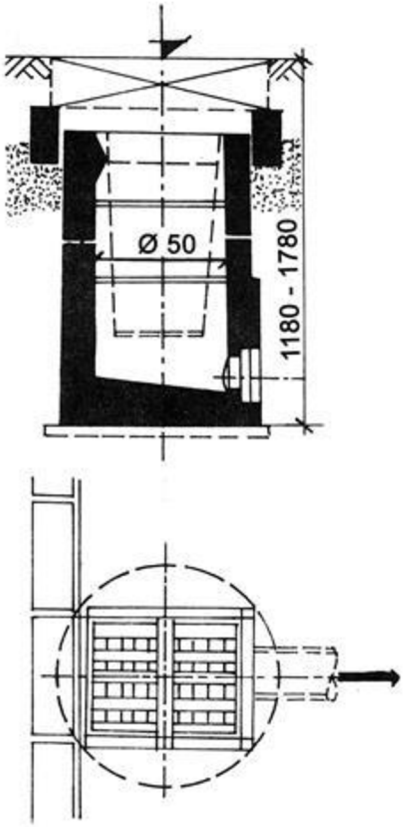
3.1.2 Uliční dešťové vpusti

Uliční dešťovou vpustí (Obr. 3.2) se rozumí vpust, která je osazena ve vozovce. Tyto vpusti jsou součástí komunikačních staveb, tudíž nejsou provozované provozovatelem kanalizace.

Zatížení na těleso vpusti se má přenášet na hutněné, pružné podloží. Maximální zapuštění do vozovky je 10 mm a na dálnicích 5 mm. Vnitřní průměr má být 500 mm. [1][2]

Uliční vpust se skládá z:

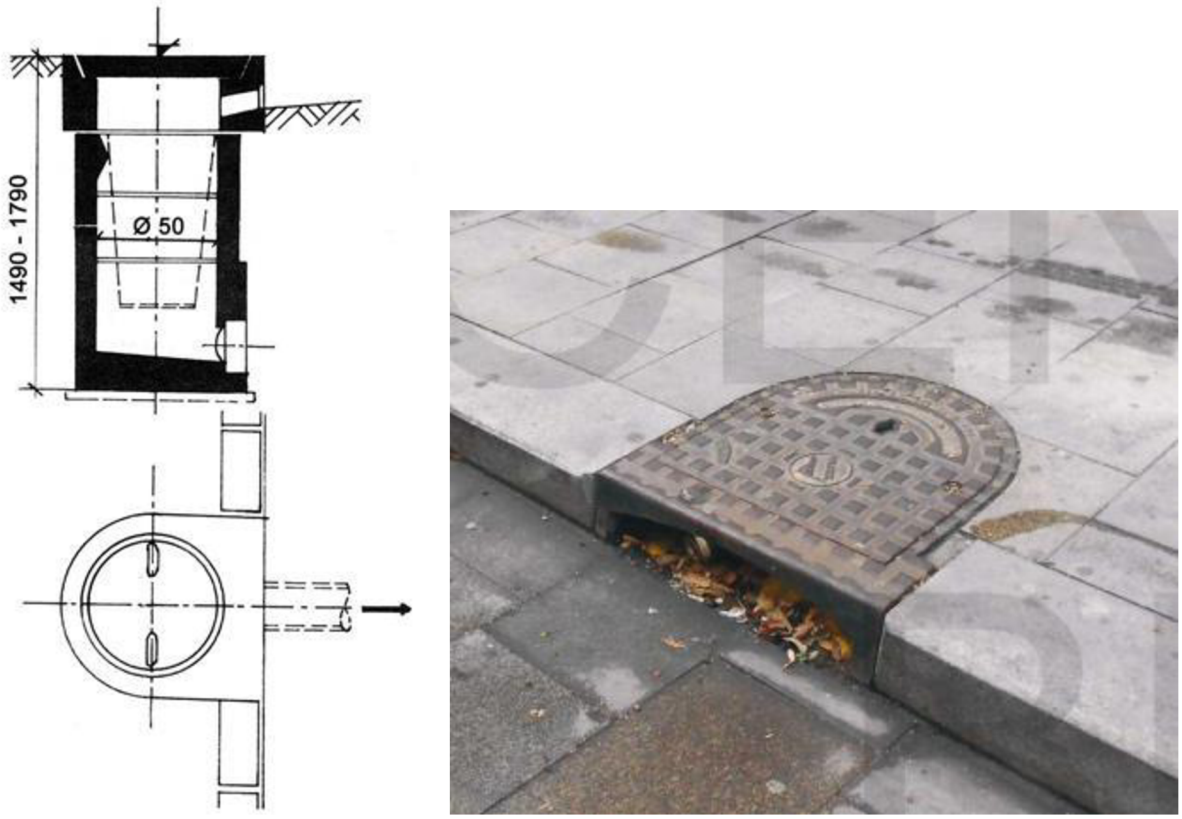
- litinové mříže s rámem;
- koše na bahno;
- podkladové konstrukce rámu;
- tělesa vpusti;
- odpadu na přípojku.



Obr. 3.2 Uliční dešťová vpust [1][4]

3.1.3 Chodníkové dešťové vpusti

Chodníkové dešťové vpusti (Obr. 3.3) se navrhují tam, kde se požaduje plynulost povrchu vozovky a při malých sklonech odvodňovacích ploch. Navrhují se také u zastávek MHD. Vtok do chodníkové vpusti není shora, ale z boku, přičemž účinná plocha bočního vtoku má být minimálně 0,025 m^2. [1][19]



Obr. 3.3 Chodníková dešťová vpust [1][5]

3.2 SKLADBA DEŠŤOVÝCH VPUSTÍ

Dešťové vpusti se skládají z několika částí, které mohou být z různých materiálů. Dešťová vpust se skládá z:

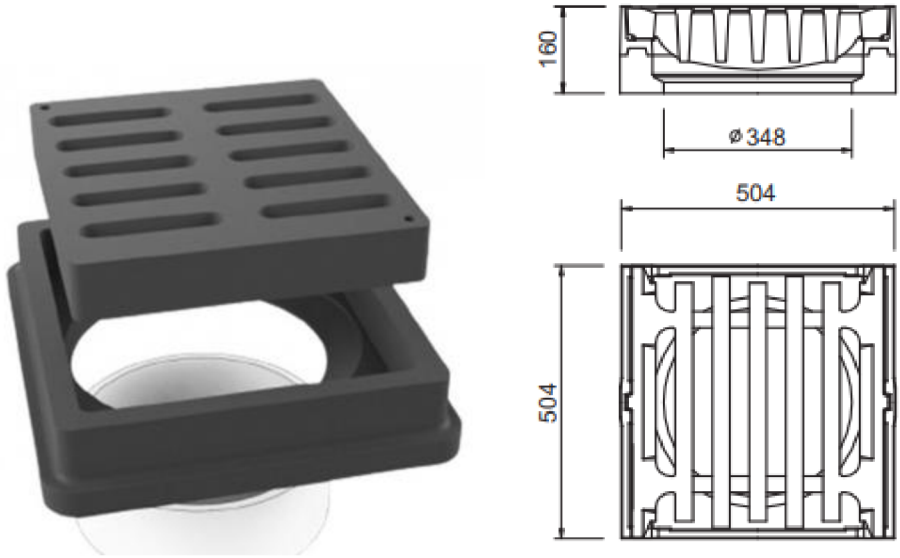
- vtokové mříže;
- vyrovnávacího prstence;
- kalového koše;
- tělesa vpusti;
- dna vpusti. [10]

3.2.1 Vtoková mříž

Vtoková mříž je poslední částí dešťové vpusti a slouží k jejímu zakrytí. Zachycuje a odvádí srážkovou vodu z komunikací a veřejného prostranství. Vtokové mříže mohou být tvořeny z litiny nebo plastu. Podle tvaru se rozdělují na kruhové nebo hranaté. [6]

Na Obr. 3.4 je zobrazena hranatá vtoková mříž z kompozitu (směs minerálních plniv a recyklovaných plastů). Jejími výhodami jsou nízká hmotnost, dlouhá životnost, odolnost proti korozi a UV záření, vysoká houževnatost, tlumení nárazů a otřesů. Zároveň je ze 100 % recyklovatelná. Třída zatížení je B125 a D400. [7]

Na Obr. 3.5 se nachází kulatá litinová vtoková mříž s polyethylenovým těsněním. Tento materiál je UV stabilní a zaručuje dlouhou životnost bez nároků na údržbu. [8]



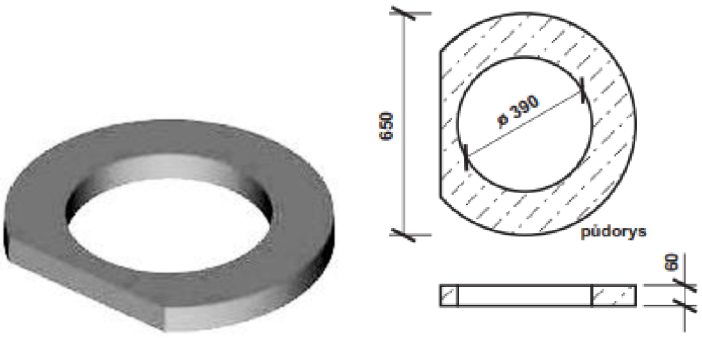
Obr. 3.4 Vtoková mříž z kompozitu [7] a schéma [10]

Obr. 3.5 Vtoková mříž litinová [8]

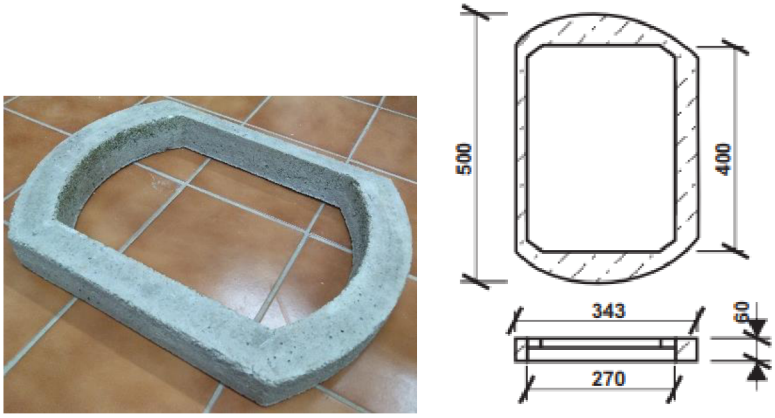
3.2.2 Vyrovnávací prstenec

Vyrovnávací prstenec se vyrábí z prostého vibrolisovaného betonu. Vyznačuje se vysokou pevností a odolností proti působení vody a chemickým rozmrazovacím látkám. Další výhodou je dlouhodobá životnost. Prstence se vyrábí jako kruhové (Obr. 3.6), kruhové seříznuté (Obr. 3.7), nebo hranaté (Obr. 3.8). Používají se pouze v případě betonové dešťové vpusti. [9]

Obr. 3.6 Kruhový vyrovnávací prstenec [11]



Obr. 3.7 Kruhový seříznutý vyrovnávací prstenec [9] a schéma [10]

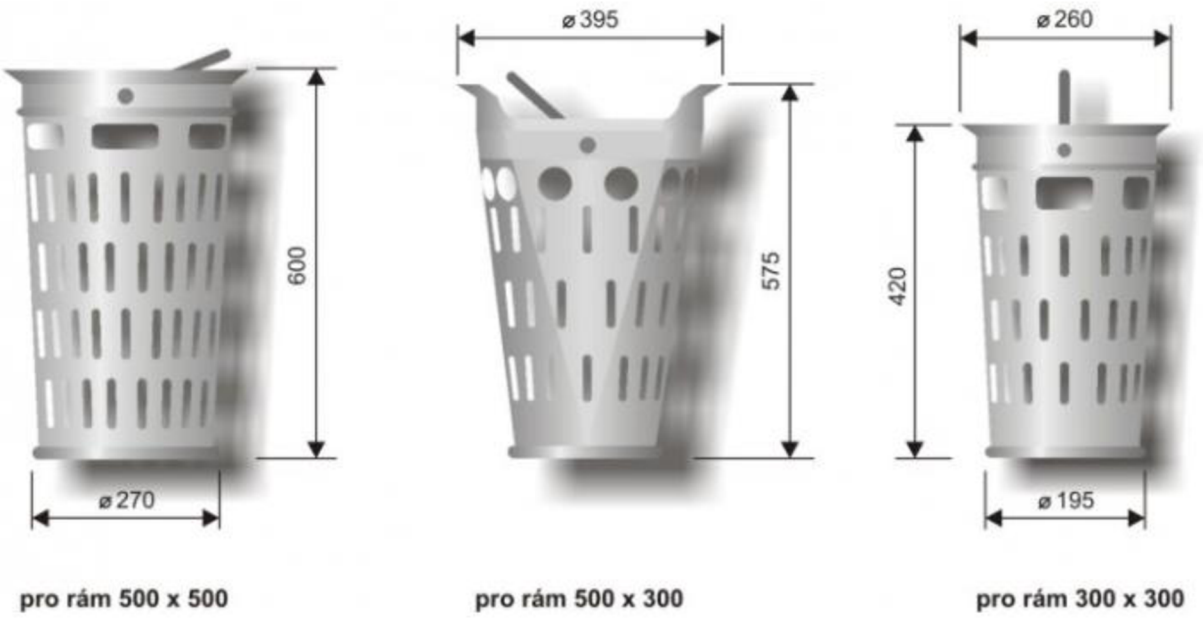


Obr. 3.8 Hranatý vyrovnávací prstenec [12] a schéma [10]

3.2.3 Kalový koš

Kalové koše se provádějí ze žárově zinkované oceli (Obr. 3.11) nebo z plastu (Obr. 3.11). Plastové koše mají vysokou trvanlivost a nejsou náchylné ke korozi. Jejich úkolem je zachytávat nečistoty, listí a jiné větší části, aby nevnikly do kanalizace. Kalové koše jsou čištěny většinou jednou za rok technickými službami. Mohou být nízké (Obr. 3.9) nebo vysoké (Obr. 3.10). [13]

Obr. 3.9 Nízké pozinkované kalové koše dle DIN 4052 [14]



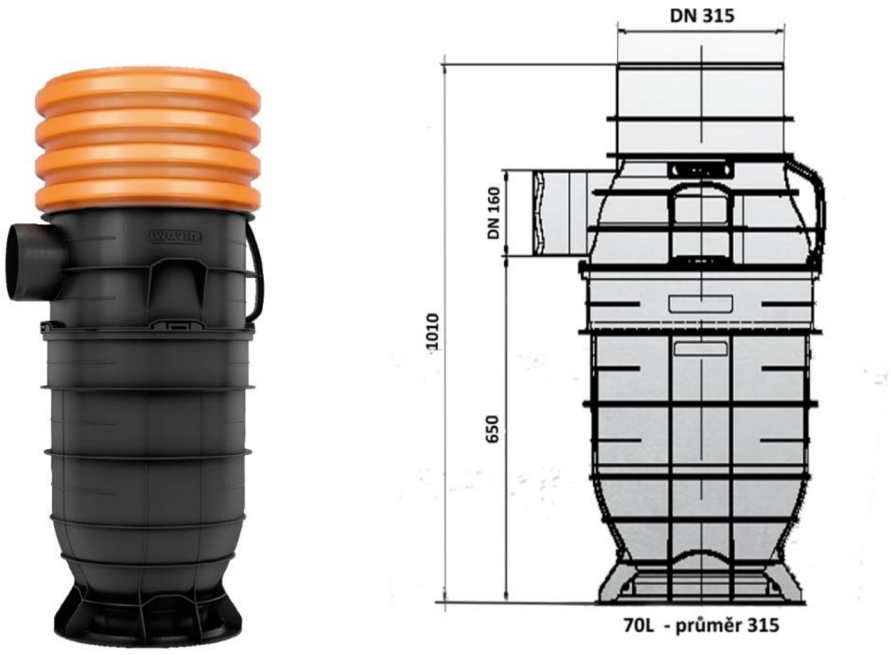
Obr. 3.10 Vysoké pozinkované kalové koše dle DIN 4052 [14]

Obr. 3.11 Vlevo plastový kalový koš [13], vpravo kalový koš z oceli [15]

3.2.4 Těleso a dno vpusti

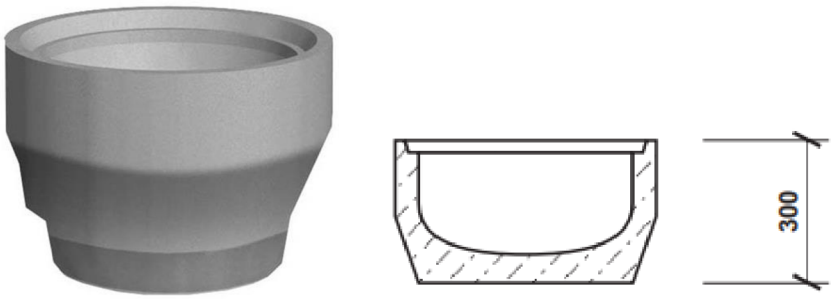
Těleso či dno vpusti může být tvořeno z betonu, nebo z plastu.

Vpusti vyrobené z polypropylenu jsou vysoce odolné proti poškození při přepravě, instalaci a údržbě. Na Obr. 3.12 je plastová uliční vpust s filtrem od firmy Wavin, která má pružnou šachtovou rouru. Ta spolupůsobí se zeminou a eliminuje tak vzniklé zatížení od dopravy. Tato eliminace minimalizuje poškození vtokové mříže a zajišťuje funkčnost vpusti. [16]

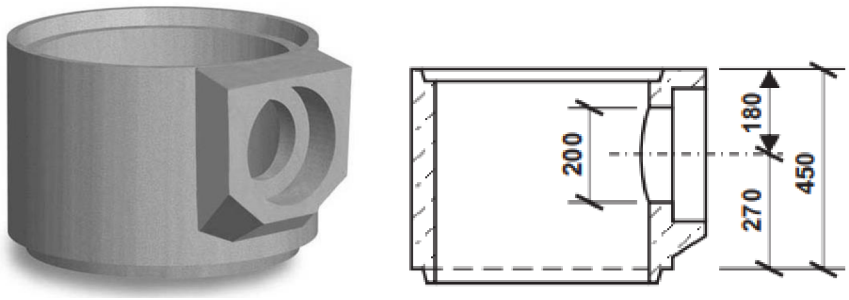


Obr. 3.12 Plastová vpust firmy Wavin a schéma plastové vpusti [16]

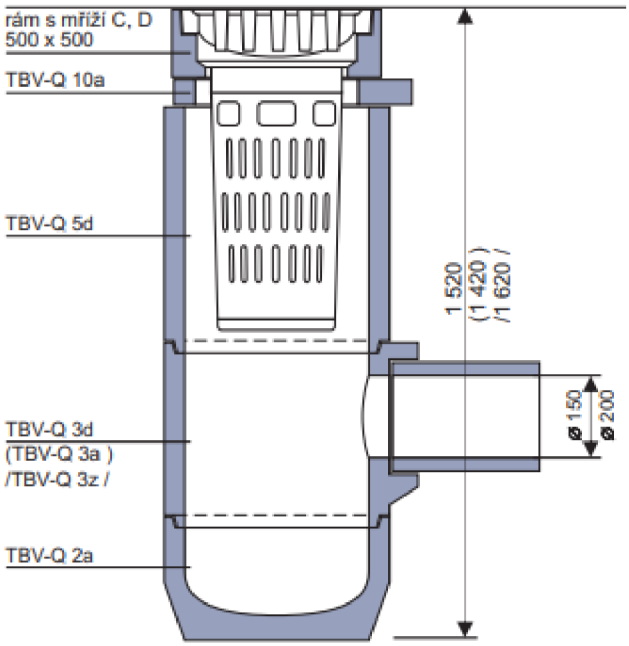
Betonové dešťové skruže (Obr. 3.14) a dna vpusti (Obr. 3.13) se vyrábí převážně z betonu třídy C 40/50. Jedná se o nejčastěji používaný materiál pro dešťovou vpust. [56]



Obr. 3.13 Dno betonové vpusti [17] a schéma [10]



Obr. 3.14 Skruž betonové vpusti s otvorem [18] a schéma [10]



Obr. 3.15 Schéma betonové vpusti s kalovým košem [10]

Betonová vpust na Obr. 3.15 se skládá z:

- rámu s mříží 500 x 500 mm, C, D (únosnost zatížení C250 nebo D400);
- TBV-Q 10a (vyrovnávací seříznutý prstenec, hmotnost 29 kg, viz. Obr. 3.7);
- TBV-Q 5d (skruž horní s celkovou výškou 600 mm, hmotnost 106 kg);
- TBV-Q 2a (dno s kalovou prohlubní, hmotnost 63 kg, viz Obr. 3.13);
- kalový koš na nečistoty (vysoký pozinkovaný, hmotnost 8,5 kg). [10]

3.3 NÁVRHOVÉ PARAMETRY VPUSTÍ

Navrhování dešťových vpustí má několik kritérií a požadavků, které se musejí dodržovat. V této kapitole jsou vypsány parametry navrhování z ČSN 75 6101 Stokové sítě a kanalizační přípojky.

