

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ  
FAKULTA STAVEBNÍ  
KATEDRA ZDRAVOTNÍHO A EKOLOGICKÉHO INŽENÝRSTVÍ



PRINCIPY HYDRAULICKÉHO NÁVRHU STOKOVÉ  
SÍTĚ V UZEMÍCH VYBAVENÝCH OBJEKTY  
HOSPODAŘENÍ S DEŠŤOVOU VODOU

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

MARCELA ČERNÁ

Vedoucí bakalářské práce: Doc. Ing. David Stránský, Ph.D.

Květen 2018



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební  
Tháškova 7, 166 29 Praha 6

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

### I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Černá Jméno: Marcela Osobní číslo: 424328  
Zadávající katedra: Zdravotního a ekologického inženýrství  
Studijní program: Stavební inženýrství  
Studijní obor: Vodní hospodářství a vodní stavby

### II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce: Principy hydraulického návrhu stokové sítě v územích vybavených objekty hospodaření s dešťovou vodou

Název bakalářské práce anglicky: Hydraulic design principles of sewer systems in catchments with on-site stormwater management

Pokyny pro vypracování:

Práce bude obsahovat teoretickou a praktickou část. V teoretické části budou uvedeny zejména důvody a možnosti hospodaření s dešťovou vodou (HDV) v urbanizovaných územích. Praktická část posoudí odtoky z modelových území s objekty HDV (s použitím historických srážkových řad) a stanoví základní principy pro návrh stokových sítí v takovýchto územích.

Seznam doporučené literatury:

Krejčí a kol. (2002). Odvodnění urbanizovaných území: Koncepční přístup, NOEL2000  
TNV 75 9011 Hospodaření se srážkovými vodami  
ČSN 75 9010 Vsakovací zařízení srážkových vod  
ČSN 75 6101 Stokové sítě a kanalizační přípojky  
Butler D. Urban Drainage (3rd edition)

Jméno vedoucího bakalářské práce: doc. Ing. David Stránský, Ph.D.

Datum zadání bakalářské práce: 19.2.2018

Termín odevzdání bakalářské práce: 27.5.2018

Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku

Podpis vedoucího práce

Podpis vedoucího katedry

### III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

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

19.2.2018

Datum převzetí zadání

Černá

Podpis studenta(ky)

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

V Praze, dne 27. 5. 2018

.....

Marcela Černá

## **PODĚKOVÁNÍ**

Mé poděkování patří Doc. Ing. Davidu Stránskému, Ph.D. za odborný dohled, ochotu a trpělivost, kterou mi v průběhu zpracování bakalářské práce věnoval a významnou měrou přispěl ke zdárnému dokončení práce.

## **ANOTACE**

Cílem bakalářské práce je hydraulické posouzení stokové sítě. Práce bude obsahovat teoretickou a praktickou část. V teoretické části budou uvedeny zejména důvody a možnosti hospodaření s dešťovou vodou (HDV) v zastavěných územích. Podstatným materiálem, ze kterého práce vychází je oborová norma TNV 75 9011 Hospodaření se srážkovými vodami. Praktická část posoudí a porovná odtoky z modelových odvodňovaných ploch s objekty HDV s územím bez zřízení těchto objektů. Významným faktorem je snížení finančních nákladů města, kdy při zavedení principů HDV snížíme odtok z povodí a oddálíme navýšení kapacity stokové sítě.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

hospodaření s dešťovými vodami, vsakování, retence, srážkové vody, hydraulický návrh stokové sítě

## **ANNOTATION**

The aim of this bachelor thesis is the hydraulic evaluation of the sewer network. The thesis will consist of theoretical and practical part. The theoretical part will contain the reasons and the possibilities of on-site stormwater management in built-up areas. The key document for this thesis is the czech technical standard „TNV 75 9010 Hospodaření se srážkovými vodami“. The practical part will evaluate and compare the outflows from model drainage areas with HDV objects to the areas without these objects. An important factor is the reduction of the city's financial burden, when we implement HDV principles to reduce drainage from the river and postpone the increase of the sewer network capacity.

## **KEYWORDS**

sustainable urban drainage systems, infiltration, retention, precipitation water, hydraulic design of the sewer network

# OBSAH

ÚVOD .....	8
1. ZÁKLADNÍ POJMY .....	9
2. SRÁŽKODTOKOVÉ VZTAHY .....	12
3. DEŠŤOVÁ DATA .....	14
4. URBANIZACE A MĚSTSKÉ ODVODNĚNÍ.....	15
5. LÁTKOVÉ ZNEČIŠTĚNÍ.....	16
5.1. TŘÍDY JAKOSTI.....	16
5.2. ZDROJE ZNEČIŠTĚNÍ.....	16
5.3. JAKOST SRÁŽKOVÝCH VOD .....	17
5.4. PŘEDČIŠTĚNÍ.....	18
6. HOSPODAŘENÍ S DEŠŤOVOU VODOU .....	21
6.1. APLIKOVATELNOST V ZÁSTAVBĚ.....	22
6.2. PŘÍNOSY HDV .....	23
6.3. ZÁKLADNÍ PRINCIPY HDV .....	24
6.4. VOLBA PŘÍJEMCE .....	25
7. TECHNICKÁ OPATŘENÍ HDV .....	32
7.1. POVRCHOVÁ VSAKOVACÍ ZAŘÍZENÍ.....	32
7.2. PODZEMNÍ VSAKOVACÍ ZAŘÍZENÍ.....	35
7.3. RETENČNÍ OBJEKTY.....	37
8. ODVOD VODY Z OBJEKTŮ HDV .....	41
9. STOKOVÁ SÍŤ .....	42
9.1. HYDRAULICKÝ NÁVRH A POSOUZENÍ.....	42
10. NORMATIVNÍ DOKUMENTY / LEGISLATIVA A HDV .....	44
11. CÍL PRÁCE .....	48
12. METODIKA.....	49
12.1. IDENTIFIKACE NOVÉ ZÁSTAVBY .....	49
12.2. NÁVRH OPATŘENÍ .....	50
12.3. POSOUZENÍ ODTOKU SIMULAČNÍM PROGRAMEM.....	58
12.4. EKONOMICKÉ POSOUZENÍ .....	59
13. VÝSLEDKOVÁ ČÁST .....	60
13.1. IDENTIFIKACE NOVÉ ZÁSTAVBY .....	60
13.2. SIMULAČNÍ PROGRAM .....	61
13.3. ÚZEMÍ BEZ OPATŘENÍ HDV.....	62
13.4. VSAKOVACÍ ZAŘÍZENÍ.....	65
13.5. RETENČNÍ OBJEKT.....	71

13.6. POROVNÁNÍ PROFILŮ.....	78
13.7. EKONOMICKÉ POSOUZENÍ .....	79
<b>DISKUZE A ZÁVĚR.....</b>	<b>82</b>
<b>LITERATURA .....</b>	<b>83</b>
<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>89</b>
<b>SEZNAM TABULEK .....</b>	<b>91</b>
<b>SEZNAM GRAFŮ.....</b>	<b>93</b>
<b>SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK.....</b>	<b>93</b>

## ÚVOD

Hlavním cílem bakalářské práce je hydraulické posouzení stokové sítě v zastavěných územích vybavených HDV prvky.

Dnešní navrhování stokových sítí nezohledňuje aplikaci opatření HDV. Všechny vyhlášky předepisují návrh bez vzájemného propojení těchto prvků se stokovými sítěmi, a tím popírají jeden ze zásadních přínosů HDV. Vzniká tak potřeba navrhovat a budovat předdimenzované stoky, které mají značný vliv na finanční rozpočty měst. Jejich stavbou by se snížily náklady na rekonstrukce kanalizace, ČOV a na protipovodňová opatření, protože tyto objekty mohou současně sloužit k ochraně obyvatel a majetku před lokálními povodněmi.

V současné době obyvatele soukromých zástaveb nic k aplikaci principů HDV nemotivuje, protože jsou osvobozeni od poplatků za stočné a vodné dle zákona o vodovodech a kanalizacích. Dále je důležité posílit povědomí lidí o přínosech HDV a nutnost pochopit, že srážková voda není hrozba, ale je potřeba ji vnímat jako cenný zdroj.



# 1. ZÁKLADNÍ POJMY

## Akumulace

Schopnost zadržovat vodu v půdě, v akumulacích prostorách různých nádrží, mokřadech, jezerech, v bezodtokových terénních depresích a ve zvodnělých vrstvách hornin (Janeček, 2004).

## Atmosférické vody

Veškeré vody v ovzduší bez ohledu na skupenství. Množství srážek se vyjadřuje jako *srážkový výška*, kdy 1 milimetr srážek odpovídá 1 litru vody spadlé na plochu 1 m<sup>2</sup>. A celkový srážkový úhrn je definován jako celková výška srážek spadlá na danou plochu za uvažované období (Pitter, 1999).

## Eroze půdy

Eroze je jednou z primárních příčin změn fyzikálních vlastností půdy, jakou jsou především infiltrační schopnost, vodní kapacita, pórovitost, zrnitost, struktura. Ke kvantitativním a ke změnám vzájemných vztahů mezi jednotlivými půdními vlastnostmi dochází právě působením eroze. (Říha a kol., 2005).

## Efektivní dešť

Ztráta mezi reálným a efektivním deštěm je způsobena povrchovou retencí, infiltrací, výparem, omočením povrchu, rozstříkáním odtékající vody apod. (Krejčí, 2002).

## Evapotranspirace

Celkový výpar, který se vztahuje k určitému území/ploše, tento výpar se skládá z fyzikálního výparu a fyziologického výparu (Vítek a kol, 2015).

## Hospodaření s dešťovými vodami

Způsob nakládání se srážkovými vodami (převážně dešťovými), který klade důraz na zachování přirozené bilance vody v území po jeho urbanizaci; základním přístupem HDV je decentrální způsob odvodnění (TNV 75 9011, 2013).

## CHSK

Chemická spotřeba kyslíku představuje komplexní ukazatel veškerého organického znečištění, bez ohledu na to, zda jde o látky biologicky

rozložitelné či nikoliv. Stanovuje se na koncentraci organických látek ve vodě podle množství oxidačního činidla, které se spotřebuje na jejich oxidaci (Pitter, 1999).

#### Koeficient vsaku $k_v$

Koeficient charakterizující rychlost vsakování vody do horninového prostředí ve vsakovacím zařízení za atmosférického tlaku při hydraulickém sklonu  $l=1$ . Koeficient vsaku se stanoví způsobem popsáním v ČSN 75 9010 a nelze ho nahradit koeficientem hydraulické vodivosti ani součinitelem infiltrace (Vítek a kol, 2015).

#### Množství atmosférických srážek

Vyjadřováno jako výška vrstvy vody, kterou vytvoří srážková voda při dopadu na nepřístupné vodorovné ploše bez odtoku a výparu (Melioris a kol., 1988).

#### Podzemní voda

Voda vyskytující se v horninovém prostředí v zemských dutinách a zvodnělých zemských vrstvách, pokud není vázána kapilárními silami. Z překročení limitních koncentrací vybraných složek se z prosté vody stává minerální (Pitter, 1999).

#### Povrchová voda

Všechny vody přirozeně vyskytující se na zemském povrchu (Pitter, 1999).

#### Retence

Tato schopnost krajiny spočívá v dočasné zadržování vody. Retenční schopnost krajiny má mimořádný význam pro vznik a průběh povrchového odtoku a pro snižování kulminačních průtoků. Je vyjadřována v  $m^3$  nebo v mm vodního sloupce. Při retenci dochází k prozatímnímu zadržování vody v gravitačních a semikapilárních pórech půd, v povrchových depresích anebo v pokravných vegetačních, popřípadě kulturních vrstvách povrchu krajiny (Janeček, 2004).

### Retenční vodní kapacita

Při jakém celkovém srážkovém úhrnu dojde k maximálnímu nasycení půdy ve sledovaném povodí (Matoušek, 2010).

### Vodní režim

Jedná se o soubor charakteristických změn stavu vodních objektů v čase (Netopil, 1970).

## 2. SRÁŽKODTOKOVÉ VZTAHY

Nejrozšířenější hmotou na naší planetě je voda a díky slunečnímu záření dochází ke stálému výparu. Změní se její skupenství z kapalného na plynné a působením tlaku se zpětně mění na kapalinu, která dopadá zpět na zemský povrch v podobě atmosférických srážek, sněhových srážek, krup, mlhy, námrazy apod. Hydrologický cyklus zajišťuje funkci klimatického systému Země, a jako jeho nejzákladnější součást se udává odtok vody. Netopil (1972) také uvádí, že tento proces, rovněž oběh vody, probíhá na povrchu naší planety neustále dokola. Schematicky je pohyb vody na Zemi poměrně jednoduchý, ale skutečnost je jiná, protože celkový oběh vody je tvořen velkým počtem lokálních menších oběhů a část vody je stále přeměňována na všechna skupenství. Podle Blažka a kol. (2006) je území našeho státu zapojeno do malého oběhu, kterýžto probíhá v místní krajině a zároveň do velkého koloběhu určenými středoevropskými klimatickými poměry (Blažek a kol., 2006).

U nás v České republice jsou atmosférické srážky jediným primárním zdrojem vody. Srážky dopadající na zemský povrch jsou jednak zadržovány na povrchu vegetace a půdy, jednak se vsakují či infiltrují do půdy nebo se vypařují zpět do ovzduší. Infiltrací se myslí pronikání vody ze zemského povrchu do půd a hornin, což je velmi složitý děj, který závisí na mnoha faktorech. Pokud intenzita a úhrn dešťových srážek v daném místě převyšují intenzitu vsaku, tak se půda nasytí dešťovou vodou a stéká nejprve v souvislé vrstvě jako plošný odtok. Teprve pak se rozčleňuje erozivními rýhami do stružek a jimi odtéká do vodotečí, které tvoří hydrologickou síť (Matoušek, 2010).

ČHMÚ udává, že průměrný roční úhrn srážek v ČR v roce 2016 je 674 mm. Nejvyšší měsíční úhrny srážek v tomto roce připadali na květen až září, zejména v souvislosti s lokálními silnými bouřkami a s intenzivními přeháňkami. Nejméně srážek je v únoru až březnu. Stejně jako teplotní poměry jsou velice ovlivněny nadmořskými výškami, proto je rozdělení srážek velmi nerovnoměrné. Z morfologických důvodů z ČR odtéká mnohem větší množství, než do ní odtéká, a i z toho důvodu je nutné zpomalit povrchový odtok z urbanizovaných a zemědělských ploch.

Veškeré hodnoty jsou velmi proměnlivé a pouze přibližné. Přirozené změny klimatu, fyzicko-geografické vlastnosti povodí řek způsobené antropogenní činností a též ve změnách časového a plošného odtoku vody mají vliv na změny dat odtokových poměrů (Netopil, 1972). V Tabulce 1 jsou uvedeny roční hodnoty obnovitelných vodních zdrojů v ČR v letech 2010-2016 vydané Ministerstvem zemědělství České republiky v roce 2017.

Tabulka 1: Obnovitelné vodní zdroje v letech 2010-2016 (Ministerstvo zemědělství České republiky, 2017)

Položka	Roční hodnoty (mil. m <sup>3</sup> )						
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Srážky	68 692	49 449	54 812	57 336	51 815	41 957	50 240
Evapotranspirace	46 824	35 511	42 239	38 296	41 542	32 165	40 223
Roční přítok <sup>1)</sup>	781	482	492	845	388	398	402
Roční odtok <sup>2)</sup>	22 649	14 420	13 065	19 885	10 661	10 190	10 419
Zdroje povrchových vod <sup>3)</sup>	8 788	5 770	5 195	6 626	5 273	3 591	4 421
Využitelné zdroje podzemních vod <sup>4)</sup>	1 594	1 340	1 311	1 657	1 077	939	925

Pramen: ČHMÚ

Pozn.: <sup>1)</sup> Roční přítok na území ČR z okolních států.

<sup>2)</sup> Roční odtok z území ČR.

<sup>3)</sup> Určuje se jako průtok v hlavních povodích s 95% zabezpečeností.

<sup>4)</sup> Jedná se o kvalifikovaný odhad, upřesnění je publikováno ČHMÚ až v II. pololetí 2017.

Přirozený hydrologický režim je narušen převážně urbanizací. K zajištění potřebné infrastruktury se neustále zvyšuje osídlování krajiny, kde původní plochy tvořily převážně přirozené retenční prostory. V nezastavěných územích dochází ke zpomalení odtoku srážkové vody, menšímu objemu přímého dešťového odtoku, k rychlejší infiltraci a výparu dešťových vod a k obnově podzemních vod. Stavebně upravované plochy výrazně změnily charakter odvodnění a hydrologické poměry, což vede k ohrožení vodních zdrojů a stavu vodních toků (Krejčí, 2002).

Červený a kol. (1984) uvádí, že vodní režim v přirozených podmínkách je velmi obtížné ovlivnit v závislosti na řadě faktorů, rozdělující se na globální a místní podmínky. Ke globálnímu měřítku se řadí zvyšující se roční teplota, a hlavně podstatné znečišťování ovzduší. Změny způsobené odvodňováním a vytvářením nových vodních ploch lze členit do místních podmínek. Matoušek (2010) doplňuje jako další významný faktor sledovaný při srážkoodtokového vztahu je retenční vodní kapacita. Vyjma činnosti ve vodním hospodářství se mezi aspekty ovlivňující srážkoodtokové vztahy řadí zemědělství, lesní hospodářství a urbanizace.

### 3. DEŠŤOVÁ DATA

Správné dimenzování profilů stokové sítě pro odvádění srážkových vod je závislé na objemu dešťových srážek, době trvání deště a jeho intenzitě. Tyto hodnoty se po celém území České republiky dlouhodobě staticky sledují (Krejčí, 2002). Technická norma TNV 75 9011 (2013) definuje *vstupní data* jako soubor vstupních dat závislé na použitých metodách řešení při dimenzování objektů HDV. Dlouhodobá srážková řada se nesmí být kratší než 10 let a musí být k dispozici jako časově kontinuální o dostatečné délce. Používají se pro dlouhodobé simulace k detailnímu řešení. Pomocí statisticky zpracovaných dat ve formě náhradních vydatností nebo úhrnů s definovanou periodicitou  $p$  se řeší jednoduché výpočtové metody.

**Historický déšť** je základní formou dešťových dat v urbanizovaném povodí vystihující v čase reálný průběh dešťových intenzit. Záznamy se využívají pro zpracování modelových dešťů anebo můžou sloužit jako vstupní údaje pro simulaci srážko-odtokových procesů. Z historických dešťů je následně možné odvodit **modelové deště**, které se zejména využívají k hydraulickému návrhu stokové sítě. Nejstarší představitel modelového deště je **blokový déšť**, který je odvozen z čar náhradních intenzit závislé na periodicitě výskytu a době trvání. Je možné tento déšť využít pro výpočty racionální metodou a slouží jako základ pro odvození modelových dešťů s proměnnou intenzitou. Proto by se dalo říct, že patří k nejdůležitějším výpočetním podkladům v inženýrské praxi. Je možné pro dlouhodobou simulaci využít katalog dešťů, které popisují skutečné deště v dané lokalitě (Krejčí, 2002).

Další nezbytné podklady pro návrh technických zařízení jsou základní údaje o stavbě a její předpokládané umístění, mapy vhodného měřítká včetně polohopisu, výškopisu a podélné řezy.

## 4. URBANIZACE A MĚSTSKÉ ODVODNĚNÍ

Městské odvodnění je neoddělitelnou a důležitou součástí městské infrastruktury, stejně jako zásobování pitnou vodou a elektřinou. Podílí se na ochraně obyvatel a životního prostředí před lokálními záplavami. Má významný podíl na zabezpečení hygienicky nezávadného prostředí (Knap, 2017)

Navržená koncepce je důležitým vývojovým krokem pro několik příštích desetiletí. Začlenit stavbu do přirozeného režimu vody se snahou o co nejmenší zásahy je jedna ze zásad koncepčního řešení. Je snaha podporovat přirozený způsob odvodnění v nezastavěných územích nebo alespoň o jeho největší přiblížení. Tím se na hydrologický režim zmírňují negativní důsledky urbanizace krajiny na rozdíl od technických systémů Krejčí (2002) dále tvrdí, že se musí přihlídnout na hydrologický režim vodních toků a k celkovému morfologickému stavu území.

Neustále se díky urbanizaci odstraňuje původní vegetační kryt a dochází tak ke zhoršení odtokových poměrů. Vráblíková a kol. (2011) tvrdí, že devastovaná krajina má minimální retenční schopnosti a může hrozit eroze úrodné vrstvy půdy. Antropogenní vlivy a špatné způsoby obhospodařování půdy podstatně snížili retenční schopnosti půd. Například výstavbou retenčních nádrží posílujeme sníženou přirozenou schopnost krajiny zadržovat vody z atmosférických srážek.

Krajiny pokryté vegetací a dobře zásobené vodou je voda spotřebována na výpar, a to jak z půdy (evaporace), tak přímo z rostlin přes průduchy (transpirace). Evapotranspirace je díky vegetaci schopná regulovat mikroklima. Při porovnání teplot naměřených na střeších budova a v parcích bylo zjištěno, že teploty v parcích jsou podstatně nižší, což dosvědčuje Pokorný a Hesslerová (2011).

## 5. LÁTKOVÉ ZNEČIŠTĚNÍ

Jedna z předpokladů správné volby vhodného opatření je znalost podílu látkového znečištění, jeho zdrojů, transportních cest, v technických a kontrolovatelných objektech a celkové znečištění způsobené urbanizací městského odvodnění, která je odrazem nejrůznějších civilizačních aktivit. Při užívání srážkové vody nesmí dojít k ohrožení zdraví uživatele a ke kontaminaci životního prostředí především podzemní vody a půdy. (Krejčí, 2002).

### 5.1. TŘÍDY JAKOSTI

Povrchové vody jsou členěny do 5 tříd jakosti stanovené limity dle normy ČSN 75 7221 Jakost vod – Klasifikace jakosti vod (1990): I. třída – neznečištěná voda, II. třída – mírně znečištěná voda, III. třída – znečištěná voda, IV. třída – silně znečištěná, V. třída – velmi silně znečištěná voda. Podle Langhammera (2002) jsou dle charakteru sledované ukazatele rozděleny do 6 skupin uvedené v následující tabulce. Pro každý ukazatel v jednotlivých skupinách je měření prováděno samostatně, kdy výsledná hodnota je ta nejnejpříznivější.

Ze všech řek na světě se přibližně 10 % považuje za znečištěné. V současné době je kvalita povrchových vod nižší a znečištění stále stoupá, zejména v rozvojových zemích, v rozvinutých zemích je znečištění naopak konstantní (Moldan, 2009).

### 5.2. ZDROJE ZNEČIŠTĚNÍ

Zdroje znečištění povrchových vod se podle Pittera (1999) rozdělují na 3 typy: plošné, bodové a difúzní.

**Bodového** – Za tyto zdroje se pokládají odpadní vody z městských čistíren a vstupy průmyslové, městské a dešťové kanalizace do toků. Z těchto zdrojů je možné zjišťovat kvalitu i kvantitu znečištění, které je přiváděno do vodního útvaru soustředěně.



**Plošné** – Zdroje zahrnují splachy z okolních půd, zemědělsky obdělávané a atmosférické depozice.

**Difuzní** – Zdroje znečištění jsou rozptýlené bodové zdroje, pocházející již výše zmíněných zdrojů znečištění.

Významný vliv na znečištění má i nedostatečné ředění na počátku dešťového odtoku. Další vlivy na znečištění dopadající vody na povrch má podle Krejčího (2002) i prach, špína, automobilová doprava, eroze dopravních ploch, průmysl, vegetace, zvířata, odpadky a uvolňování látek z budov a dalších objektů.

### 5.3. JAKOST SRÁŽKOVÝCH VOD

Odtékající srážkové vody z urbanizovaného území jsou znečištěny látkami obsaženými v ovzduší, z užívání odvodňovaných ploch a látkami pocházejícího z materiálu (TNV 75 9011, 2013). Krejčí (2002) také uvádí, že kvalita složení dešťové vody je závislá na místních podmínkách a látky obsažené v atmosféře mohou být přenášeny i na větší vzdálenosti.