Pokud se navrhují uliční dešťové vpusti, je na místě zvážit možnost použít dálniční mříže, obrubníkové dešťové vpusti, štěrbinové žlaby nebo žlaby s pororošty, odvodňovací profily s integrovaným obrubníkem či štěrbinové kryty. U návrhu je nutno počítat s největším možným zatížením, např. u odvodnění chodníků se počítá s občasným přejezdem nákladních vozidel při zásobování či stěhování. [22]

Jedna vpust počítá s plochou odvodňovaného území ne větší než 400 m^2. S tím souvisí hltnost vpusti, která se uvažuje v závislosti na sklonu terénu, jmenovité světlosti potrubí pro odtokové potrubí a hltnosti mříže. Při odvodnění vozovek se uliční vpust umisťuje tak, aby byla využita jejich hltnost. [22]

Vzdálenost uličních vpustí závisí na podélném sklonu komunikace, chodníku či jiných zpevněných ploch, na hltnosti vpustí a na návrhovém přítoku srážkových vod. Nesmí však být větší než 60 m. [22]

Na místech, kde je požadovaná mimořádná bezpečnost při odvádění srážkových vod se přednostně navrhují odvodňovací žlábky, které by měly mít úpravu pro zachycení splavenin. [22]

Při sklonu terénu větším než 8 % se mimo horské vpusti mohou navrhovat uliční vpusti s dvojitou vtokovou mříží. Srážkové vody z nezpevněných ploch nebo z otevřených příkopů se svádí do lapáků splavenin a horských vpustí. Při klesání nivelety komunikace směrem k přechodu pro chodce musí být dešťová vpust umístěna před tímto přechodem. Pokud je potřeba navrhnout mírnější podélný sklon, musí být dodržena hodnota nejméně 0,5 % ke vpustím. Dešťové vpusti nesmí být umisťovány na nároží křižovatek, na přechodech pro chodce či před vjezdy. Zároveň by se měly umisťovat do nejnižších míst odvodňovaného území u obrubníku. [19][21][22]

Vtoková mříž dešťové vpusti se volí dle velikosti přítoku srážkových vod, místa jejího osazení, množství splavenin a podélného sklonu komunikace či jiných odvodňovaných ploch. Povrch vtokové mříže musí být v úrovni odvodňované plochy, tedy nesmí vyčnívat. Pokud má vtoková mříž otvory širší než 32 mm nebo delší než 170 mm, musí se osadit tak, aby žebra vtokové mříže byla kolmá na směr jízdy svojí delší stranou. V místech, kde mohou jezdit cyklisti, musí být takto osazeny všechny vtokové mříže bez ohledu na rozměry. [22]

Dešťové vpusti musí být zahloubeny tak, aby odpadní potrubí bylo v nezámrzné hloubce a musí respektovat jiná podzemní vedení. Dále musí být umožněno čištění vpusti pomocí mechanizačních prostředků. [22] Na dálnicích nebo rychlostních komunikacích se nesmí umisťovat v jízdních pruzích. [19]

Z dešťové vpusti jsou srážkové vody odváděny pomocí kanalizační přípojky, která má mít jmenovitou světlost nejméně 150. Spoj potrubí a dešťové vpusti musí být proveden tak, aby byl vodotěsný. Aby se zabránilo vnikání zápachu ze stoky přes vpust, doporučuje se dešťovou vpust provádět se zápachovou uzávěrkou. [22]

Pokud je nutné napojit více dešťových vpustí na jedno společné potrubí, musí být doložen souhlas provozovatele nebo vlastníka stokové sítě. Zároveň musí být zabezpečen bezporuchový provoz, snadná údržba a čištění vpustí, ale i potrubí. Vzdálenost mezi vstupní nebo revizní šachtou na tomto potrubí nesmí přesáhnout 40 m a vzdálenost, která je mezi revizní šachtou a vpustí, nesmí přesáhnout 20 m. [22]

Dopravní zatížení se má přenášet přímo do podloží. Toho se dosáhne tím, že se prostorové uspořádání dešťových vpustí, tzn. osazení vtokové mříže a spodní části vpusti navrhne vhodně tak, aby nebylo těleso vpusti bezprostředně namáhané tímto dopravním zatížením. Pokud to není možné, je nutné navrhnout spodní část vpusti na příslušné zatížení. [22]

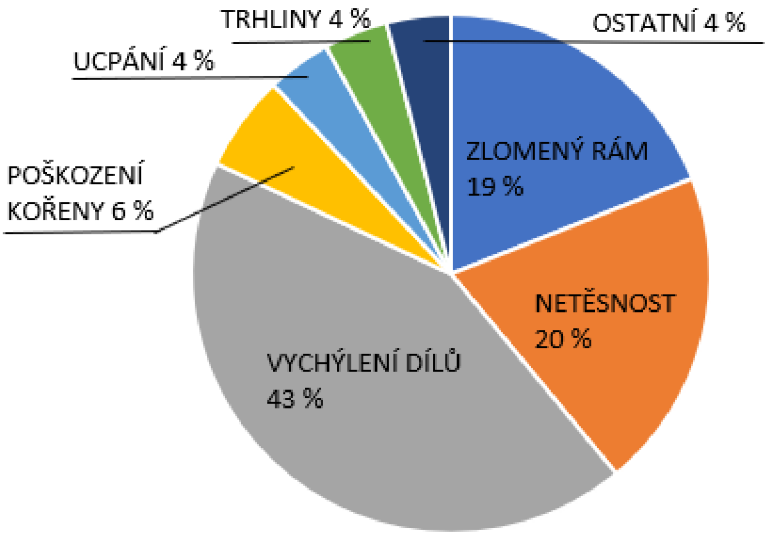
Pokud hrozí vnikání těžkých splavenin (písku), je doporučeno navrhnout vpust s kalovým prostorem ve dně nebo s vyjímatelným košem. Kalový koš by měl mít dostatečný počet otvorů na propouštění srážkové vody do kanalizace. Dále by měl být koš vybaven rukojetí pro lepší manipulaci a měl by mít kónický tvar. V horní části vpusti je uložený na konzolách, jelikož zavěšení koše na háky se nedoporučuje. [22]

3.4 OPRAVY ULIČNÍCH VPUSTÍ

Uliční vpust je třeba vyměnit, pokud je nějakým způsobem narušena. Vlivy, které mohou narušit vpust, jsou:

- vysoké zatížení vozovek;
- neprofesionální pokládka vpusti;
- nevhodně navržený typ vpusti;
- nesprávná instalace. [72]

Studie ukázaly, že více než 2/3 nutných oprav vpustí jsou způsobeny odchylkami polohy, netěsnostmi nebo prasklinami. Na Obr. 3.16 je graf s důvody sanačních opatření včetně procentuálního zastoupení poruch. [59]



Obr. 3.16 Důvody nutnosti sanace [60]

3.5 PROVOZOVÁNÍ A ČIŠTĚNÍ DEŠŤOVÝCH VPUSTÍ

V této kapitole jsou popsáni provozovatelé dešťových vpustí a jejich čištění v největších městech České republiky. Čištění dešťových vpustí dle zanesení kombinovaným vozem se pohybuje v rozmezí 400 – 1600 Kč/kus s DPH. Pokud by čištění probíhalo ručně, je tato cena 800 Kč/h včetně DPH. [23]

Při čištění uličních vpustí ručně je zapotřebí 3 pracovníků, dále nářadí na otevření mříže, lopaty, škrabky atd. a vůz na vytěžený materiál příp. kontejner. Je potřeba dodržovat zásady BOZP. Postup při čištění uličních vpustí ručně je následující:

1. Zajištění pracoviště, otevření vtokové mříže a v případě potřeby indikace závadného prostředí.
2. Jako první se vytáhne kalový koš, který 2 pracovníci zvedají a zbylý pracovník uvolní háky koše z litinového rámu a po uvolnění vytáhnou zaplněný kalový koš nečistotami.
3. Kalový koš se položí na vozovku a úzkou lopatou se vybere část nečistot, aby se zbytek dal bez většího hluku vysypat na vozovku. Pokud nelze vysypat zbylé nečistoty, je nutno je načechrat.

4. Po ukončení čištění se prázdný kalový koš spustí do vyčištěného tělesa vpusti. Vtoková mříž se opět uzavře a zamete se pracoviště.
5. Nečistoty vysypané na vozovku se naloží na korbu vozu a řidič odjíždí s naplněným vozem na místo předem určené. [20]

Při čištění uličních vpustí strojně s proplachem je postup následující:

1. Nejprve se otevře vtoková mříž.
2. Jako první se vytáhne a vysype kalový koš.
3. Dále se nečistoty usazené v prostoru vpusti rozstříkají a současně odsávají. Poté se propláchne odtokové potrubí pomocí tlakové trysky.
4. Po ukončení čištění se opět osadí kalový koš a vpust se uzavře vtokovou mříží.
5. Vytěžené nečistoty se odváží a likvidují. [24]

3.5.1 Provozovatel dešťových vpustí v Praze

Provozovatelem dešťových vpustí v hlavním městě jsou Pražské služby a.s. Čištění dešťových vpustí probíhá preventivně v předem stanovených intervalech. Kanálové vpusti na hlavních tazích, kterých je asi 250, se čistí zpravidla 4x ročně nebo dle počasí mohou i vícekrát. Dalších cca 15 000 vpustí, kam patří čištění zakrytých a štěrbinových odvodňovacích žlabů, se čistí alespoň 2x ročně. K čištění se používá Multicar 31 s nástavbou na čištění kanálových vpustí. Čištění uličních vpustí nabízí například firma AC SERVIS, která jednu uliční vpust vyčistí za 2000 Kč bez DPH. Vyčistit kalový koš pozinkovaný vysoký stojí 900 Kč bez DPH, nízký 670 Kč bez DPH. [25][26]

3.5.2 Provozovatel dešťových vpustí v Ostravě

V Ostravě jsou provozovatelem dešťových vpustí Ostravské komunikace. V roce 2021 celkem zneškodnili 4 000 tun nečistot. Uliční vpusti v Ostravě jsou prefabrikáty s kalovým prostorem, košem a se zápachovými uzávěry. [28]

3.5.3 Provozovatel dešťových vpustí ve Zlíně

Ve Zlíně a jeho okolí je provozovatelem dešťových vpustí Správa a údržba silnic Zlínska, s.r.o., přičemž zajišťují výškové úpravy uličních vpustí a poklopů šachet v komunikacích. [31] Údržbu dešťových vpustí pak zajišťují technické služby Zlín. [32]

3.5.4 Provozovatel dešťových vpustí v Brně

Provozovatelem dešťových vpustí v Brně je BKOM a.s. a vlastníkem je statutární město Brno. Brněnské komunikace (BKOM) zajišťují údržbu, opravu a čištění dešťových vpustí (Obr. 3.17). [64] Celkem se v roce 2020 Brněnské komunikace staraly o 27 726 vpustí, což je o 400 vpustí více než v roce 2019. V roce 2020 bylo vyčištěno cca 22 000 uličních vpustí. [27]

Obr. 3.17 Čištění uliční vpusti [27]

3.5.5 Provozovatel dešťových vpustí v Plzni

Provozování dešťových vpustí v Plzni je ve Správě veřejného statku Plzeň a řídí se Plzeňským standardem komunikací. Podélné vzdálenosti vpustí se uvažují v rozmezí 18 – 46 m se zohledněním podélného sklonu viz Tab. 3.1. Čištění kanalizace i vpustí pomocí kombinovaných vozů zajišťuje společnost Vodárna Plzeň. Cena za 1 uliční vpust při plánovaném čištění je 234 Kč bez DPH. [24][29][30]

Tab. 3.1 Podélné vzdálenosti vpustí v závislosti na podélném sklonu [29]

Podélný sklon [%]	< 5	5 - 9	9 - 12	12 - 14	14 - 16	> 16
Vzdálenost [m]	46	38	34	26	22	18

3.5.6 Provozovatel dešťových vpustí v malých obcích

Provozovatelem dešťových vpustí v malých obcích jsou opět komunikace. Vlastníkem místních komunikací v obcích je samotná obec. V praxi si správu a údržbu komunikací řeší obce samy, nebo je svěřují jiným právnickým osobám. [74]

4 SRÁŽKOVÁ VODA

Srážková voda je voda z atmosférických srážek, která neobsahuje látky ze zemského povrchu. V minulosti se tyto vody odváděly co nejrychleji do jednotné či oddílné stokové sítě. V dnešní době je snaha dále hospodařit se srážkovou vodou například jejím vsakováním či retencí. Předtím, než se srážková voda dále využívá, nebo vypouští do povrchových vod, je potřeba ji vyčistit. Mnohdy totiž obsahuje nebezpečné látky, zvlášť při odtoku z urbanizovaného území. [33]

Srážky se dělí na:

a) KONVEKTIVNÍ – doba trvání srážky je poměrně krátká, intenzita je rozdílná a jsou víceméně lokální, přesto mohou vést k lokálním záplavám;
b) OROGRAFICKÉ – doba trvání a intenzita srážky je velmi rozdílná a závisí především na „velkoplošném“ počasí, vyskytují se v horských a podhorských oblastech;
c) FRONTÁLNÍ – při studené frontě je intenzita zpravidla vyšší, při teplé frontě jsou prostorově rozlehlejší, ve středoevropských klimatických pásech jsou hlavním zdrojem srážek. [34]

Klasifikace dešťů je včetně hodnot popsána v Tab. 4.1.

Tab. 4.1 Klasifikace dešťů a jejich hodnot [34]

Název	Doba trvání deště = 1 hodina		
	Množství srážky	Průměrná intenzita	Odhadovaná periodicita
	[mm]	[l/s.ha]	[rok^{-1}]
Déšť slabý	1	≤ 3	-
Déšť mírný	1,1 - 5,0	3 - 14	> 5
Déšť silný	5,1 - 10,0	14 - 28	5 - 2
Déšť velmi silný	10,1 - 15,0	28 - 42	2 - 1
Liják	15,1 - 23,0	42 - 64	1 - 0,3
Příval	23,1 - 58,0	64 - 160	0,3 - 0,03
Průtrž mračen	≥ 58,1	≥ 160	< 0,03

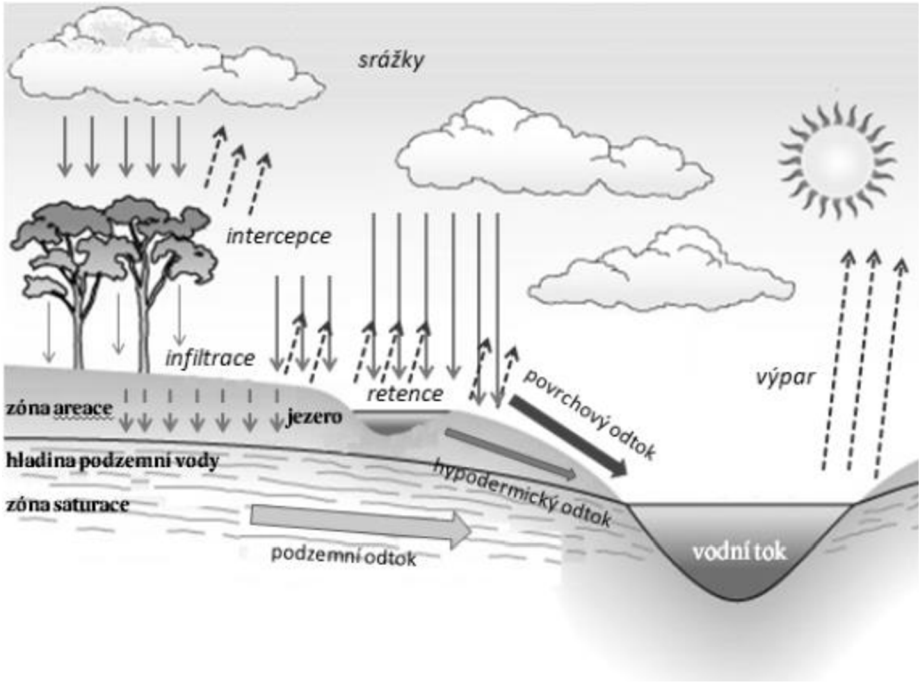
Roční srážkový úhrn v České republice je přibližně 450 – 1500 mm i více, přičemž vyšší hodnoty se pohybují na horách. Roční úhrn srážek se rozděluje do ročních období následovně: na jaro připadá 25 %, léto 40 %, podzim 20 % a na zimu 15 %. Podrobně popsané měsíce a úhrny srážek jsou v Tab. 4.2. Velikost dešťových kapek je v rozmezí 0,1 mm až několik mm. Při silných deštích může velikost kapek dosahovat až 8 mm. [34]

Tab. 4.2 Rozdělení ročního úhrnu srážek do jednotlivých měsíců [35]

Měsíc	Rozdělení ročního úhrnu srážek do jednotlivých měsíců [%]
leden	6,0
únor	5,6
březen	5,9
duben	7,3
květen	9,8
červen	11,3
červenec	12,4
srpen	11,3
září	8,1
říjen	7,9
listopad	7,5
prosinec	6,8

4.1 SRÁŽKO-ODTOKOVÝ PROCES V POVODÍ

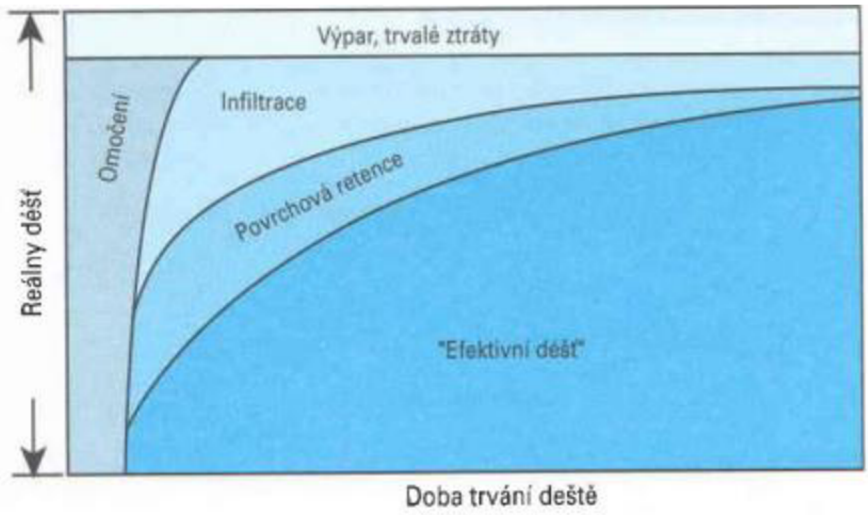
Srážko-odtokový proces (Obr. 4.1) se skládá ze dvou transformací. První (hydrologická) transformace zahrnuje srážky dopadající na povodí a od nich se postupně odečítají ztráty (evapotranspirace, intercepce, navlhání, infiltrace a povrchová retence). Po odečtení všech ztrát zůstane efektivní intenzita srážky. Druhá (hydraulická) transformace je plošný povrchový odtok, který se postupně koncentruje v erozních rýhách, následně v říční síti až na odtok závěrovým profilem. Plošný povrchový odtok však není celkový odtok, který závěrovým profilem odtéká. Celkový odtok tvoří také podzemní odtok, což je voda, která se dostala do podzemí především pomocí infiltrace srážky. [36]



Obr. 4.1 Srážko-odtokový proces v povodí [65]

V urbanizovaném povodí však převládá přímý odtok nad ostatními složkami odtoku, a to hlavně z důvodu změny propustnosti povrchu a modifikace odtoku, která je způsobena

městským odvodněním. Přímý srážkový odtok se popisuje ve dvou bodech. První z nich je tzv. efektivní déšť, což je abstraktní hodnota ukazující připravenost srážkové vody k přímému odtoku. Druhým bodem je ztráta, která vzniká zachycením srážkové vody omočením, infiltrací, povrchovou retencí či výparem. Součtem efektivního deště a ztrát vzniká celkový objem reálného deště (Obr. 4.2). [34]



Obr. 4.2 Znázornění tvorby srážkového odtoku [34]

Výpočet přítoku srážkových vod

Přítok srážkových vod se stanoví podle obecného vztahu (4.1). [20]

$$Q = \psi \cdot A \cdot q_s \tag{4.1}$$

kde: Q…přítok srážkových vod [l/s]