Jakost srážkových povrchových vod se rozděluje do dvou kategorií, které se musí zohlednit při návrhu zařízení určená ke vsakování vod do horninového prostředí. **Přípustná srážková voda** je taková voda, která neohrozí kvalitu podzemních vod a z hlediska znečištění nepředstavuje riziko, proto se vsakují přes nenasycenou oblast bez předčištění. Do vsakovacího zařízení smí být povrchový odtok odváděn z ploch jako jsou zatravněné plochy, louky, plochy kulturních krajín, komunikací pro pěší a cyklisty, terasy v obytných částech, ze staveb pro individuální rekreaci, garáží, příjezdů k rodinným domům a střech, jejíž redukovaný půdorysný průmět odvodňované plochy má menší hodnotu než 200 m<sup>2</sup>. Vody se zhoršenou jakostí a s možným rizikem specifického znečištění povrchových a podpovrchových vod se nazývají **srážkové vody podmíněně přípustné**. Do zařízení se povrchový odtok přivádí z pozemních komunikací a parkovišť pro motorová vozidla, letištních ploch bez zimní údržby letadel, průmyslových a zemědělských areálů a střech o redukované odvodňované ploše větší než 200 m<sup>2</sup>. Znečištění se snižuje, popřípadě

eliminuje pomocí vhodného způsobu předčištění, které se navrhuje v závislosti na typu vsakovacího zařízení a druhu znečištění.

Není vhodné, aby se srážkový povrchový odtok z **významně znečištěných ploch** vsakoval. Vzniká na plochách pro hospodaření s odpady, s nebezpečnými a zvláště nebezpečnými látkami, plochy pro uskladnění aut, autovrakovišť, autobazarů, parkovišť u opraven vozidel, letištních ploch se zimní údržbou letadel apod. A veškeré plochy jsou posuzované individuálně a na půdách těchto zařízení se nesmí pěstovat plodiny určené k přímé konzumaci (ČSN 75 9010, 2012).

## 5.4. PŘEDČIŠTĚNÍ

Norma TNV 75 9011 (2013) říká, že z urbanizovaného území je srážková voda znečištěna látkami, které jsou obsaženy v atmosféře nebo látkami pocházející z materiálu a užívání odvodňovaných ploch. U nízké míry znečištění není potřeba provádět žádná opatření. Předčištění je nutná v případě významného znečištění dešťové vody ohrožující podzemní vody. Proto je vyžadován odlišný způsob předčištění a dle potřeby je vhodné jednotlivé způsoby kombinovat.

Chceme-li používat dešťovou vodu především na zahradě, na mytí auta, splachování nebo na zalévání, nevyžaduje čištění vody složitý systém. Využití málo znečištěné srážkové vody vyžaduje oddělené odvádění např. ze střech. Znečištěné srážkové vody z komunikací se odvádí bez využití, protože jejich čištění by bylo nákladnější (VodavDomě, 2018).

Krejčí (2002) definuje biologické předčištění jako čištění, při kterém probíhají fyzikálně-chemické a biologické procesy probíhající vzhledem k době zdržení nádrži poměrně rychle. Mechanické předčištění je určeno k zachycení a k odstranění hrubých nečistot, které by mohly způsobit vážné provozní potíže. Jako způsob předčištění dešťových vod z odvodňovaných ploch je možné využít tyto způsoby:

### **Přírodní procesy**

K odbourávání nečistot dochází průsakem přes vrchní vrstvu půdního horizontu neboli vegetační vrstvu. Vhodnější je jemnozrný materiál, protože účinnost filtrace závisí na zrnitosti materiálu. Zachycují se organické látky, uhlovodíky, hrubé a jemné nečistoty, nerozpustné sloučeniny kovů, kovy apod. (TNV 75 9011, 2013).

### **Zachycení hrubých nečistot**

Je nutné pro ochranu podzemního vsakovacího zařízení nebo dalších stupňů předčištění. Používají se česle, síta, vtokové mřížky a lapače listí (TNV 75 9011, 2013).

### **Filtrace**

Pomocí různých filtrů dochází k odstranění nečistot a části nerozpuštěných látek o určité velikosti a v nich přebývajících bakterií. Při mechanické filtraci prochází upravovaná voda zrnitým nebo porézním materiálem. Zpravidla pro dočištění se využívají filtry s adsorpčním materiálem (TNV 75 9011, 2013). Používají se dva druhy filtrů – interní a externí. Interní se umísťují dovnitř nádrže. Externí filtry jsou samostatné filtrační šachty (Dvořáková, 2007).

*Okapové filtrační jednotky* jsou osazené na okapovém svodu. Tento typ je určen převážně na vsakování, pro vodu na zavlažování. Nečistoty jsou odplavovány zbytkovou vodou do kanalizace.

*Košíčkové filtry* jsou umístěné samostatně, ve filtrační šachtě nebo v akumulární nádrži. Technicky jsou nejjednodušší, ale nevýhodou je nutnost údržby a snížení využitelného objemu nádrže.

*Samočisticí filtrační jednotky* se používají, je-li přepad akumulární nádrži napojen na veřejnou kanalizaci. Čistá voda proteče přes filtrační vrstvu do nádrže a zbytková voda s nečistotami je odplavena do kanalizace (Dvořáková, 2007).

### **Sedimentace**

Sedimentační prostor, kde látky se specifickou hmotností vyšší než voda, klesají dolů. Zadržené nerozpuštěné látky by se neměly znovu smíchat. U podzemních vsakovacích zařízení je toto předčištění nutné a je potřeba

pravidelná kontrola vyklízení (VodavDomě, 2018). Zařízení určené pro usazování jemných a hrubých nečistot, nerozpuštěných sloučenin kovů. Sedimentace může probíhat v samotné akumulární nádrži na dešťovou vodu nebo v nádrži usazovací (Dvořáková, 2007).

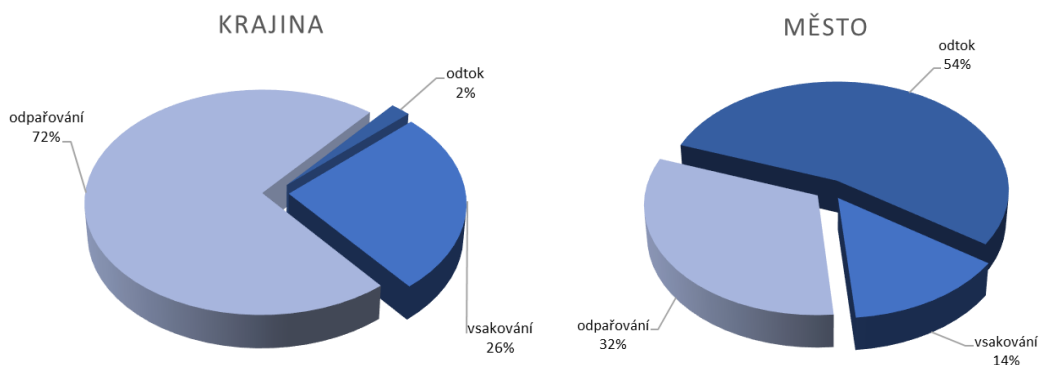
Je možná i kombinace pro zvýšení účinnosti čištění. Část nečistot je zachycena zařízeními pro předčištění, zbylé látky jsou dočištěny v čistírnách odpadních vod a následně je vyčištěná voda zaústěna do blízkého vhodného recipientu.

## 6. HOSPODAŘENÍ S DEŠŤOVOU VODOU

Termín Hospodaření s dešťovými vodami je v ČR užíván pro nový přístup ke srážkovým vodám. Je potřeba si uvědomit, že ke srážkovým vodám by se mělo přistupovat jako ke zdroji, který je třeba chránit a hospodárně využívat, nikoliv jako k problému, kterého je třeba se co nejrychleji zbavit. Koncepčně se jedná o opačný přístup než ten, který by dosud navrhován v konvenčním odvodnění. Tuto myšlenku definuje například Vítek a kol. (2015).

HDV je ucelený systém, který podporuje čištění, vsakování, evapotranspiraci, zpomalování a transformaci odtoku, zadržování a užívání srážkových vod v blízkosti jejího dopadu na zemský povrch (Vítek, 2015). Ovlivňuje několik oborů stavebnictví, ale u nás se bohužel převážně zužuje čistě na obor vodního hospodářství. Nynější technické předpisy jsou pro architekty, urbanisty a projektanty pozemních a dopravních staveb špatně využitelné (Kabelková a kol., 2009).

V zastavěných plochách přispívá rychlý a bezprostřední odtok dešťové vody ke zvýšení špičkových průtoků v kanalizaci a ve vodních tocích, k zaplavování zasakovacích objektů, pokud rychlost zasakování neodpovídá přítékajícímu množství dešťové vody. K nežádoucím vlivům odtoku z retenčního objektu je vhodné navrhnout retenční opatření a odpovídající omezení (Krejčí, 2002). V Obrázku 1 se porovnává vodní bilance na přírodních a umělých plochách (Bavorský státní úřad pro vodní hospodářství, 2004).



Obrázek 1: Porovnání vodní bilance v krajině a ve městě (Bavorský státní úřad pro vodní hospodářství, 2004)

## **6.1. APLIKOVATELNOST V ZÁSTAVBĚ**

Voda by měla být součástí městské krajiny a spolu s vegetací vytváří propojení s přírodní krajinou. Principy a pravidla HDV by měla být z toho důvodu od samého začátku zakotvena v územních plánech (Kabelková a kol., 2009). Je důležité podporovat retenční schopnost krajiny včetně urbanizovaného území a pomocí územního plánu řešit zadržování srážkové vody ve městě, což vyzdvihuje ČKA (2013).

V současnosti jsou tato opatření realizována především na jednotlivých, převážně soukromých nemovitostech. Tento způsob nakládání s dešťovou vodou má přesto má velký význam pro veřejné odvodňovací technické systém, a proto by měl být především finančně podpořen (Krejčí, 2002).

Mění se klimatické podmínky a neustálý nárůst zpevněných ploch má za důsledek extrémní výkyvy počasí a ovlivnění přirozeného odtoku, výparu a vsaku. Je potřeba, aby stát na tyto příčiny reagoval a začal pracovat na změně Stavebního zákona, Vodního zákona a Zákona o vodovodech a kanalizacích (Knap, 2017).

### **6.1.1. STÁVAJÍCÍ ZÁSTAVBA**

Je hned několik důvodů, proč je v současnosti použití principů HDV ve stávajících zástavbách velice složité.

Objekty a jednotlivá opatření je nutné vždy přizpůsobit stávajícím podmínkám. Většinou není možné u odvodňovaných ploch ovlivnit výškové, sklonové a prostorové poměry. Jeden z problémů použití zařízení HDV ve stávajících zástavbách je právě nedostatek místa pro jejich umístění (Vítek a kol, 2015).

Soukromé majitele obytných zástav v současné době k aplikaci principů HDV nic nemotivuje, protože jsou dle zákona o vodovodech a kanalizacích osvobozeni od poplatků za vodné a stočné. Naopak přílehlých komunikací a domů ve vlastnictví města je situace rozdílná. Při zavedení principů HDV město sníží odtok z povodí a tím odlehčí stokové síti a oddálí navýšení její kapacity (Vítek J., 2014).

V zastavěných oblastech se územní plánování srážkovým vodám věnuje ve smyslu prevence proti záplavám a hrozbám s nimi souvisejícími (Kabelková a kol., 2009).

### 6.1.2. NOVÁ ZÁSTAVBA

Aplikovat principy HDV a návrh koncepce odvodnění lze nejlépe na stavebních parcelách nové zástavby, protože je možné ovlivnit územní plán. Je zde možnost ovlivnění výškových poměrů a uspořádání ploch v závislosti k odvodňované ploše. Jsou nutné lokální studie vyhodnocující stávající odtokové poměry, zkušenosti a poznatky místních správců, informace o jednotlivých recipientů, vrstevnicové mapy s leteckými snímky, informace o hydrologickém prostředí a projektové dokumentace řešící nové stavby (Vítek J., 2014).

## 6.2. PŘÍNOSY HDV

Tento princip odvodnění se může aplikovat v podstatě na jakémkoliv území, což je jeho velkou výhodou. Je důležité navrhnout opatření, které nenaruší jeho kontinuitu a jedinečnost a pochopit místo jako takové v celém kontextu. Toto řešení nabízí mnoho přínosů. Velký přínos je v oblasti **vody**, kdy je podpořen přirozený režim vodních ploch a přirozený vodní cyklus, zvýšení půdní vlhkosti a výparu, dotace podzemních vod, ochrana kvality povrchových a podzemních vod proti znečištění z povrchového odtoku. Značný vliv je i v oblasti **ekonomické**, kdy se sníží nutné náklady na rekonstrukci kanalizace a ČOV, na protipovodňová opatření a snížení potřeby pitné vody při využívání akumulované dešťové vody. Z hlediska **životního prostředí** se podpoří přirozené stanoviště místních druhů rostlinstva a živočišstva, posílení biodiverzity, propojení stanovišť a ekosystémů. Z pohledu **obyvatelstva** se zpříjemní klima městského prostoru, dojde k propojení vody a vegetace se zatravněnými plochami a celkově dochází ke zlepšení mikroklimatu v urbanizovaných oblastech. Dále stavby HDV mohou sloužit k ochraně obyvatel a majetku před lokálními povodněmi (Vacková M., 2017).

### 6.3. ZÁKLADNÍ PRINCIPY HDV

Základem je tzv. *decentrální systém odvodnění* (dále jen „DSO“), který nakládá s vodami přímo na pozemku stavby. V případech lze řadit jednotlivá opatření za sebe a vytvořit tak *semicentrální systém odvodnění*. Nevýhodou oproti decentrálním systému je, že se dá jednoznačně určit majitel a správce. V místě vzniku nebo v jejich blízkosti jsou vody odváděny a vrací se zpět do přirozeného oběhu. Naopak *centrální systém odvodnění* (dále jen „CSO“) nakládá s vodami hromadně pro více staveb umístující se na konec řetězce odvodnění, ale při samostatném využití nelze řadit tyto systémy mezi opatření HDV pro nesplnění základní podstaty věci (Vítek a kol, 2015). V následující Tabulce 2 jsou popsány hlavní rozdíly mezi DSO a CSO.

Tabulka 2: Rozdíl mezi DSO a CSO (Vítek a kol, 2015)

Centrální způsob odvodnění	Decentrální způsob odvodnění
přesouvá problém mimo místo svého vzniku (do nižších povodí) a na někoho jiného	řeší problém v místě svého vzniku za prostředky majitele nemovitosti
omezuje výpar a vsakování	podporuje výpar a vsakování
zvyšuje rychlost odtoku vody z povodí	zpomaluje odtok vody z povodí
značně finančně zatěžuje majitele kanalizace (většinou obec [5])	finanční zátěž se přesouvá na majitele odvodňovaných nemovitostí
nedostatečná ochrana nemovitostí před lokálními záplavami	zvyšuje ochranu nemovitostí před lokálními záplavami
popírá zásady udržitelného rozvoje	splňuje zásady udržitelného rozvoje

Výpar, infiltrace a retence dešťové vody patří k nejrozšířenějším opatřením, které se v urbanizovaném povodí používají přímo u zdroje. Akumulace dešťové vody a její užívání na vlastním pozemku nebo v blízkém okolí patří k poměrně účinným a snadno realizovaným opatřením. Retenční schopnost je ovlivňována celou řadou faktorů. Ke zlepšení této schopnosti je zapotřebí zpomalovat povrchový odtok a zbrzdít tak rychlý odtok vody do vodních toků. Objekty by měly plně vyhovovat zásadám trvale udržitelného rozvoje a musí současně splňovat funkčnost, snadnou údržbu, provoz a musí mít určitou estetiku. Většina technických zařízení jsou přírodě blízká a snaží se o napodobení přírodních odtokových podmínek (Vítek a kol, 2015).



## 6.4. VOLBA PŘÍJEMCE

Při volbě recipientu musí být zohledněna místní přípustnost a proveditelnost. **Přípustnost** zkoumá, jestli je navržený způsob odvodnění přijatelný. Posouzení je nutné provést ve vztahu k příjemci srážkových vod, kdy nejdůležitějším hlediskem je ochrana podzemních a povrchových vod společně s půdou. **Proveditelnost** řeší, zda je technicky možné v dané lokalitě provést zvolený způsob odvodnění. Při volbě se přihlíží především na množství srážek, velikosti odvodňované plochy, geologických podmínkách, prostorových možnostech, dostupnosti vodního toku nebo kanalizace, stavebních a technologických možnostech a právních vztazích (TNV 75 9011, 2013).

Nároky na ochranu vodního toku stoupají v souvislosti s jeho ochranou. Nutno při městském odvodnění přihlídnout k hydraulickému režimu a morfologickému stavu vodních toků v urbanizovaných územích (Krejčí, 2002).

Dle vyhlášky č. 501/2006 Sb. se v uvedeném pořadí podle priorit zvolí způsob odvodnění urbanizované oblasti:

- Vsakování což je odvod srážkových vod do půdního a horninového prostředí
- Regulovaný odvod srážkových vod do povrchových vod
- Regulovaný odvod srážkových vod do jednotné kanalizace

Srážková voda je zprvu využívána pro domácí účely nebo pro jiné plánované využití a dále jako výpar do ovzduší. Dále je přednostně vsakována do půdního a horninového prostředí. Jestliže vsakování není možné, tak srážková voda bude regulovaně odváděna do vod povrchových a v poslední řadě regulovaně vypouštěna do jednotné kanalizace.

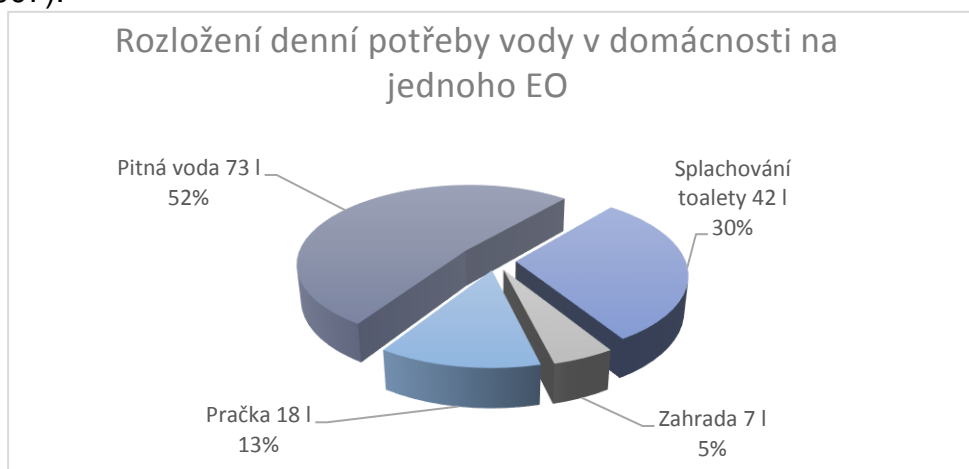
Pokud není technicky možné dodržet hodnotu přípustného srážkového odtoku 3 l/(s.ha), tak může být se souhlasem vodoprávním úřadem stanovena vlastníkem a nebo provozovatel kanalizace. Tato hodnota se stanoví na základě posouzení hydraulické kapacity a hydrobiologického stresu. Povrchová voda je odváděna pomocí svodnic nebo dešťovou kanalizací.

Upřednostňovaný postup při odvodu dešťového odtoku do jednotné kanalizace je pomocí svodnic, kde je podporován výpar a zároveň se sníží kulminační odtok. U jednotné kanalizace se musí posoudit hydraulická kapacita, kde nejdůležitější aspekty jsou posouzení kapacity ČOV, přetížení samotné kanalizace a posouzení kritérií dešťových oddělovačů (TNV 75 9011, 2013).

### 6.4.1. POZEMEK

Technická norma TNV 75 9011 (2013) konstatuje, že málo znečištěná voda z atmosférických srážek se v současné době velmi často využívá. Jakost vody nesmí ohrozit zdraví uživatele, omezit komfort užívání vody nebo kontaminovat životní prostředí. Zachycenou vodu je možné upotřebit na zavlažování zelených ploch, zahrádek či sportovních areálů, na mytí aut, strojů nebo mytí průmyslových ploch. V domácnosti se voda může využívat na splachování WC, praní prádla anebo úklid. Toto řešení je výhodné, pokud je spotřeba 1500 m<sup>3</sup>/rok odpovídající objektu 40 EO, který je definovaný produkcí látkového znečištění 60 g (Operační program Životního prostředí, 2018).

Ideálním řešením je využití srážkové vody v domácnostech. Na Obrázku 2 je znázorněno rozložení denní spotřeby pro 1 EO z evropského průměru. V České republice je podíl využitelnosti srážkové vody závlah trávníků a zahrad. Pitnou vodu nelze nahradit dešťovou vodou (Bárek V., Halaj P., 2007).



Obrázek 2: Rozložení denní potřeby vody v domácnosti a jednoho EO (Bárek V., Halaj P., 2007)

K zachycení dešťového odtoku podle Krejčího (2002) lze využít **lokální nádrže**, které nesmí být vystavené případnému znečištění, účinku teplot či světla, proto je snaha při rekonstruovaných a nových staveb umisťovat cisterny do země. Do sklepních prostorů a na povrch terénu se tyto nádrže navrhují co nejméně a jen v krajním případě, protože voda musí mít co nejnižší teplotu a co nejméně světla. Příklad z nádrže může být zaústěn do kanalizace, recipientu, zasakovacího objektu nebo popřípadě biotopu. Dochází tak ke kombinaci retenční nádrže a dalších prvků hospodaření s dešťovou vodou.

Pro snížení látkového znečištění a snížení hygienického rizika se navrhuje *oddělení prvního splachu*, což odpovídá cca 1-3 mm prvního deště. Filtrace je jeden z účinných a provozně jednoduchých způsobů, jak zlepšit kvalitu přitékající vody. Zařízení nejsou komplikovaná, ale jsou v současnosti využívány pro jednoduché případy (Krejčí, 2002).

#### **6.4.2. OVZDUŠÍ**

Na pozemcích musí být podporován výpar srážkové vody do ovzduší, proto se nezastavěné plochy v obytných zástavbách zpevňují co nejméně a přispěje se ke zvětšení transpirace ze srážek. Výpar má největší vliv během období sucha a během srážkových přestávek, protože v období dešťů nemá na povrchový odtok žádný vliv, což potvrzuje Krejčí (2002) a uvádí, že ve středoevropských podmínkách se nejčastěji pohybuje hodnota mezi 1-3 mm/den.

Norma TNV 75 9011 říká, že nejvíce zaměřená technická zařízení na výpar jsou **vegetační střechy**, které se dělí na intenzivní a extenzivní. *Intenzivní vegetační střechy* jsou obhospodařované plochy s okrasnou funkcí s rostlinami, stromy a keři, proto je můžeme nazývat střešními zahradami. Jsou pochůzná, a i z toho důvodu mají střešní konstrukce zřetelně vyšší zatížení zahrnující i hmotnost vegetační vrstvy plně nasycenou vodou a filtrační vrstvy. *Extenzivní vegetační střechy* jsou nepochůzná s nízkými nároky na údržbu, kdy střešní konstrukce může být navržena jako plochá až sklonitá, a proto je povrch střechy tvořen pouze rostlinami s nízkou mírou růstu. Nejvhodnější jsou víceleté suchomilné rostliny jako například sukulenty,

mechy, byliny a traviny. Jedná se o vícevrstvé systémy skládající se z vegetačního pokryvu, filtrační vrstvy a samotnou konstrukci střechy. Další konstrukce využívané pro snížení srážkového odtoku, kulminačních průtoků a zvýšení evapotranspirace jsou **střechy štěrkové**, které nemají vegetační vrstvu. Výhodou návrhu těchto zařízení je estetická funkce a možnost ochlazovat budovy v letní sezoně.

Při návrhu **propustných zpevněných povrchů** se minimalizuje množství nepropustných zpevněných ploch a snaha zachovat propustné nezpevněné povrchy s vegetačním pokryvem s přirozeným vsakem ve sníženém terénu viz Obrázek 3. Nejvhodnější látky používané na nezpevněné plochy místních komunikací jsou z polopropustných a propustných materiálů, které sníží srážkový odtok. Mohou se též využít zatravněvací dlažby a rošty, kamenné či betonové dlažby s pískovými spárami, zatravněné štěrkové vrstvy, porézní asfalt a jiné.



Obrázek 3: Vegetační dlažba (PREFA BRNO, 2018)

Stavba **zelených fasád** neboli vertikálních zahrad má dvojí možnost využití viz Obrázek 4. Dokáží klimatizovat budovy pasivní cestou pomocí odvodu slunečního záření a stínění, a částečně může fungovat jako tepelná izolace. Zároveň zlepšují mikroklima uvnitř budovy a jejího okolí za využití evapotranspirace. Představují možnost ozelenit město i v místech, kde by klasická výstavba zeleně nebyla možná. Velký důraz při výběru typu rostlin je kladen na samotný růst v extrémních podmínkách, kde hlavním faktorem byl adekvátní kapilární vzestup vody přes zavlažovací a substrátový systém.

Tento systém fasádního ekologického systému je kombinací strategie pro úsporu energie a poskytuje přirozený cyklus vody (Schmidt, 2006).



Obrázek 4: Zelená fasáda (Schmidt, 2006)

### 6.4.3. PŮDNÍ A HORNINOVÉ PROSTŘEDÍ

Pro zvážení možnosti vsakování musí být u každé stavby proveden hydrogeologický průzkum. Zohledňuje se schopnost vsakování půdního a horninového prostředí, poloha hladiny podzemní vody a tloušťka propustných vrstev, která by mohla ovlivnit návrh vsakovacího zařízení. Rozhodující je i sklon terénu, kdy při větším sklonu je plošné vsakování nevhodné a někdy i nemožné.

Nejvíce se přibližuje přirozenému vsakování srážkových vod převážně přes vegetační pokryv půdy podporující evapotranspiraci. Jeden z nejdůležitějších faktorů správného a funkčního návrhu je vhodná skladba půdních vrstev, proto se při výběru vhodného řešení musí vycházet z výstupů geologických průzkumů. Zařízení je umístěné na povrchu terénu a ve svrchní vrstvě půdního horizontu, kde jsou značně zastoupeny organické látky, se zachycují případná znečištění.

Vsakovací odtok musí být pomalejší než jeho přítok. Proto je nutné, aby toto zařízení mělo svůj retenční prostor o určitém objemu určený k zadržení srážkové povrchové vody před jejím vsakem. Voda je vsakována povrchově

přes zatravněnou humusovou vrstvu nebo pomocí podzemního vsakovacího zařízení.

U plošného vsakování je srážková voda vsakována do velmi malých hloubek a retenční objem zařízení je rozložen do větší plochy. Při návrhu vsakovacích nádrží a příkopů se využívá převážně sklonitost terénu, ale musí se brát v úvahu eroze svahů, kterou může vyvolat soustředěný tok vody. V obou případech je snaha o nenáročnou údržbu a dostatečnou přístupnost.

**Propustné zpevněné plochy** neodvádí vodu z jiných zpevněných povrchů, proto se nepokládají za vsakovací zařízení. Slouží hlavně v místě vzniku ke snížení srážkového odtoku. Upřednostňuje se **povrchové vsakování** přes vhodnou souvislou zatravněnou humusovou vrstvu, která funguje jako možné předčištění k odstranění typických druhů znečištění. U málo znečištěných srážkových vod se výjimečně může navrhnout **podzemní vsakovací zařízení** s přímým vsakováním do propustnějších vrstev bez průchodu zatravněnou humusovou vrstvou.

#### 6.4.4. POVRCHOVÉ VODY

Pokud není po posouzení proveditelnosti a přípustnosti možné srážkovou vodu vsakovat, zvolí se jako příjemce těchto vod povrchové vody. Pomocí retenčního objektu se zajistí nutné zdržení při odvádění srážkových vod z pozemků, který musí být vybaven zpětnou armaturou chránící objekt před zpětným vzdutím a regulátorem odtoku. Ten reguluje odtok z objektu na nižší hodnotu, než je předepsaný přípustný (TNV 75 7011, 2013).

Větší množství vody se může dočasně akumulovat na rovinách než na sklonitém terénu a uplatňuje se zde i tzv. detence, o které se zmiňuje Cílek a kol. (2004).

Krejčí (2002) konstatuje, že k nejdůležitějším narušením vodních toků patří ovlivnění *morfologického stavu* způsobené výstavbou stavebních objektů, úpravou podélného a příčného profilu. Dále *hydrologického režimu* a *hydraulických poměrů* při maximálních a minimálních průtocích a *kvality*

vody závislá na změně teplotního režimu, estetického vzhledu, zvýšené koncentrace látkového znečištění a patogenních organismů.

#### **6.4.5. JEDNOTNÁ KANALIZACE**

Pokud není po posouzení proveditelnosti a přípustnosti možné srážkovou vodu vsakovat nebo odvést do povrchových vod, zvolí se jako příjemce těchto vod jednotná kanalizace. Retenční objekt zajistí potřebné zdržení při odvádění srážkových vod z pozemků, který musí být v případě zpětného vzduť vybaven regulátorem odtoku a zpětnou armaturou chránící objekt před zpětným vzduťm. Tyto objekty jsou konstrukčně a hydraulicky navrženy podobně jako v případě odvádění srážkových vod do povrchových. Vyšší způsobený průtok, než je návrhový musí odveden bezpečnostním přelivem (TNV 75 7011, 2013).

## **7. TECHNICKÁ OPATŘENÍ HDV**

Podle způsobu přívodu povrchové srážkové vody se vsakovací zařízení dělí na povrchové a podpovrchové. Při návrhu by se měl brát v úvahu i postup výstavby a možné znečištění srážkových vod během ní (Dvořáková, 2007).

Objekty HDV jsou definovány jako vodní díla a v případě pochybností rozhoduje příslušný vodoprávní úřad. A v následujících podkapitolách budou technická opatření HDV rozdělena podle typu zařízení.

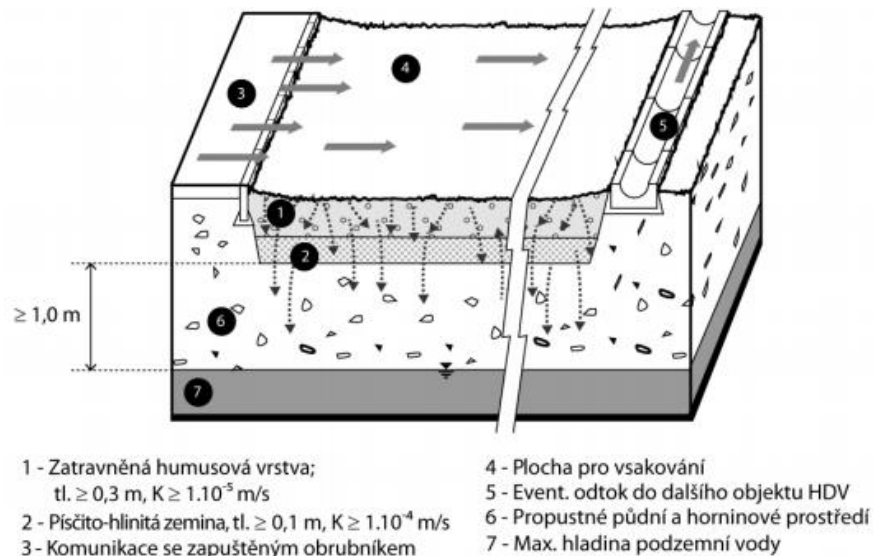
### **7.1. POVRCHOVÁ VSAKOVACÍ ZAŘÍZENÍ**

Nejvíce se přibližují přirozenému zásobování srážkové vody do půdních a horninových vrstev. Na travnatých plochách povrchové vsakování probíhá přes vegetační pokryv, kdy přítok vody do vsakovacího zařízení nesmí způsobit erozi povrchu vegetační vrstvy. Výhodou je snadná obnova těchto vrstev a nenáročný odstraňování splavenin. Je-li k dispozici dostatečně velká plocha a vhodná morfologie terénu, je tento způsob nejlevnější k zachycení povrchových srážkových vod (Dvořáková, 2007).

#### **7.1.1. PLOŠNÉ VSAKOVÁNÍ**

Srážková voda je bez jakékoliv retence odváděna přes zatravněnou humusovou vrstvu viz Obrázek 5. Plošná vsakovací zařízení musí přímo navazovat na odvodňovanou plochu a voda musí být přiváděna rovnoměrně, aby bylo zajištěno plošné zatížení. Je nutné, aby byl zajištěn odvod vody do jednotné kanalizace nebo povrchových vod, pokud se překročí návrhová kapacita zařízení. Není vhodné, aby se tento vsakovací objekt navrhoval u parkovišť nákladních aut. Plochy z propustných a polopropustných materiálů se nepovažují za plošná vsakovací zařízení (TVN 75 9011, 2013).

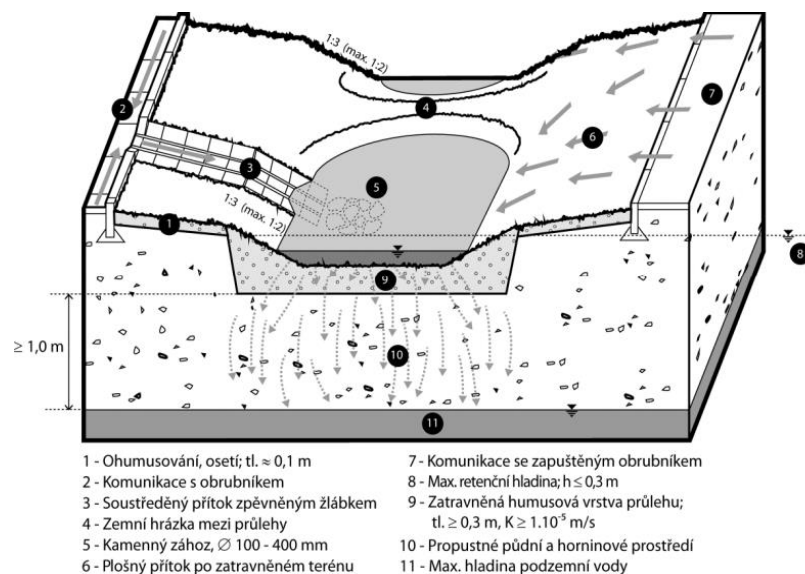




Obrázek 5: Plošné vsakování (TNV 75 9011, 2013)

## 7.1.2. VSAKOVACÍ PRŮLEH

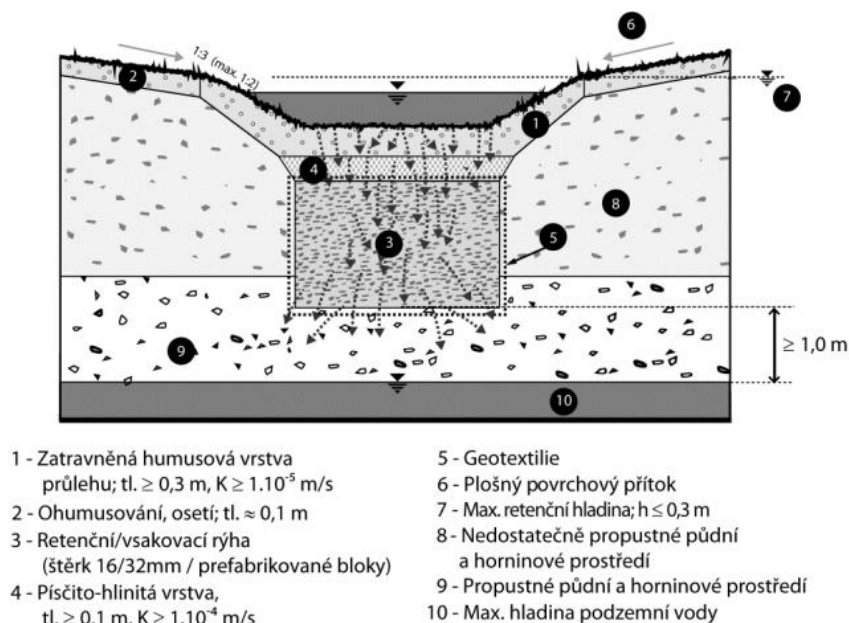
Povrchový liniový vsakovací objekt s retenčním prostorem, který slouží ke krátkodobé retenci viz Obrázek 6. Jako čistící médium slouží zatravněná humusová vrstva, do které se rovnoměrně po celé délce průlehu přivádí srážková voda. Tím se snižuje riziko eroze půdní vrstvy průlehu, zvýší se čistící schopnost a omezí se riziko kontaminace. Používá se není-li k dispozici dostatečně velká nebo propustná plocha k plošnému vsakování. Tyto objekty se nenavrhují u parkovišť nákladních aut, komunikací zemědělských areálů, ploch skladišť a manipulačních ploch (TVN 75 9011, 2013).



Obrázek 6: Vsakovací průleह s povrchovým přívodem vody (TNV 75 9011, 2013)

### 7.1.3. VSAKOVACÍ PRŮLEH – RÝHA

Kombinace povrchového a podzemního vsakovacího objektu s retenčním prostorem. Vsakování dešťové vody probíhá přes filtrační humusovou vrstvu. Dále se dostává do prostoru rýhy vyplněný štěrkovým materiálem o zrnitosti 16/32 mm nebo prefabrikovanými bloky. Podzemní retenční prostor se dělí na dva samostatné prostory s vlastním plněním a prázdňením viz Obrázek 7. Slouží pro navýšení retenčního objemu zařízení a pro vsakování do propustnějších půdních vrstev. Tato zařízení není vhodné navrhovat u parkovišť nákladních aut, komunikací zemědělských areálů, ploch skladišť a manipulačních ploch (TVN 75 9011, 2013).

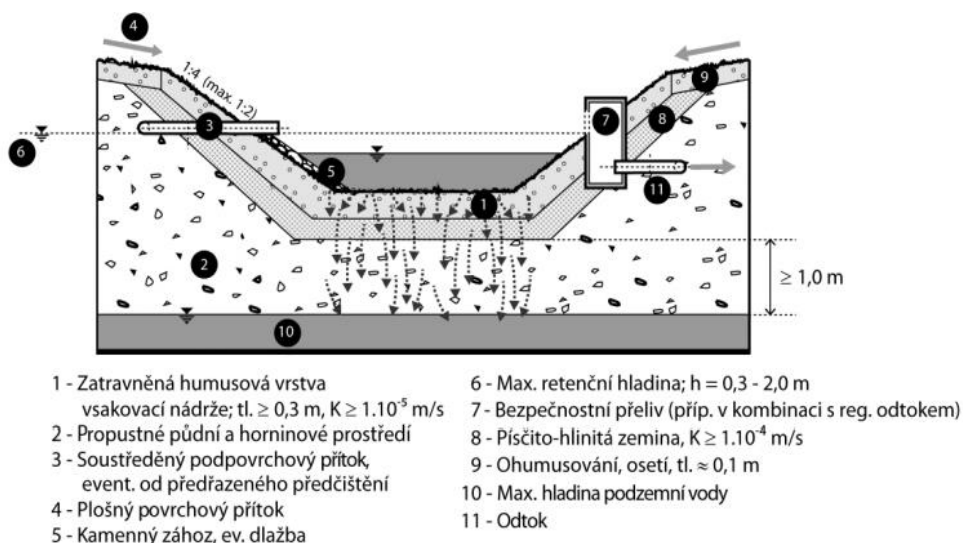


Obrázek 7: Vsakovací průleh-rýha (TNV 75 9011, 2013)

### 7.1.4. VSAKOVACÍ NÁDRŽ

Vsakovací objekt, ve kterém převažuje retenční funkce. Často se používá pro větší odvodňované plochy nebo pro více pozemků s předřazenými zařízeními na jednotlivých stavebních pozemcích viz Obrázek 8. Aby byl vsakovací výkon nádrže vyšší a doba zatopení krátká, doporučuje se podložit s hydraulickou vodivostí  $K > 1.10^{-5}$  m/s. Pro snížení kolmatace při bodovém zaústění přívodu srážkové vody je nutné individuálně uvážit předčištění. K částečnému čištění dešťové vody dochází přes zatravněnou humusovou vrstvu. Není vhodné, aby se tento vsakovací objekt navrhoval u parkovišť nákladních aut, komunikací

zemědělských areálů, ploch skladišť a manipulačních ploch (TVN 75 9011, 2013).



Obrázek 8: Vsakovací nádrž (TNV 75 9011, 2013)

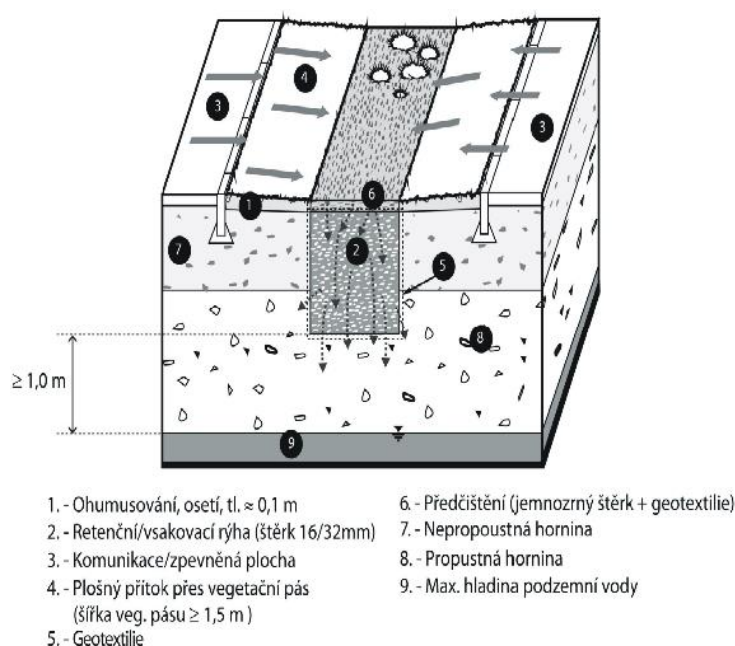
## 7.2. PODZEMNÍ VSAKOVACÍ ZAŘÍZENÍ

Jedná se o uměle vytvořené prostory kombinovaná s retencí srážkové vody nad vsakovací plochou a pod úrovní terénu. Jejich součástí mají být čistící i kontrolní prvky pro odstranění jemných usaditelných částic, odvětrávacím zařízením a hydrosepare, která se umísťuje před zaústěním dešťové vody do vsakovacího objektu (ČSN 75 9010, 2012).

### 7.2.1. VSAKOVACÍ RÝHA

Hloubené liniové vsakovací zařízení. Srážková voda se vsakuje do propustnějších půdních a horninových vrstev přes štěrkový materiál o zrnitosti kameniva frakce 16/32 mm. Voda se přivádí povrchově přes zatravněný pás zlepšující jakost srážkové vody vtékající do objektu nebo je přívod vody zajištěn pod povrchem. Na vtoku je umístěna kalová jímka a rezervní, proplachovací šachta, pokud je navržen přívod podpovrchově viz Obrázek 9. Pro málo znečištěné plochy se navrhuje **vsakovací rýha s povrchovým plošným přítokem** s vrchní filtrační vrstvou a ochranou geotextilií. Dále

**vsakovací rýha s pod povrcho v ým p řítokem**, kdy je nutné p řed řachtu pro zachycení hrub ých a jemn ých nerozpuřt ěn ých l átek p řed řadit p řed řist íc í za řízení. **Vsakovací rýha s pod povrcho v ým p řítokem a regulovan ým o dtokem** se navrhuje t ěž u málo zne řiřt ěn ých zpevn ěn ých ploch. S ohledem na kolmataci objektu se p řed vstupn í řachtu navrhuje p řed řist íc í za řízení k zachycení ne řist ot. Bezpe řnostn í o dtok a regulovan ý o dtok je napojen ý na samostatn ě drenážn í potrub í (TVN 75 9011, 2013).



Obrázek 9: Vsakovací rýha (TNV 75 9011, 2013)

## 7.2.2. PODZEMN Í PROSTORY VYPLN ĚN Ě ŠT ĚRKEM NEBO BLOKY

Reten řn í podzemn í prostor vypln ěn ý bloky je sestaven ý v ětřinou z plastov ých bloků, do kter ých voda p řít ěká p řes vstupn í otvor nebo vstupn í řachtu. Plastov ě prvky mohou b ýt vyroben y i do jin ěho tvaru ne ř kvádr, nap řík lad do klenbov ěho tvaru, které tvo ří reten řn í prostor (Vacek, 2018).

Št ěrkov ě polřt áře s vložen ými drenážn ími trubkami společn ě vytv ář í podzemn í prostor vypln ěn ý propuřtn ým řt ěrkov ým materi álem. Technická norma TNV 75 9011 (2013) dopl ňuje, že ne jvhodn ějš í vypl ňuj íc í materi álem je kamenivo frakce 16/32 mm. Dle konstruk řn ího řeření se navrhu j í vstupn í a revizn í řachty umo ř ňuj íc í proplachov án í a kontroly ( řSN 75 9010, 2012).

Zařízení se navrhuje bez možnosti revize nebo s možností kontrol. Doporučuje se před vsakovací objekt navrhnout prvek pro předčištění srážkových vod. V závislosti na povaze znečištěné vody se navrhne filtrační šachty nebo kalová jímka s nepropustnými stěnami a dnem.

Tento způsob vsakování se používá u ploch vstřebávající dešťový odtok z vegetačních extenzivních střech, teras a střech z inertních materiálů, u střech s plochou neošetřených kovových částí do 50 m<sup>2</sup> a u komunikace pro chodce a cyklisty (TNV 75 9011, 2013). Používá se v situacích, kdy je potřeba pod komunikací s těžkým provozem vytvořit vsakovací zařízení. Jejich nevýhodou je potřebný objem ložné plochy a kladem je malá hmotnost bloků (Vacek, 2018).

### **7.2.3. VSAKOVACÍ ŠACHTA**

Dochází k bodovému, podpovrchovému zasakování navrhující se u určitého typu území. S ohledem na jejich předčištění a typu odvodňované plochy je tento způsob přípustný u ploch jako jsou vegetační extenzivní střechy, terasy a střechy z inertních materiálů a u střech s plochou neošetřených kovových částí do 50 m<sup>2</sup> (TNV 75 9011, 2013). Přes uměle vytvořenou filtrační vrstvu protéká dešťový odtok před zaústěním do podloží. Šachty by neměly prostupovat vrstvou s malou prostupností, které účinně chrání podzemní vody. Dešťový odtok se přes vytvořenou filtrační vrstvu přivádí svislým potrubím ke dnu šachty, kde je nasypaná vrstva štěrkopísku o minimální tloušťce 300 mm, geotextílie a opět vrstva štěrkopísku kvůli její ochraně. Objekt se skládá ze skruží a pod vyústěním potrubí se osadí betonová deska, popřípadě dlaždice (Vacek, 2018).

### **7.3. RETENČNÍ OBJEKTY**

Ve vhodných podmínkách je nejlevnější a nejsnazší vybudovat retenční objekt na dešťovou vodu z ploch jako např. ze střech nebo krátkodobě zatopená parkovací plocha. Voda se využívá jak pro účely závlah, ale může být

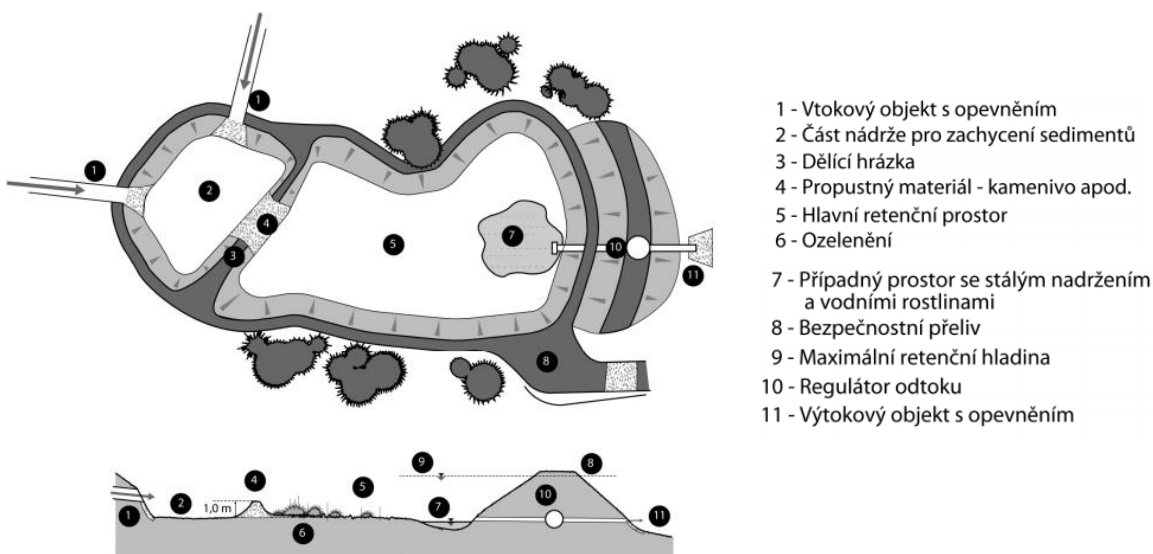
využívána jako biotop nebo jako esteticky působící element zahradní architektury. Důležitým prvkem je zařízení pro omezení odtoku jako například regulátor odtoku (Krejčí, 2002). Retenční nádrže slouží ke krátkodobému zachycení dešťového odtoku na nemovitosti a je vhodná kombinace se zasakovacím objektem. Na zřízení je potřeba větší plocha a vyšší nároky na pravidelnou údržbu (Krejčí, 2002).

### 7.3.1. PODZEMNÍ RETENČNÍ DEŠŤOVÉ NÁDRŽE

Podzemní retenční nádrž je umísťována pod úroveň terénu, přednostně vně budovy. Tvoří jí vodotěsná jímka provedena z betonu, plastu i plastových bloků nebo je tvořena potrubím velkého průměru. V jímce je osazen regulátor odtoku umístěný v nejnižším bodě nádrže. Dále musí být nádrž vybavena odvzdušněním, uzavíracím otvorem pro přístup a bezpečnostním přelivem (TNV 75 7011, 2013).