A…plocha povodí [ha]

q_s…intenzita návrhového deště doby trvání t [min] a periodicity p [l/s.ha]

Ψ…součinitel odtoku [-]

Hodnota součinitele odtoku Ψ závisí na druhu povrchu odvodňovaného území a sklonu terénu. Pro orientační výpočet se uvádí hodnoty součinitele dle Tab. 4.3. Výpočet střední hodnoty součinitele odtoku se provádí pomocí tzv. vzorového hektaru (zvolená reprezentativní plocha 1 ha, ve které jsou zastoupeny všechny typy povrchů v daném odvodňovaném území). [20]

K vyhodnocení intenzity návrhového deště se používá Truplových tabulek v nejbližší srážkoměrné stanici. Pro návrh přítoku srážkových vod jsou rozhodující krátkodobé deště. [20]

Tab. 4.3 Hodnoty součinitele odtoku pro výpočet přítoku srážkové vody [20]

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 > 5%
Budovy	v uzavřených blocích (vydlážděné nebo zastavěné dvory)	0,70	0,8	0,9
	v uzavřených blocích (uvnitř bloku zahrady)	0,60	0,7	0,8
	v otevřených blocích	0,50	0,6	0,7
	při volné zástavbě (izolované)	0,40	0,5	0,6
Rodinné domky	sdružené v zahradách	0,30	0,4	0,5
	izolované v zahradách	0,20	0,3	0,4
Tovární objekty	starší typ (hustější zástavba)	0,50	0,6	-
	nový typ (volné a travnaté plochy)	0,40	0,5	-
Železniční pozemky		0,25	-	-
Hřbitovy, sady, hřiště		0,10	0,15	0,2
Zelené pásy, pole, louky		0,05	0,1	0,15
Lesy		0,00	0,05	0,1

4.2 HISTORICKÉ DEŠTĚ

Historické deště vyjadřují reálný průběh dešťových intenzit v čase. Dalšími charakteristikami jsou plošné rozložení a délka a charakter předcházejícího bezdeštného období. Používají se jako vstupní data k simulaci srážko-odtokových procesů nebo slouží jako podklad k vypracování modelových dešťů. Finální výstup záznamů, který se označuje jako historický déšť, je časová řada dešťových intenzit. [34]

Dešťový simulátor RAINDIS

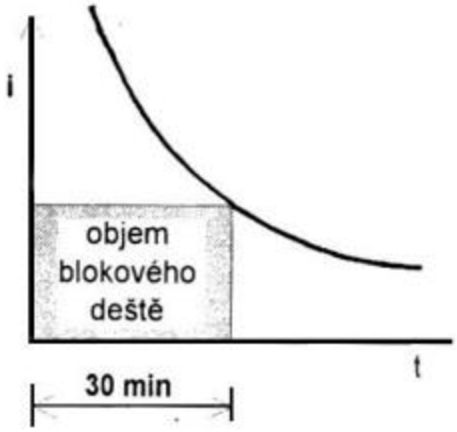
Jedná se o model, který umožňuje interpolaci 10minutových dešťových dat až k 1minutovým hodnotám. Tento model vznikl proto, že národní meteorologické instituce prozatím poskytovaly pouze dešťové záznamy s krokem 10 minut a delším. Principem tohoto modelu je statický model vycházející z tzv. „čáry trendu“. Tedy skutečně zaznamenaných a staticky ověřených odchylek od čáry trendu, které se zjišťují pomocí reálných dat v 1minutovém rozložení ve stejné srážkoměrné stanici. Model se používá především k přípravě dat pro matematické simulace funkce odlehčovacích komor a dešťových nádrží u malých povodí. [34]

4.3 MODELOVÉ DEŠTĚ

Modelové deště byly odvozeny z historických dešťů. Používají se především k hydraulickému návrhu stokových sítí a dalších stavebních prvků. V praxi se zejména nejvíce využívá blokový déšť. [34]

4.3.1 Blokový déšť

Blokový déšť (Obr. 4.3) byl odvozen z čar náhradních intenzit. Hodnoty těchto náhradních intenzit spočívají na statickém vyhodnocení maximálních intenzit jednotlivých dešťových oddílů. Časové intervaly neboli délky dešťových oddílů se volí v rozmezí 5 – 60 (120) minut. [34] Intenzita je konstantní po celou dobu trvání. [19] V Tab. 4.4 jsou vypsány vydatnosti náhradního blokového deště pro Brno pro různé doby trvání a periodicitu.



Obr. 4.3 Blokový déšť [36]

Tab. 4.4 Vydatnosti náhradního blokového deště pro město Brno z Truplových tabulek [37]

Doba trvání T	Vydatnost deště [l/s.ha] při periodicitě p [rok^{-1}]						
[min]	p = 5	p = 2	p = 1	p = 0,5	p = 0,2	p = 0,1	p = 0,04
5	125,0	180,0	220,0	265,0	322,0	367,0	424,0
10	81,7	127,0	163,0	202,0	251,0	288,0	337,0
15	61,7	98,9	129,0	161,0	203,0	236,0	278,0
20	48,4	79,2	104,0	131,0	167,0	194,0	231,0
30	34,4	57,6	76,2	96,5	125,0	146,0	174,0
40	27,1	45,7	61,1	77,8	101,0	119,0	142,0
60	19,2	32,7	43,9	56,4	73,9	87,4	105,0
90	13,4	23,3	31,5	40,8	53,9	63,9	77,2
120	10,4	18,3	24,8	32,3	42,8	50,9	61,6

Tab. 4.5 Celkový úhrn deště (převedeno z Tab. 4.4) [37]

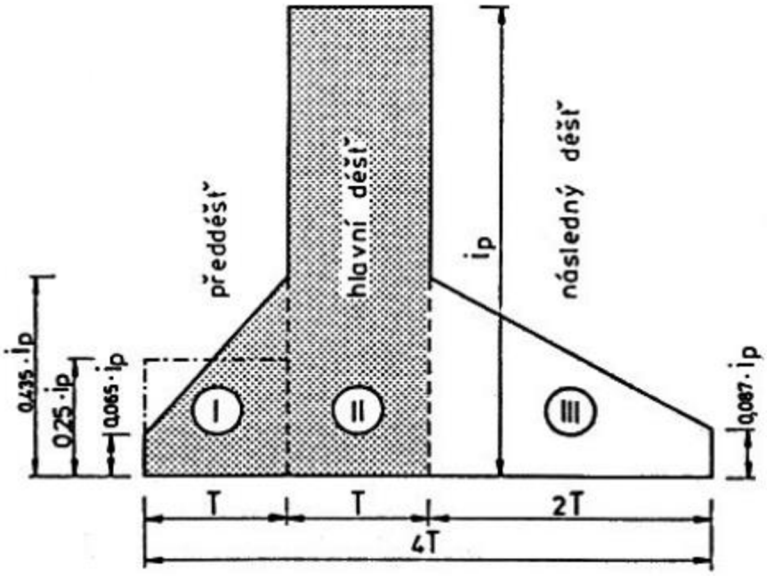
Doba trvání T	Celkový úhrn deště [mm] při periodicitě p [rok^{-1}]						
[min]	p = 5	p = 2	p = 1	p = 0,5	p = 0,2	p = 0,1	p = 0,04
5	3,8	5,4	6,6	8,0	9,7	11,0	12,7
10	4,9	7,6	9,8	12,1	15,1	17,3	20,2
15	5,6	8,9	11,6	14,5	18,3	21,2	25,0
20	5,8	9,5	12,5	15,7	20,0	23,3	27,7
30	6,2	10,4	13,7	17,4	22,5	26,3	31,3
40	6,5	11,0	14,7	18,7	24,2	28,6	34,1
60	6,9	11,8	15,8	20,3	26,6	31,5	37,8
90	7,2	12,6	17,0	22,0	29,1	34,5	41,7
120	7,5	13,2	17,9	23,3	30,8	36,6	44,4

4.3.2 Syntetický déšť

Syntetickým deštěm rozumíme modelový déšť s proměnnou intenzitou, který by měl kompenzovat nedostatky blokového deště. Syntetický déšť je odvozen z čar náhradních intenzit. Objem, četnost výskytu i doba trvání je stejná jako u blokového deště, ze kterého je syntetický déšť odvozen. [34]

Šifaldův déšť

Jedná se o jeden z prvních odvozených syntetických dešťů, který definuje tři dešťové oddíly: předdéšť, hlavní déšť a následný déšť (Obr. 4.4). Podstata spočívá v přihlédnutí k schopnosti retence stokové sítě na začátku deště. [34] Pro výpočet průběhu plnění stokové sítě stačí počítat pouze s úseky I+II, k úseku III není třeba přihlížet. Předdéšť obsahuje 14 % spadlých srážek, hlavní déšť 56 % a následný déšť zbylých 30 % ze spadlých srážek. [36]



Obr. 4.4 Šifaldův déšť [36]

Šifaldův déšť má jednoduchou konstrukci, což je největší výhoda. Nevýhodou je vysoká maximální vydatnost a z toho plynoucí předimenzování stok, tudíž se zvyšují ekonomické náklady na stavbu stokové sítě. [36]

4.4 VOLBA DEŠŤOVÝCH DAT

Dešťová data je třeba volit podle toho, o jakou řešenou úlohu se jedná. Řešené úlohy je možné rozdělit do dvou skupin:

a) úlohy, u kterých není identická doba řešení úlohy s dobou výskytu deště. Patří zde například plánovací a projekční úlohy a analýza funkce odvodnění. Používají se jak historické, tak i modelové deště.
b) úlohy, které se řeší v době výskytu deště, tzv. real-time řešení. Do této skupiny úloh patří především provozní úlohy (řízení procesů odvodnění během srážkového odtoku a bezprostředně po něm či předpovědi určitých zásahů). Používají se výhradně historické deště měřené ve stejném či blízkém povodí. [34]

Reálná periodicita srážkového odtoku

Při dimenzování stokové sítě se počítá s tím, že periodicita vypočteného maximálního průtoku odpovídá periodicitě návrhového deště. Ve skutečnosti tento předpoklad neplatí a existují dvě odchylky – systematické a náhodné.

Systematické odchylky jsou spojeny s volbou podkladů (hodnoty odtokových součinitelů) a s volbou výpočetní metody.

Náhodné odchylky jsou způsobeny rozdílným stavem v povodí a ve stokové síti na začátku deště a také rozdílným prostorovým a časovým rozložením deště.

Skutečná kapacita stokové sítě tedy bývá předimenzována hlavně z důvodu použití vysokých odtokových součinitelů, dále proto, že se používá racionální metoda a v neposlední řadě z důvodu nadhodnocení velikosti napojených ploch na stokovou síť. [34]

4.5 ZNEČIŠTĚNÍ SRÁŽKOVÉ VODY

Srážková voda je klasifikována jako odpadní, jelikož se při prostupu atmosférou obohacuje o různé látky a při odtoku ze střech a komunikací se dále znečišťuje. Při stanovení znečištění srážkové vody jsou používány tři parametry: délka bezdeštného období, objem srážkového odtoku a intenzita atmosférických srážek. [34]

4.5.1 Znečištění z atmosféry

Ve velkých městech a v průmyslových oblastech jsou znečišťující látky v atmosféře jednou z příčin znečištění srážkového odtoku. Srážková voda obsahuje jak přirozené pozadí zemského povrchu (erozi půdy, mořské soli), tak antropogenní znečištění kouřovými plyny a dopravou. Znečišťující látky, které obsahuje atmosféra, mohou být přenášeny na velké vzdálenosti, tudíž se ve srážkové vodě projevují i vlivy ze vzdálených oblastí. Mezi nejvýznamnější znečištění z atmosféry patří jemné částice, persistentní organické sloučeniny (např. benzo-a-pyren), těžké kovy a živiny (fosfor a dusík). [38][39] Tab. 4.6 popisuje průměrné koncentrace ve stanici Košetice v roce 2019, které byly naměřeny ČHMÚ.

Tab. 4.6 Průměrné koncentrace naměřené ČHMÚ ve stanici Košetice v roce 2019 [40]

	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^{+}	K^{+}	NH_4^{+}	SO_4^{2-}	Cl^{-}	NO_3^{-}	Mn	Pb	Zn	F^{-}
µg/l	1442	458	481	5913	1956	3002	1929	5711	219,3	1,4	41	26

4.5.2 Znečištění při kontaktu srážkové vody s různými materiály

Při odtékání srážkové vody ze střešní krytiny voda obsahuje vysoký podíl rozpuštěných kysličníků (SO_2 a CO_2) a proměnlivý podíl organických látek (klacíky, listí, ptačí trus, pyl, prach). [39]

Z odvodňovaných ploch mohou do srážkových vod pronikat zejména vápník, křemík a hořčík (betonové plochy), dále měď, kadmium a zinek (kovové plochy) a organické látky (asfaltové povrchy, barevné nátěry). Při stanovení velikosti znečištění hraje významnou roli délka bezdeštného období, intenzita atmosférických srážek a objem srážkového odtoku. Znečištění typických látek na jednotlivých typech ploch je uvedeno v Tab. 4.7. Pokud je srážková voda

velmi znečištěná, je vhodné zvážit, zda se s ní dá dále hospodařit, aby nedošlo k ohrožení povrchových či podzemních vod. [38][39]

Tab. 4.7 Znečištění typických látek na jednotlivých typech ploch [38]

Typ plochy		Hrubé nečistoty, splaveniny	Jemné částice	Těžké kovy	Uhlovodíky	Organické znečištění, BSK_5	Živiny N, P	Patogenní mikroorganizmy	Chloridy
Střechy	vegetační extenzivní	○	○	○	○	○	○	○	○
	vegetační intenzivní	○	○	○	○	●	●	○	○
	inertní	●	●	○/●	○/●	○/●	○/●	○/●	○
	s plochou neošetře-ných kovových částí do 50 m^2	●	●	●	○/●	○/●	○/●	○/●	○
	s plochou neošetře-ných kovových částí 50 m^2 až 500 m^2	●	●	●●	○/●	○/●	○/●	○/●	○
	s plochou neošetře-ných kovových částí nad 500 m^2	●	●	●●●	○/●	○/●	○/●	○/●	○
Zatravněné plochy		●/●●●	●/●●●	○	○	●	●	○/●	○
Komunikace pro chodce a cyklisty		●●	●	○/●	○/●	●	●	●	○/●
Parkoviště	málo frekventovaná (osobní auta)	●●	●	●	●	●	●	●	●
	(vysoce) frekvento-vaná (os. auta a busy)	●●	●●	●●	●●	●	●	●	●●
	nákladní auta[d]	●●●	●●●	●●●	●●●	●	●	●	●●
Pozemní komunikace	málo frekventované[a] (příjezdy k domům)	●●	●	●	●	●	●	●	●
	středně frekventované[b]	●●	●●	●●	●●	●	●	●	●●
	vysoce frekventované[c]	●●	●●●	●●●	●●●	●	●	●	●●●
Plochy u skladišť, manipulační plochy		●/●●●	●/●●●	●/●●●	●/●●●	●	●	●	●/●●
Komunikace zemědělských areálů		●●●	●●●	●●	●●	●●●	●●●	●●●	○/●

○	neznečištěná srážková voda
●	mírně znečištěná srážková voda
●●	středně znečištěná srážková voda
●●●	vysoce znečištěná srážková voda
/	až
[a]	< 300 automobilů za 24 h, např. příjezdy k domům a místní komunikace v obytné zástavbě
[b]	300 automobilů 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

4.6 PŘEDČIŠTĚNÍ SRÁŽKOVÉ VODY

Srážková voda nesmí být znečištěna tak, aby ohrožovala zdraví uživatele, kvalitu pitné vody či kontaminovala životní prostředí. Proto je třeba dodržet požadavky na kvalitu srážkové vody. Pokud tyto požadavky splněny nejsou, je třeba srážkovou vodu před vypuštěním či zasakováním předčistit. [39]

4.6.1 Předčištění při zaústění srážkové vody do povrchových vod

Předčištění u vegetačních střech, střech z inertních materiálů či střech s plochou neošetřených kovových částí do 500 m^2, dále u komunikací pro chodce a cyklisty, u málo frekventovaných parkovišť osobních aut nebo málo frekventované pozemní komunikace, není vyžadováno. [38]

U středně frekventované pozemní komunikace či vysoce frekventovaného parkoviště je potřeba zajistit minimálně jednoduché mechanické předčištění (např. kalová jímka s nornou stěnou) a pokud možno, tak doplnit filtrací. [38]

Předčištění u střech s plochou neošetřených kovových částí nad 500 m^2 musí být řešeno filtrací přes zatravněnou humusovou vrstvu nebo filtrací přes adsorbenty těžkých kovů. U filtrace přes zatravněnou humusovou vrstvu je nutné pravidelně kontrolovat míru kontaminace odběrem vzorků a v případě potřeby vyměnit náplň filtru. Opotřebovanou náplň je pak třeba neškodně uložit na skládce nebezpečného odpadu nebo regenerovat. [38]

Poslední skupinou jsou vysoce frekventované pozemní komunikace, plochy u skladišť, komunikace zemědělských areálů a parkoviště nákladních aut. Zde je potřeba minimálně náročnější mechanické předčištění (odlučovače lehkých kapalin, usazovací nádrže s nornou stěnou), pokud možno doplnit filtrací příp. filtrací přes adsorpční materiály. V těchto případech je však nutné vždy individuálně posoudit možné vypouštění srážkové vody do povrchových vod. [38]

Gravitační separace látek

Zařízení, která se používají ke gravitační separaci látek, jsou kalové jímky příp. usazovací nádrže, dešťové nádrže, hydrodynamické odlučovače a odlučovače lehkých kapalin. [38]

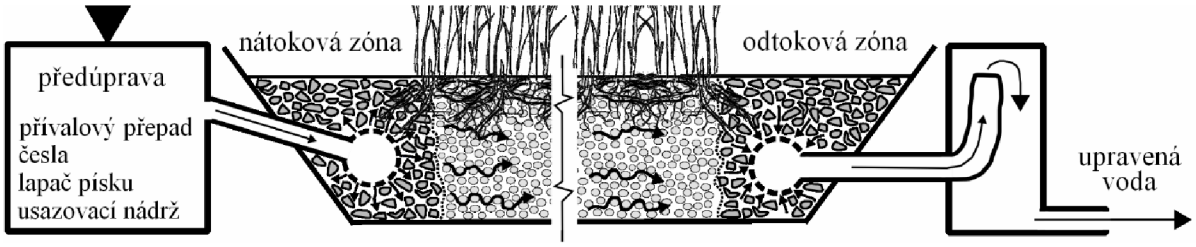
Usazovací nádrže mohou být buď bez stálého nadržení nebo se stálým nadržením a retenčním prostorem. Tyto nádrže se mohou budovat i jako záchytné se zadržením objemu nejvíce znečištěného prvního splachu a následným odkloněním přítoku mimo nádrž. Záchytné nádrže však musí být vypouštěny do kanalizace, příp. do ČOV. [38]

Jako hydrodynamické odlučovače se používají vírové separátory (Obr. 4.5), které mají vyšší odlučovací účinnost nerozpuštěných látek při menším objemu. Nevhodné jsou pro vody s vysokým obsahem ropných látek. [38]

Obr. 4.5 Vírový separátor [41]

Sedimentace a biologické čištění

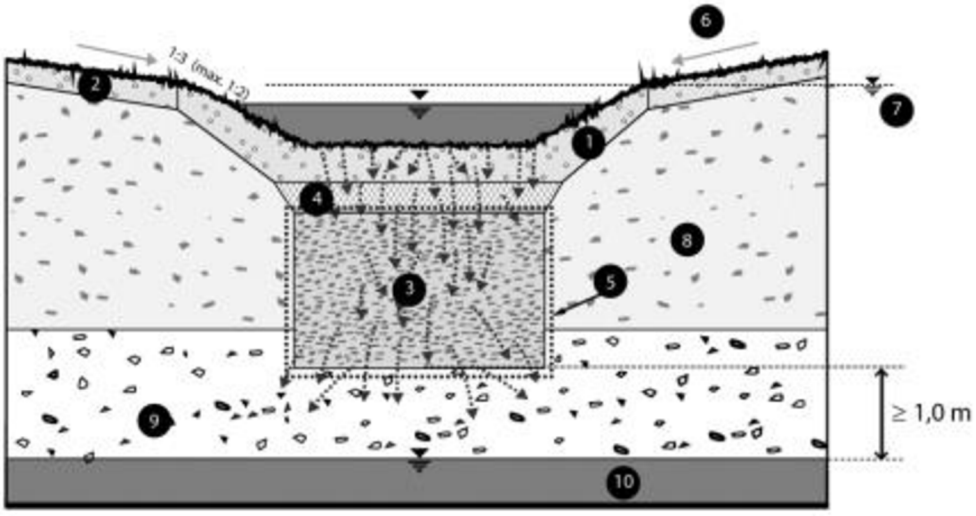
K tomuto čištění se používají retenční nádrže se zásobním objemem a mokřady (Obr. 4.6). V těchto objektech dochází k zadržení usaditelných látek, ale také k biologickému čištění, tzn. k biologickému rozkladu organických látek a přijímání rozpuštěných látek vegetací. Před těmito způsoby sedimentace je potřeba předřadit kalovou jímku, aby nedocházelo k zanášení. [38]