### 7.3.2. SUCHÉ RETENČNÍ DEŠŤOVÉ NÁDRŽE

Povrchové nádrže s vymezeným retenčním prostorem, který se plní při srážkovém odtoku odvodňované plochy. Toto řešení je vhodné pro samostatné pozemky a může se použít jako opatření pro více pozemků s předřazenými zařízeními HDV na jednotlivých pozemcích viz Obrázek 10.

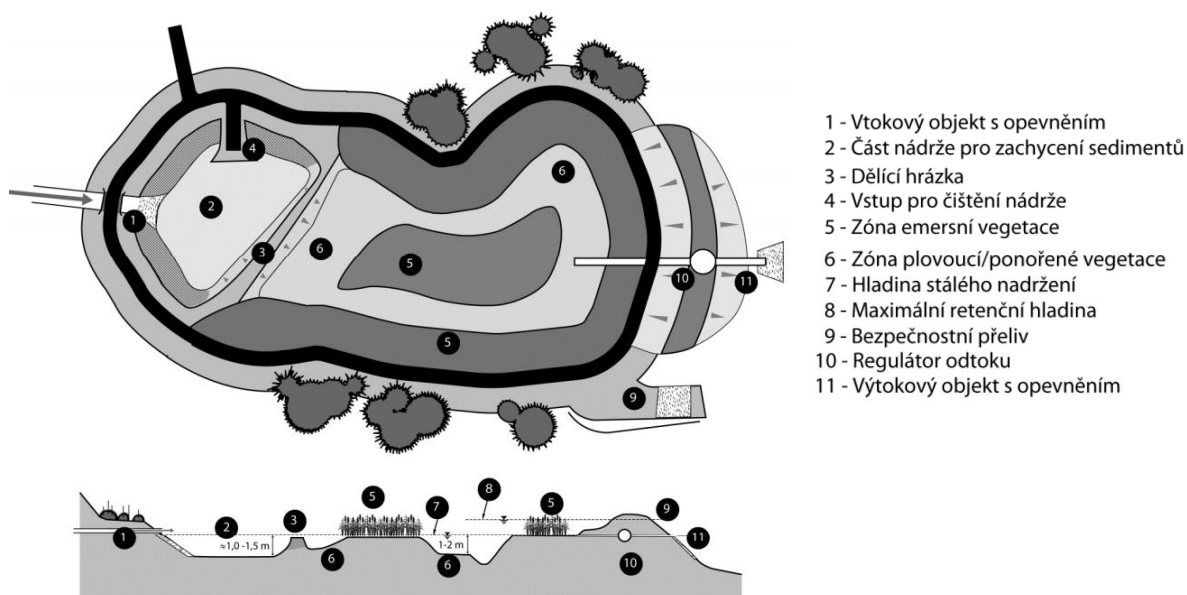


Obrázek 10: Půdorys a podélný řez suché retenční dešťové nádrže (TNV 75 9011, 2013)

Pomocí regulátoru odtoku se snižuje kulminační průtok umístěným v jímce v nejnižším místě retenčního prostoru. Mohou být řešeny jako centrální suché nádrže, liniové průlehy nebo průlehy (TNV 75 7011, 2013).

### 7.3.3. UMĚLÉ MOKŘADY

Mělké nádrže se stálým nadržením a s vodními rostlinami plní funkci biologického čištění srážkových vod. Doporučuje se pro omezení vnosu konstrukčně vytvořit oddělený usazovací prostor viz Obrázek 11. V jímce na úrovni hladiny stálého nadržení se osazuje regulátor odtoku. Jejich stavbou se zvýší vlhkostní poměry a zlepší se jakost vody. Toto řešení je vhodné pro samostatné pozemky a může se použít jako opatření pro více pozemků s předřazenými zařízeními HDV na jednotlivých pozemcích (TNV 75 7011, 2013).

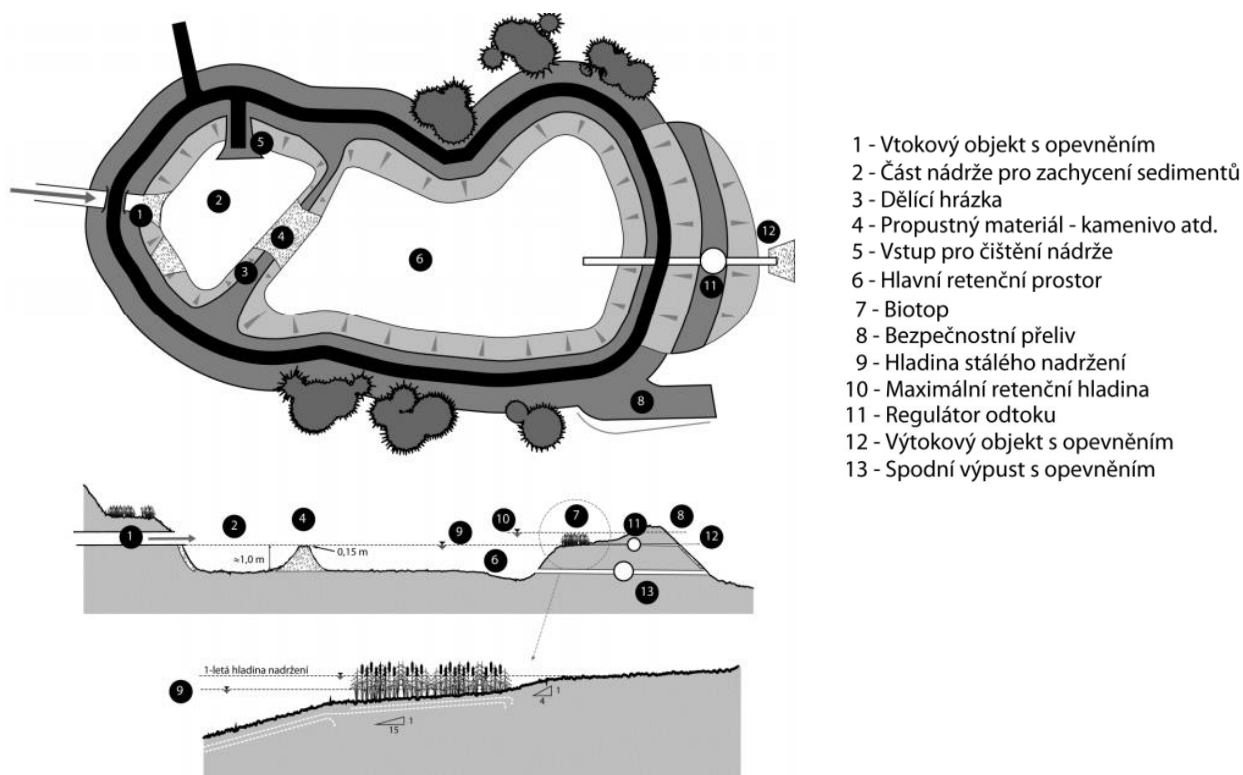


Obrázek 11: Půdorys a podélný řez umělým mokřadem (TNV 75 9011, 2013)

### 7.3.4. RETENČNÍ DEŠŤOVÉ NÁDRŽE SE ZÁSOBNÍM PROSTOREM

Dešťová retenční nádrž se zásobním prostorem viz Obrázek 12. Ten se využívá k řízenému vyprazdňování, k zachycení povodňové vlny a její transformaci. Na úrovni hladiny stálého nadržení se v jímce umísťuje regulátor

odtoku. Toto řešení je vhodné pro samostatné pozemky a může se použít jako opatření pro více pozemků s předřazenými zařízeními HDV na jednotlivých pozemcích. Okrajové části jsou řešeny jako biotop, díky kterým se zvýší čistící schopnosti. V obytné zástavbě a v parcích jsou navrhovány okrasné nádrže, které zlepšují mikroklima a zároveň plní estetickou funkci (TNV 75 7011, 2013).



Obrázek 12: Půdorys a podélný řez retenční dešťové nádrže se zásobním prostorem (TNV 75 9011, 2013)



## **8. ODVOD VODY Z OBJEKTŮ HDV**

Při přitečení většího množství, než je právě návrhové, může dojít k přetečení vsakovacího zařízení. Proto musí být umožněn odtok jak u podzemních, tak povrchových zařízení pomocí bezpečnostního přelivu, který je ve všech případech tvořen přepadovým potrubím (ČSN 75 6101, 2012). Potrubí vedená z nádrží na srážkovou vodu nesmí umožňovat únik nebo rozstřík vody do okolního prostoru vně nádrží a musí být zabezpečeno proti zpětnému průtoku. Nesmí dojít k plnění vsakovacího zařízení vodou z kanalizace pro veřejnou potřebu nebo z vodního toku (Vrána, 2011). K odvodu vod z HDV objektů často slouží právě stoková síť.

### **BEZPEČNOSTNÍ PŘELIV**

U retenčních objektů je bezpečnostní přeliv nezbytnou součástí, které slouží k bezpečnému převedení přebytečného množství vody do kanalizace nebo vodního toku. Zamezí se dalšímu vzestupu hladiny v retenčním zařízení a tím k ochraně blízkého okolí a samotného zařízení před možným porušením při přelití. Pro zlepšení hydraulických vlastností je vhodné přelivnou hranu zaoblit a navrhnou bez pohyblivých částí, aby pro svou funkci nevyžadoval obsluhu (David, 2017). V závislosti na průtoku  $Q$  přes přepad a vzedmutí hladiny  $h$  před přepadem se zjistí potřebná šířka přepadu. Ze vsakovacího zařízení se umísťuje nejméně v úrovni terénu v místě napojení přepadového potrubí (Vrána, 2011).

### **ZPĚTNÁ ARMATURA**

Zajišťuje průtok v potrubí pouze jedním směrem a zároveň slouží jako ochrana proti vniknutí vzdušné vody do potrubí. Má stejnou funkci jako zpětný ventil, ale na rozdíl od ventilu se vyznačuje menší tlakovou ztrátou. Těsnění musí být vyměnitelné za provozu. Materiál konstrukce zpětné klapky je nerezavějící ocel nebo HDPE (PVK, 2017).

### **REGULAČNÍ PRVKY**

Používají se zejména clony ve svislé stěně v průměru přibližně 14 mm, které se využívají pro malé regulované odtoky do 0,5 l/s. Pro větší regulované průtoky se používají vírové ventily (ČSN 75 6101, 2012).

## 9. STOKOVÁ SÍŤ

Po zpomalení srážkového odtoku z urbanizovaných území s využitím výše zmíněných technických opatření se vody do stok se odvádějí kanalizačními přípojkami nemovitostí nebo kanalizačními přípojkami z dešťových vpustí. Stokové sítě a kanalizační přípojky chrání vodní recipient před znečištěním. (ČSN 75 6101, 2012).

Dle koncepce jednotné stokové soustavy jsou dimenzovány na dvojnásobek až trojnásobek maximálního bezdeštného odtoku (Krejčí, 2002).

V Tabulce 3 níže je uvedeno, jaký typy nádrží je možné budovat na jednotlivých kanalizacích (PVK, 2017).

Tabulka 3: Druh nádrže v závislosti na typu kanalizace (PVS, 2017)

Typ nádrže	Druh kanalizace		
	Splašková kanalizace	Dešťová kanalizace	Jednotná kanalizace
Usazovací nádrž	není povoleno	není povoleno	není povoleno
Retenční zakrytá	možno použít	možno použít	možno použít
Retenční otevřená	není povoleno	možno použít	není povoleno

### 9.1. HYDRAULICKÝ NÁVRH A POSOUZENÍ

Krejčí (2002) definuje **hydraulický návrh** stokové sítě jako metodický postup, který vede ke stanovení technických parametrů stokové sítě na základě limitních hydraulických ukazatelů, definovaných pro určitou funkci stokové sítě. Vztahuje se na nové, doposud nerealizované stokové sítě.

**Hydraulické posouzení** je podle Krejčího (2002) metodický postup, který vede k posouzení hydraulických poměrů stávající stokové sítě z hlediska jejího návrhu a přetížení v souvislosti s rekonstrukcí a obnovy sítě. Provádí se na základě pozorování, měření a příslušných výpočtů.

Stoková síť se navrhuje za použití stávajících *racionálních metod* s využitím periodicity návrhového deště určeným vodoprávním úřadem, anebo nových metod za použití *matematické simulace srážko-odtokových procesů*. Krejčí (2002) doplňuje, že obě výpočetní metody mají své hranice, své výhody a své

nevýhody a jejich použití je podmíněno respektováním těchto hranic. Při návrhu nové stoky připojené na stávající stokovou síť se přihlíží k návrhovému dešti, na který byla stávající síť dimenzována. Individuální způsoby výpočtu se používají u velkých obytných sídlišť s velkým povodím, protože lépe vystihují vztah mezi bezdeštným průtokem a průtokem dešťových vod (ČSN 75 6001, 2012).

Pro spolehlivé posouzení periodicity přetížení stokových sítí je rozhodujícím podkladem správný výběr dešťových událostí. Z dešťových řad jsou vybírány historické deště obsahující deště, které vedou k potenciálnímu přetížení sítí. Základem je řada o délce 20–30 let a více. V případě krátkých dešťových řad, kdy není možné nebo příliš obtížné provést výběr vhodných historických dešťů je na základě studia této problematiky doporučeno dodržet délky dešťových řad uvedené v Tabulce 4 (Krejčí, 2002).

*Tabulka 4: Minimální délka dešťové řady k posuzování periodicity stokové sítě (ATV-DVWK, 1999)*

Periodicita přetížení ( $P = \text{rok}^{-1}$ )	Minimální délka dešťové řady v letech
1 - 0,5	10
0,33	15
0,2	20
0,1	30

Návrh kanalizace nereaguje na tyto zařízení a technická opatření HDV nové zástavby. Je správné, že se tyto objekty zřizují, ale měla by se přizpůsobit i stoková síť, která je zbytečně předdimenzována.

## 10.    **NORMATIVNÍ DOKUMENTY / LEGISLATIVA A HDV**

### **- Vodní zákon**

#### **Zákon č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon)**

Z pohledu HDV je nejdůležitější vymezení pojmů povrchové vody a nakládání s povrchovými vodami, které je uvedeno v § 2:

*1) Povrchovými vodami jsou vody přirozeně se vyskytující na zemském povrchu; tento charakter neztrácejí, protékají-li přechodně zakrytými úseky, přirozenými dutinami pod zemským povrchem nebo v nadzemních vedeních.*

*... (9) Nakládáním s povrchovými nebo podzemními vodami je jejich vzdouvání pomocí vodních děl, využívání jejich energetického potenciálu, jejich využívání k plavbě nebo k plavení dřeva, k chovu ryb nebo vodní drůbeže, jejich odběr, vypouštění odpadních vod do nich a další způsoby, jimiž lze využívat jejich vlastnosti nebo ovlivňovat jejich množství, průtok, výskyt nebo jakost.*

Základní povinnosti při nakládání s vodami jsou dle § 5 odst. 3 tyto:

*Při provádění staveb nebo jejich změn nebo změn jejich užívání jsou stavebníci povinni podle charakteru a účelu užívání těchto staveb je zabezpečit zásobováním vodou a odváděním, čištěním, popřípadě jiným zneškodňováním odpadních vod z nich v souladu s tímto zákonem a zajistit vsakování nebo zadržování a odvádění povrchových vod vzniklých dopadem atmosférických srážek na tyto stavby (dále jen „srážkové vody“) v souladu se stavebním zákonem. Bez splnění těchto podmínek nesmí být povolena stavba, změna stavby před jejím dokončením, užívání stavby ani vydáno rozhodnutí o dodatečném povolení stavby nebo rozhodnutí o změně v užívání stavby.*

Dle § 38 odst. 2:

*... Odpadními vodami nejsou ani srážkové vody z pozemních komunikací, pokud je znečištění těchto vod závadnými látkami řešeno technickými opatřeními podle vyhlášky, kterou se provádí zákon o pozemních komunikacích.*

Dle §55 odst. 1:

*Vodní díla jsou stavby, které slouží ke vzdouvání a zadržování vod, umělému usměrňování odtokového režimu povrchových vod, k ochraně a užívání vod, k nakládání s vodami, ochraně před škodlivými účinky vod, k úpravě vodních poměrů nebo k jiným účelům sledovaným tímto zákonem ...*

## **- Zákon o vodovodech a kanalizacích a související vyhlášky**

**Zákon č. 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů (zákon o vodovodech a kanalizacích)**

Dle § 1, odst. 4:

Tento zákon se nevztahuje na

... b) oddílné kanalizace sloužící k odvádění povrchových vod vzniklých odtokem srážkových vod, ...

**Vyhláška č. 428/2001, 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)**

## **- Stavební zákon a související vyhlášky**

**Zákon č. 183/2006 Sb., o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon)**

Tento zákon upravuje ve věcech územního plánování, podmínky pro projektovou činnost a stavebního řádu. A zda stavba podléhá ohlášení stavby či stavebnímu povolení. Následující vyhláška je důležitá z hlediska HDV.

**Vyhláška č. 501/2006 Sb., o obecných požadavcích na využívání území**  
*Stavební pozemek se vždy vymezuje tak, aby na něm bylo vyřešeno*

.... c) vsakování nebo odvádění srážkových vod ze zastavěných ploch nebo zpevněných ploch, pokud se neplánuje jejich jiné využití; přitom musí být řešeno

1. přednostně jejich vsakování, v případě jejich možného smísení se závadnými látkami umístění zařízení k jejich zachycení, není-li možné vsakování,

2. jejich zadržování a regulované odvádění oddílnou kanalizací k odvádění srážkových vod do vod povrchových, v případě jejich možného smísení se závadnými látkami umístění zařízení k jejich zachycení, nebo

3. není-li možné oddělené odvádění do vod povrchových, pak jejich regulované vypouštění do jednotné kanalizace.

#### **Vyhláška č. 268/2009 Sb., o technických požadavcích na stavby**

Veškeré srážkové vody z odvodňovaných ploch, které nelze využít nebo vsáknout do podzemí musí být odvedeny do povrchových vod nebo kanalizace. Stavby jsou nezákonné, jestliže nemají zajištěné napojení regulovaného odtoku z retenčních objektů a přepadu z bezpečnostních přelivů do povrchových vod.

Připojení staveb na sítě technického vybavení je upraveno § 6 odst. 4:

*Stavby, z nichž odtékají povrchové vody, vzniklé dopadem atmosférických srážek (dále jen „srážkové vody“), musí mít zajištěno jejich odvádění, pokud nejsou srážkové vody zadržovány pro další využití. Znečištění těchto vod závadnými látkami nebo jejich nadměrné množství se řeší vhodnými technickými opatřeními. Odvádění srážkových vod se zajišťuje přednostně zasakováním. Není-li možné zasakování, zajišťuje se jejich odvádění do povrchových vod; pokud nelze srážkové vody odvádět samostatně, odvádí se jednotnou kanalizací.*

### **- TNV 75 9011 Hospodaření se srážkovými vodami**

Pomocí této normy je možné navrhovat, povolovat, stavět, kolaudovat a přebírat stavby do užívání dle principů HDV.

Základní charakteristika této normy:

- maximální doba prázdnění vsakovacího zařízení je 24 hodin
- překročení retenční kapacity objektu maximálně jednou za 5 let
- maximální specifický odtok 3 l/s.ha
- obsahuje detailní nákresy jednotlivých odvodňovacích zařízení

### **- ČSN 75 9010 Vsakovací zařízení srážkových vod**

Dle této normy je možné navrhovat vsakovací zařízení. Ve srovnání s normou TNV 75 9011 má ale několik nedostatků.

- věnuje se pouze vsakovacím zařízením a neřeší souhrnně HDV
- nepopisuje kategorii nepřípustných vod
- maximální dobu prázdnění vsakovacího zařízení udává 72 hodin

## 11. CÍL PRÁCE

Hlavním cílem této bakalářské práce je srovnat odtoky z území s různými druhy HDV a bez nich a dokladovat na nich, že je potřeba upravit návrhový postup prostřednictvím různých DN a z toho vyplývajícího vlivu na cenu.

### Dílčí cíle:

- identifikace zástavby
- návrh opatření dle zásad HDV – vsakovací a retenční zařízení
- simulace a posouzení odtoku dešťové vody z modelových území
- návrh a orientační posouzení finančních nákladů stokové sítě



## 12. METODIKA

Metodika popisuje postup a podmínky návrhu objektů HDV na odvodňované ploše.

### 12.1. IDENTIFIKACE NOVÉ ZÁSTAVBY

Nejdříve bylo nutné určit velikost plochy odvodňovaného pozemku. Pro určení typického domu sloužilo 18 satelitních městeček v různých částech krajů ČR. Celkový pozemek je rozdělen na zatravněnou a užitnou plochu, která se dále dělí na střechy s nepropustnou svrchní vrstvou a komunikace ze vsakovacích dlaždic. Dle specifického povrchu se určí součinitel odtoku srážkových povrchových vod  $\psi$  z normy ČSN 75 9010, který je potřebný k následujícím výpočtům.

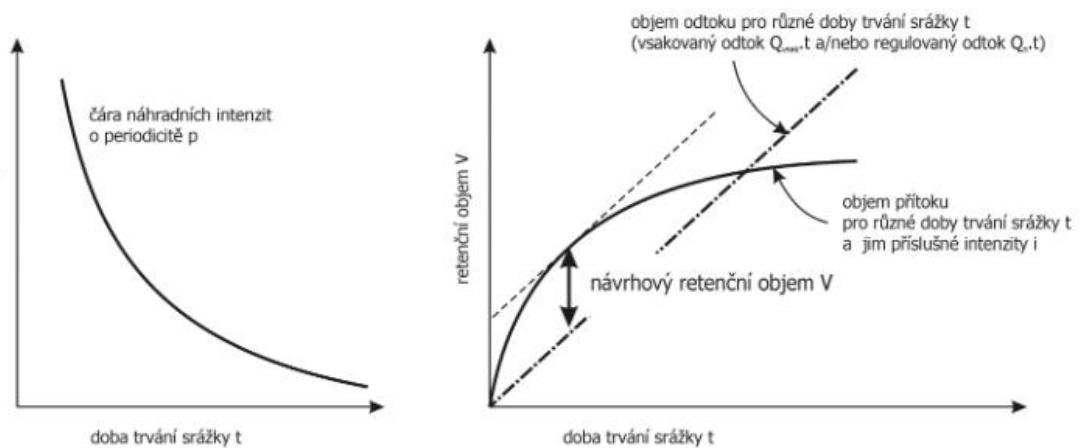
Z těchto ploch satelitních měst se spočítá maximální, minimální a průměrná hodnota společně s mediánem odpovídající střední hodnotě množiny zadaných čísel, sloužící k určení odvodňované plochy. Ve výpočtech se objeví základní pozemek bez objektů HDV a jedna varianta velikosti odvodňovaného území, pro kterou se navrhnou dvě možnosti domovního odvodnění – retenční objekt a povrchové vsakovací zařízení.

Bude se jednat o oboustrannou zástavbu v součtu s 20 odvodňovanými pozemky. Srážková voda bude odváděna do jednotné gravitační kanalizace uložené v asfaltové vozovce, která bude vedena v přímé trase bez změny směru. Pro potrubí o kruhovém profilu DN 300 mm je navržen sklon 9 ‰ viz Tabulka 5. Tento sklon kanalizace je minimální a musí být dodržen, aby nedocházelo k zanášení stok. Tato hodnota je uvedena v Tabulce 2 v Městských standardech – kanalizační část v kapitole A-3.2.

Tabulka 5: Kapacitní plnění a kapacitní rychlost pro sklon 9 ‰

I	DN	$Q_{kap}$	$v_{kap}$
‰	mm	l/s	m/s
9	250	57,3	1,17
	300	92,9	1,31
	400	199,2	1,59
	500	359,5	1,83
	600	581,9	2,06
	800	1 242,1	2,47
	1 000	2 234,5	2,85
	1 200	3 670,9	3,19

## 12.2. NÁVRH OPATŘENÍ



Obrázek 13: Schéma dimenzování retenčních prostorů jednoduchou metodou návrhu (TNV 75 9011, 2013)

### Hydrologická bilance

Výpočty pro návrh vsakovacích a retenčních objektů budou provedeny na základě hydrologické bilance. Pro oba případy budou použity vzorce z normy TNV 75 9011 (2013) Tabulka 1 – Hydrologická bilance mezi přítokem a odtokem v závislosti na typu objektu. Bilanční rovnice se ze dvou složek – přítok (levá strana rovnice) a odtok (pravá strana rovnice). Do přítoku se počítává veškerý objem přivedené srážkové vody a do odtoku se započítává vsakování, retenční objem a regulovaný odtok. Pro jejich návrh se neuvažuje evapotranspirace, ta se zohledňuje například při roční dlouhodobé hydrologické bilanci. Pokud by se v blízkosti mezi odvodňovanou plochou

a objektem HDV nacházel jiný decentrální objekt, tak je nutné tento objem odečíst od objemu srážkové vody.