Obr. 4.6 Umělý mokřad [42]

Filtrace a biologické čištění

Zařízení, která se používají k filtraci a biologickému čištění, jsou pískové a štěrkové filtry porostlé vegetací, systém průleh-rýha (Obr. 4.7) a retenční půdní filtry. [38]



1 - Zatravněná humusová vrstva průlehu; tl. ≥ 0,3 m, K ≥ 1.10^{-5} m/s
2 - Ohumusování, osetí; tl. ≈ 0,1 m
3 - Retenční/vsakovací rýha (štěrk 16/32mm / prefabrikované bloky)
4 - Písčito-hlinitá vrstva, tl. ≥ 0,1 m, K ≥ 1.10^{-4} m/s
5 - Geotextilie
6 - Plošný povrchový přítok
7 - Max. retenční hladina; h ≤ 0,3 m
8 - Nedostatečně propustné půdní a horninové prostředí
9 - Propustné půdní a horninové prostředí
10 - Max. hladina podzemní vody

Obr. 4.7 Systém průleh-rýha [38]

4.6.2 Předčištění při vsakování srážkové vody

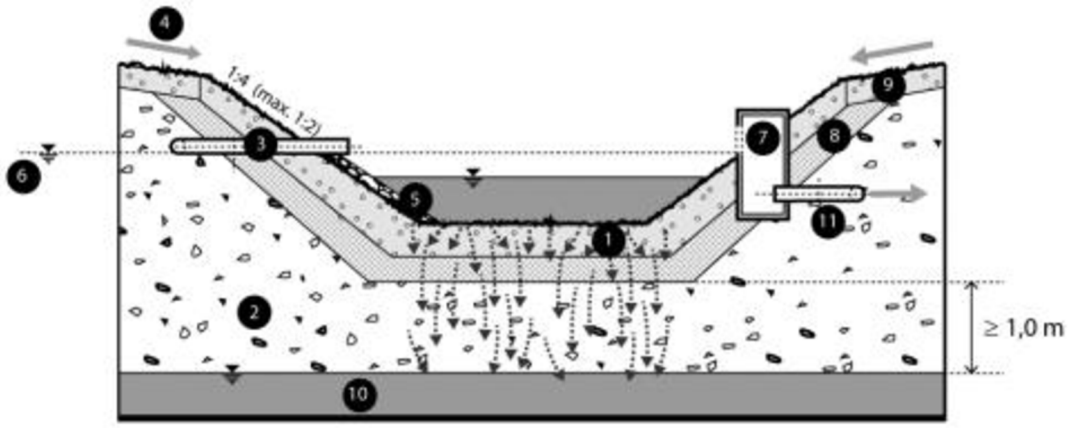
Při čištění srážkové vody určené k vsakování se využívají procesy filtrace a sedimentace, případně se využívá pouze zachycení hrubých nečistot. [38]

Zachycení hrubých nečistot

Zařízeními pro zachycení hrubých nečistot jsou vtokové mřížky, lapače listí, česle či síta. Tato zařízení jsou nutná pro ochranu dalších stupňů čištění. Zařízení na zachycení hrubých nečistot je budováno buď přímo do sběrného zařízení pro odvádění srážkové vody, nebo se buduje jako samostatný stupeň čištění. [38]

Vsakování přes zatravněnou humusovou plochu

Jako zařízení pro vsakování přes zatravněnou humusovou plochu se používají průlehy, vsakovací nádrže (Obr. 4.8) nebo systém průleh-rýha. Při vsakování přes zatravněnou humusovou plochu dochází k filtraci nerozpuštěných látek, adsorpci těžkých kovů a uhlovodíků, iontové výměně a k biologickému rozkladu rozložitelného znečištění. Jako filtr je vhodnější jemnější materiál, jelikož na zrnitosti závisí účinnost filtrace. Toto opatření se používá buď jako hlavní, nebo může být použito pro dočištění srážkových vod. [38]



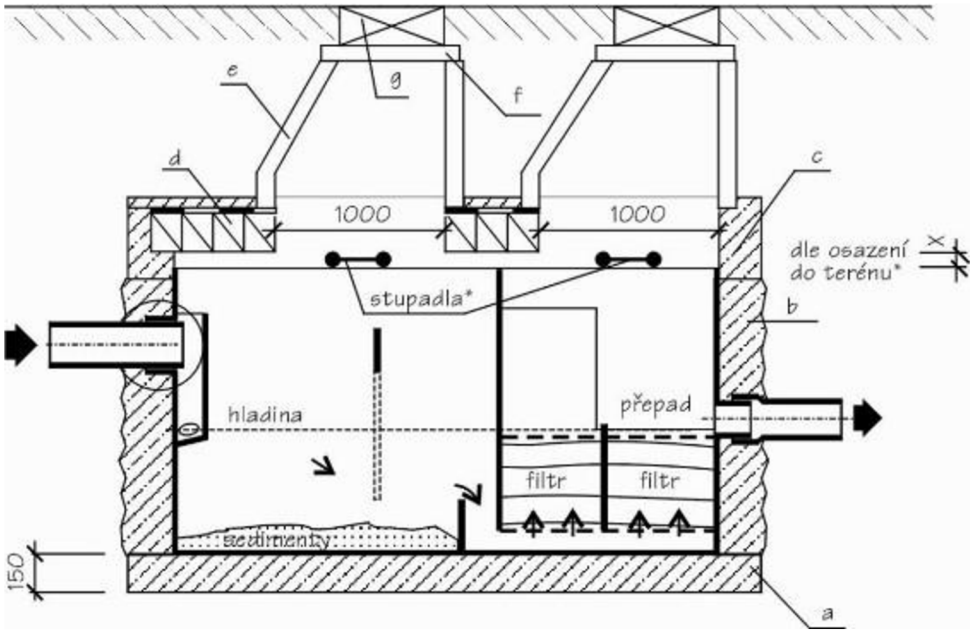
1 - Zatravněná humusová vrstva vsakovací nádrže; tl. ≥ 0,3 m, K ≥ 1.10^{-5} m/s
2 - Propustné půdní a horninové prostředí
3 - Soustředěný podpovrchový přítok, event. od předřazeného předčištění
4 - Plošný povrchový přítok
5 - Kamenný zához, ev. dlažba
6 - Max. retenční hladina; h = 0,3 - 2,0 m
7 - Bezpečnostní přeliv (příp. v kombinaci s reg. odtokem)
8 - Písčito-hlinitá zemina, K ≥ 1.10^{-4} m/s
9 - Ohumusování, osetí, tl. ≈ 0,1 m
10 - Max. hladina podzemní vody
11 - Odtok

Obr. 4.8 Vsakovací nádrž [38]

Gravitační separace látek

Jako zařízení pro předčištění srážkových vod z menších odvodňovaných ploch mechanickým způsobem se používají kalové jímky. Pro větší odvodňované plochy se používají usazovací nádrže. Usazovací nádrž může být buď bez stálého nadržení (norné stěny musí plovat), nebo se stálým nadržením a retenčním prostorem. V usazovacím zařízení jsou zadržovány usaditelné látky jako je kal, písek, hlína či posypové látky, a tím se snižuje riziko kolmatace a ucpání vsakovacího objektu. Usazovací zařízení je nutné pravidelně vyklízet, aby nedocházelo k víření zachyceného kalu při dalším dešti nebo k rozkladu organických látek. [38]

Dalším typem zařízení pro gravitační separaci látek jsou odlučovače lehkých kapalin (Obr. 4.9). Odlučovače je vhodnější řadit před dešťovou nádrž než za ni. Přes odlučovač se musí převést minimálně celý směrodatný déšť. Lehkými kapalinami jsou uhlovodíky s hustotou do 950 kg/m^3, kapaliny nerozpustné a nezmýdelnitelné ve vodě, což jsou ředidla, maziva, pohonné hmoty, mimo tuky a oleje rostlinného a živočišného původu. Tato zařízení obsahují kalový prostor, odlučovací prostor a v některých případech adsorpční prostor. [38][43]



Obr. 4.9 Odlučovač lehkých kapalin [44]

a – podkladní beton

b – obetonování

c – nadbetonování nebo vyzdění betonovými tvarovkami

d – překlad nebo železobetonová deska

e – betonový šachtový kónus

f – vyrovnávací prstenec

g – litinový šachtový poklop

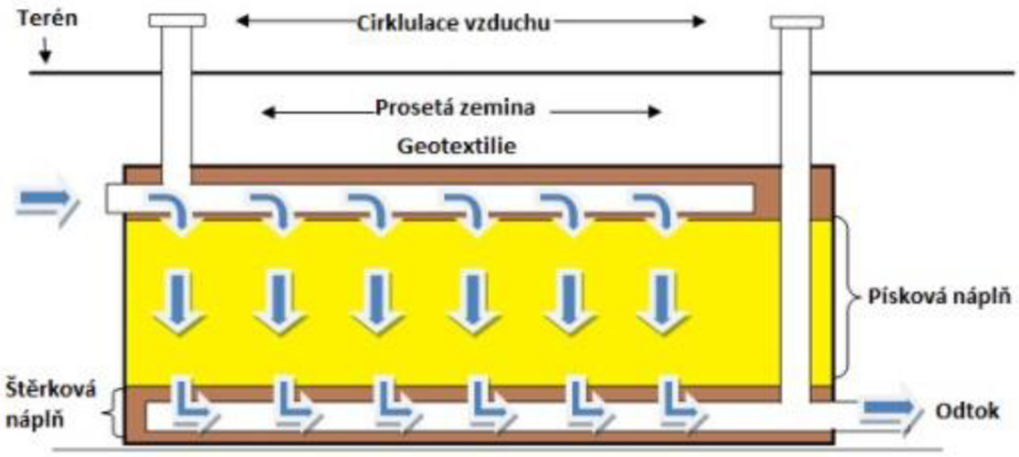
Mechanická filtrace

Zařízeními pro mechanickou filtraci jsou pískové (Obr. 4.10) a štěrkové filtry a geotextilie. Filtrační zařízení slouží k zachycování hrubých a jemných částic, popř. k odstranění rozpuštěných látek adsorpcí a biologickými procesy (zemní filtry). Před filtračním zařízením je nutné osadit sedimentační zařízení, které odstraňuje usaditelné a plovoucí látky. Zrnitost materiálu a tloušťka filtrační vrstvy se navrhuje podle očekávaného zatížení. Filtrační rychlost má být nejvýše 15 m/h. [38]

Pokud filtry nejsou porostlé vegetací, je potřeba pravidelně vyměňovat filtrační koláč neboli kolmatační vrstvu. Filtry, které jsou porostlé vegetací, např. rákosím, jsou lepší z hlediska údržby a dochází u nich i k biologickému čištění (odstranění organického znečištění a živin). [38]

Konstrukce filtru by se měla skládat z:

- krycí vrstvy (tl. 10 cm, štěrk 4-8 mm);
- filtrační vrstvy (tl. 50 cm, vymývaný štěrk 2-4 mm);
- vsakovací vrstvy (tl. 25 cm, štěrk 16-32 mm);
- geotextilie mezi jednotlivými vrstvami (propustnost minimálně 10^{-3} m/s). [38]



Obr. 4.10 Pískový zemní filtr [45]

Filtrace přes adsorpční materiál

Tato filtrace velmi účinně odstraňuje znečisťující látky v závislosti na použitém adsorpčním materiálu. Materiály, které se používají pro filtraci, jsou aktivní uhlí, koks, zeolity, hydroxid železa a hliníku nebo adsorbenty olejů (vata, textilie, plastové adsorbenty). Aktivní uhlí nejen že adsorbuje těžké kovy, uhlovodíky, obtížně i snadno rozložitelné organické látky, ale také podporuje mikrobiální rozklad znečišťujících látek. Zeolity jsou velmi účinné pro adsorpci těžkých kovů a uhlovodíků, ale nepoužívají se v případech solení pozemních komunikací, jelikož sůl způsobuje remobilizaci těžkých kovů. Hydroxidy železa a hliníku se používají ve směsi s vápnitým pískem pro neutralizaci kyselého odtoku a toto spojení vykazuje vysokou míru adsorpce těžkých kovů. [38]

Před filtrací přes adsorpční materiál je nutné navrhnout zachycení nerozpuštěných látek geotextiliemi, sedimentací nebo filtry, aby se ochránil adsorpční materiál. Adsorpční zařízení slouží k dočištění srážkových vod po mechanickém předčištění. Pokud jsou zvýšené nároky na ochranu půdy a podzemní vody, je možné adsorpční zařízení předřadit před povrchové plošné vsakování. [38]

4.6.3 Údržba objektů předčištění srážkových vod

Je potřeba pravidelně kontrolovat objekty většinou v intervalu jednoho měsíce a v prvním roce také po každé významné dešťové srážce. Další nezbytnou částí údržby je čištění objektů od odpadků a listí a kosení trávy z důvodu udržení estetického vzhledu objektu. Pokosenou trávu je nutno odstranit tak, aby nedošlo k ucpání při odtoku srážkových vod. Proti plevelu je výhradně zakázáno používat herbicidy, jelikož by mohly kontaminovat srážkové vody. [38]

Údržba vegetačních střech

Kontrolují se všechny části vegetační střechy včetně půdního substrátu, vegetace, zavlažovacího systému, odvodnění a membrány a konstrukce střechy. Dále se kontrolují erozní účinky a identifikují se případné zdroje sedimentů. Provádí se kontrola nátoků a případných průsaků střechou. Tyto kontroly se provádějí každoročně nebo po přívalových deštích.

Dále probíhají pravidelné údržby, které zahrnují odstranění odpadků (1x za 6 měsíců nebo dle potřeby), výměnu mrtvé vegetace během prvního roku (1x měsíčně) či po jejím založení (každoročně na podzim), odstranění listí a náletové vegetace (1x za 6 měsíců či dle potřeby) a kosení trávy včetně jejího odstranění (1x za 6 měsíců nebo podle potřeby).

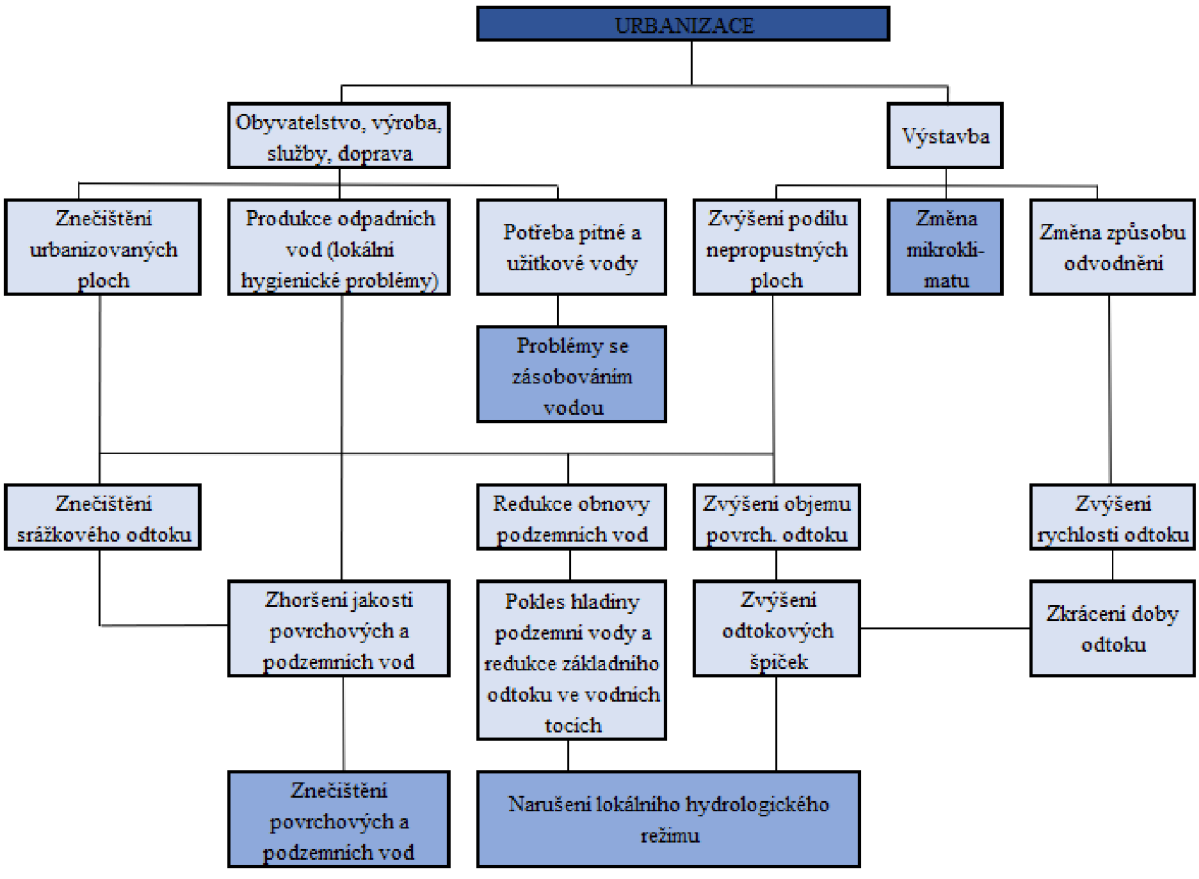
Posledním typem údržby jsou opravy, do kterých spadají práce jako odstranění projevů eroze pomocí vyplnění vhodným materiálem, odstranění příčin eroze a oprava poškozených nátoků. Četnost údržby je podle potřeby. [38]

Údržba propustných zpevněných povrchů

Zde se vyžaduje pravidelná kontrola povrchů (1x za měsíc) včetně odstranění odpadků a listí, může být vyžadováno kosení trávy, pletí či údržba křovin. Příležitostně se odstraňuje sediment a čistí se propustné a polopropustné povrchy (obvykle 3x ročně). Může nastat požadavek opravy objektu (výměna po 10 – 35 letech) či jeho části nebo výměna filtrační vrstvy. [38]

4.7 URBANIZACE A HYDROLOGICKÝ REŽIM

V posledních letech je objem přímého srážkového odtoku ze zastavěných ploch a rychlost odtoku větší než v nezastavěných územích. Zároveň dochází ke snížení infiltrace srážkových vod a tím ke snížení dotování podzemních vod. Tyto události vedou k ohrožení stavu vodních toků a vodních zdrojů, viz Obr. 4.11. [34]



Obr. 4.11 Vliv urbanizace na hydrologický režim [34]

V technickém systému odvodnění dochází k omezení infiltrace, ke zvyšování a zrychlování povrchového odtoku, ke zmenšení retenčního objemu, k bodovému znečišťování vodních toků a také k centralizaci transformačních funkcí. [34]

Nová koncepce městského odvodnění se snaží přiblížit k přirozenému způsobu odvodnění a zmírňovat negativní důsledky urbanizace krajiny. Odvodnění tedy probíhá pomaleji než u technického systému a jednotkový objem transportované vody je podstatně menší vzhledem ke srážkám. Odtok srážkové vody ze střechy se zasakuje do půdy a odtok z komunikací se jednoduše čistí a pomalu odvádí. [34]

4.8 HOSPODAŘENÍ SE SRÁŽKOVOU VODOU

Hospodaření se srážkovou vodou zlepšuje kvalitu a prostředí života obyvatelů měst. Srážková voda se může vsakovat do půdy a tím zlepšovat stavy podzemní vody. Zároveň se zvyšuje půdní vlhkost. Zachycená voda v půdě se vypařuje, tudíž zvyšuje vlhkost vzduchu, snižuje teplotu vzduchu a tím se zlepšuje mikroklima ve městech. [48] Existují dvě možnosti hospodaření se srážkovou vodou v závislosti na typu zástavby. Záleží, jestli se jedná o již existující zástavbu, nebo o oblast novostaveb. [46]