Obrázek 13 výše znázorňuje návrh retenčního prostoru pomocí jednoduché metody. Z normy TNV 75 9011 (2013) Tabulka 1 popisuje výpočet hydrologické bilance mezi přítokem a odtokem do vsakovacích či retenčních objektů různých typů z normy.

Veškeré vzorce pro dimenzování objektů HDV byly vzaty z norem ČSN 75 9010 vydaná v únoru 2012 a TVN 75 9011 vydaná v březnu 2013.

### 12.2.1. SRÁŽKOVÁ DATA

Pro stanovení návrhových hodnot množství srážkových povrchových vod byly použity údaje z tabulek zpracované z dostupných hydrologických podkladů pro ČR s využitím statistických výstupů.

Pro veškeré výpočty je použita zájmová oblast Plzně s návrhovou periodicitou srážek  $p = 0,2 \text{ rok}^{-1}$ . Srážková data byla získána z přílohy A v normě ČSN 75 9010. Nejbližší srážkoměrná stanice je Plzeň - Doudlevice, která je nejbližší k zájmovému území. Tabulka 6 udává návrhové úhrny srážek pro oblast s dobou trvání 5 minut a 120 minut a v Tabulce 7 jsou uvedené návrhové úhrny srážek pro oblast s dobou trvání 4 až 72 hodin.

Tabulka 6: Návrhové úhrny srážek s dobou trvání srážek 5 min až 120 min (ČSN 75 9010)

Místo	Nadmořská výška (m n. m.)	periodicita $p \text{ (rok}^{-1}\text{)}$	Doba trvání srážek $t_c$ (min)							
			5	10	15	20	30	40	60	120
Plzeň - Doudlevice	311	0,2	10,2	15,0	17,6	19,2	21,4	22,8	24,9	28,6
		0,1	11,9	17,5	20,7	22,7	25,2	27,1	29,7	34,3

Tabulka 7: Návrhové úhrny srážek s dobou trvání srážek 4 h až 72 h (ČSN 75 9010)

Místo	Nadmořská výška (m n. m.)	periodicita $p \text{ (rok}^{-1}\text{)}$	Doba trvání srážek $t_c$ (h)								
			4	6	8	10	12	18	24	48	72
Plzeň - Doudlevice	311	0,2	33,0	35,3	36,9	38,2	39,0	41,2	42,6	53,6	60,1
		0,1	39,5	42,3	44,3	45,9	47,6	50,3	51,8	66,6	73,9

V Tabulce 8 jsou vypsány roční územní úhrny srážek v milimetrech pro Plzeňský kraj v letech 1990 až 1999, které byly vzaty z portálu ČHMU. Pro simulaci v programu SWMM bude použita dlouhodobá srážková řada v tomto časovém období. Průměrný úhrn srážek v tomto období je 652 mm.

*Tabulka 8: Roční úhrny srážek pro Plzeňský kraj (ČHMU)*

rok	úhrn srážek [mm]
1990	600
1991	524
1992	631
1993	700
1994	654
1995	818
1996	680
1997	594
1998	719
1999	600
CELKEM	6520

## 12.2.2. NÁVRHOVÉ PARAMETRY

V této podkapitole budu vypsány použité parametry potřebné pro návrh objektů HDV.

### Návrhová periodičita srážek – $p$ [rok<sup>-1</sup>]

Pro dimenzování vsakovacích zařízení se používá tabulka 2 v ČSN 75 9010

U retenčních objektů s regulovaným odtokem je periodičita  $p = 0,2 \text{ rok}^{-1}$  (TNV 75 9011 dle 7.2.3)

### Přípustný odtok – $Q_c$ [m<sup>3</sup>/s]

V TNV 75 9011 dle 5.2 se stanoví přípustný odtok pro odvádění do povrchových vod

V TNV 75 9011 dle 5.3 se stanoví přípustný odtok pro odvádění do jednotné kanalizace

**Vsakovaný odtok –  $Q_{vsak}$  [ $m^3/s$ ]** (ČSN 75 9010 dle kapitoly 6.2.3)

$$Q_{vsak} = \frac{1}{f} * k_v * A_{vsak}$$

$A_{vsak}$  vsakovací plocha vsakovacího zařízení [ $m^2$ ]

$f$  součinitel bezpečnosti vsaku

$k_v$  koeficient vsaku [ $m/s$ ]

$k_v = 10^{-3} - 10^{-5}$  m/s území vhodné pro vsakování srážkových vod

$k_v = 10^{-5} - 10^{-7}$  m/s území podmíněčně vhodné pro vsakování srážkových vod

$k_v = 10^{-7}$  a nižší m/s území nevhodné pro vsakování srážkových vod

**Redukovaná plocha –  $A_{red}$  [ $m^2$ ]** (ČSN 75 9010 dle kapitoly 6.2.2)

$$A_{red} = \sum_{i=1}^n A_i * \psi_i$$

$A_{red}$  redukovaný půdorysný průmět odvodňované plochy [ $m^2$ ]

$A_i$  půdorysný průmět odvodňované plochy určitého druhu [ $m^2$ ]

$\psi_i$  součinitel odtoku srážkových povrchových vod pro odvodňovanou plochu určitého druhu podle tabulky 1 v ČSN 75 9010

$n$  počet odvodňovaných ploch určitého druhu

**Doba prázdnění -  $T_{pr}$  [hod]** (ČSN 75 9010 dle kapitoly 6.2.6)

$$T_{pr} = \frac{V_{vz}}{Q_{vsak}}$$

$V_{vz}$  největší vypočtený návrhový retenční objem vsakovacího zařízení [ $m^3$ ]

$Q_{vsak}$  vsakovací odtok dle kapitoly 6.2.3 v ČSN 75 9010 (vzorec níže) [ $m^3/s$ ]

$T_{pr} = 72$  hod je maximální hodnota pro vsakovací zařízení

$T_{pr} = 24$  hod je maximální hodnota pro objekty s regulovaným odtokem (TNV 75 9011 dle kapitoly 7.2.5).

### 12.2.3. NÁVRHOVÉ VÝPOČTY

#### VSAKOVACÍ ZAŘÍZENÍ

Parametry pro vsakování přes zatravněnou humusovou vrstvu jsou vzaty z normy TNV 75 9011 (2013).

##### Svrchní vrstva

Optimální tloušťka humusové vrstvy je 300 mm

Hydraulická vodivost  $K = 5 \cdot 10^{-5}$  m/s

Hodnota pH = 6 až 9

Obsah humusu minimálně 3 % a obsah jílu přibližně 10 % (hmotnostní zlomek)

##### Podkladní vrstva

Minimální tloušťka vrstvy písčitojílovité půdy je 500 mm

Obsah jílu přibližně 10 – 35 % a humusu méně než 1 % (hmotnostní zlomek)

**Retenční objem vsakovacího zařízení –  $V_{vz}$  [ $m^3$ ]** (ČSN 75 9010 dle kapitoly 6.2.5)

$$V_{vz} = \frac{h_d}{1000} * (A_{red} + A_{vsak}) - \frac{1}{f} * k_v * A_{vsak} * t_c * 60$$

$h_d$  návrhový úhrn srážek se stanovenou periodicitou  $p$  a odpovídající dobou trvání  $t_c$  [mm]

$A_{red}$	redukovaný půdorysný průmět odvodňované plochy [m <sup>2</sup> ]
$f$	součinitel bezpečnosti vsaku
$k_v$	koeficient vsaku [m/s]
$A_{vsak}$	vsakovací plocha vsakovacího zařízení [m <sup>2</sup> ]
$t_c$	doba trvání srážky určité periodicity

**Celkový objem vsakovacího zařízení –  $W$  [m<sup>3</sup>]** (ČSN 75 9010 dle kapitoly 6.2.5)

$$W = \frac{V_{vz}}{m}$$

$V_{vz}$  největší vypočtený retenční vsakovací objem vsakovacího zařízení

$m$  pórovitost vsakovacího zařízení. Pórovitost štěrku nebo hrubého písku odpovídající zrnitosti 2 mm až 20 mm má pórovitost  $m = 0,3$ . Prefabrikované bloky mají pórovitost stanovenou výrobcí.

Tento vzorec se používá v případě návrhu vsakovacích zařízení vyplněných štěrkem nebo prefabrikovanými bloky. V naší výpočtech, ale s touto variantou nepočítáme.

### Postup výpočtu:

Postupem tohoto výpočtu se stanoví doba prázdnění  $T_{pr}$  a retenční objem vsakovacího zařízení  $V_{vz}$  pro vsakování srážkových vod.

- Pro dimenzování vsakovacího objektu je použitý postup výpočtu uvedený v normě ČSN 75 9010 v příloze D jako příklad dimenzování vsakovacího zařízení.
- Spočítáme redukovanou plochu  $A_{red}$  za použití součinitele odtoku srážkových povrchových vod pro odvodňovanou plochu.
- Odhadneme velikost vsakovací plochy podle vztahu  $A_{vsak} = (0,1 - 0,3) \cdot A_{red}$  z normy ČSN 75 9010.

- D. Dále vypočteme objem vsakovacího zařízení  $V_{vz}$ , který vypočteme pro různou dobu trvání  $t$  s příslušnou intenzitou  $i$  za použití návrhových úhrnů srážek dle tabulky 5 a tabulky 6. Maximální vypočtená hodnota odpovídá návrhovému objemu retenčnímu prostoru vsakovacího zařízení.
- E. Pro její maximální hodnotu spočítáme dobu prázdnění  $T_{pr}$ . Výsledná doba prázdnění nesmí překročit 72 hodin. Pokud vyhoví, pokračujeme dále ve výpočtu. Máme dvě možnosti v případě, že doba prázdnění nevyhoví. Jedna z možností je přidání retenčního prostoru s regulovaným odtokem anebo se zvětší vsakovací plocha.
- F. V závislosti na maximální hloubce nadržení vody se navrhnu konkrétní rozměry zařízení.
- G. V poslední řadě se posoudí, zda navržená vsakovací plocha splňuje podmínky maximální doby prázdnění. Jestliže objekt nevyhoví, je potřeba tento postup opakovat.

## RETENČNÍ ZAŘÍZENÍ

Výpočet se provede na základě hydrologické bilanční rovnice. V tomto případě není potřeba součinitel bezpečnosti vsaku.

**Retenční objem retenčního zařízení –  $V_{vz}$  [m<sup>3</sup>]** (TNV 75 9011 dle Tabulky 1)

$$V_{ret} = \frac{h_d}{1000} * (A_{red} + A_{vsak}) - t_c * Q_o$$

$h_d$  návrhový úhrn srážek se stanovenou periodicitou  $p$  a odpovídající dobou trvání  $t_c$  [mm]

$A_{red}$  redukovaný půdorysný průmět odvodňované plochy [m<sup>2</sup>]

$Q_o$  regulovaný odtok z retenčního prostoru [m<sup>3</sup>/s], ve výpočtech  $Q_o = 0,5$  l/s – TNV 75 9011 dle kap. 5.2.2.8 je z provozních důvodů doporučena tato hodnota regulované odtoku z jednoho zařízení HDV



$A_{vsak}$  vsakovací plocha retenčního zařízení [ $m^2$ ]

$t_c$  doba trvání srážky určité periodicity

### **Vsakovací plocha - $A_{vsak}$ [ $m^2$ ]**

Pro odhad vsakovací plochy může sloužit tato rovnice, kdy  $h$  by mělo být větší nebo rovno 0,3 m.

$$h = \frac{V_{ret}}{A_{vsak}}$$

$h$  střední hloubka vody [m]

$V_{ret}$  retenční objem retenčního zařízení [ $m^3$ ]

$A_{vsak}$  vsakovací plocha retenčního zařízení [ $m^2$ ]

### **Postup výpočtu:**

Postupem tohoto výpočtu se stanoví doba prázdnění  $T_{pr}$  a retenční objem retenčního zařízení  $V_{ret}$  pro vsakování srážkových vod.

- A. Hydrologická bilance retenčního zařízení se volí z tabulky pro daný typ objektu jako retenční objekt podle řádku 6.
- B. Spočítáme redukovanou plochu  $A_{red}$  za použití součinitele odtoku srážkových povrchových vod pro odvodňovanou plochu.
- C. Pro začátek odhadneme velikost vsakovací plochy podle vztahu  $A_{vsak} = (0,1 - 0,3) \cdot A_{red}$  z normy ČSN 75 9010.
- H. Dopočítáme objem regulovaného odtoku  $V_o = Q_o \cdot t$  [ $m^3$ ] a  $V_{přítok} = h_d / 1000 \cdot (A_{red} + A_{vsak})$  [ $m^3$ ]. Tyto vyjádřené objemy nám tvoří složky bilanční rovnice.
- I. Z rovnice zvolené výše dopočítáme retenční objem zařízení  $V$ , který vypočteme pro různou dobu trvání  $t$  s příslušnou intenzitou  $i$  za použití návrhových úhrnů srážek dle tabulky 5 a tabulky 6.
- J. Po spočítání retenčního objemu  $V_{ret}$  můžeme pomocí řešitele odhadnou vsakovací plochu  $A_{vsak}$ , kdy  $h = 0,3$  m. A opět pomocí tabelárního řešení pro různé doby trvání srážek přepočítáme retenční objem retenčního

zařízení s touto vsakovací plochou. Maximální vypočtená hodnota odpovídá návrhovému objemu retenčního prostoru.

- K. Pro její maximální hodnotu spočítáme dobu prázdnění  $T_{pr}$ . Výsledná doba prázdnění nesmí překročit 24 hodin. Jestliže nevyhoví, je potřeba u retenčního objektu zvýšit hodnotu regulovaného odtoku. Pokud vyhoví, pokračujeme dále ve výpočtu.
- D. Je potřeba navrhnout přesné rozměry zařízení pro daný retenční objem, který je potřeba posoudit. Navržené rozměry zařízení musí vyhovovat spočítanému retenčnímu objemu. Jestliže objekt nevyhoví, je potřeba tento postup opakovat.

### 12.3. POSOUZENÍ ODTOKU SIMULAČNÍM PROGRAMEM

Pro simulaci byl použit hydrologicky-hydraulický model pro řízení vod Storm Water Management (SWMM). Tento program slouží pro plánování, analýzu a návrh odtoku dešťové vody s kombinací kanalizačními systémy v městských oblastech. Používá se pro dlouhodobou nebo jednorázovou simulaci množství a kvality odtoku vody v městských oblastech (EPA, 2018).

Vytvoříme v tomto programu novou zástavbu o 20 odvodňovaných ploch, ze kterých bude srážková voda svedena do stokové sítě o průměru DN 300 mm. Poslední bod bude mít volný výtok. Pro vsakovací a retenční objekty navrhne LID prvky určující infiltraci a odtok ze zařízení. Přidáme do povodí dešťoměr s vloženou dlouhodobou srážkovou řadou o délce 10 let pro Plzeňský kraj.

Jako výstup pro tuto časovou řadou máme celkový přítok, celkovou evapotranspiraci, povrchovou infiltraci, půdní vlhkost, drenážní a povrchový odtok, odtok z přepadu v daném úseku a hloubka plnění srážkové vody v půdních vrstvách. Pro významné srážky v těchto navržených HDV zařízeních určíme maximální průtok  $Q_{max}$  a v závislosti na pravděpodobnosti výskytu vytvoříme čáru překročení. Z tohoto grafu zjistíme maximální průtok s pravděpodobností výskytu  $p = 0,5$ . Přesně stejný postup provedeme i v posledním úseku stokové sítě. Dále z kapacitního plnění a kapacitní

rychlosti určíme kapacitní průtok pro daný profil potrubí, který se určuje v závislosti na sklonu uloženého potrubí. V tomto případě je to 9 ‰. (ČVUT, 2018).

## 12.4. EKONOMICKÉ POSOUZENÍ

V posledním kroku porovnáme náklady zástavby bez opatření HDV s územím vybavenými vsakovacími nebo retenčními objekty.

Pomocí portálu ÚÚR s využitím Průměrných cen dopravní a technické infrastruktury obcí se spočítají náklady na stokovou síť uloženou v asfaltové vozovce. Náklady na vsakovací a retenční zařízení bylo vzato z přednášek ČVUT z předmětu Odvodnění urbanizovaných povodí (Stránský D., 2018).

*Tabulka 9: Nákladová cena za potrubí uložené v asfaltové vozovce (ÚÚR)*

DN	Q <sub>kap</sub>	CENA		
		BETON	ŽELEZOBETON	PLAST
mm	l/s			
250	57,3	-	-	10 450,00
300	92,9	13 100,00	13 450,00	11 950,00
400	199,2	14 900,00	15 200,00	14 550,00
500	359,5	16 200,00	16 600,00	16 800,00
600	581,9	18 150,00	18 700,00	-
800	1 242,1	-	24 700,00	-
1 000	2 234,5	-	29 800,00	-
1 200	3 670,9	-	-	-

Pro porovnání jsou v Tabulce 9 vypsány ceny za betonové, železobetonové a plastové potrubí, ale počítáno bude pouze s plastovým potrubím. Tyto nákladové ceny se vztahují na 1 bm. V ceně je zahrnuto řezání asfaltové vozovky, odstranění krytu a podkladních vrstev vozovky, výkopy, zásyp rýhy štěrkopískem, odvoz s uložením na skládku včetně poplatku a náklady na kanalizační šachtu.

V Tabulce 10 pro HDV opatření jsou ceny uvedeny na 1 m<sup>3</sup>, které se přepočítají na navržený objem daného zařízení.

*Tabulka 10: Nákladová cena za HDV opatření*

HDV opatření	cena za 1 m <sup>3</sup>
Vsakovací zařízení	7 000,00
Retenční zařízení	4 500,00

## 13. VÝSLEDKOVÁ ČÁST

### 13.1. IDENTIFIKACE NOVÉ ZÁSTAVBY

V Tabulce 11 jsou rozepsány jednotlivé plochy odvodňovaného pozemku pro typický dům satelitního města dle specifického povrchu. Celkový pozemek je rozdělen na vegetaci a užitnou plochu včetně komunikace.

Tabulka 11: Velikost jednotlivých ploch 18 satelitních městeček

vegetace (m <sup>2</sup> )	užitná plocha (m <sup>2</sup> )	celkový pozemek (m <sup>2</sup> )	satelitní město
97,00	153,00	250,00	Postřižín (Praha-východ)
72,00	108,00	180,00	Luštěnice (Mladá Boleslav)
82,00	108,00	190,00	Milovice (Nymburk)
645,00	128,00	773,00	Libovice u Slané (Kladno)
360,00	124,00	484,00	Doubravčice u Říčán (Praha-východ)
113,00	152,00	265,00	Hostivice (Praha-západ)
1 010,00	157,00	1 167,00	Chýnice (Praha-západ)
665,00	135,00	800,00	Vrané nad Vltavou (Praha-západ)
570,80	80,20	651,00	Radošovice u Vlašimi (Benešov)
100,00	100,00	200,00	Hořovice (Beroun)
89,00	150,00	239,00	Nymburk
810,00	190,00	1 000,00	Průhonice (Praha-západ)
193,00	165,00	358,00	Bohdaneč (Kutná Hora)
241,00	55,00	296,00	Kamenné Zboží (Nymburk)
71,00	70,00	141,00	Kladno
137,00	140,00	277,00	Vranovice (Příbram)
1 060,00	80,00	1 140,00	Nové Smechov (Kutná Hora)
354,00	144,00	498,00	Malešov (Kutná Hora)

Zdroj: Vlastní tvorba autora

Následně se spočítala maximální, průměrná a minimální hodnota společně s mediánem, který odpovídá střední hodnotě množiny zadaných čísel. Určila se varianta velikosti odvodňované plochy, které jsou spočítány v Tabulce 12 společně se všemi výslednými hodnotami potřebné pro následující návrh vsakovacího a retenčního zařízení.

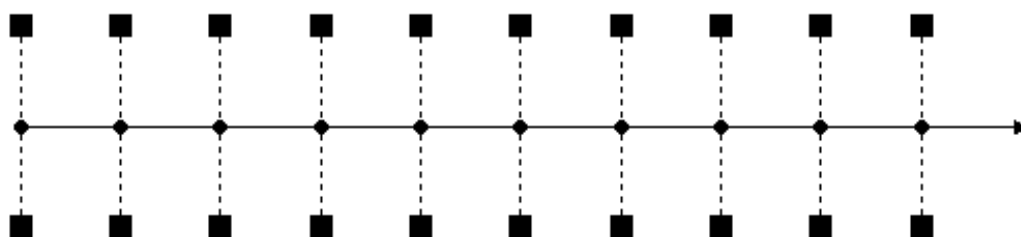
Tabulka 12: Výpočtové parametry odvodňované plochy

	vegetace (m <sup>2</sup> )	užitná plocha (m <sup>2</sup> )	celkový pozemek (m <sup>2</sup> )
MAX	1 010,00	157,00	1 167,00
<b>1. VARIANTA</b>	<b>467,00</b>	<b>140,00</b>	<b>607,00</b>
MEDIÁN	217,00	131,50	327,00
PRŮMĚR	370,54	124,40	494,94
MIN	71,00	70,00	141,00

Zdroj: Vlastní tvorba autora

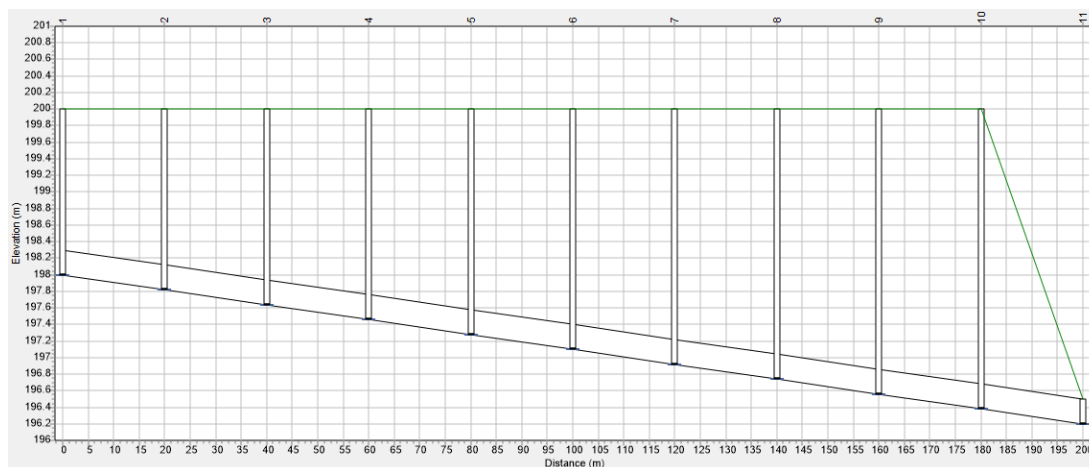
## 13.2. SIMULAČNÍ PROGRAM

Vytvoříme v tomto programu novou zástavbu o 20 odvodňovaných ploch, ze kterých bude srážková voda svedena do stokové sítě uložené v asfaltové vozovce o průměru DN 300 mm viz Obrázek 14. Poslední bod bude mít volný výtok. Pro vsakovací a retenční zařízení navrhne LID prvky určující infiltraci a odtok z přeplavu. Přidáme do povodí dešťoměr s vloženou dlouhodobou srážkovou řadou o délce 10 let pro Plzeňský kraj.



Obrázek 14: Půdorys řešené oblasti z programu SWMM

Komunikace, pod kterou je vedena navržená stoková síť je na úrovni cca 200 m.n.n. Tato výšková úroveň byla také zadána do simulačního programu swmm viz Obrázek 15.



Obrázek 15: Podélný řez navrženou stokovou sítí (SWMM)

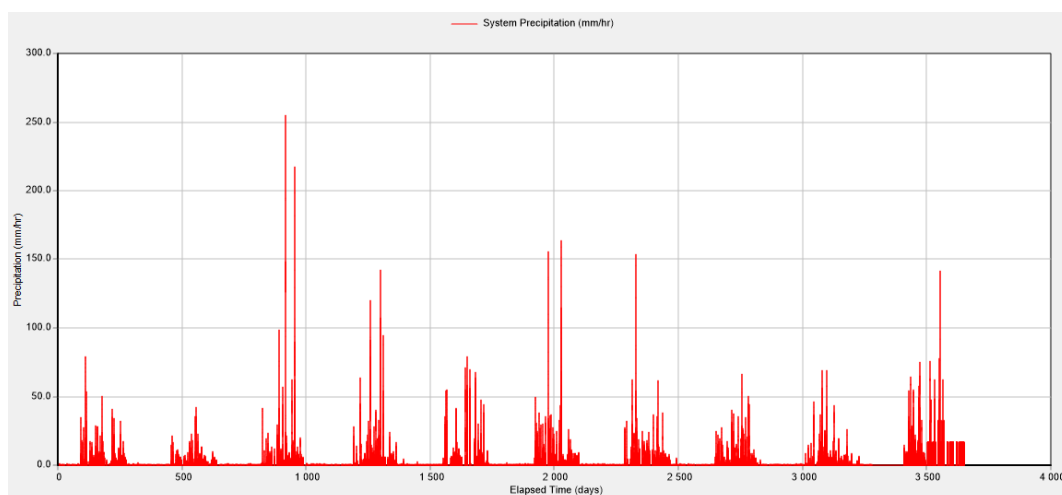
Jako výstup pro tuto časovou řadu máme celkový přítok, celkovou evapotranspiraci, povrchovou infiltraci, půdní vlhkost, drenážní a povrchový odtok, odtok z přeplavu v daném úseku a hloubka plnění srážkové vody v půdních vrstvách.