4.8.1 Existující zástavba

U této varianty řešení hospodaření se srážkovou vodou je omezení, kvůli již stávajícímu řešení struktury obytné oblasti. V centrech měst je z důvodu vysoké hustoty zástavby a tím minimálního prostoru volných ploch jakékoliv hospodaření se srážkovou vodou téměř vyloučeno. Stupeň zpevnění dosahuje 95 – 100 %. Jediná možnost je ozelenění střešních ploch, které lze provádět jen omezeně. Na rozdíl od toho jsou u samostatně stojících rodinných domů, kdy je stupeň zpevnění 20 %, dobré podmínky pro zařízení ke vsakování srážkových vod. U obchodních oblastí jsou hojně zastoupeny zpevněné plochy, proto stupeň zpevnění dosahuje 80 – 95 % a je zde potřeba přistupovat k hospodaření se srážkovou vodou jinak. Je to z důvodu znečištění srážkové vody. Silně znečištěná srážková voda musí být odvedena do kanalizace, neškodlivá srážková voda může být vsakována přes vrstvu vegetace. [46]

4.8.2 Oblasti novostaveb

Novostavby již mají povinnost akumulovat nebo vsakovat srážkové vody. Řešení musí obsahovat buď retenční nádrž nebo jezírka, která budou vsakovat srážkovou vodu a uvolňovat ji pozvolna. Další možností je využití srážkové vody k zalévání nebo na zelenou střechu. Toto nařízení platí od roku 2021. [47]

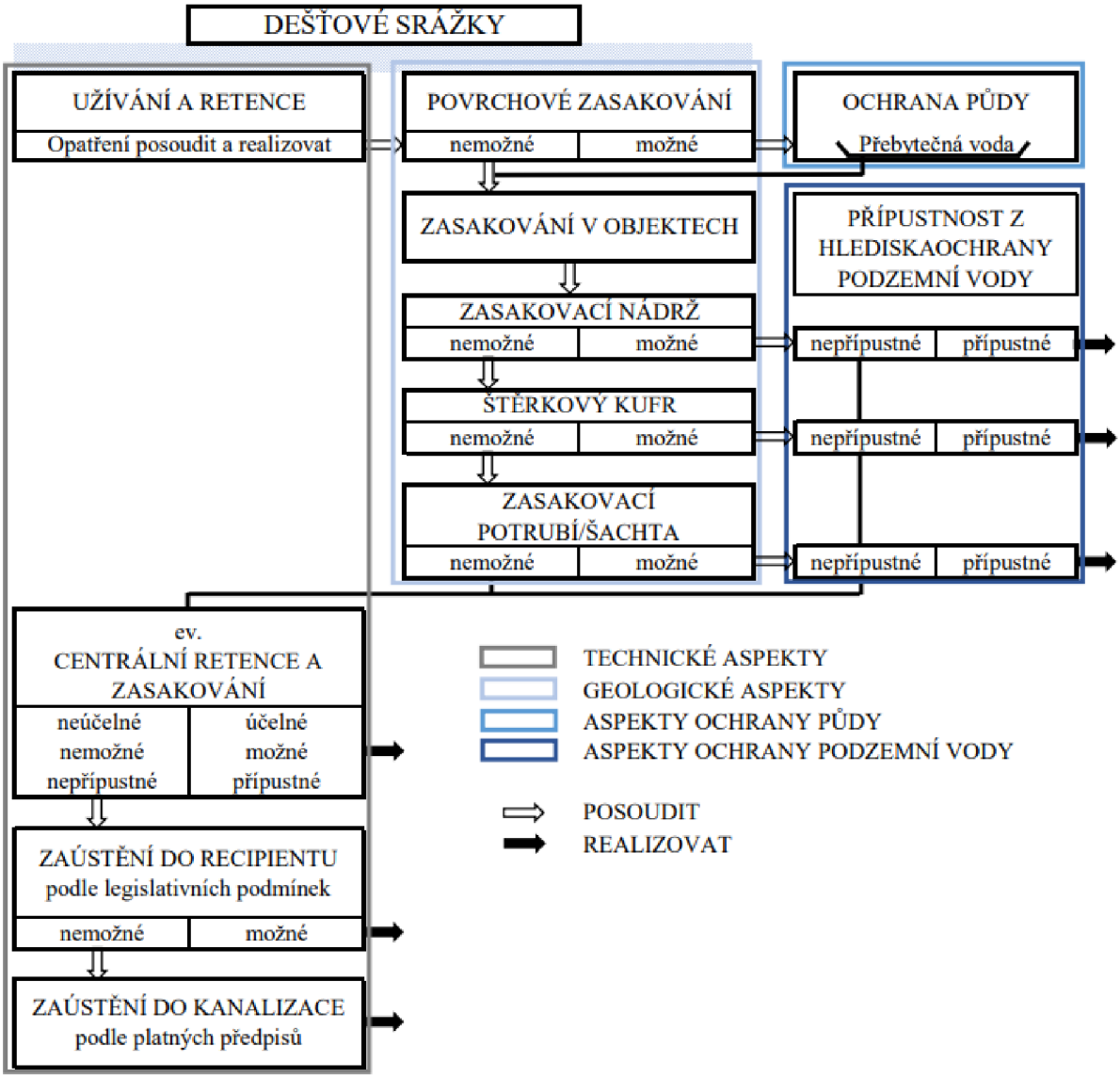
4.9 POUŽITÍ, RETENCE A INFILTRACE SRÁŽKOVÉ VODY

K jednoduchým opatřením snížení rychlého odtoku srážkové vody patří retence na vlastním pozemku nebo v jeho okolí či infiltrace srážkové vody do půdy. Vhodné retenční opatření může zabránit rychlému a bezprostřednímu odtoku srážkových vod, rozhoduje se podle diagramu na Obr. 4.12. Tento rychlý odtok srážkových vod způsobuje špičkové průtoky v kanalizaci a ve vodních tocích, zároveň pokud rychlost zasakování neodpovídá přítoku

srážkových vod, dochází k zaplavování zasakovacích objektů. [46] Tato opatření musí být funkční, snadno provozovatelná a pro obyvatele bezpečná z hlediska komfortu bydlení. [34]

Při navrhování a plánování těchto opatření je nutné dbát na:

- princip a funkci objektu;
- čisticí účinek;
- údržbu;
- konstrukční návrh a dimenzování;
- informace o podobných projektech, zkušenosti;
- vhodnost použití v závislosti na lokálních podmínkách;
- ochranu stavebních objektů a vodních toků, podzemní vody a půdy před znečištěním;
- látkové znečištění ve srážkovém odtoku;
- zájmy obyvatelstva. [34]



Obr. 4.12 Rozhodovací diagram pro opatření v souvislosti s odváděním srážkových vod [34]

4.9.1 Použití srážkových vod

Již ve starověku se budovaly cisterny, což byly podzemní nádrže o objemech až 1000 m^3, kde se akumulovala srážková voda pro nejrůznější účely. Později byly cisterny doplněny jednoduchým filtračním zařízením z důvodu špatných hygienických podmínek v rychle rostoucích městech. [34]

V dnešní době se málo znečištěná srážková voda používá především k:

- zavlažování zelených ploch (sídliště, zahrádky);
- mytí aut, strojů, průmyslových ploch;
- používání v domácnosti (praní prádla, splachování). [34]

Při používání srážkové vody nesmí v žádném případě dojít k ohrožení uživatele, kvality pitné vody, k omezení komfortu užívání vody či ke kontaminaci životního prostředí. [34]

Pro stanovení objemu nádrže u nemovitostí se používají empirické vztahy. Objem by tedy měl pro zásobování WC a praní prádla odpovídat měsíční spotřebě vody. U menších cisteren dochází při vydatnějších deštích ke snížení účinnosti, u větších dochází naopak ke zhoršení kvality vody. [34]

4.9.2 Retence srážkových vod

Decentralizovaná retence

Nejlevnějším a nejsnazším řešením je vybudování retenčního objektu na vhodném povrchu, jako je například krátkodobě zatopená parkovací plocha nebo střecha. [46]

Retenční nádrž na srážkovou vodu

Buduje se k zachycení srážkového odtoku z nemovitosti. Pořizovací náklady této retenční nádrže jsou většinou nízké. Pokud je nádrž esteticky vhodně vyřešena, slouží i jako architektonický prvek zahrady. Odtokem srážkové vody nesmí být ohrožena kvalita podzemní vody, povrchové vody či půdy. Retenční nádrž (Obr. 4.13) je vhodným řešením především v případě, že nelze srážkovou vodu vsakovat. Mohou být buď povrchové nebo podzemní. [46][48][49]

Obr. 4.13 Retenční nádrž [50]

Centralizovaná retence srážkových vod

Retenční nádrže chrání urbanizované území před velkými vodami, srážkovými odtoky a zároveň zachycují smyvy. Retenční nádrže nahrazují přirozené retenční schopnosti krajiny. [46] Z hlediska funkčního využití se retenční nádrže rozdělují na:

Suché retenční nádrže neboli poldry

Tyto nádrže jako je např. na Obr. 4.14 snižují kulminační povodňový průtok, po průchodu povodňové vlny se opět řízeně vyprazdňují. V obdobích sucha se poldry využívají k zemědělským či lesnickým účelům. [46]

Obr. 4.14 Největší poldr v Čr v Žichlínku [51]

Protierozní nádrže

Hlavním úkolem protierozní nádrže (Obr. 4.15) je ochrana životního prostředí před negativním účinkem srážkových a povrchově odtékajících vod. [46]

Obr. 4.15 Protierozní nádrž v Hustopečích u Brna [52]

Retenční nádrže s přesně vymezeným ochranným prostorem

Transformují povodňovou vlnu a po jejím průchodu se řízeně vyprazdňuje ochranný prostor až na hladinu zásobního prostoru, který je využíván k různým účelům. [46]

Dešťové nádrže

Slouží zejména k zachycení, krátkodobé akumulaci vody a její úpravě a využití. Srážkové vody, které se nevyužijí, se postupně vypouštějí do vodních toků nebo se převádějí vsakem do podzemních vod. [46]

4.9.3 Infiltrace srážkových vod

Zasakování neboli infiltrace srážkové vody vede ke zpomalení srážko-odtokového procesu, přispívá ke snižování objemu srážkového odtoku a průtokových špiček v kanalizaci a vede k obnově podzemních vod. Neznečištěný, nebo málo znečištěný srážkový odtok může být ze střech obytných domů či z ulic a cest, na kterých nedochází k většímu znečištění, zasakován. [34]

Při nevhodném odvodnění může znečištěná srážková voda způsobovat znečištění půdy a podzemní vody. Dále může docházet ke kolmataci, kdy nerozpuštěné látky mohou ucpávat póry v zasakovacím zařízení a tím omezit či zamezit zasakování. [34]

Nejvýznamnější okrajové podmínky pro zasakování srážkové vody jsou:

- znečištění srážkového odtoku;
- požadavky na ochranu půdy;
- typ zasakovacího objektu;
- požadavky na ochranu podzemní vody. [34]

Plánování a realizace zasakovacích objektů musí být spojeno s objasněním hydrogeologických podmínek. Posouzení se týká především:

- stanovení propustnosti;
- posouzení vhodnosti podloží;
- mocnosti málo propustných nebo nepropustných krycích vrstev;
- výšky hladiny podzemní vody. [34]

Povrchová infiltrace

Jedná se o plošné zasakování porostlou povrchovou půdní vrstvou. Při povrchové infiltraci probíhají hlavní procesy v krycí půdní vrstvě, která je porostlá vegetací a obsahuje humus. V této krycí vrstvě dochází k zachycování a současně i k odbourávání některých znečišťujících látek. Dále zde probíhají procesy eliminace látkového znečištění. Jelikož mají krycí vrstvy malou hydraulickou propustnost, jsou zde poměrně vysoké nároky na zasakovací plochu. [34]

Podpovrchová infiltrace

U podpovrchové infiltrace je povrchová část odstraněna a srážkový odtok je přímo zaústěn do spodních půdních horizontů, kde není obsažen žádný humus. Tato podpovrchová vrstva má menší schopnost zachycení látkového znečištění, tudíž stoupá nebezpečí kontaminace podzemní vody. Z tohoto důvodu bývá nezbytné předčištění srážkové vody (viz kapitola 4.6.2.). [34]

Podpovrchová infiltrace má nízké nároky na provoz i na údržbu. Ze srážkové vody však musí být odstraněny veškeré nerozpuštěné látky, které by za delší čas způsobovaly kolmataci. [34]

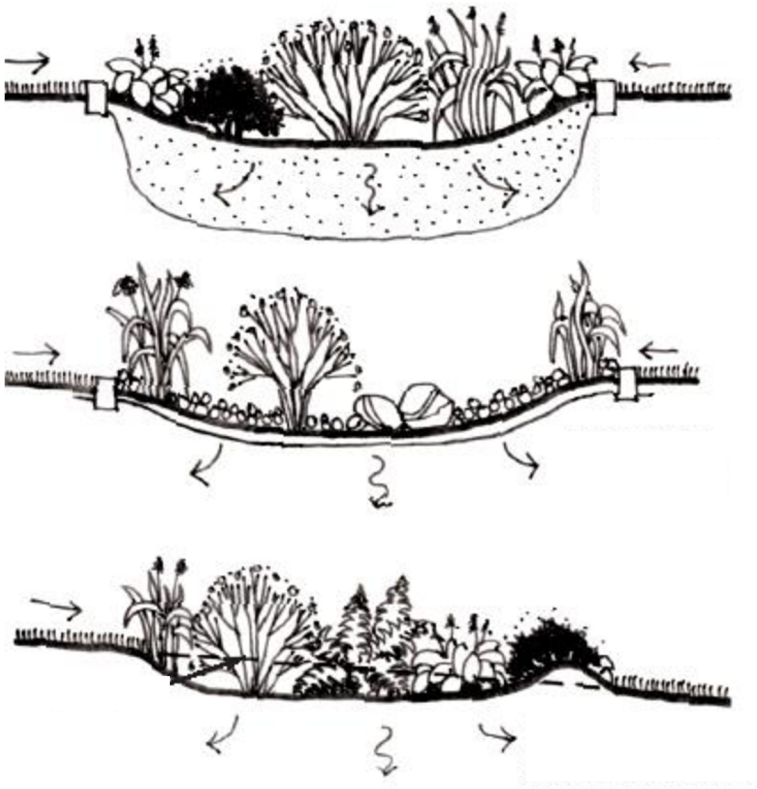
Vsakovací nádrž a průleh

Vsakování srážkové vody na pozemku je nejjednodušším, a přesto vysoce efektivním způsobem decentralizovaného řešení. Aby bylo možné srážkovou vodu vsakovat, je potřeba, aby měla půda dostatečnou propustnost, hladina podzemní vody musí být nejméně 1 metr pode dnem vsakovacího zařízení a v neposlední řadě musí být splněna minimální vzdálenost od podsklepených budov, stromů a větších keřů. Aby se zajistila co nejdelší životnost vsakovací nádrže (Obr. 4.16), musí být před nátokem zajištěno čištění srážkové vody od mechanických nečistot. [49] Vsakování splnilo svůj účel, pokud je poměr výměry části pozemku schopné vsakovat srážkovou vodu k celkové výměře pozemku, pokud se jedná o:

a) samostatně stojící rodinný dům a stavby pro rodinnou rekreaci – nejméně 0,4
b) řadový rodinný dům a bytový dům – 0,3 [53]

Obr. 4.16 Vsakovací zařízení [54]

Vsakovací průleh (Obr. 4.17) je možnost povrchového vsakování srážkových vod. Toto řešení vsakování je nejméně náročné na technologie a působí velmi málo problémů. V písčitém podloží s dobrou propustností stačí poměrně malý vsakovací průleh, v jílovitém podloží je nejlepší variantou budovat vsakovací průleh v kombinaci s dalším řešením. [34]



Obr. 4.17 Zahradní průleh [55]

5 TESTOVÁNÍ VYBRANÝCH DEŠŤOVÝCH VPUSTÍ

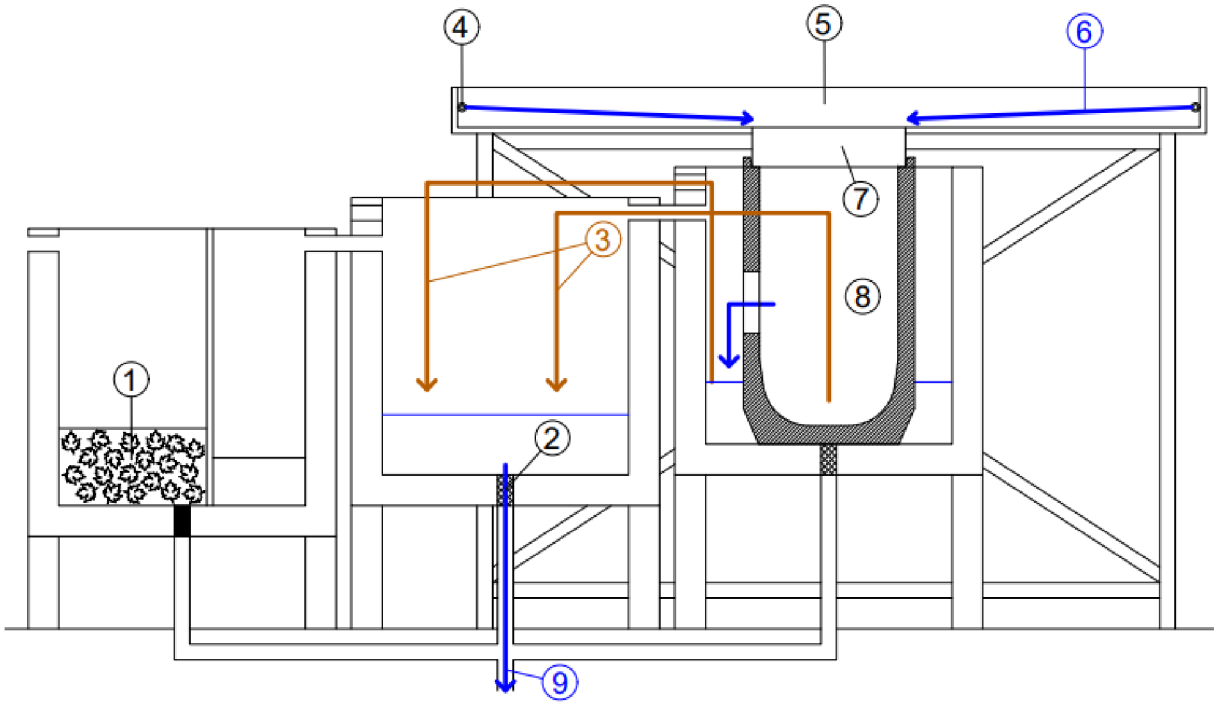
V praktické části diplomové práce se testovaly vybrané dešťové vpusti v laboratořích na ústavu vodního hospodářství obcí. Zde se vytvořil model, který simuloval reálné podmínky při provozování vpustí. Popis modelu, vybraných vpustí, samotného testování vpustí i výsledků je uveden v dalších podkapitolách. Hlavním cílem této praktické části bylo identifikovat nejvhodnější typ vpusti s ohledem na manipulaci, maximální objem a čištění.

5.1 POPIS MODELU

V laboratořích byl v roce 2020 vytvořen model k testování dešťových vpustí. Tento model, jehož schéma je na Obr. 5.1, je tvořen dřevěnou nosnou konstrukcí, třemi stejně velkými plastovými nádržemi, přispívající plochou pro déšť a samotnou testovanou vpustí.

Plastové nádrže mají tvar krychle a vnější rozměry jsou 100 x 100 x 100 cm. Levá nádrž, která je umístěna nejníže, je rozdělena na dvě části. Jedna část sloužila pro umístění mokrého listí a druhá část nakonec nebyla využita. Prostřední nádrž je od první nádrže o 12 cm postavena výš a slouží k vypouštění odpadní vody do kanalizace (Obr. 5.4). Pravá nejvýše postavená nádrž je o 12 cm výš než prostřední nádrž a je v ní osazena vpust. Z této nádrže se odpadní voda čerpala do prostřední nádrže pomocí kalového čerpadla. Pokud hladina vody stoupla na úroveň 75 cm, začala voda protékat přes bezpečnostní otvor. Všechny tři nádrže byly vybaveny odtokem do kanalizace, na kterém byly osazeny mřížky, aby nevnikaly větší nečistoty do kanalizace.

Na přispívající plochu byl simulován déšť pomocí dvou hadic s malými otvory. Tyto hadice byly umístěny zrcadlově po obvodu přispívající plochy.