Zjistí se tak přesný čas, kdy dochází k naplnění objektu a následnému přelítí. Pro vsakovací zařízení je důležitý povrchový odtok a u retenčního objektu budeme sledovat drenážní a povrchový odtok.

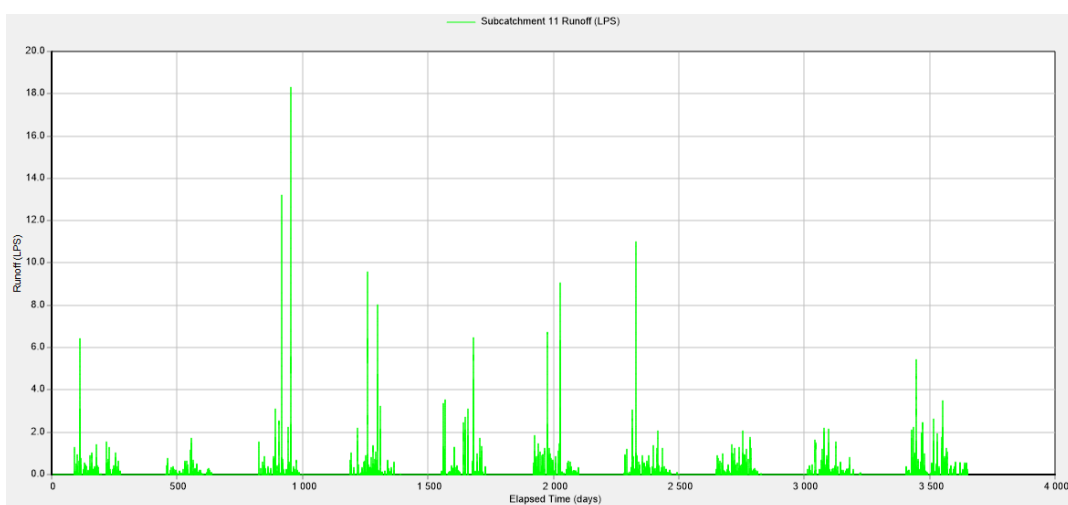
### 13.3. ÚZEMÍ BEZ OPATŘENÍ HDV

#### 13.3.1. VÝSTUP Z PROGRAMU SWMM

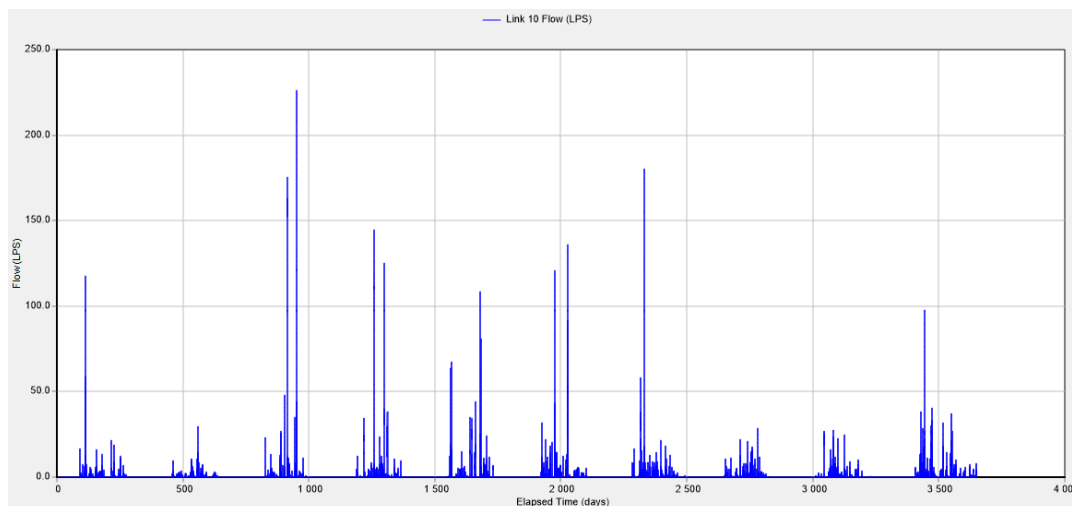
Výstupem byly dešťové události v časové řadě (1990 – 1999) pro území bez vybavení objekty s hospodaření s dešťovou vodou. Při návrhu není uvažována celková evapotranspirace, protože je zanedbatelná. Odtok z daného pozemku nám znázorňuje Obrázek 16. Maximální průtoky se spočítají ze zaznamenaných průtoků (l/s) v posledním úseku potrubí.



Obrázek 17: Intenzita srážek na pozemku bez opatření HDV v mm/hod (SWMM)



Obrázek 16: Odtok z pozemku bez opatření HDV v l/s (SWMM)



Obrázek 18: Průtok v posledním (10.) úseku kanalizace v l/s na pozemku bez opatření HDV (SWMM)

### 13.3.2. VYHODNOCENÍ

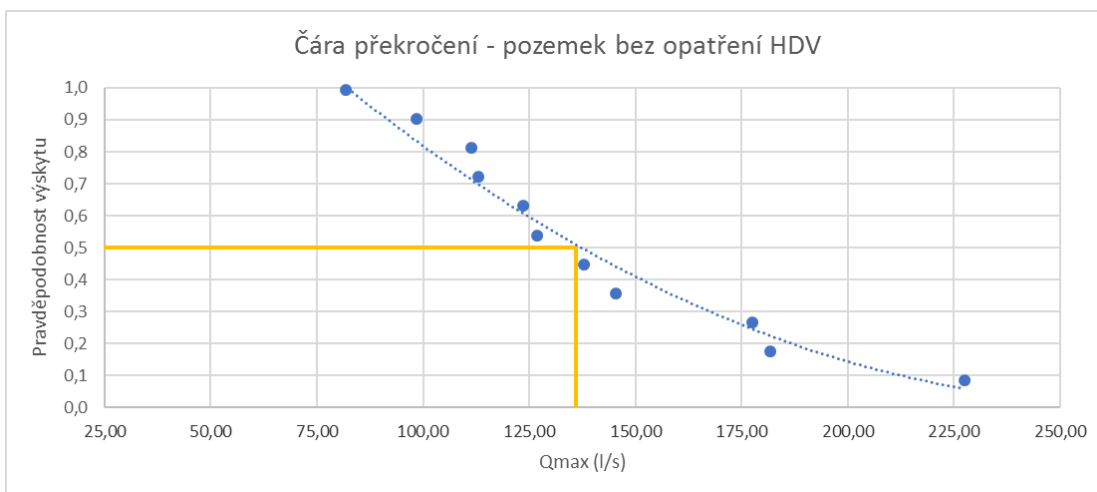
Na pozemcích, které nejsou vybavené objekty hospodaření s dešťovou vodou za dané časové období dojde k 15ti přepadovým/záplavovým událostem. V Tabulce 13 jsou tyto události uvedeny společně s maximálním průtokem a pravděpodobností výskytu. Největší přepadová událost nastala 10. 8. 1992. Velikost stokové sítě je spočítána z průtoků v posledním (10.) úseku kanalizace viz Obrázek 18.

Tabulka 13: Záplavové události z grafu průtoků v posledním úseku kanalizace na pozemku bez HDV opatření

počet	datum	p	Qmax
-	d/m/rok	-	l/s
1	10.8.1992	0,0909	227,00
2	18.5.1996	0,1818	181,25
3	5.7.1992	0,2727	177,00
4	12.6.1993	0,3636	145,00
5	22.7.1995	0,4545	137,50
6	22.7.1993	0,5455	126,50
7	30.5.1995	0,6364	123,00
8	23.4.1990	0,7273	112,50
9	31.7.1994	0,8182	111,00
10	8.6.1999	0,9091	98,00
11	9.8.1994	1,0000	81,25
12	21.9.1993	1,0909	68,75
13	6.9.1993	1,1818	65,63
14	3.5.1996	1,2727	61,00
15	28.6.1992	1,3636	47,80

Zdroj: Vlastní tvorba autora

Z čáry překročení viz Graf 1 zjistíme maximální průtok s pravděpodobností výskytu  $p = 0,5$ .



Graf 1: Čára překročení - pozemek bez opatření HDV

Počet pozemků = 20

$$\sum Q_{\max} = 20 * Q_{\max} (p=0,5) = 136 \text{ l/s}$$

$$Q_{\max} (p=0,5) = 6,8 \text{ l/s}$$

Pro DN 300 mm je  $Q_{\text{kap}} = 92,9 \text{ l/s}$

Pro DN 400 mm je  $Q_{\text{kap}} = 199,2 \text{ l/s}$

Tabulka 14: Navržené DN potrubí pro pozemky bez HDV opatření

úseky	Q <sub>max</sub> (0,5) (l/s)	DN	DÉLKA (m)
1	13,6	300	20
2	27,2	300	20
3	40,8	300	20
4	54,4	300	20
5	68	300	20
6	81,6	300	20
7	95,2	400	20
8	108,8	400	20
9	122,4	400	20
10	136	400	20

Zdroj: Vlastní tvorba autora

Průtok v posledním profilu je 136 l/s a kapacitní průtok pro potrubí DN 300 je 92,9 l/s a pro potrubí DN 400 je 199,2 l/s. Z toho vyplývá, že profil o DN 300 mm vyhovuje pouze na prvních 6 úsekcích a dále je potřeba profil potrubí zvětšit



na DN 400 mm viz Tabulka 14. Tyto výsledné hodnoty budou sloužit jako základní podklady pro porovnání s pozemky vybavenými vsakovacími nebo retenčními zařízeními.

## 13.4. VSAKOVACÍ ZAŘÍZENÍ

### 13.4.1. NÁVRH OPATŘENÍ

Dimenzuje se zde povrchové vsakovací zařízení pro srážkové vody ze střech s nepropustnou svrchní vrstvou, komunikací ze vsakovacích tvárnic a zatravněné plochy. Bude se jednat o decentrální objekt o rozměrech plochy uvedených v Tabulce 15.

- odvodňovaná plocha	$A_{\text{celková}} = 607,0 \text{ m}^2$
vegetace	$A_{\text{vegetace}} = 467,0 \text{ m}^2$
komunikace	$A_{\text{komunikace}} = 14,0 \text{ m}^2$
užitná plocha	$A_{\text{užitná plocha}} = 126,0 \text{ m}^2$

Tabulka 15: Velikost odvodňované plochy pro návrh vsakovacího zařízení

Typ plochy	A [m <sup>2</sup> ]	A [%]	Povrch odvodňované plochy
užitná plocha	126,00	20,8	střecha s nepropustnou vrstvou
komunikace	14,00	2,3	komunikace ze vsakovacích tvárnic
vegetace	467,00	76,9	zatravněná plocha
celková	607,00	100	-

Zdroj: Vlastní tvorba autora

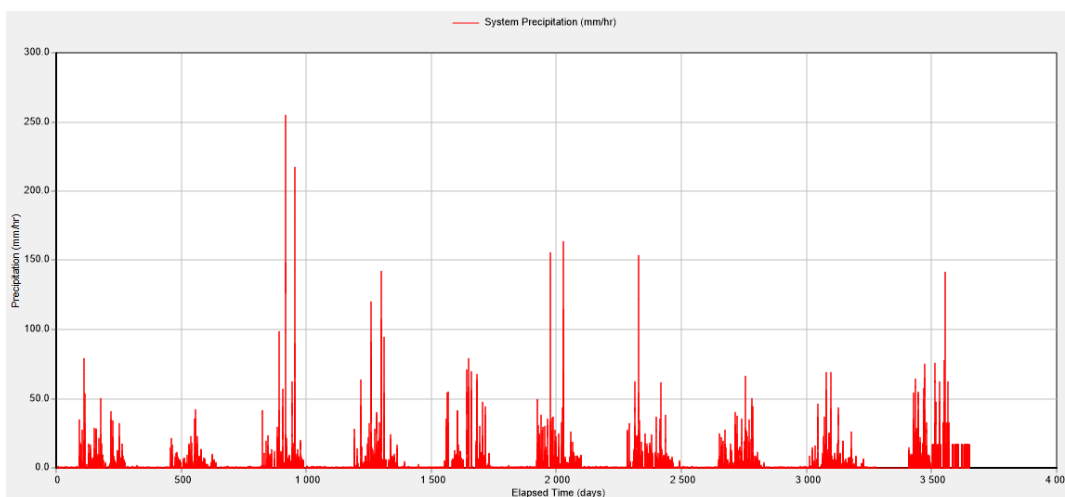
- součinitel odtoku srážkových povrchových vod	
zatravněná plocha	$\psi = 0,1$
komunikace ze vsakovacích tvárnic	$\psi = 0,3$
střechy s nepropustnou horní vrstvou	$\psi = 1,0$
- redukováná odvodňovaná plocha	$A_{\text{red}} = 177 \text{ m}^2$
- plocha vsakovacího zařízení	$A_{\text{vsak}} = 35,4 \text{ m}^2$
- koeficient vsaku	$k_v = 5 \cdot 10^{-6} \text{ m/s}$

- součinitel bezpečnosti vsaku  $f = 2$
- návrhová periodičita srážek pro danou oblast  $p = 0,2 \text{ rok}^{-1}$
- retenční objem vsakovacího zařízení  $V_{vz} = 5,7 \text{ m}^3$
- vsakovací odtok  $Q_{vsak} = 0,0885 \text{ l/s}$
- doba prázdnění vsakovacího zařízení  $T_{pr} = 18,0 \text{ hod}$

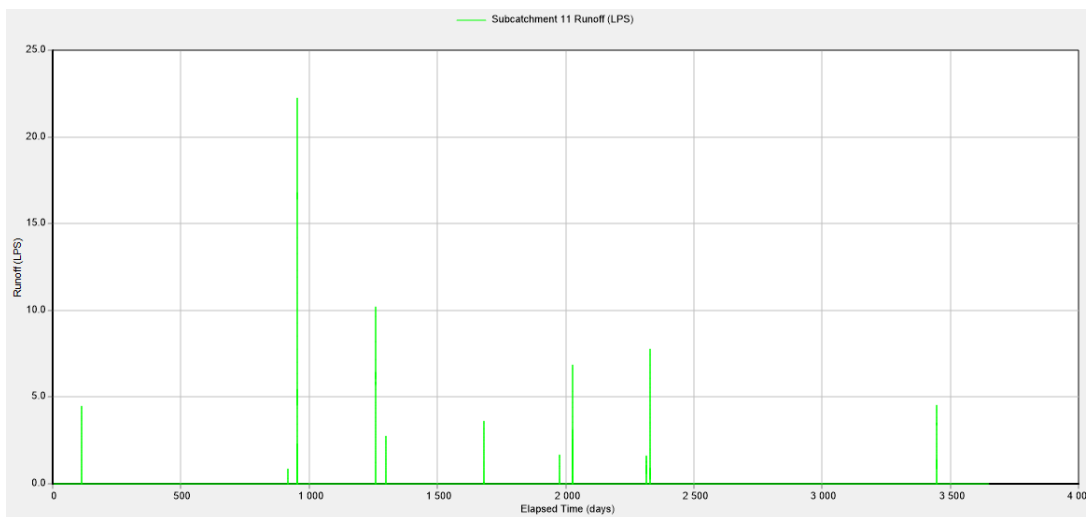
Maximální doba prázdnění podle normy ČSN 75 9010 je 72 hodin. V tomto případě je tato podmínka splněna.

### 13.4.2. VÝSTUP Z PROGRAMU SWMM

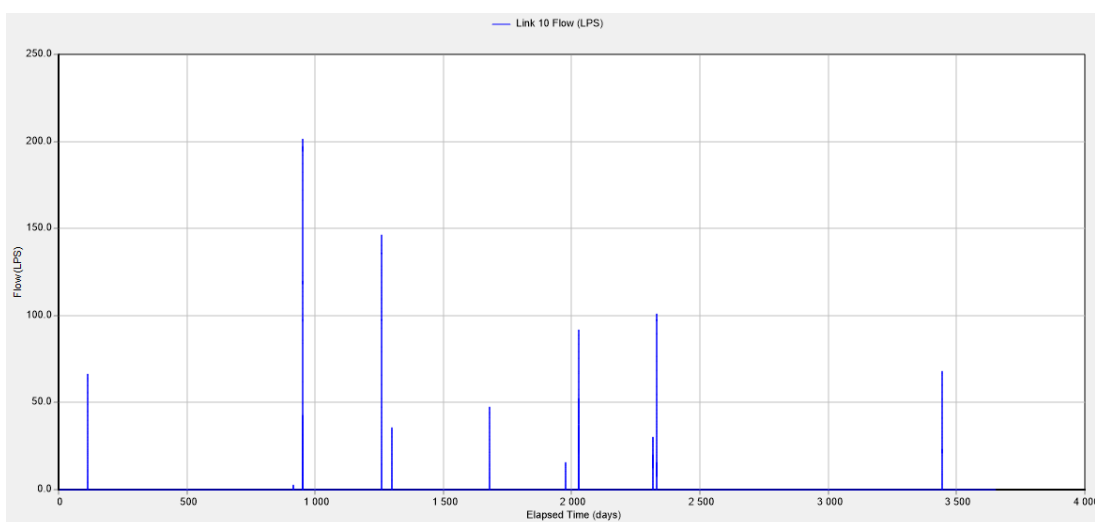
Výstupem byly dešťové události v časové řadě (1990 – 1999) pro území vybavené vsakovacím zařízením (LID prvek). Při návrhu vsakovacího objektu není uvažován drenážní odtok a také celková evapotranspirace, protože je v tomto případě zanedbatelná. Maximální průtoky se spočítají ze zaznamenaných intenzit srážek (mm/hod) na ploše vsakovacího zařízení viz Obrázek 19 a také z průtoků (l/s) v posledním úseku kanalizace z Obrázku 20.



Obrázek 19: Intenzita srážek na pozemku se vsakovacím zařízením v mm/hod (SWMM)



Obrázek 21: Odtok ze vsakovacího zařízení v l/s (SWMM)



Obrázek 20: Průtok v posledním (10.) úseku kanalizace v l/s na pozemku se vsakovacím zařízením (SWMM)

### 13.4.3. VYHODNOCENÍ

Vsakovací objekt se navrhuje na 5-letý déšť a z toho vyplývá, že přepadová událost může nastat jednou za pět let. A protože počítáme s 10-letým deštěm, tak v tomto časovém období může tato událost nastat dvakrát. Zároveň je důležité si uvědomit, že statistika deště se nerovná statistice efektu. V tomto případě přepadová událost nastala 11krát.

V Tabulce 16 jsou společně s maximálním průtokem a pravděpodobností výskytu uvedeny takové události, které zcela naplní navrženou svrchní, podkladní půdní vrstvu. A v těchto případech se srážková voda už

neinfiltrovala a došlo tak i k povrchovému odtoku. Tento stav mohl nastat, pokud spadlá srážka měla větší intenzitu nebo delší dobu trvání, než se kterou se při návrhu počítalo. Větší přepadová událost nastala pouze jednou za 10 let a to 10.8.1992.

Velikost stokové sítě spočítáme dvěma způsoby. První bude vypočítán ze srážkových úhrnů na ploše vsakovacího zařízení a druhý z průtoků v posledním úseku potrubí kanalizace.

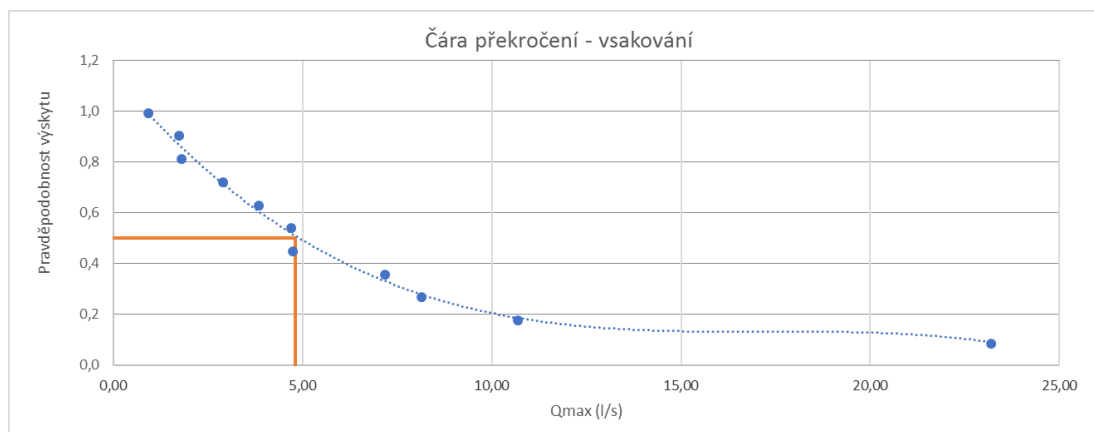
### PRVNÍ ZPŮSOB VÝPOČTU VELIKOSTI STOKOVÉ SÍTĚ

Pro první způsob návrhu se použije Obrázek 19, ze kterého dopočítáme maximální průtok  $Q_{max}$  pro jednotlivé události viz Tabulka 16 a následně vyneseme graf čáry překročení.

Tabulka 16: Záplovové události z grafu intenzit srážek na pozemku se vsakovacím zařízením

počet	Datum	p	Qmax	Avsak	Qmax
-	d/m/rok	-	mm/hod	m <sup>2</sup>	l/s
1	10.8.1992	0,0909	2 353,68	35,4	23,14
2	12.6.1993	0,1818	1 083,20	35,4	10,65
3	18.5.1996	0,2727	823,98	35,4	8,10
4	22.7.1995	0,3636	725,77	35,4	7,14
5	8.6.1999	0,4545	478,60	35,4	4,71
6	23.4.1990	0,5455	472,49	35,4	4,65
7	9.8.1994	0,6364	385,13	35,4	3,79
8	22.7.1993	0,7273	289,75	35,4	2,85
9	30.5.1995	0,8182	178,86	35,4	1,76
10	3.5.1996	0,9091	171,38	35,4	1,69
11	5.7.1992	1,0000	90,53	35,4	0,89

Zdroj: Vlastní tvorba autora



Graf 2: Čára překročení - vsakování I

Z čáry překročení viz Graf 2 zjistíme maximální průtok s pravděpodobností výskytu  $p = 0,5$ .

$$Q_{\max} (p=0,5) = 4,8 \text{ l/s}$$

Počet pozemků = 20

$$\Sigma Q_{\max} = 20 * Q_{\max} (p=0,5) = 20 * 4,8 = 96 \text{ l/s}$$

Pro DN 300 mm je  $Q_{\text{kap}} = 92,9 \text{ l/s}$

Pro DN 400 mm je  $Q_{\text{kap}} = 199,2 \text{ l/s}$

Tabulka 17: Navržené DN potrubí pro pozemky se vsakovacím zařízením I.

POZEMEK	$Q_{\max} (p = 0,5) \text{ (l/s)}$	DN (mm)	DÉLKA (m)
2	9,6	300	20
4	19,2	300	20
6	28,8	300	20
8	38,4	300	20
10	48	300	20
12	57,6	300	20
14	67,2	300	20
16	76,8	300	20
18	86,4	300	20
20	96	400	20

Zdroj: Vlastní tvorba autora

Maximální průtok v posledním profilu je 96 l/s a kapacitní průtok pro potrubí DN 300 je 92,9 l/s a pro DN 400 je 199,2 l/s viz Tabulka 17.

## DRUHÝ ZPŮSOB VÝPOČTU VELIKOSTI STOKOVÉ SÍTĚ

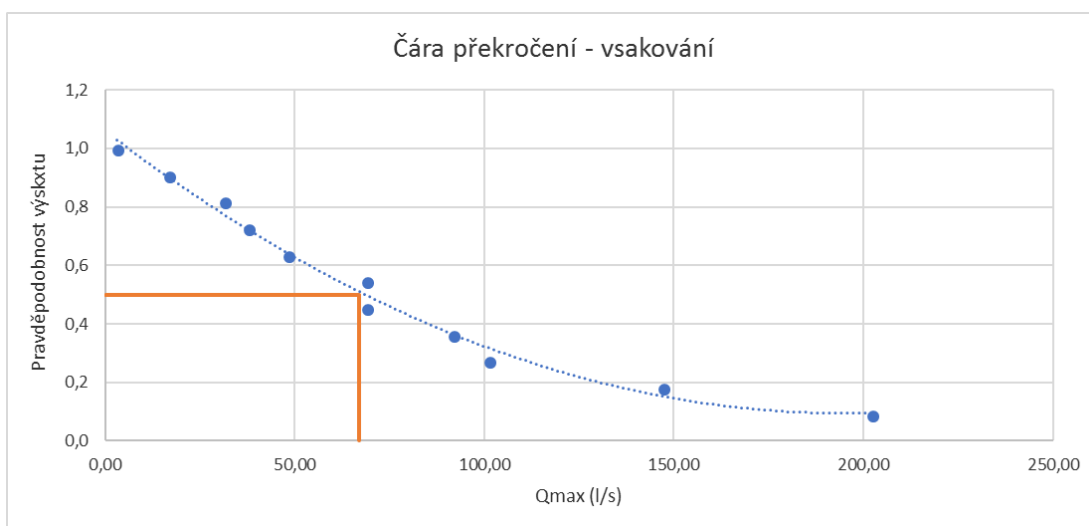
Pro druhý způsob návrhu se použije Obrázek 20 s průtokem v posledním (10.) úseku kanalizace v l/s, ze kterého odečteme maximální průtok  $Q_{\max}$  pro jednotlivé události a následně vyneseme graf čáry překročení viz Graf 3. Pro vynesení tyto čáry se použijí hodnoty z Tabulky 18.

Tabulka 18: Záplovové události z grafu průtoků v posledním úseku kanalizace na pozemku se vsakovacím zařízením

počet	Datum	p	Q <sub>max</sub>
-	d/m/rok	-	l/s
1	10.8.1992	0,0909	202,00
2	12.6.1993	0,1818	147,00
3	18.5.1996	0,2727	101,00
4	22.7.1995	0,3636	91,70
5	8.6.1999	0,4545	68,80
6	23.4.1990	0,5455	68,80
7	9.8.1994	0,6364	48,00
8	22.7.1993	0,7273	37,50
9	30.5.1995	0,8182	31,30
10	3.5.1996	0,9091	16,70
11	5.7.1992	1,0000	3,00

Zdroj: Vlastní tvorba autora

Z čáry překročení zjistíme maximální průtok s pravděpodobností výskytu  $p = 0,5$ .



Graf 3: Čára překročení - vsakování II

Počet pozemků = 20

$$\sum Q_{\max} = 20 * Q_{\max} (p=0,5) = 67 \text{ l/s}$$

$$Q_{\max} (p=0,5) = 6,7 \text{ l/s}$$

Pro DN 300 mm je  $Q_{\text{kap}} = 92,9 \text{ l/s}$

Tabulka 19: Navržené DN potrubí pro pozemky se vsakovacím zařízením II.

úsek	$Q_{\max} (p = 0,5) \text{ (l/s)}$	DN (mm)	DÉLKA (m)
1	6,7	300	20
2	13,4	300	20
3	20,1	300	20
4	26,8	300	20
5	33,5	300	20
6	40,2	300	20
7	46,9	300	20
8	53,6	300	20
9	60,3	300	20
10	67	300	20

Zdroj: Vlastní tvorba autora

Maximální průtok v posledním profilu je 67 l/s a kapacitní průtok pro potrubí DN 300 je 92,9 l/s. Z toho vyplývá, že profil o DN 300 mm vyhovuje. Ještě by bylo možné napojit na navrženou zástavbu deset totožných pozemků, aniž by se muselo navrhnout větší DN potrubí viz Tabulka 19.

Následně porovnáme vypočtené maximální průtoky. Průtok spočítaný druhým způsobem je větší než maximální průtok spočítaný druhým způsobem. Rozdíl průtoků je významný a dochází tak k větší transformaci odtoku.

Kvůli přesnějšímu ekonomickému porovnávání bude použita druhá varianta, protože u pozemku bez opatření HDV máme pouze možnost spočítat tento průtok z posledního úseku kanalizace.

## 13.5. RETENČNÍ OBJEKT

### 13.5.1. NÁVRH OPATŘENÍ

Dimenzuje se zde retenční objekt pro srážkové vody ze střech s nepropustnou svrchní vrstvou, komunikací ze vsakovacích tvárnic a zatravněné plochy. Bude se jednat o decentrální objekt o rozměrech plochy uvedených v Tabulce 20.

- odvodňovaná plocha

$$A_{\text{celková}} = 607,0 \text{ m}^2$$

vegetace	$A_{\text{vegetace}} = 467,0 \text{ m}^2$
komunikace	$A_{\text{komunikace}} = 14,0 \text{ m}^2$
užitná plocha	$A_{\text{užitná plocha}} = 126,0 \text{ m}^2$

Tabulka 20: Velikost odvodňované plochy pro návrh retenčního zařízení

Typ plochy	A [m <sup>2</sup> ]	A [%]	Povrch odvodňované plochy
užitná plocha	126,00	20,8	střecha s nepropustnou vrstvou
komunikace	14,00	2,3	komunikace ze vsakovacích tvárnic
vegetace	467,00	76,9	zatravněná plocha
celková	607,00	100	-

Zdroj: Vlastní tvorba autora

- součinitel odtoku srážkových povrchových vod
  - zatravněná plocha  $\psi = 0,1$
  - komunikace ze vsakovacích tvárnic  $\psi = 0,3$
  - střechy s nepropustnou horní vrstvou  $\psi = 1,0$
- redukováná odvodňovaná plocha  $A_{\text{red}} = 177 \text{ m}^2$
- návrhová periodičita srážek pro danou oblast  $\rho = 0,2 \text{ rok}^{-1}$
- plocha retenčního zařízení  $A_{\text{vsak}} = 10,4 \text{ m}^2$
- koeficient vsaku  $k_v = 5 \cdot 10^{-6} \text{ m/s}$
- přípustný specifický odtok  $q_c = 3 \text{ l/(s.ha)}$
- navržený regulovaný odtok  $Q_o = 0,5 \text{ l/s}$
- vsakovací odtok  $Q_{\text{vsak}} = 0,0519 \text{ l/s}$
- objem přivedené srážkové vody  $V_p = 4,0 \text{ m}^3$
- objem odvedené srážkové vody  $V_o = 0,9 \text{ m}^3$
- maximální střední hloubka  $H = 0,3 \text{ m}$
- retenční objem retenčního zařízení  $V_{\text{ret}} = 3,1 \text{ m}^3$
- doba prázdnění retenčního zařízení  $T_{\text{pr}} = 16,6 \text{ hod}$

Maximální doba prázdnění podle normy ČSN 75 9010 je 24 hodin. V tomto případě je tato podmínka splněna.

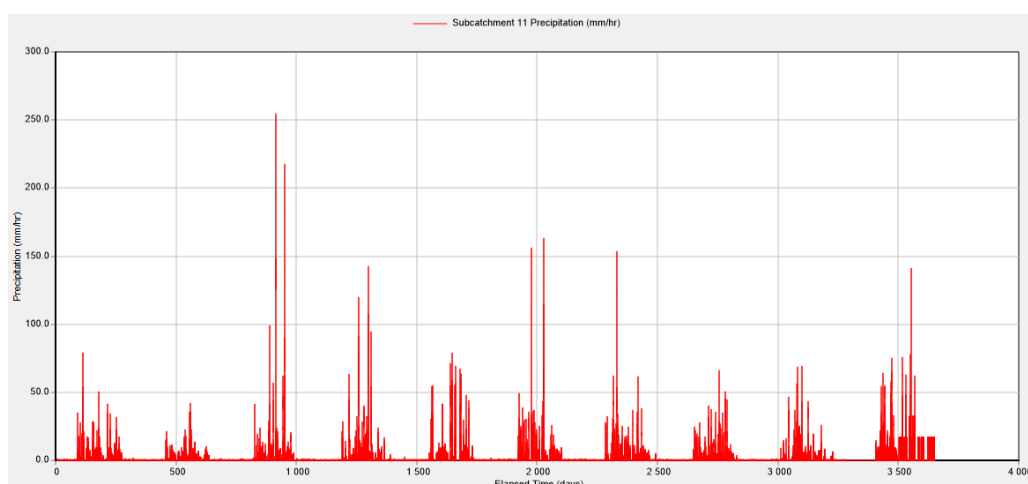


Zařízení je zaústěno do jednotné kanalizace, které je vybaveno bezpečnostním přelivem.

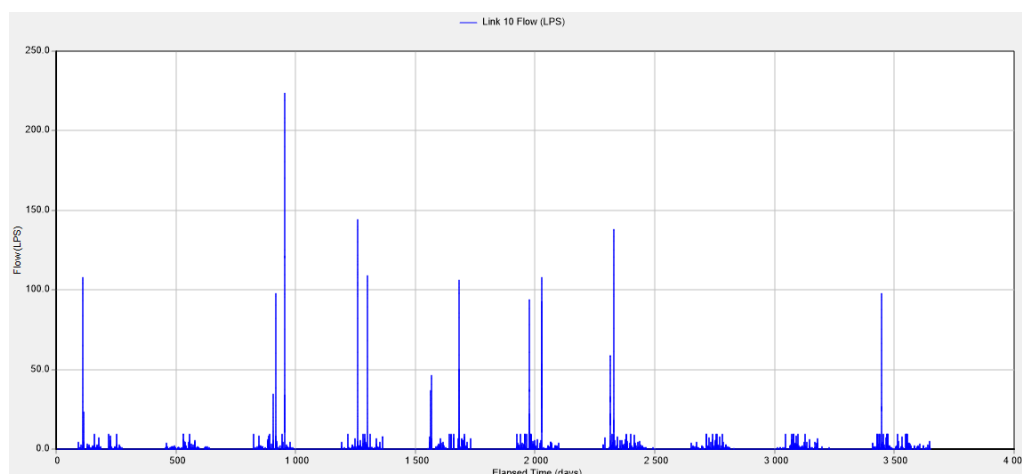
### 13.5.1. VÝSTUP Z PROGRAMU SWMM

Výstupem byly dešťové události v časové řadě (1990 – 1999) pro území vybavené retenčním zařízením (LID prvek). Při návrhu retenčního objektu není uvažována celková evapotranspirace, protože je v tomto případě zanedbatelná. Na rozdíl od vsakovacího zařízení je nyní s drenážním odtokem počítáno.

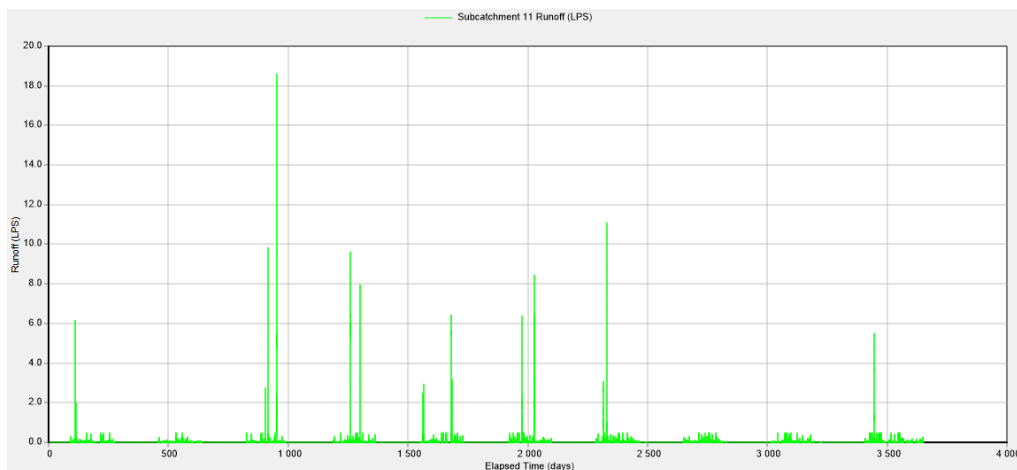
Maximální průtoky se spočítají ze zaznamenaných intenzit srážek (mm/hod) na ploše retenčního zařízení viz Obrázek 24 a také z průtoků (l/s) v posledním úseku kanalizace viz Obrázek 23.



Obrázek 23: Intenzita srážek na pozemku s retenčním zařízením v mm/hod (SWMM)



Obrázek 22: Odtok z retenčního zařízení v l/s (SWMM)



Obrázek 24: Průtok v posledním (10.) úseku kanalizace v l/s na pozemku s retenčním zařízením (SWMM):

### 13.5.2. VYHODNOCENÍ

Retenční objekt se navrhuje na 5-letý déšť a z toho vyplývá, že přepadová událost může nastat jednou za pět let. A protože počítáme s 10-letým deštěm, tak v tomto časovém období může tato událost nastat dvakrát. Zároveň je důležité si uvědomit, že statistika deště se nerovná statistice efektu. V tomto případě přepadová událost nastala 13krát.

V Tabulce 21 jsou uvedeny takové události, které zcela naplní navržený retenční objem. Po překročení tohoto objemu bude přebytečné množství vody převedeno přes bezpečnostní přeliv do kanalizace. Pokud toto opatření nebude dostačující, tak následně dojde k povrchovému odtoku. Tento stav mohl nastat, pokud spadlá srážka měla větší intenzitu nebo delší dobu trvání, než se kterou se při návrhu počítalo. Větší přepadová/záplavová událost nastala pouze jednou za 10 let a to 10. 8. 1992.

Velikost stokové sítě spočítáme dvěma způsoby. První bude vypočítán ze srážkových úhrnů na ploše retenčního zařízení a druhý z průtoků v posledním úseku potrubí kanalizace.

## PRVNÍ ZPŮSOB VÝPOČTU VELIKOSTI STOKOVÉ SÍTĚ

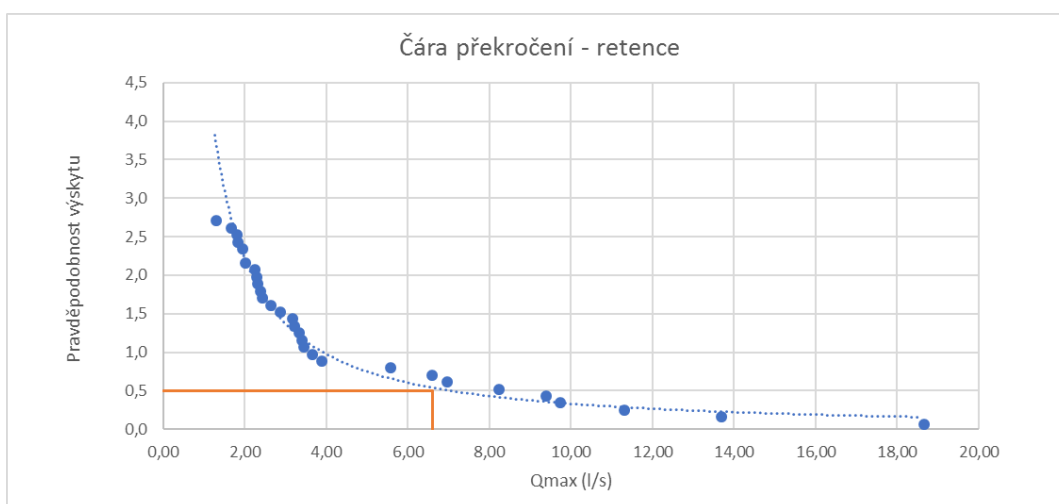
Tabulka 21: Záplavové události z grafu intenzit srážek na pozemku s retenčním zařízením

počet	Datum	p	Q <sub>max</sub>	Avsak	Q <sub>max</sub>
-	d/m/rok	-	mm/hod	m <sup>2</sup>	l/s
1	10.8.1992	0,0909	6446,78	10,4	18,62
2	5.7.1992	0,1818	4722,45	10,4	13,64
3	18.5.1996	0,2727	3898,43	10,4	11,26
4	12.6.1993	0,3636	3351,88	10,4	9,68
5	22.7.1993	0,4545	3237,49	10,4	9,35
6	22.7.1995	0,5455	2837,47	10,4	8,20
7	30.5.1995	0,6364	2394,48	10,4	6,92
8	23.4.1990	0,7273	2265,93	10,4	6,55
9	8.6.1999	0,8182	1913,56	10,4	5,53
10	17.4.1994	0,9091	1246,27	10,4	3,60
11	12.4.1994	1,0000	1180,27	10,4	3,41
12	17.7.1994	1,0909	1135,1	10,4	3,28
13	13.7.1991	1,1818	620,44	10,4	1,79

Zdroj: Vlastní tvorba autora

Pro první způsob návrhu je použit Obrázek 24 s intenzitou srážek na pozemku s retenčním zařízením v mm/hod, ze kterého dopočítáme maximální průtok Q<sub>max</sub> pro jednotlivé důležité události viz Tabulka 21 a následně vyneseme graf čáry překročení. Pro přesnější vykreslení čáry překročení byly použity i menší srážkové události, které nejsou v Tabulce 21 zapsané.

Z čáry překročení viz Graf 4 zjistíme maximální průtok s pravděpodobností výskytu p = 0,5.



Graf 4: Čára překročení - retence I

$$Q_{\max} (p=0,5) = 6,6 \text{ l/s}$$

Počet pozemků = 20

$$\Sigma Q_{\max} = 20 * Q_{\max} (p=0,5) = 20 * 6,6 = 132 \text{ l/s}$$

Pro DN 300 mm je  $Q_{\text{kap}} = 92,9 \text{ l/s}$

Pro DN 400 mm je  $Q_{\text{kap}} = 199,2 \text{ l/s}$

Tabulka 22: Navržené DN potrubí pro pozemky s retenčním zařízením I.

pozemek	$Q_{\max} (p = 0,5) \text{ (l/s)}$	DN (mm)	DÉLKA (m)
2	13,2	300	20
4	26,4	300	20
6	39,6	300	20
8	52,8	300	20
10	66	300	20
12	79,2	300	20
14	92,4	300	20
16	105,6	400	20
18	118,8	400	20
20	132	400	20

Zdroj: Vlastní tvorba autora

Maximální průtok v posledním profilu je 132 l/s z Tabulky 22 a kapacitní průtok pro potrubí DN 300 je 92,9 l/s a pro DN 400 je 199,2 l/s. Dle této hranice se navrhnu jednotlivé profil potrubí.

## DRUHÝ ZPŮSOB VÝPOČTU VELIKOSTI STOKOVÉ SÍTĚ

Pro druhý způsob návrhu se použije Obrázek 22 s průtokem v posledním (10.) úseku stokové sítě v l/s, ze kterého odečteme maximální průtok  $Q_{\max}$  pro jednotlivé události viz Tabulka 23. A následně vyneseme graf čáry překročení viz Graf 5.

Tabulka 23: Záplové události z grafu průtoků v posledním úseku kanalizace na pozemku s retenčním zařízením

počet	Datum	p	Q <sub>max</sub>
-	d/m/rok	-	l/s
1	10.8.1992	0,0909	222,33
2	12.6.1993	0,1818	145,83
3	18.5.1996	0,2727	140,50
4	22.7.1993	0,3636	112,00
5	22.7.1995	0,4545	110,80
6	23.4.1990	0,5455	110,50
7	9.8.1994	0,6364	109,00
8	5.7.1992	0,7273	98,30
9	8.6.1999	0,8182	98,00
10	30.5.1995	0,9091	91,40
11	3.5.1996	1,0000	72,50
12	17.4.1994	1,0909	47,50
13	9.6.1992	1,1818	33,33

Zdroj: Vlastní tvorba autora

Z čáry překročení zjistíme maximální průtok s pravděpodobností výskytu  $p = 0,5$ .

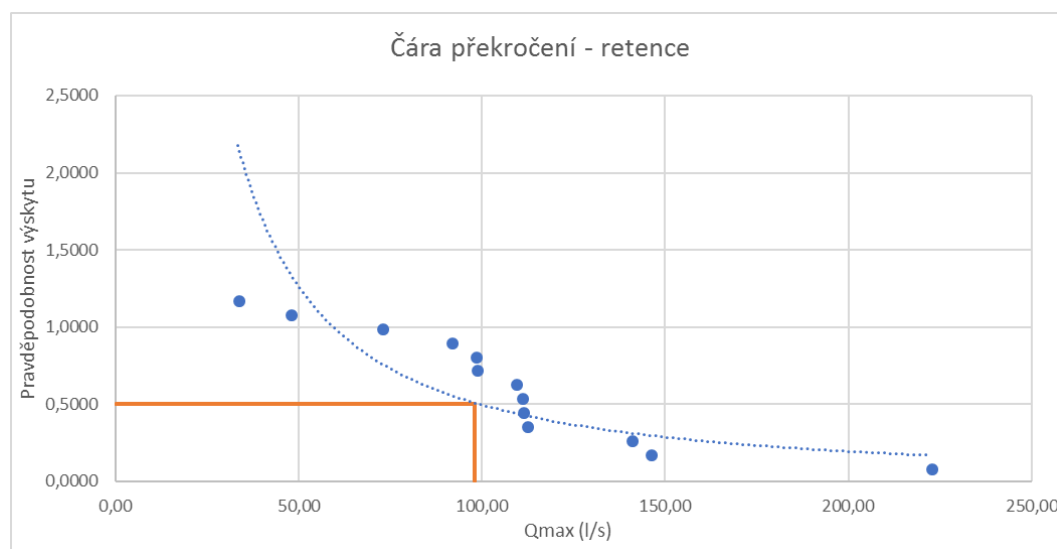
Počet pozemků = 20

$\Sigma Q_{\max} = 20 * Q_{\max} (p=0,5) = 98 \text{ l/s}$

$Q_{\max} (p=0,5) = 4,9 \text{ l/s}$

Pro DN 300 mm je  $Q_{\text{kap}} = 92,9 \text{ l/s}$

o DN 400 mm je  $Q_{\text{kap}} = 199,2 \text{ l/s}$



Graf 5: Čára překročení - retence II

Maximální průtok v posledním profilu je 98 l/s z Tabulky 24 a kapacitní průtok pro potrubí DN 300 je 92,9 l/s a pro DN 400 je 199,2 l/s. Z toho vyplývá, že profil o DN 300 mm vyhovuje na prvních 9 úsecích a dále je potřeba na posledním úseku profil potrubí zvětšit na DN 400 mm.

Následně porovnáme vypočtené maximální průtoky. Průtok spočítaný druhým způsobem je větší než maximální průtok spočítaný druhým způsobem. Rozdíl průtoků je významný a dochází též k větší transformaci odtoku.

Kvůli přesnějšímu ekonomickému porovnávání bude použita druhá varianta, protože u pozemku bez opatření HDV máme pouze možnost spočítat tento průtok z posledního úseku kanalizace.

Tabulka 24: Navržené DN potrubí pro pozemky s retenčním zařízením II.

úsek	Q <sub>max</sub> (p = 0,5) (l/s)	DN (mm)	DÉLKA (m)
1	9,8	300	20
2	19,6	300	20
3	29,4	300	20
4	39,2	300	20
5	49	300	20
6	58,8	300	20
7	68,6	300	20
8	78,4	300	20
9	88,2	300	20
10	98	400	20

Zdroj: Vlastní tvorba autora

## 13.6. POROVNÁNÍ PROFILŮ

Následující Tabulka 25 nám porovnává profily potrubí v daných úsecích pro jednotlivé návrhy.

Tabulka 25: Porovnání navržených DN potrubí

úsek	DN (mm)		
	bez opatření HDV	vsakovací zařízení	retenční zařízení
1	300	300	300
2	300	300	300
3	300	300	300
4	300	300	300
5	300	300	300
6	300	300	300
7	400	300	300
8	400	300	300
9	400	300	300
10	400	300	400

Zdroj: Vlastní tvorba autora

## 13.7. EKONOMICKÉ POSOUZENÍ

V této podkapitole jednotlivě posoudíme cenové náklady jednotlivých stokových sítí včetně navržených opatření HDV.

### 13.7.1. ÚZEMÍ BEZ OPATŘENÍ HDV

Celková cena stokové sítě obsahuje pouze cenu za navrženou jednotnou kanalizaci z plastového potrubí viz Tabulka 26.