Obr. 5.1 Schéma modelu

LEGENDA:

① NÁDRŽ NA MOKRÉ LISTÍ
② ODTOK S MŘÍŽKOU
③ ČERPÁNÍ VODY
④ HADICE PRO SIMULACI DEŠTĚ
⑤ PŘISPÍVAJÍCÍ PLOCHA
⑥ SMĚR TOKU VODY SMĚREM K VPUSTI
⑦ VTOKOVÁ MŘÍŽ
⑧ TĚLESO VPUSTI
⑨ SMĚR TOKU ODPADNÍ VODY

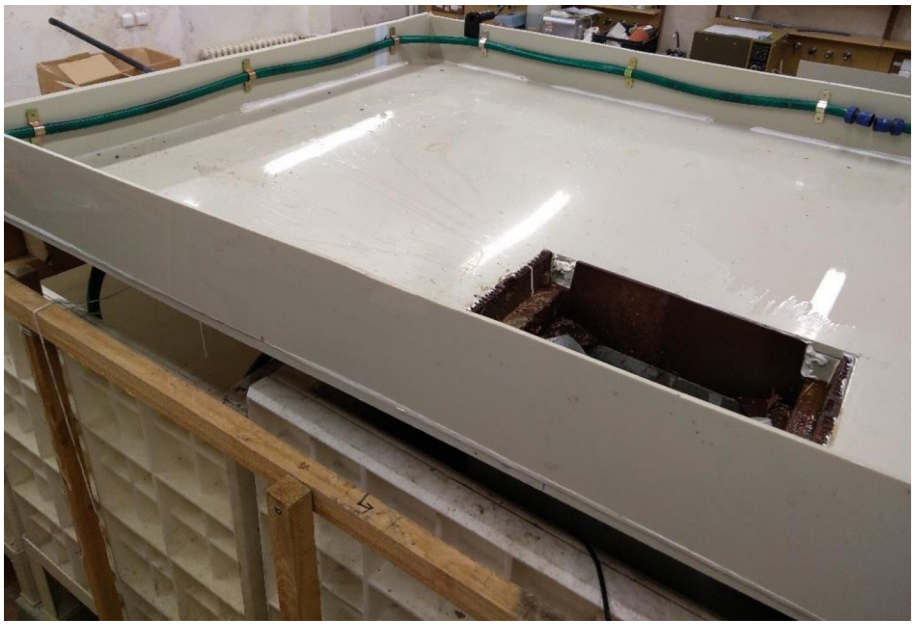
Obr. 5.2 Pohled na model v laboratoři k testování vpustí 1

Obr. 5.3 Pohled na model v laboratoři k testování vpustí 2

Obr. 5.4 Odtok odpadní vody z prostřední nádrže do kanalizace

Deska sloužící jako přispívající plocha je ve tvaru obdélníku s rozměry přibližně 150 x 245 cm a po obvodu je 17,5 cm vysoký rám, jak lze vidět na Obr. 5.5. Deska je v každém rohu vypodložena podle potřeby, aby byl zajištěn mírný sklon směrem ke vtokové mříži vpusti. Po obvodu rámu jsou pomocí objímek připevněny dvě perforované hadice k simulaci deště.

Každá hadice simuluje déšť na polovině desky. Tyto hadice se napojily na zdroj vody v laboratoři.



Obr. 5.5 Přispívající plocha s nainstalovanými hadicemi k simulaci deště

5.2 PŘÍPRAVA MĚŘENÍ

Jako první bylo potřeba osadit danou dešťovou vpust do pravé nejvýše postavené nádrže tak, aby při posazení vtokové mříže výškově lícovala s přispívající plochou. Kolem vtokové mříže bylo potřeba pomocí silikonu vyplnit případné mezery, aby voda vtékala pouze do vpusti, nikoli okolo. Dovnitř vpusti se zavedlo čerpadlo, aby odčerpávalo vodu z vpusti po dokončení měření. Další čerpadlo se umístilo přímo do prostoru nádrže, aby čerpalo vodu nahromaděnou v nádrži (Obr. 5.7). Obě čerpadla čerpala odpadní vodu do prostřední nádrže, odkud se dále odváděla do kanalizace. V části levé nádrže se připravilo mokré listí, které se používalo k měření (Obr. 5.6).

Obr. 5.6 Vlevo připravená vpust k měření, vpravo nádrž s mokrým listím

Obr. 5.7 Čerpání vody z pravé do prostřední nádrže (vlevo), naplněná prostřední nádrž (vpravo)

5.3 PRŮBĚH MĚŘENÍ

Jako první se začal simulovat déšť puštěním vody do hadic. Hadice měly po délce přibližně 15 cm vyvrtány díry, aby voda přitékala k vpusti rovnoměrně po celé přispívající ploše. Pro každé měření se zajistil konstantní průtok 30 l/min, který se zjistil změřením objemu vtékajícího do nádoby za určitý čas. Vtoková mříž se vytáhla, jelikož přes ni bylo obtížné provádět měření a zůstala vytažena po celou dobu měření.

Samotné měření spočívalo v sypání buď posypového materiálu (Obr. 5.8), nebo listí (Obr. 5.10) okolo vpusti a shrabání dovnitř pomocí smetáku (Obr. 5.9 a 5.11), dokud se vpust neucpala, nebo nebyla schopna pojmout více materiálu. Materiál se sypal pomocí kyblíku o objemu 10 l. Při sypání posypového materiálu se kyblík naplnil z praktických důvodů pouze do poloviny (tzn. 5 l), jelikož přispívající plocha, na kterou se materiál sypal, byla ve výšce více než 1,8 m, a tak bylo třeba vystoupat po schůdcích.

V každém měření se nejprve používaly 3 kyblíky posypového materiálu a poté se shrabávalo listí až do ucpání vpusti. Polovina ze všech měření se prováděla se suchým listím, které bylo skladováno v pytlech v laboratořích a druhá polovina se zkoušela s mokrým listím namočeným v prvních měřeních. Každý vyprázdněný kyblík bylo třeba zaznamenat, aby se později vyhodnotilo, kolik daná vpust dokáže pojmout materiálu.

Konec měření nastal ve chvíli, kdy došlo k jedné ze dvou následujících možných situací. V prvním případě se mohla daná dešťová vpust ucpat tak, že byl materiál vyplavován zpět na přispívající plochu. Druhá možnost, která mohla nastat, bylo ucpání vpusti používaným materiálem, ale voda mohla stále odtékat dešťovou vpustí do kanalizace.

Měření se provedlo celkem 10x, přičemž bylo vyzkoušeno několik variant. Kombinoval se suchý posypový materiál se suchým či mokrým listím, suchý i mokrý posypový materiál se suchým listím a mokrý posypový materiál s mokrým listím. V každém případě byly zachovány stejné podmínky měření. Průběh měření byl zaznamenán na video, které slouží jako videodokumentace. Samotné měření bylo ze začátku složitější a trvalo přibližně 30 minut, později se délka pohybovala v rozmezí 15 – 20 minut. Čištění a příprava na další měření poté zabrala přibližně 1 – 1,5 hodiny.

Obr. 5.8 Sypání posypového materiálu

Obr. 5.9 Shrabávání posypového materiálu do vpusti

Obr. 5.10 Sypání listí

Obr. 5.11 Shrabávání listí do vpusti

5.4 POPIS TESTOVANÝCH VPUSTÍ

V rámci testování uličních vpustí v laboratořích VHO měly být otestovány dvě vpusti. První z nich byla betonová od firmy Prefa. Druhou byla plastová vpust firmy Rehau, kterou se nakonec nepodařilo zcela otestovat, jelikož scházel kalový koš, který zachytává nečistoty. Z důvodu ochrany kanalizační přípojky před vniknutím tohoto znečištění se otestovala pouze vpust od firmy Prefa.

5.4.1 Betonová vpust firmy Prefa

První testovanou vpustí byla betonová vpust s litinovou vtokovou mříží (Obr. 5.12). Tato betonová vpust se skládala ze tří částí, a to dna, skruže s odtokem a kónusu. Součástí byl také pozinkovaný kalový koš. Betonová vpust má třídu odolnosti vůči chemické korozi XA1

(agresivní chemické prostředí). Odolnost proti účinku mrazu je třídy XF1 – XF4 (stupeň vlivu prostředí nasycení vodou s rozmrazovacími prostředky nebo mořskou vodou). Nevýhodou betonových vpustí je jejich vysoká hmotnost. [56]

Celková cena jedné betonové dešťové vpusti přibližně činí 6 989 Kč a skládá se z těchto dílců (uvedené ceny jsou bez DPH):

- kalové dno 451 Kč
- skruž s odtokem 825 Kč
- kónus 363 Kč
- litinová vtoková mříž s rámem 3 900 Kč
- kalový koš 1 450 Kč [57]

Obr. 5.12 Betonová dešťová vpust firmy Prefa [58]

5.4.2 Plastová vpust RAINSPOT firmy Rehau

Plastová vpust RAINSPOT (Obr. 5.13) je z vysoce odolného a stabilního polypropylenu, který je odolný proti korozi. Skládá se z několika částí, které jsou spojeny těsněním, tudíž není potřeba malty. Je velmi flexibilní a výškově nastavitelná a oproti betonovým vpustím se snadno, rychle a bez potřeby těžké techniky instaluje. [59][60]

Celková cena jedné betonové dešťové vpusti přibližně činí 5 013 Kč a skládá se z těchto dílců (uvedené ceny jsou bez DPH):

- dno s odtokem 855 Kč
- prodloužení bez odtoku 2x 2 x 505 Kč
- těsnící kroužek 2x 2 x 224 Kč
- litinová vtoková mříž 2 700 Kč [61]

Obr. 5.13 Plastová vpust RAINSPOT (vlevo) a vtoková mříž (vpravo) [73]

5.5 VÝSLEDKY MĚŘENÍ

Dešťové vpusti se testovaly z hlediska množství zachyceného materiálu v kalovém prostoru nebo koši a možnosti ucpání vpusti.

V rámci zhodnocení a porovnání výsledků dešťových vpustí se převzaly výsledky z testování plastových vpustí firmy Wavin, Pipelife a ACO, které se měřily v rámci diplomové práce v roce 2020.

V Tab. 5.1 jsou výsledky měření betonové vpusti. Tato vpust byla testována 10x, z čehož jedno měření bylo zkušební. Byla snaha o co nejvíce různých kombinací suchého a mokrého listí a posypu. Při každém měření se nejprve vhodilo 1,5 kyblíku posypového materiálu. Jak již bylo vysvětleno dříve, posyp se z technických důvodů naplnil pouze do poloviny kyblíku. Při každém měření se však vhodily 3 takovéto kyblíky posypu, proto je u všech měření 1,5x kyblík posypového materiálu. Jak lze vidět v tabulce, při používání suchého listí v jakékoliv kombinaci s posypovým materiálem, se do kalového koše vešlo nejvýše 9 kyblíků listí. Pouze v pátém posledním měření se jich vešlo daleko méně, a sice 5,5 kyblíků. Při vhazování mokrého listí vpust byla schopna pojmout 7 kyblíků tohoto materiálu ve všech 5 měřeních. V žádném měření nedošlo k ucpání vpusti, ta dále odváděla srážkovou vodu. Pouze se naplnil kalový koš a nebylo možné pojmout více materiálu.

Tab. 5.1 Výsledek měření betonové vpusti

Číslo měření	Testovací materiál				Ucpáno
	Posyp		Listí		
	Suchý	Mokrý	Suché	Mokré	
1	1,5x		9x		**NE**
2	1x	0,5x	8x		**NE**
3	1x	0,5x	9x		**NE**
4		1,5x	9x		**NE**
5		1,5x	5,5x		**NE**
6		1,5x		7x	**NE**
7		1,5x		7x	**NE**
8		1,5x		7x	**NE**
9		1,5x		7x	**NE**
10		1,5x		7x	**NE**

Následující tabulky obsahují vpusti testované v roce 2020. Při těchto měřeních se vždy vhodil 1 kyblík písku a 1 kyblík suchého listí. Dále se vhazovalo mokré listí až do ucpání vpusti nebo naplnění kapacity kalového koše. [62]

V Tab. 5.2 jsou shrnuty výsledky vpusti od firmy Wavin. U dvou měření se již po vhození 4. kyblíku mokrého listí naplnila kapacita a vpust nebyla schopna pojmout více materiálu. U jednoho měření se vhodilo 4,5 kyblíku mokrého listí. Ani v jednom případě nedošlo k ucpání vpusti, ta byla schopna stále odvádět vodu, pouze nebylo možné pojmout více materiálu. [62]

Tab. 5.2 Výsledek měření vpusti firmy Wavin [62]

Číslo měření	Testovací materiál				Ucpáno
	Posyp		Listí		
	Suchý	Mokrý	Suché	Mokré	
1	1x		1x	4x	**NE**
2	1x		1x	4,5x	**NE**
3	1x		1x	4x	**NE**

Tabulka 5.3 zahrnuje výsledky vpusti od firmy Pipelife. U všech třech měření se vhodil 1 kyblík písku, 1 kyblík suchého listí a 2,5 - 3 kyblíky mokrého listí. Ve všech třech měřeních pak došlo k ucpání (srážková voda nemohla dále odtékat) a vyplavování nahromaděného materiálu ven z kalového koše. [62]

Tab. 5.3 Výsledek měření vpusti firmy Pipelife [62]

Číslo měření	Testovací materiál				Ucpáno
	Posyp		Listí		
	Suchý	Mokrý	Suché	Mokré	
1	1x		1x	2,5x	**ANO**
2	1x		1x	3x	**ANO**
3	1x		1x	3x	**ANO**

V Tab. 5.4 jsou výsledky vpusti od firmy ACO. Tato vpust byla schopna pojmout při každém měření 1 kyblík písku, 1 kyblík suchého listí a 7 kyblíků mokrého listí. V prvním měření

nedošlo k ucpání vpusti, srážková voda mohla dále odtékat do kanalizace, u dalších dvou měření pak k ucpání došlo, srážková voda nemohla dále odtékat do kanalizace a nahromaděný testovací materiál se začal vyplavovat ven z vpusti. [62]

Tab. 5.4 Výsledek měření vpusti firmy ACO [62]

Číslo měření	Testovací materiál				Ucpáno
	Posyp		Listí		
	Suchý	Mokrý	Suché	Mokré	
1	1x		1x	7x	**NE**
2	1x		1x	7x	**ANO**
3	1x		1x	7x	**ANO**

5.6 VYHODNOCENÍ DEŠŤOVÝCH VPUSTÍ

Dešťová betonová vpust, která se testovala, se porovnala s plastovými vpustmi otestovanými v roce 2020. Dešťové vpusti se vyhodnotily z hlediska:

- konstrukce filtru;
- množství zachyceného materiálu;
- systému čištění vpusti.

5.6.1 Vyhodnocení dle konstrukce filtru

Při vyhodnocení dle konstrukce filtru se porovnávaly vpusti z hlediska ochrany před vniknutím nežádoucího materiálu dovnitř vpusti a tím zabránění odtoku srážkové vody.

Testování betonové a plastové vpusti

Betonová vpust byla vybavena pozinkovaným kalovým košem (Obr. 5.14), který zároveň plnil funkci filtru. Tento kalový koš bylo nemožné ucpat, jelikož má dost velký objem na to, aby se zde nashromáždilo více nečistot. Při testování se ani jednou nepodařilo kalový koš naplnit tak, aby se vpust ucpala a znečištění se začalo vyplavovat. Kalový koš zachytil téměř veškerý posypový materiál, pouze malé množství propadlo otvory ve dně koše. Tento propadlý posyp však neodtékal do kanalizace, jelikož v betonové vpusti bylo odtokové potrubí až přibližně v polovině výšky vpusti. Posyp tedy zůstal ležet na dně vpusti. Podařilo se zachytit veškeré suché i mokré listí, které bylo shrabáváno do kalového koše. Konstrukčně je tedy kalový koš navržen velmi dobře, je schopný zachytávat nečistoty a při naplnění kapacity je vpust stále schopna odvádět srážkovou vodu.

Obr. 5.14 Kalový koš betonové vpusti

Další vpustí je plastová vpust RAINSPOT od firmy Rehau, která nemá žádný kalový koš ani filtr. V tomto případě by docházelo k odtékání všech nečistot přímo do kanalizace bez jakéhokoliv předčištění. Jelikož je odtokové potrubí navrženo ve dně, nevzniká ani žádný kalový prostor. Jediné předčištění nastává při přítoku přes vtokovou mříž, kde se zachytávají pouze větší nečistoty, např. větve. Z tohoto důvodu se plastová vpust netestovala detailněji, aby nedošlo k ucpání odtoku do kanalizace.

Testované plastové vpusti v roce 2020

V roce 2020 se testovaly tři plastové vpusti. První z nich je od firmy Wavin, která má kónický 360° filtr s prouděním vzhůru. Tento filtr zadržuje nečistoty v těle vpusti a brání jim v odplavení odtokovým potrubím do kanalizace a tím postupnému zanášení odtokového potrubí. Filtr nijak nezmenšuje objem kalového prostoru díky svému unikátnímu uložení. Nad tímto filtrem je umístěn sifon, který blokuje přímý odtok potrubím a zároveň eliminuje zápach. Všechna srážková voda musí projít přes kalový prostor a přes filtr. [62]

Další testovanou vpustí je plastová vpust firmy Pipelife. Tato vpust má kalový koš, který zároveň slouží jako filtr na nečistoty. Kalový koš je poměrně malých rozměrů, tudíž menšího objemu, tím pádem docházelo poměrně rychle k jeho ucpání. Koš zachytil veškeré listí, které se shrabovalo do vpusti a většinu písku. Část písku pomocí otvorů v kalovém koši propadla na dno plastové vpusti, ale nedostala se dál do odtoku. Odtok je kolem kalového koše oddělen vnitřní plastovou stěnou právě z důvodu zamezení odtoku nečistot do kanalizace. Počet otvorů v kalovém koši byl však nedostatečný, jelikož voda nestačila přes nahromaděný materiál v koši odtékat a vpust se začala ucpávat. Plastová vpust tak nemohla plnit svoji funkci, a sice odvádět srážkovou vodu z povrchu. [62]

Poslední testovaná vpust v roce 2020 byla plastová vpust od firmy ACO. Ta byla vybavena také pouze kalovým košem, který měl více než dvojnásobný objem na rozdíl od vpusti Pipelife. Zároveň měl kalový koš daleko více otvorů, tudíž jej bylo obtížnější ucpat. Zde se při dvou ze tří měření podařilo vpust ucpat. Kalový koš byl schopný pojmout veškeré listí shrabované do vpusti a kvůli otvorům ve dně kalového koše propadla malá část písku. Ten

však zůstal na dně plastové vpusti. Z technického hlediska je proto kalový koš navržen dobře a plní svoji funkci – zachytává nečistoty. Jak již bylo zmíněno, ve dvou případech měla vpust problém s odváděním srážkové vody a ucpala se. [62]

Obr. 5.15 Pohled dovnitř vpusti přes odtokový otvor na filtr - zleva Wavin, Pipelife, ACO [62]

5.6.2 Vyhodnocení dle množství zachyceného materiálu

Množství zachyceného materiálu v jednotlivých dešťových vpustích se testovalo v laboratořích VHO. Postup měření a stejně tak i výsledky jsou popsány v předchozích podkapitolách. Všechny vpusti byly schopny zachytit všechno listí a pouze malá část písku či posypového materiálu propadla kvůli otvorům ve dně kalového koše na dno vpusti, odkud nebyl umožněn jejich odtok do kanalizace.

Testování betonové vpusti

První testovanou vpustí byla betonová dešťová vpust. Tato vpust byla schopna pojmout maximálně 1,5 kyblíku posypového materiálu a 9 kyblíků suchého listí či 7 kyblíků mokrého listí. Betonová vpust je navržena s kalovým košem z oceli, který je schopen pojmout velké množství materiálu. Vpust byla schopna odvádět srážkovou vodu do kanalizace i přes nahromaděný materiál v kalovém koši. Měření muselo být ukončeno ve chvíli, kdy nebylo možné přisypat další kyblík listí, jelikož byla naplněna kapacita kalového koše, jak lze vidět na Obr. 5.16. Pokud by se listí ručně stlačilo, byla by navýšena kapacita a vpust by byla schopna pojmout více listí. To by však výrazně ovlivnilo výsledky, tudíž se měření ukončilo se závěrem, že nedošlo k ucpání vpusti.

Obr. 5.16 Naplnění kapacity kalového koše

Testování plastových vpustí v roce 2020

Další posuzovanou vpustí byla plastová dešťová vpust od firmy Wavin. Tato vpust měla maximální kapacitu 1 kyblík písku a 5,5 kyblíku listí, z čehož 1 kyblík suchého listí a 4,5 kyblíku mokrého. Tato dešťová vpust je navržena s velkým kalovým prostorem o objemu 70 litrů, tudíž je vpusti umožněno pojmout velké množství vody i nečistot. Vpust byla schopna odvádět srážkovou vodu do kanalizace i přes úplné naplnění kapacity objemu vpusti. Měření pak bylo ukončeno, jelikož nebylo možné přisypat další kyblík listí, tudíž byla zcela naplněna kapacita. Výsledkem měření pak bylo, že nedošlo k ucpání vpusti. [62]

Další testovanou vpustí byla plastová od firmy Pipelife. Tato vpust obsahovala kalový koš z polyetylenu, který kvůli malým rozměrům (výška i průměr 250 mm) nedokázal pojmout větší množství materiálu. Maximální počet byl tedy 1 kyblík písku a 4 kyblíky listí (1 kyblík suchého listí a 3 kyblíky mokrého). Část písku propadla kvůli otvorům ve dně kalového koše na dno vpusti, kde zůstala ležet. Kvůli malým rozměrům kalového koše došlo k ucpání vpusti a tím pádem ke znemožnění vykonávání její funkce, tj. odvádět srážkovou vodu do kanalizace. K tomuto ucpání došlo ve všech třech měřeních. [62]

Poslední testovanou vpustí byla plastová vpust od firmy ACO. Ta byla schopna pojmout maximálně 1 kyblík písku a 8 kyblíků listí, z čehož 1 kyblík suchého a 7 kyblíků mokrého listí. Tato vpust byla vybavena velkým pozinkovaným kalovým košem s výškou 600 mm, díky které měl velký objem a dokázal proto pojmout tolik materiálu. Část písku se dostala přes otvory ve dně kalového koše na dno vpusti, kde zůstala ležet. U této plastové vpusti došlo ve dvou ze tří měření k jejímu ucpání. [62]

Obr. 5.17 Pohled shora na kalové koše - zleva Wavin, Pipelife, ACO [62]

5.6.3 Vyhodnocení dle systému čištění vpusti

V této podkapitole je uveden systém čištění vpustí, možnost odstranění materiálu a náročnost těchto prací. V rámci testování v laboratořích nebylo možno vyzkoušet čištění pomocí vozů, jak se provádí v praxi, proto budou popsány zkušenosti z laboratorního měření a z konstrukčního hlediska vpustí.

V laboratoři bylo možné používat dvě metody čištění vpustí. První z nich bylo použití vlastních rukou, přičemž bylo listí vybíráno ručně a přenášeno zpět do nádrže na listí. Druhá možnost byla použití zednické lžíce, která se používala v momentě, kdy nebylo možné

dosáhnout na listí či posypový materiál ručně. Díky zednické lžíci bylo možné vybrat zbytek listí a posypu na dně kalového koše i vpusti, pouze zde zůstala jen zanedbatelná část posypového materiálu.

Testování betonové vpusti

První testovanou vpustí byla betonová dešťová vpust, která má pozinkovaný kalový koš. Při naplnění tohoto koše je jeho hmotnost velká, jelikož samotný kalový koš váží 4 kg. Bylo zapotřebí nejprve vybrat listí ručně, jakmile nebylo možné dosáhnout na materiál v kalovém koši, použila se zednická lžíce. Díky ní bylo možné vybrat téměř celý objem materiálu z koše. Poté se kalový koš vytáhl ven a dočistil se pomocí zednické lžíce a vody. Jako poslední se vyčistilo dno betonové vpusti, kdy se naakumulovaná voda vyčerpala pomocí ponorného čerpadla do prostřední nádrže. Dále se ze dna vpusti pomocí zednické lžíce odstranil zbytek materiálu, který propadl kalovým košem na dno vpusti. Toto čištění bylo ztíženo vyvýšeným modelem a velkou hloubkou betonové vpusti. Dno vpusti má kulatý průřez a je v jedné rovině, tudíž zde zůstaly jen zanedbatelné částice posypového materiálu.

Testování plastových vpustí v roce 2020

V roce 2020 byla jako první testovaná plastová vpust od firmy Wavin. Dno vpusti o objemu 70 litrů mělo tvar misky bez hran či rohů, což byla velká výhoda při čištění. Čištění také bylo jednodušší díky kónickému 360° filtru, který nijak neblokoval strany nebo dno vpusti při odstraňování nečistot. Sifon, který byl umístěný uvnitř vpusti, byl lehce odnímatelný za pomocí plastového madla, tudíž bylo možné přímo vyčistit filtr. [62]

Další testovaná vpust byla plastová od firmy Pipelife. Tato vpust byla vybavena plastovým kalovým košem s madlem, který šlo snadno vytáhnout díky svým menším rozměrům a hmotnosti. Kalový koš tak bylo možné vytahovat včetně nahromaděného materiálu. Nečistoty, které propadly kalovým košem na dno vpusti, šly snadno odstranit pomocí zednické naběračky (fanky), jelikož dno vpusti bylo ploché bez hran. Sifon, který byl rovněž součástí vpusti, aby bránil odtoku nečistot, není vybaven madlem, tudíž jej nebylo možno vytáhnout a nečistoty, které se mohly hromadit kolem něj, se staly nevyčistitelné. [62]

Poslední plastová vpust od firmy ACO měla podobný způsob čištění jako vpust od firmy Pipelife. Tato vpust byla vybavena kalovým košem. V tomto případě se jednalo o velký pozinkovaný kalový koš, který díky madlu šel vytáhnout ven. Avšak ve chvíli, kdy se kalový koš naplnil nečistotami, nebylo možné jej vytáhnout z důvodu jeho hmotnosti. Proto se kalový koš nejdříve musel vyčistit ještě osazený ve vpusti a až poté vytáhnout, aby se dalo vyčistit i dno vpusti. To mělo nepravidelný tvar se spoustou záhybů, proto bylo obtížné jej důkladně vyčistit. Tento problém se vyskytl jak při ručním čištění v laboratoři, tak by nastal i při čištění speciální technikou. [62]

5.7 SROVNÁNÍ A ZHODNOCENÍ

V následující Tab. 5.5 je souhrn parametrů jednotlivých testovaných uličních vpustí. V tabulce je parametr konstrukce filtru, množství zachyceného množství (počet kyblíků),

systém čištění, počet ucpání vpusti z celkového počtu měření, manipulace, použitá vtoková mříž a pořizovací cena vpusti.

Tab. 5.5 Souhrnná tabulka [62]

Parametr	Testovaná vpust			
	Prefa	Wavin	Pipelife	ACO
Konstrukce filtru	velký kalový koš	360° kónický	malý kalový koš	velký kalový koš
Množství zachyceného materiálu [kyblík]	10,5 (8,5)	6,5	5	9
Systém čištění	ocelový kalový koš, ploché dno	velký kalový prostor, miskovité dno	plastový kalový koš, ploché dno	ocelový kalový koš, dno s výstupky
Ucpání	0x (z 10)	0x (ze 3)	3x (ze 3)	2x (ze 3)
Manipulace	vysoká hmotnost	nízká hmotnost, rukojeť	nízká hmotnost	nízká hmotnost, otočný o 360°
Vtoková mříž	300 x 524 mm, D400, litina, 40 kg	420 x 340 mm, D400, litina, 20 kg	420 x 340 mm, D400, litina, 20 kg	300 x 524 mm, D400, litina, 40 kg
Pořizovací cena	6 989 Kč	5 928 Kč	8 130 Kč	8 410 Kč

Testované vpusti v laboratořích VHO se dále ohodnotily od nejlepší po nejhorší číslem 1 – 4 (1 = nejlepší). Každý parametr se vyhodnotil zvlášť, což lze vidět v Tab. 5.6. Následně se provedl vážený průměr a vyhodnotila se celkově nejlepší a nejhorší vpust v závislosti na všech parametrech. Váha každého parametru se zvolila subjektivně, největší váhu má množství zachyceného materiálu, jelikož to je hlavní úkol dešťových vpustí. Vážený průměr se vypočítal dle vztahu (5.1). [63]

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^{n} x_i \cdot p_i}{\sum_{i=1}^{n} p_i} = \frac{x_1 \cdot p_1 + x_2 \cdot p_2 + \cdots + x_n \cdot p_n}{p_1 + p_2 + \cdots + p_n} \tag{5.1}$$

kde: x_i… hodnota

p_i… váha

Tab. 5.6 Ohodnocení jednotlivých vpustí a celková známka

Parametr	Testovaná vpust				Váha
	Prefa	Wavin	Pipelife	ACO	[%]
Konstrukce filtru	2	1	3	2	10
Množství zachyceného materiálu	1	3	4	2	50
Systém čištění	3	1	2	4	10
Ucpání	1	1	3	2	15
Manipulace	4	1	3	2	10
Pořizovací cena	2	1	3	4	5
CELKEM	**1,7**	**2,0**	**3,4**	**2,3**	**100**

Nejhůře ze všech testovaných vpustí dopadla plastová vpust od firmy Pipelife, která byla testována v roce 2020. Toto hodnocení je hlavně z důvodu nejmenšího kalového prostoru a tím nejmenšího počtu zachyceného materiálu. Jedinou výhodou byl lehký kalový koš, tudíž manipulace s ním byla velmi jednoduchá. Zároveň ale měl tento kalový koš malý počet otvorů, tudíž docházelo velmi rychle k ucpání vpusti, která nebyla dále schopna odvádět srážkovou vodu. Co se týče čištění, tak je na tom dobře, jelikož měla ploché dno bez rohů a dalo se poměrně snadno vyčistit. Cena této varianty činí 8 130 Kč bez DPH. [62]

Třetí místo náleží plastové vpusti firmy ACO. Ta byla vybavena velkým ocelovým kalovým košem, který zachytil nejvíce nečistot, a sice 9 kyblíků celkem. Kalový koš měl nevýhodu v jeho hmotnosti, sám o sobě vážil 4,0 kg a když se do něj nahromadily nečistoty, nebylo možné jej bez předchozího vyčištění nadzvednout. U plastové vpusti od firmy ACO došlo u dvou ze tří pokusů k ucpání vpusti. Z hlediska čištění byla tato vpust ohodnocena nejhůře, a to hlavně z důvodu nerovností na dně a jeho tvaru. Celková cena vpusti činí 8 410 Kč bez DPH a je tím pádem nejdražší vpustí. [62]

Na druhém místě skončila plastová vpust firmy Wavin. Tato vpust neměla kalový koš, nýbrž byla vybavena velkým kalovým prostorem s celkovým objemem 70 litrů. Maximální počet kyblíků, které byla vpust schopna pojmout, je 6,5 kyblíků materiálu. U této vpusti také nedošlo v žádném ze 3 měření k jejímu ucpání a srážková voda tak mohla dále odtékat. Dno vpusti bylo miskovitého tvaru, tudíž mohly nečistoty sklouzávat směrem ke středu dna a tím ulehčit čištění vpusti. Z vnější strany byla vpust vybavena rukojetí, což zásadně zjednodušilo manipulaci a instalaci vpusti. Celková cena je 5 928 Kč bez DPH, což je nejlevnější možná varianta ze všech testovaných vpustí. [62]

Betonová vpust, u které nedošlo v žádném z 10 měření k jejímu ucpání, byla v tomto parametru ohodnocena nejlepší stupněm. Celkový počet materiálu, který byla schopna pojmout, byl 10,5 kyblíku a jelikož tento parametr má největší váhu, řadí se na první místo. Co se týče čištění vpusti, byla ohodnocena známkou 3, jelikož materiál, který propadl na dno vpusti musel být odebrán a kvůli výšce této vpusti to bylo značně obtížné. Z hlediska manipulace byla tato vpust ohodnocena nejhorší možnou známkou, jelikož hmotnost betonové vpusti je velmi vysoká, tudíž její osazení bylo velmi náročné. Celková cena vpusti je 6 989 Kč bez DPH.

5.8 DOPORUČENÍ NEJVHODNĚJŠÍ VPUSTI

V dnešní době má největší využití betonová vpust. Ta se navrhuje nejvíce a jak již vyplývá z výsledků uvedených výše, je tento materiál nejlepším možným řešením. Tato vpust byla ohodnocena nejlepším stupněm pouze u dvou hodnocených parametrů – množství zachyceného materiálu a ucpání. Tyto parametry ale byly ohodnoceny největší vahou, proto se betonová vpust řadí na první místo. Z ekonomického hlediska je betonová vpust na 2. místě, konkrétně jedna vpust vyjde přibližně na 6 989 Kč. Jedinou možnou nevýhodou je těžší manipulace a čištění vpusti, ale v dnešní době se vše provádí mechanicky, tudíž manipulace ani čištění není velký problém.

6 ZÁVĚR

Diplomová práce je zaměřena zejména na znečištění, předčištění a použití srážkové vody. V praktické části se testovaly dešťové vpusti z hlediska konstrukce filtru, množství zachyceného materiálu a systému čištění vpusti. Diplomová práce je rozdělena do několika kapitol.

Ve druhé kapitole je vypsaná legislativa, která se týká této problematiky. První podkapitola zahrnuje zákony, normy, vyhlášky a nařízení vlády České republiky, ve druhé podkapitole jsou vypsány směrnice Evropské unie.

Další kapitola podrobně popisuje dešťové vpusti. Tato kapitola se zaměřuje na rozdělení vpustí dle umístění či materiálu, dále jsou popsány návrhové parametry vpustí, důvody sanace uličních vpustí, a nakonec provozování a čištění dešťových vpustí v největších městech České republiky a v malých obcích včetně orientačních cen za čištění.

Čtvrtá kapitola se zabývá srážkovou vodou a jejím hospodařením. Podkapitoly se zaměřují na srážko-odtokový proces v povodí včetně výpočtu množství přítoku srážkových vod, historické a modelové deště a volbu dešťových dat. Dále je v této kapitole popsáno možné znečištění a následné předčištění srážkové vody a dále jsou vyjmenovány objekty a jejich údržba, které jsou určené k předčištění srážkových vod. Tyto objekty se navrhují v závislosti na znečištění a dalším využití (zaústění do povrchových vod nebo vsakování). Další podkapitoly se zabývají urbanizací a hydrologickým režimem a hospodařením se srážkovou vodou v existující zástavbě i v oblasti novostaveb. Poslední podkapitola zahrnuje použití, retenci (decentralizovanou a centralizovanou) a infiltraci srážkové vody.

Pátá kapitola je vyčleněna pro praktickou část diplomové práce. V první podkapitole je popsán model, který byl sestaven v laboratořích ústavu vodního hospodářství obcí (VHO). Další podkapitola obsahuje popis měření. Poté je popsán samotný průběh měření včetně doby trvání jednoho měření a čištění vpusti. Čtvrtá podkapitola se zabývá popisem testovaných vpustí včetně orientačních cen bez DPH. Dále jsou popsány výsledky měření. Nakonec se otestovala pouze betonová vpust od firmy Prefa a výsledky se srovnávaly s plastovými vpustmi od firem Wavin, Pipelife a ACO, které byly otestovány v roce 2020. Všechny výsledky včetně těch z předchozího roku jsou přehledně popsány v tabulkách. Pomocí váženého průměru se stanovily pomyslné známky. K tomu bylo zapotřebí stanovit u každého parametru jeho váhu a každou vpust oznámkovat číslem 1 – 4 (1 = nejlepší). Nejlépe ohodnocenou vpustí se stala betonová vpust firmy Prefa, protože zachytila nejvíce množství nečistot, což byl parametr s největší vahou. Jako poslední podkapitola je doporučení navrhování betonové vpusti, která vyšla jako nejlepší.

Přínosem této diplomové práce pro vědní obor je hlavně otestování vybraných uličních vpustí a ohodnocení z hlediska několika parametrů. Toto ohodnocení může ulehčit rozhodování provozovatelů v navrhování uličních vpustí v budoucnosti. Hlavním úkolem vpustí je zachytávání nečistot a schopnost odvádět srážkovou vodu do kanalizace. Tyto dva požadavky nejlépe splnila betonová vpust od firmy Prefa.

7 POUŽITÁ LITERATURA

[1] *9. Objekty na stokové síti* [online]. [cit. 2021-12-01]. Dostupné z: http://hgf10.vsb.cz/546/VHZ2/9_objekty_na_stokove_siti.html

[2] *2. Základní termíny a definice* [online]. [cit. 2021-11-29]. Dostupné z: http://hgf10.vsb.cz/546/VHZ2/2_terminy.html

[3] *HORSKÉ VPUSTI* [online]. [cit. 2021-12-23]. Dostupné z: https://www.prefa.cz/kanalizace/vpusti/horske-vpusti/

[4] *Prodloužení životnosti komunikací okolo poklopů a vpustí* [online]. 12. září 2019 [cit. 2022-01-04]. Dostupné z: https://www.casopisstavebnictvi.cz/clanky-prodlouzeni-zivotnosti-komunikaci-okolo-poklopu-a-vpusti.html

[5] *Principy tvorby veřejných prostranství* [online]. [cit. 2021-12-23]. Dostupné z: https://urbancentrum.brno.cz/wp-content/uploads/2020/01/Pricncipy-tvorby-ve%C5%99ejn%C3%BDch-prostranstv%C3%AD.pdf

[6] *VTOKOVÉ MŘÍŽE* [online]. [cit. 2021-12-02]. Dostupné z: https://www.buildex.cz/vtokove-mrize?gclid=Cj0KCQiA-qGNBhD3ARIsAO_o7yka8BWhfNNOUN5i4W-L9MjCmeXj4X1ANA74uieIQC0HAwyFLrmRrw8aAkyBEALw_wcB

[7] *KOMPOZITNÍ MŘÍŽ MBH* [online]. [cit. 2021-12-02]. Dostupné z: https://www.buildex.cz/kompozitni-mriz-scobalit-mbh#detail-1

[8] *LITINOVÁ MŘÍŽ OPTIMA GR D400* [online]. [cit. 2021-12-02]. Dostupné z: https://www.buildex.cz/litinova-ulicni-vpust-copro-optima-gr-d400#c-2

[9] *DITON DEŠŤOVÁ ULIČNÍ VPUSŤ PRSTENEC TBV – Q 390 / 60 / 10A* [online]. [cit. 2021-12-02]. Dostupné z: https://stavebniny-levne.cz/destova-ulicni-vpust-prstenec-tbv-q-390-60-10a.html

[10] *TECHNICKÝ KATALOG: kanalizace, pozemní stavby* [online]. [cit. 2021-12-27]. Dostupné z: https://www.transportbeton.cz/stahnout-soubor?id=933

[11] *DITON Vyrovnávací prstenec TBV-Q 270/60/10B* [online]. [cit. 2021-12-02]. Dostupné z: http://www.stawebniny.com/diton-vyrovnavaci-prstenec-tbv-q-270-60-10b/d-74366/

[12] *DITON DEŠŤOVÁ ULIČNÍ VPUSŤ PRSTENEC TBV – Q 270 / 60 / 10B* [online]. [cit. 2021-12-02]. Dostupné z: https://stavebniny-levne.cz/destova-ulicni-vpust-prstenec-tbv-q-270-60-10b.html

[13] *Samonivelační poklopy Kompaktus a plastové poklopy Plastus – novinky z produkce HECKL* [online]. [cit. 2021-12-02]. Dostupné z: https://tvstav.cz/clanek/6161-samonivelacni-poklopy-kompaktus-a-plastove-poklopy-plastus-novinky-z-produkce-heckl

[14] *KALOVÉ KOŠE* [online]. [cit. 2021-12-03]. Dostupné z: http://www.betonika.cz/rubriky/produkty/poklopy-mrize-a-kalove-kose/kalove-kose/

[15] *TECHNICKÝ LIST* [online]. [cit. 2021-12-02]. Dostupné z: https://www.csbeton.cz/file/edee/eshop/csbeton/pdf/technicky_list/technicke-listy-csb-kose-ls20.pdf

[16] *PKVPLUS: Uliční vpusť s filtrem 315/160* [online]. [cit. 2021-12-03]. Dostupné z: https://www.pkvplus.cz/p/ulicni-vpust-s-filtrem-315-160?gclid=Cj0KCQiAnaeNBhCUARIsABEee8UgRb7rm6UmORuoyz7-gtiB2b12zLMMQtv7vqM4zfD6NodaVMnV82EaAto-EALw_wcB

[17] *DNO S KALOVOU PROHLUBNÍ TBV 2A* [online]. [cit. 2021-12-05]. Dostupné z: https://eshop.babc.cz/kanalizace-a-studny_c142923626714086/ulicni-vpust_c142923626714141/dna-ulicnich-vpusti_c169457934664964/dno-s-kalovou-prohlubni-tbv-2a_p649

[18] *SKRUŽ S OTVOREM TBV 43D, DN 200* [online]. [cit. 2021-12-05]. Dostupné z: https://eshop.babc.cz/kanalizace-a-studny_c142923626714086/ulicni-vpust_c142923626714141/skruze-s-otvorem_c169457934664966/skruz-s-otvorem-tbv-43d-dn-200_p657

[19] HLAVÍNEK, Petr, Jan MIČÍN a Petr PRAX. *Příručka stokování a čištění*. Brno: NOEL 2000, c2001. ISBN 80-860-2030-4.

[20] NOVÁK, Josef. *Příručka provozovatele stokové sítě*. Líbeznice u Prahy: Medim, c2003. ISBN 80-238-9947-3.

[21] *ČSN 73 6110 Projektování místních komunikací*. Praha: Český normalizační institut, 2006.

[22] *ČSN 75 6101 Stokové sítě a kanalizační přípojky*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2012.

[23] *Ströer čištění kanalizace: Orientační ceník* [online]. [cit. 2021-12-07]. Dostupné z: http://www.stroer-kanalizace.cz/orientacni-cenik/

[24] *Statutární město Plzeň - Čištění a opravy uličních vpustí a dešťové kanalizace - rok 2017* [online]. [cit. 2022-01-04]. Dostupné z: https://smlouvy.gov.cz/smlouva/1190849?backlink=x3ihf

[25] *ČIŠTĚNÍ KANALIZAČNÍCH VPUSTÍ* [online]. [cit. 2021-12-05]. Dostupné z: https://www.psas.cz/cisteni-kanalizacnich-vpusti-2

[26] *Ceník* [online]. [cit. 2022-01-03]. Dostupné z: https://www.ac-servis.com/cenik/

[27] *Ročenka dopravy Brno 2020* [online]. [cit. 2021-12-05]. Dostupné z: https://www.bkom.cz/informacni-centrum/rocenky-dopravy-brno-15/rocenka-dopravy-brno-2020-pdf-210

[28] *POŽADAVKY NA PROVÁDĚNÍ STOKOVÝCH SÍTÍ A KANALIZAČNÍCH PŘÍPOJEK* [online]. [cit. 2021-12-07]. Dostupné z: http://www.ovak.cz/files_for_web/dok_kanal_01-7-1.pdf

[29] *Statutární město Plzeň: Plzeňský standard komunikací* [online]. [cit. 2021-12-07]. Dostupné z: https://www.svsmp.cz/Files/svs/komunikace_mosty/plzensky_standard/Standardkomunikaci2020.pdf

[30] *Správa veřejného statku Plzeň: Plzeňský standard komunikací* [online]. [cit. 2021-12-07]. Dostupné z: https://www.svsmp.cz/komunikace-a-mosty/plzensky-standard-komunikaci/plzensky-standard-komunikaci-4.aspx

[31] *O FIRMĚ: Současnost* [online]. [cit. 2022-01-02]. Dostupné z: https://www.suszlin.cz/o-firme/

[32] *ČIŠTĚNÍ A SEČENÍ* [online]. [cit. 2022-01-02]. Dostupné z: https://www.tszlin.cz/pozemni-komunikace/cisteni-a-seceni

[33] *POŽADAVKY NA PŘEDČIŠTĚNÍ SRÁŽKOVÝCH VOD* [online]. 30.3.2012 [cit. 2021-11-25]. Dostupné z: https://www.asio.cz/cz/82.pozadavky-na-predcisteni-srazkovych-vod

[34] KREJČÍ, Vladimír. *Odvodnění urbanizovaných území - koncepční přístup*. Brno: Noel 2000, [2003?]. ISBN 80-860-2039-8.

[35] ŽABIČKA, Zdeněk a Karel VRÁNA. *Hospodaření se srážkovou vodou v nemovitostech: TP 1.20 : technická pomůcka k činnosti autorizovaných osob*. Praha: Pro Českou komoru autorizovaných inženýrů a techniků činných ve výstavbě vydalo Informační centrum ČKAIT, 2011. Metodické pomůcky k činnosti autorizovaných osob. ISBN 978-80-87438-14-5.

[36] *Hydrologie* - MODUL 01 Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební; Prof. Ing. Miloš Starý, CSc., 2005

[37] TRUPL, Josef. Intensity krátkodobých dešťů v povodích Labe, Odry a Moravy. Praha, 1958.

[38] *TNV 75 9011 Hospodaření se srážkovými vodami*. Praha: Ministerstvo zemědělství, 2013.

[39] DVOŘÁKOVÁ, Denisa. *Využívání dešťové vody (I) - kvalita a čištění: Možnosti využívání dešťové vody a k tomu potřebná technická zařízení* [online]. 19.2.2007 [cit. 2021-11-25]. Dostupné z: https://voda.tzb-info.cz/destova-voda/3902-vyuzivani-destove-vody-i-kvalita-a-cisteni

[40] *Průměrné koncentrace vážené srážkovým úhrnem* [online]. [cit. 2021-11-25]. Dostupné z: https://www.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/tab_roc/2019_enh/precipitation_y_avg_total/y_avg_total_2635_per1M_CZ.html

[41] *Mladá Boleslav - ŠKODA AUTO, Vírový separátor* [online]. [cit. 2022-01-04]. Dostupné z: https://www.pft-uft.cz/reference/1997-skoda

[42] ŠÍMA, Jan, Veronika HOLCOVÁ, Jiří DUŠEK a Kateřina DIÁKOVÁ. *ANALYTICKÉ PŘÍSTUPY KE STUDIU REDOXNÍCH VLASTNOSTÍ*

UMĚLÉHO MOKŘADU [online]. [cit. 2021-11-28]. Dostupné z: https://docplayer.cz/6888955-Analyticke-pristupy-ke-studiu-redoxnich-vlastnosti-umeleho-mokradu-jan-sima-a-veronika-holcova-b-jiri-dusek-b-a-katerina-diakova-b.html

[43] PÍREK, Oldřich. *HOSPODAŘENÍ SE SRÁŽKOVÝMI VODAMI. PŘEDČIŠTĚNÍ ODTOKŮ ZE ZPEVNĚNÝCH PLOCH (SEDIMENTACE A ODLUČOVÁNÍ LEHKÝCH KAPALIN)* [online]. 5.2.2015 [cit. 2021-11-26]. Dostupné z: https://www.asio.cz/cz/358.hospodareni-se-srazkovymi-vodami-predcisteni-odtoku-ze-zpevnenych-ploch-sedimentace-a-odlucovani-lehkych-kapalin

[44] *VÝKRESY: GSOL-30/150 ODLUČOVAČ LEHKÝCH KAPALIN* [online]. [cit. 2021-11-26]. Dostupné z: https://lapoly.cz/vykresy-olk/vykresy-gsol-30-150-odlucovac-lehkych-kapalin/

[45] *Pískové (zemní) filtry - pískové filtry* [online]. [cit. 2021-11-26]. Dostupné z: http://www.vyroba-jimek.cz/zemni-filtry/

[46] HLAVÍNEK, Petr, Petr PRAX a Jiří KUBÍK. *Hospodaření s dešťovými vodami v urbanizovaném území*. Brno: ARDEC, c2007. ISBN 978-80-86020-55-6.

[47] *Novinky.cz: Novostavby budou povinně zadržovat dešťovou vodu, navrhuje ministr* [online]. 21. 05. 2020 [cit. 2021-11-18]. Dostupné z: https://www.mzp.cz/cz/articles_20200521_novinky_novostavby_destova_voda

[48] SÝKOROVÁ, Martina, Pavel TOMÁNEK, Lýdia ŠUŠLÍKOVÁ, Nicol STAŇKOVÁ, Markéta HABALOVÁ, Martin ČTVERÁK, Jan MACHÁČ a Marek HEKRLE. *Voda ve městě: metodika pro hospodaření s dešťovou vodou ve vazbě na zelenou infrastrukturu*. V Praze: České vysoké učení technické (ČVUT) ve spolupráci s Univerzitou Jana Evangelisty Purkyně (UJEP), 2021. ISBN 978-80-01-06817-5.

[49] *VSAKOVÁNÍ A RETENCE* [online]. [cit. 2021-11-18]. Dostupné z: https://www.nicoll.cz/produkty/destova-voda/vsakovani-a-retence.html

[50] *Retenční nádrže na dešťovou vodu: Jak vybrat tu správnou?: MGR. MICHAL KRAUS* [online]. 21. 6. 2020 [cit. 2021-11-18]. Dostupné z: https://zakra.cz/blog/retencni-nadrze-na-destovou-vodu-jak-vybrat-tu-spravnou/

[51] *Největší český poldr v Žichlínku chrání před velkou vodou. Za sucha láká na krásy místní přírody* [online]. 28. 09. 2018 [cit. 2021-10-24]. Dostupné z: https://region.rozhlas.cz/nejvetsi-cesky-poldr-v-zichlinku-chrani-pred-velkou-vodou-za-sucha-laka-na-krasy-7627285

[52] *OCHRANA PROTI VODNÍ EROZI* [online]. [cit. 2021-10-24]. Dostupné z: https://encyklopedie.vumop.cz/index.php/OCHRANA_PROTI_VODN%C3%8D_EROZI

[53] Vyhláška č. 501/2006 Sb., o obecných požadavcích na využívání území. In: *Sbírka zákonů*. 2006

[54] *Jednoduchý test vsakování* [online]. 5.10.2018 [cit. 2021-11-18]. Dostupné z: https://eshop.destovka.eu/blog/jednoduchy-test-vsakovani/

[55] *A BEAUTIFUL RAIN GARDEN AT ABSOLUTELY NO COST FOR ANY LA RESIDENTS.* [online]. [cit. 2021-11-18]. Dostupné z: https://fuzeus.wordpress.com/2012/09/04/a-beautiful-rain-garden-at-absolutely-no-cost-for-any-la-residents/

[56] *PREFA BRNO: K A T A L O G KANALIZACE Prvky pro podzemní sítě a kanalizace* [online]. [cit. 2021-12-27]. Dostupné z: https://www.prefa.cz/wp-content/uploads/2020/04/PREFA-BRNO_Katalog_KANALIZACE_WEB.pdf

[57] *PREFA BRNO: CENÍK PLATNOST 2021* [online]. [cit. 2021-12-27]. Dostupné z: https://www.prefa.cz/wp-content/uploads/2020/04/PREFA-BRNO_Cenik-2021_WEB.pdf

[58] *STAVEBNÍ ODVODŇOVACÍ PRVKY spol. s.r.o.* [online]. [cit. 2021-12-27]. Dostupné z: https://sop-aco.cz/sortiment/ulicni-vpusti/#

[59] *Bezpečné zbieranie a transport zrážkovej vody* [online]. [cit. 2021-12-28]. Dostupné z: https://www.rehau.com/sk-sk/transport

[60] *MEHR QUALITÄT, GERINGERE KOSTEN: Straßenablauf RAINSPOT aus Polypropylen* [online]. [cit. 2021-12-28]. Dostupné z: https://www.rehau.com/downloads/509920/uli%C4%8Dn%C3%A1-vpus%C5%A5-rainspot.pdf

[61] *Vše, co potřebujete pro vodovody a kanalizace: Ceník* [online]. [cit. 2021-12-28]. Dostupné z: https://www.aquaservis-mk.cz/cenik-a11#zalozka

[62] Bc. Martin Spurný, *Předčištění dešťové vody před vtokem do zasakovací nádrže*. Brno, 2021. 76 s., Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodního hospodářství obcí. Vedoucí práce doc. Ing. Petr Hluštík, Ph.D.

[63] *Vážený průměr: Vzorce* [online]. [cit. 2022-01-04]. Dostupné z: https://www.vypocitejto.cz/prumer/vazeny-prumer/

[64] *METODIKA Magistrátu města Brna: MĚSTSKÉ STANDARDY pro kanalizační zařízení* [online]. [cit. 2021-12-05]. Dostupné z: https://www.brno.cz/fileadmin/user_upload/sprava_mesta/magistrat_mesta_brna/OI/dokumenty/Standardy_pro_kanalizacni_zarizeni.pdf

[65] PAVELKOVÁ CHMELOVÁ, Renata a Jindřich FRAJER. *Základy fyzické geografie 1: Hydrologie*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2013. ISBN 978-80-244-3844-3.

[66] *Tvorba podzemní vody v okrajových částech Prahy* [online]. 19/04/2021 [cit. 2022-01-04]. Dostupné z: https://www.vtei.cz/2021/04/tvorba-podzemni-vody-v-okrajovych-castech-prahy/

[67] ŠPAČEK, Pavel. *Hospodaření a nakládání s vodou v legislativě, technických normách a praxi* [online]. [cit. 2022-01-04]. Dostupné z: https://vodnihospodarstvi.cz/hospodareni-a%E2%80%AFnakladani-s%E2%80%AFvodou/

[68] *Modro-zelená infrastruktura* [online]. [cit. 2022-01-04]. Dostupné z: https://www.mzi.cz/

[69] *Modré plochy* [online]. [cit. 2022-01-01]. Dostupné z: https://www.mzi.cz/cz/modre-plochy

[70] *Zelené plochy* [online]. [cit. 2022-01-01]. Dostupné z: https://www.mzi.cz/cz/zelene-plochy

[71] ŽIDEK, Václav. *Civilizace vs. příroda. Modro-zelená infrastruktura šetří krajinu i rozpočet* [online]. 25. 09. 2020 [cit. 2022-01-01]. Dostupné z: https://liberecky.pirati.cz/aktuality/civilizace-vs-priroda-modro-zelena-infrastruktura-setri-krajinu-i-rozpocet.html

[72] *Opravy uličních vpustí* [online]. [cit. 2022-01-04]. Dostupné z: https://poklopsystem.cz/cs/sluzby/zabudovani-ulicnich-vpusti

[73] *Vtoková mříž KM13P* [online]. [cit. 2022-01-04]. Dostupné z: http://www.kasi.cz/produkty/ulicni-vpusti/vtokove-mrize-tridy-c250/vtokova-mriz-km13p

[74] *Rukověť starosty: 15.1. Rozdělení pozemních komunikací* [online]. [cit. 2022-01-09]. Dostupné z: http://www.rokvobci.cz/rukovet-starosty/detail/202-rozdeleni-pozemnich-komunikaci/

SEZNAM TABULEK

Tab. 1.1 Potřeba srážkové vody pro různá využití v budově [35] 10
Tab. 3.1 Podélné vzdálenosti vpustí v závislosti na podélném sklonu [29] 25
Tab. 4.1 Klasifikace dešťů a jejich hodnot [34] 26
Tab. 4.2 Rozdělení ročního úhrnu srážek do jednotlivých měsíců [35] 27
Tab. 4.3 Hodnoty součinitele odtoku pro výpočet přítoku srážkové vody [20] 29
Tab. 4.4 Vydatnosti náhradního blokového deště pro město Brno z Truplových tabulek [37] 30
Tab. 4.5 Celkový úhrn deště (převedeno z Tab. 4.4) [37] 30
Tab. 4.6 Průměrné koncentrace naměřené ČHMÚ ve stanici Košetice v roce 2019 [40] 32
Tab. 4.7 Znečištění typických látek na jednotlivých typech ploch [38] 33
Tab. 5.1 Výsledek měření betonové vpusti 57
Tab. 5.2 Výsledek měření vpusti firmy Wavin [62] 57
Tab. 5.3 Výsledek měření vpusti firmy Pipelife [62] 57
Tab. 5.4 Výsledek měření vpusti firmy ACO [62] 58
Tab. 5.5 Souhrnná tabulka [62] 63
Tab. 5.6 Ohodnocení jednotlivých vpustí a celková známka 63

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1.1 Odtok srážkové vody z nepropustných ploch (vlevo) a propustných ploch (vpravo) [71] 11
Obr. 3.1 Horská dešťová vpust [1][3] 14
Obr. 3.2 Uliční dešťová vpust [1][4] 15
Obr. 3.3 Chodníková dešťová vpust [1][5] 16
Obr. 3.4 Vtoková mříž z kompozitu [7] a schéma [10] 17
Obr. 3.5 Vtoková mříž litinová [8] 17
Obr. 3.6 Kruhový vyrovnávací prstenec [11] 17
Obr. 3.7 Kruhový seříznutý vyrovnávací prstenec [9] a schéma [10] 18
Obr. 3.8 Hranatý vyrovnávací prstenec [12] a schéma [10] 18
Obr. 3.9 Nízké pozinkované kalové koše dle DIN 4052 [14] 18
Obr. 3.10 Vysoké pozinkované kalové koše dle DIN 4052 [14] 19
Obr. 3.11 Vlevo plastový kalový koš [13], vpravo kalový koš z oceli [15] 19
Obr. 3.12 Plastová vpust firmy Wavin a schéma plastové vpusti [16] 20
Obr. 3.13 Dno betonové vpusti [17] a schéma [10] 20
Obr. 3.14 Skruž betonové vpusti s otvorem [18] a schéma [10] 20
Obr. 3.15 Schéma betonové vpusti s kalovým košem [10] 21
Obr. 3.16 Důvody nutnosti sanace [60] 23
Obr. 3.17 Čištění uliční vpusti [27] 25
Obr. 4.1 Srážko-odtokový proces v povodí [65] 27
Obr. 4.2 Znázornění tvorby srážkového odtoku [34] 28
Obr. 4.3 Blokový déšť [36] 30
Obr. 4.4 Šifaldův déšť [36] 31
Obr. 4.5 Vírový separátor [41] 35
Obr. 4.6 Umělý mokřad [42] 35
Obr. 4.7 Systém průleh-rýha [38] 36
Obr. 4.8 Vsakovací nádrž [38] 37
Obr. 4.9 Odlučovač lehkých kapalin [44] 38
Obr. 4.10 Pískový zemní filtr [45] 39
Obr. 4.11 Vliv urbanizace na hydrologický režim [34] 40
Obr. 4.12 Rozhodovací diagram pro opatření v souvislosti s odváděním srážkových vod [34] 42
Obr. 4.13 Retenční nádrž [50] 44
Obr. 4.14 Největší poldr v Čr v Žichlínku [51] 44

Obr. 4.15 Protierozní nádrž v Hustopečích u Brna [52] 45
Obr. 4.16 Vsakovací zařízení [54] 47
Obr. 4.17 Zahradní průleh [55] 47
Obr. 5.1 Schéma modelu 48
Obr. 5.2 Pohled na model v laboratoři k testování vpustí 1 49
Obr. 5.3 Pohled na model v laboratoři k testování vpustí 2 50
Obr. 5.4 Odtok odpadní vody z prostřední nádrže do kanalizace 50
Obr. 5.5 Přispívající plocha s nainstalovanými hadicemi k simulaci deště 51
Obr. 5.6 Vlevo připravená vpust k měření, vpravo nádrž s mokrým listím 51
Obr. 5.7 Čerpání vody z pravé do prostřední nádrže (vlevo), naplněná prostřední nádrž (vpravo) 52
Obr. 5.8 Sypání posypového materiálu 53
Obr. 5.9 Shrabávání posypového materiálu do vpusti 53
Obr. 5.10 Sypání listí 54
Obr. 5.11 Shrabávání listí do vpusti 54
Obr. 5.12 Betonová dešťová vpust firmy Prefa [58] 55
Obr. 5.13 Plastová vpust RAINSPOT (vlevo) a vtoková mříž (vpravo) [73] 56
Obr. 5.14 Kalový koš betonové vpusti 59
Obr. 5.15 Pohled dovnitř vpusti přes odtokový otvor na filtr - zleva Wavin, Pipelife, ACO [62] 60
Obr. 5.16 Naplnění kapacity kalového koše 60
Obr. 5.17 Pohled shora na kalové koše - zleva Wavin, Pipelife, ACO [62] 61

SUMMARY

The diploma thesis deals with the rain gutters, rainwater pollution, pre-treatment, infiltration and retention of rainwater. Furthermore, these rain gutters are compared and evaluated according to the criteria: filter construction, amount of captured materiál and cleaning system.

First chapter of the thesis describes legislative situation in the Czech Republic and the European Union.

Distribution, type of materials, operation and cleaning of rain gutter are described in the next part of the thesis. Just as possible pollution, pre-treatment, infiltration and retention of rainwater. This part also including the calculation of the amount of rainwater inflow, historical and model rainfall. The objects, which are using for pre-treatment rainwater, are designed depending on the pollution and other uses (discharges to surface waters or infiltration). Other subchapters deal with urbanization and hydrological regime and rainwater management in the existing buildings and in the areas of new buildings.

The second part of the diploma thesis is practical. The first subchapter describes the model which was compiled in the laboratories in the institute of municipal water management (VHO). The next subchapter contains a description of the measurement. Then the measurement process is described, including the duration time of one measurement and the cleaning of the rain gutter. The fourth subchapter deals with the description of the tested rain gutters. The concrete Prefa gutter, which was tested in this thesis, was compared with the plastic rain gutters from Wavin, Pipelife and ACO (tested in 2020). Evaluated parameters were filter construction, amout of trapped material and cleaning system. The parametres were weighted and rain gutters were ranked by their performance in each parameter. The final ranking were determined using a weighted average. All results, including those from the 2020, are described in the tables.