Tabulka 26: Cenové náklady stokové sítě pro území bez opatření HDV

PLASTOVÉ POTRUBÍ					
úsek	Q <sub>max</sub> (p=0,5) (l/s)	DN	DÉLKA (m)	cena potrubí na 1 bm (Kč)	cena potrubí (Kč)
1	13,6	300	20	11 950,00	239 000,00
2	27,2	300	20	11 950,00	239 000,00
3	40,8	300	20	11 950,00	239 000,00
4	54,4	300	20	11 950,00	239 000,00
5	68	300	20	11 950,00	239 000,00
6	81,6	300	20	11 950,00	239 000,00
7	95,2	400	20	14 550,00	291 000,00
8	108,8	400	20	14 550,00	291 000,00
9	122,4	400	20	14 550,00	291 000,00
10	136	400	20	14 550,00	291 000,00
CELKEM					<b>2 598 000,00</b>

Zdroj: Vlastní tvorba autora

### 13.7.2. VSAKOVACÍ ZAŘÍZENÍ

Celková cena stokové sítě obsahuje navržené vsakovací zařízení a jednotnou kanalizaci z plastového potrubí viz Tabulka 27.

Tabulka 27: Cenové náklady stokové sítě pro území vybavené vsakovacím zařízením

PLASTOVÉ POTRUBÍ					
úsek	Q <sub>max</sub> (p = 0,5) (l/s)	DN (mm)	DÉLKA (m)	cena potrubí na 1 bm (Kč)	cena potrubí (Kč)
1	6,7	300	20	11 950,00	239 000,00
2	13,4	300	20	11 950,00	239 000,00
3	20,1	300	20	11 950,00	239 000,00
4	26,8	300	20	11 950,00	239 000,00
5	33,5	300	20	11 950,00	239 000,00
6	40,2	300	20	11 950,00	239 000,00
7	46,9	300	20	11 950,00	239 000,00
8	53,6	300	20	11 950,00	239 000,00
9	60,3	300	20	11 950,00	239 000,00
10	67	300	20	11 950,00	239 000,00
CELKEM					<b>2 390 000,00</b>
VSAKOVACÍ ZAŘÍZENÍ					
	cena za 1 m <sup>3</sup>	V <sub>vz</sub> (m <sup>3</sup> )	počet	cena za V <sub>vz</sub> (Kč)	cena celkem (Kč)
	7 000,00	5,70	20,00	39 900,00	<b>798 000,00</b>
REKAPITULACE					
Plastové potrubí					2 390 000,00
Vsakovací zařízení					798 000,00
CELKEM					<b>3 188 000,00</b>

Zdroj: Vlastní tvorba autora

### 13.7.3. RETENČNÍ OBJEKT

Celková cena stokové sítě obsahuje navržené retenční zařízení a jednotnou kanalizaci z plastového potrubí viz Tabulka 28.

Tabulka 28: Cenové náklady stokové sítě pro území vybavené retenčním zařízením

PLASTOVÉ POTRUBÍ					
úsek	Q <sub>max</sub> (p = 0,5) (l/s)	DN (mm)	DĚLKA (m)	cena potrubí na 1 bm (Kč)	cena potrubí (Kč)
1	9,8	300	20	11 950,00	239 000,00
2	19,6	300	20	11 950,00	239 000,00
3	29,4	300	20	11 950,00	239 000,00
4	39,2	300	20	11 950,00	239 000,00
5	49,0	300	20	11 950,00	239 000,00
6	58,8	300	20	11 950,00	239 000,00
7	68,6	300	20	11 950,00	239 000,00
8	78,4	300	20	11 950,00	239 000,00
9	88,2	300	20	11 950,00	239 000,00
10	98,0	400	20	14 550,00	291 000,00
CELKEM					<b>2 442 000,00</b>
RETENČNÍ ZAŘÍZENÍ					
	cena za 1 m <sup>3</sup>	V <sub>vz</sub> (m <sup>3</sup> )	počet	cena za V <sub>vz</sub> (Kč)	cena celkem (Kč)
	4 500,00	3,10	20,00	13 950,00	<b>279 000,00</b>
REKAPITULACE					
Plastové potrubí					2 442 000,00
Retenční zařízení					279 000,00
CELKEM					<b>2 721 000,00</b>

Zdroj: Vlastní tvorba autora

### 13.7.4. POROVNÁNÍ

V následující Tabulce 29 porovnáme celkové náklady pro jednotlivé území.

Tabulka 29: Porovnání cenových nákladů

Typ	CENA (Kč)		
	bez opatření HDV	vsakovací zařízení	retenční zařízení
Plastové potrubí	2 598 000,00	2 390 000,00	2 442 000,00
Vsakovací zařízení	-	798 000,00	-
Retenční zařízení	-	-	279 000,00
<b>CELKOVÁ CENA</b>	<b>2 598 000,00</b>	<b>3 188 000,00</b>	<b>2 721 000,00</b>

Zdroj: Vlastní tvorba autora

Po srovnání nákladů je zřejmé, že trubní materiál je podstatně dražší u lokalit bez opatření HDV.

Pro lepší znázornění si představíme hlavní kanalizační řad, na který je napojeno 10 zástaveb o stejném charakteru. V závislosti na Q<sub>kap</sub> spočítáme DN potrubí. Území bez opatření HDV by v posledním úseku kanalizace měla



potrubí kapacitní průtok 1360 l/s, a proto by bylo potřeba navrhnout potrubí o profilu DN 1000. Pro území vybavené vsakovacími zařízeními by v posledním úseku mělo potrubí DN 800, protože kapacitní průtok je 670 l/s. Stejný profil potrubí by byl navržený i u území vybavené retenčními objekty, protože kapacitní průtok v posledním úseku kanalizace je 980 l/s. Kvůli velikosti by bylo potřeba použít železobetonové potrubí místo plastového, což by též výrazně ovlivnilo finanční rozpočty měst.

## DISKUZE A ZÁVĚR

Současné principy návrhu pro tato území jsou problematicky použitelné, protože při obecném požadavku na převedení 2-letého, resp. 1-letého deště to znamená, že pokud navrhujeme HDV opatření na 5-ti letý déšť, tak je to větší než návrhová bezpečnost. Což nám automaticky umožňuje navrhovat všude minimální profily potrubí. Tato úvaha ale není zcela pravdivá, zvážíme-li myšlenku, že statistika deště se nerovná statistice efektu.

Tyto principy uvádí i norma TNV 75 9011, zejména v kapitole 7.4.2. Dlouhodobá simulace, ale částečně je popíraná v kapitole 7.1., která říká, že jednoduché metody stačí pro povodí do 200 ha s dobou dotoku v povodí a ve stokové síti do 15 minut.

A proto by měl být návrh takovýchto území založen na popisu srážko-odtokových jevů simulačními modely. Základním principem je použití modelu, který umí simulovat stokovou síť společně s HDV prvky za použití dostatečně dlouhé a reprezentativní historické dešťové řady pro soustředěnou zástavbu, nikoliv pro jednotlivá opatření.

Na typické nové zástavbě jsem ukázala, že odtoky jsou výrazně menší. Projevuje se to na návrhových dimenzích a tedy penězích. Proto je neefektivní navrhovat podle současných postupů a tyto nové zástavby by měly být založeny na jiných principech, které by zefektivnily aplikaci systému HDV a vzájemně tyto prvky propojily se stokovými sítěmi v zastavěném prostoru.

Podrobněji bychom se touto problematikou zabývali v diplomové práci, která by na dané zastavěné lokalitě aplikovala tuto myšlenku a podrobněji zkoumala metodický postup návrhu stokové sítě v těchto územích.

## LITERATURA

1. Bavorský státní úřad pro vodní hospodářství, *Vergleich der wasserhaushaltsbilanz auf natürlichen und auf vom Menschen veränderten Flächen im Jahresdurchschnitt nach Angaben vom Bayerischen Landesamt für Wasserwirtschaft*. Mnichov, 2004.
2. BÁREK, V., HALAJ, P. *Management zrážkovej vody na urbanizovanom území* [online]. SPU Nitra, FZKI, Katedra krajinného inžinierstva. Poslední změna 15.7.2007 [cit. 2018-04-24]. Dostupné z: [http://www.slpk.sk/eldo/2007/015\\_07/prispevky/barek\\_halaj.pdf](http://www.slpk.sk/eldo/2007/015_07/prispevky/barek_halaj.pdf)
3. BLAŽEK, Vladimír, NĚMEC, Jan a Josef HLADNÝ, ed. *Voda v České republice*. Praha: Pro Ministerstvo zemědělství vydal Consult, 2006. ISBN 80-903482-1-1.
4. CÍLEK, Václav, KENDER, Jan, ed. *Voda v krajině: kniha o krajinnotvorných programech*. Praha: Consult, 2004, 207s. ISBN 80-902132-7-8
5. Česká komora architektů. *Prohlášení ČKA k povodňovým rizikům v ČR*. 2013. Dostupné z: <https://www.cka.cz/cs/import/ostatni/povodne/prohlaseni-cka-k-povodnovym-rizikum-v-cr>
6. Červený J., Böhlm B., Bubeníčková L., Buchtele J., Čulík J., Daňková H., Friga J., Hladný J., Kříž V., Kurpelová M., Nedelka M., Šebek O., Škulec Š., Vaniček K., Vitoslavský J., Závodský;D. (1984): *Podnebí a vodní režim ČSSR*. Praha, Státní zemědělské nakladatelství, 416s.
7. ČSN 75 9010. *Vsakovací zařízení srážkových vod*, 2012
8. ČSN 75 6101. *Stokové sítě a kanalizační přípojky*, 2012
9. ČSN 75 7221. *Jakost vod – klasifikace jakosti povrchových vod*, 1990.
10. DAVID, Václav. *Vodní hospodářství krajiny 2* [online]. Praha: České vysoké učení technické v Praze, Fakulta stavební, Katedra hydromeliorací a krajinného inženýrství, 2017 [cit. 2018-05-04] Dostupné z: [http://storm.fsv.cvut.cz/data/files/p%C5%99edm%C4%9Bty/VK2/VK2\\_prednVD05\\_ZS2017.pdf](http://storm.fsv.cvut.cz/data/files/p%C5%99edm%C4%9Bty/VK2/VK2_prednVD05_ZS2017.pdf)

11. DVOŘÁKOVÁ, Denisa. *Využívání dešťové vody (I) – kvalita a čištění* [online]. © Copyright Topinfo s.r.o. 2001-2018, Poslední změna 19.2.2007 [cit. 2018-04-15]. ISSN 1801-4399, Dostupné z: <https://voda.tzb-info.cz/destova-voda/3902-vyuzivani-destove-vody-i-kvalita-a-cistení>
12. EPA, Agentura pro ochranu životního prostředí Spojených států, *Storm Water Management Model* [online]. Poslední změna 12.2.2018 [cit. 2018-05-02] Dostupné z: <https://www.epa.gov/water-research/storm-water-management-model-swmm>
13. JANEČEK, Martin. *Meliorace včera, dnes a zítra: sborník vybraných příspěvků z celostátního semináře pořádaného u příležitosti 50. výročí založení ústavu : Průhonice u Prahy, 1. dubna 2004*. Praha: Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, 2004. ISBN 9788023936407.
14. KABELKOVÁ, Ivana. *Představení tématu hospodaření s dešťovými vodami* [online]. 2015 [cit. 2018-04-22]. Dostupné z: [http://www.pocitamesvodou.cz/wp-content/uploads/2015/03/1\\_KABELKOVA\\_Predstaveni\\_tematu\\_HDV1.pdf?x58580](http://www.pocitamesvodou.cz/wp-content/uploads/2015/03/1_KABELKOVA_Predstaveni_tematu_HDV1.pdf?x58580)
15. Kabelková I, Stránský D, Vítek J, Žaludová L, Suchánek M, Maťa M. *Studie proveditelnosti implementace koncepce nakládání s dešťovými vodami v urbanizovaných územích*. Zpráva pro Ministerstvo zemědělství ČR, zpracovala Asociace pro vodu ČR (AČE ČR, CzWA), 2009.
16. KNAP, Jakub. *Hospodaření s dešťovou vodou z komunikací na území městské části Praha 4* [online]. Praha: České vysoké učení technické v Praze, Fakulta stavební, Katedra zdravotního a ekologického inženýrství, 2017 [cit. 2018-04-26] Dostupné z: [https://dspace.cvut.cz/bitstream/handle/10467/68973/F1-DP-2017-Knap-Jakub-Knap\\_DP.pdf?sequence=-1&isAllowed=y](https://dspace.cvut.cz/bitstream/handle/10467/68973/F1-DP-2017-Knap-Jakub-Knap_DP.pdf?sequence=-1&isAllowed=y)
17. KÖNIG, K.W. *Regenwassernutzung von A-Z, Ein Anwenderhandbuch für Planer, Handwerker und Bauherren*: Mallbeton GmbH 2002
18. KREJČÍ, Vladimír. *Odvodnění urbanizovaných území: koncepční přístup*. Vyd. 1. Brno: NOEL 2000, 2002, 562s. ISBN 80-860-2039-8

19. KULHAVÝ, Zbyněk, FUČÍK, Petr, TLAPÁKOVÁ, Lenka. *Pracovní postupy eliminace negativních funkcí odvodňovacích zařízení v krajině pro podporu žadatelů o PBO v prioritních osách 1 a 6*. Metodická příručka pro žadatele OPŽP Praha, Výzkumný ústav meliorací a ochrany půd, v.v.i., 2011, 29s.
20. LANGHAMNER, Jakub. *Kvalita povrchových vod a jejich ochrana* [online]. Praha: Katedra fyzické geografie a geologie, Přírodovědecká fakulta, Univerzita Karlova, 2002 [cit. 2018-04-15]. Dostupné z: <http://www.natur.cuni.cz/~langhamr/>
21. MELIORIS, Ladislav, Igor MUCHA a Pavel POSPÍŠIL. *Podzemná voda - metody výskumu a prieskumu*. Bratislava: Alfa, vydavateľstvo technickej a ekonomickej literatúry, 1988. Edícia baníckej literatúry.
22. NETOPIL, Rostislav. *Hydrologie pevnin*. Praha: Academia, 1972, 294s.
23. NETOPIL, Rostislav. *Základy hydrologie povrchových a podpovrch. vod*. Praha: SPN, 1970. Učební texty vysokých škol.
24. MATOUŠEK, Václav. *Poznávání odtokových vlastností malých povodí za regionálních dešťů*. Praha: Výzkumný ústav vodohospodářský T.G. Masaryka, 2010. ISBN 978-80-87402-08-5.
25. Městské standardy | Pražská vodohospodářská společnost a.s.. *Pražská vodohospodářská společnost a.s.* [online]. Poslední změna: 10.11.2017 [cit. 15.05.2018]. Dostupné z: <http://www.pvs.cz/prozakazniky/mestske-standardy/>
26. MOLDAN, Bedřich. *Podmaněná planeta*. Praha: Karolinum, 2009. ISBN 978-80-246-1580-6.
27. *Operační program Životní prostředí* [online]. Praha: Ministerstvo životního prostředí. Poslední změna 12.04.2018 23:23 [cit. 2018-04-14]. Dostupné z: <http://www.opzp2007-2013.cz/>
28. PITTER, Pavel. *Hydrochemie*. 3. přeprac. vyd. Praha: Vydavatelství VŠCHT, 1999. 568 s. ISBN 80-03-00525-62
29. POKORNÝ, J., HESSLEROVÁ, P. (2011): *Úloha vegetace a vody na utváření klimatu I. Geografické rozhledy*, vol. 21, no. 1, s. 28-29. ISSN 1210-3004.

30. POŠTULKA, Zdeněk. *Příští povodeň může být menší: praktická příručka pro obce, místní organizace, lesníky a zemědělce*. Brno: Hnutí Duha, 2007. 24s. ISBN 978-80-86834-18-4.
31. Portál ČHMÚ [online]. Praha: Český hydrometeorologický ústav. Poslední změna 07.04.2018 00:30 [cit. 2018-04-14]. Dostupné z: <http://portal.chmi.cz/>
32. Pražská vodohospodářská společnost a.s., *Městské standardy vodovodů a kanalizací na území hl. m. Prahy; Kanalizační část* [online]. Poslední změna 18.9.2017 11:31 [cit. 2018-04-27]. Dostupné z: <http://www.pvs.cz/pro-zakazniky/mestske-standardy/>
33. PREFA BRNO a.s. [online]. Brno: 25.04.2018 8:55 [cit. 2018-04-25]. Dostupné z: <http://www.prefa.cz/komunikace-a-drobny-stavebni-material/dlazba/zatravnovaci-dlazba-andezit/>
34. Průměrné ceny dopravní a technické infrastruktury 2017 [online], Ministerstvo pro místní rozvoj ČR, Ústav územního rozvoje [cit. 22.05.2018]. Dostupné z: <https://www.uur.cz/default.asp?ID=899>
35. ŘÍHA, Jaromír. *Riziková analýza záplavových území*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2005. 286s. ISBN 80-7204-404-4.
36. Schmidt, Marco (2006): The evapotranspiration of greened roofs and façades. Fourth Annual Greening Rooftops for Sustainable Communities, Conference, Awards and Trade Show in Boston, USA. 11 to 12 May 2006
37. SOUKUP, Mojmír. *Biotechnická opatření v krajině pro zvýšení retence vody na odvodněných pozemcích v pramenných oblastech: metodika a katalog navrhovaných opatření*. Praha: Vyzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, 2008. 82s. ISBN 978-80-904027-2-0.
38. STRÁNSKÝ, David, *Katedra zdravotního a ekologického inženýrství* [online]. Praha: České vysoké učení technické v Praze, Katedra zdravotního a ekologického inženýrství, aktualizace 2018 [cit. 22.05.2018]. Dostupné z: <http://kzei.fsv.cvut.cz/cs/vyuka/predmety/magisterske/oup>
39. *Tabulky kapacitního plnění a kapacitní rychlosti* [online]. Praha: České vysoké učení technické v Praze, Katedra zdravotního a ekologického

- inženýrství, aktualizace 2018 [cit. 22.05.2018]. Dostupné z: [http://kzei.fsv.cvut.cz/pdf/KP20\\_tab.pdf](http://kzei.fsv.cvut.cz/pdf/KP20_tab.pdf)
40. TNV 75 9011, *Hospodaření se srážkovými vodami*. Praha, 2013
41. VACEK, Jan., *Jak vypadá vsakovací zařízení srážkových vod* [online]. © Copyright Topinfo s.r.o. 2001-2018, Poslední změna 19.2.2018 [cit. 2018-04-25]. ISSN 1801-4399, Dostupné z: <https://voda.tzb-info.cz/destova-voda/16968-hospodareni-se-srazkovymi-vodami>
42. VACKOVÁ, Michaela. *Urbanistická opatření pro efektivní hospodaření s povrchovou vodou v zastavěných územích* [online]. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta architektury, Ústav urbanismu, 2017 [cit. 2018-04-15], Dostupné z: [https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace?zp\\_id=71506](https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace?zp_id=71506)
43. VÍTEK, Jiří, David STRÁNSKÝ, Ivana KABELKOVÁ, Vojtěch BAREŠ a Radim VÍTEK. *Hospodaření s dešťovou vodou v ČR*. Vydání první. Praha: 01/71 ZO ČSOP Koniklec, 2015. ISBN 978-80-260-7815-9.
44. VÍTEK, Jiří. *Principy a zásady koncepce a strategie odvodnění MČ Praha 12* [online]. 2014 [cit. 2017-03-27]. Dostupné z: [http://www.pocitamesvodou.cz/wp-content/uploads/2015/06/P12\\_Strategie-HDV\\_2015-01.pdf?x58580](http://www.pocitamesvodou.cz/wp-content/uploads/2015/06/P12_Strategie-HDV_2015-01.pdf?x58580)
45. VRÁNA, Jakub, Dimenzování vsakovacích zařízení dle nové normy ČSN 75 9010 [online]. 2001-2018, Poslední změna 13.6.2011 [cit. 2018-04-26]. ISSN 1801-4399, Dostupné z: <https://voda.tzb-info.cz/destova-voda/7558-dimenzovani-vsakovacich-zarizeni-dle-nove-normy-csn-75-9010>
46. Vyhláška 501/2006 Sb, *Portál hlavního města Prahy*. [online]. Copyright © 2017 Poslední změna: 5.4.2018 [cit. 15.05.2018]. Dostupné z: [http://www.praha.eu/public/1b/d3/e4/2014704\\_573138\\_501\\_2006.pdf](http://www.praha.eu/public/1b/d3/e4/2014704_573138_501_2006.pdf)
47. Využití srážkových vod - evergreeny a novinky | VodavDomě.cz. *Úsporně s dešťovou a odpadní vodou | VodavDomě.cz* [online]. [cit. 2018-04-25]. Dostupné z: <http://www.vodavdome.cz/vyuziti-srazkovych-vod-evergreeny-a-novinky/>
48. *Zpráva o stavu vodního hospodářství České republiky v roce 2016* [online], Praha: Ministerstvo zemědělství České republiky. ISBN 978-

80-8434-377-3. Poslední změna 5.10.2017 [cit. 2018-04-29]. Dostupné z:

[http://eagri.cz/public/web/file/551552/Zprava\\_o\\_stavu\\_vodniho\\_hospodarstvi\\_2016\\_FINAL.pdf](http://eagri.cz/public/web/file/551552/Zprava_o_stavu_vodniho_hospodarstvi_2016_FINAL.pdf)



## **SEZNAM OBRÁZKŮ**

Obrázek 1: Porovnání vodní bilance v krajině a ve městě (Bavorský státní úřad pro vodní hospodářství, 2004)

Obrázek 2: Rozložení denní potřeby vody v domácnosti a jednoho EO (Bárek V., Halaj P., 2007)

Obrázek 3: Vegetační dlažba (PREFA BRNO, 2018)

Obrázek 4: Zelená fasáda (Schmidt, 2006)

Obrázek 5: Plošné vsakování (TNV 75 9011, 2013)

Obrázek 6: Vsakovací průleh s povrchovým přívodem vody (TNV 75 9011, 2013)

Obrázek 7: Vsakovací průleh-rýha (TNV 75 9011, 2013)

Obrázek 8: Vsakovací nádrž (TNV 75 9011, 2013)

Obrázek 9: Vsakovací rýha (TNV 75 9011, 2013)

Obrázek 10: Půdorys a podélný řez suché retenční dešťové nádrže (TNV 75 9011, 2013)

Obrázek 11: Půdorys a podélný řez umělým mokřadem (TNV 75 9011, 2013)

Obrázek 12: Půdorys a podélný řez retenční dešťové nádrže se zásobním prostorem (TNV 75 9011, 2013)

Obrázek 13: Schéma dimenzování retenčních prostorů jednoduchou metodou návrhu (TNV 75 9011, 2013)

Obrázek 14: Půdorys řešené oblasti z programu SWMM

Obrázek 15: Podélný řez navrženou stokovou sítí (SWMM)

Obrázek 16: Odtok z pozemku bez opatření HDV v l/s (SWMM)

Obrázek 17: Intenzita srážek na pozemku bez opatření HDV v mm/hod (SWMM)

Obrázek 18: Průtok v posledním (10.) úseku kanalizace v l/s na pozemku bez opatření HDV (SWMM)

Obrázek 19: Intenzita srážek na pozemku se vsakovacím zařízením v mm/hod (SWMM)

Obrázek 20: Průtok v posledním (10.) úseku kanalizace v l/s na pozemku se vsakovacím zařízením (SWMM)

Obrázek 21: Odtok ze vsakovacího zařízení v l/s (SWMM)

Obrázek 23: Průtok v posledním (10.) úseku kanalizace v l/s na pozemku s retenčním zařízením (SWMM):

Obrázek 22: Odtok z retenčního zařízení v l/s (SWMM)

Obrázek 24: Intenzita srážek na pozemku s retenčním zařízením v mm/hod (SWMM)

## SEZNAM TABULEK

Tabulka 1: Obnovitelné vodní zdroje v letech 2010-2016 (Ministerstvo zemědělství České republiky, 2017)

Tabulka 2: Rozdíl mezi DSO a CSO (Vítek a kol, 2015)

Tabulka 3: Druh nádrže v závislosti na typu kanalizace (PVS, 2017)

Tabulka 4: Minimální délka dešťové řady k posuzování periodicity stokové sítě (ATV-DVWK, 1999)

Tabulka 5: Kapacitní plnění a kapacitní rychlost pro sklon 9 ‰

Tabulka 6: Návrhové úhrny srážek s dobou trvání srážek 5 min až 120 min (ČSN 75 9010)

Tabulka 7: Návrhové úhrny srážek s dobou trvání srážek 4 h až 72 h (ČSN 75 9010)

Tabulka 8: Roční úhrny srážek pro Plzeňský kraj

Tabulka 9: Nákladová cena za potrubí uložené v asfaltové vozovce (ÚÚR)

Tabulka 10: Nákladová cena za HDV opatření

Tabulka 11: Velikost jednotlivých ploch 18 satelitních městeček

Tabulka 12: Výpočtové parametry odvodňované plochy

Tabulka 13: Záplavové události z grafu průtoků v posledním úseku kanalizace na pozemku bez HDV opatření

Tabulka 14: Navržené DN potrubí pro pozemky bez HDV opatření

Tabulka 15: Velikost odvodňované plochy pro návrh vsakovacího zařízení

Tabulka 16: Záplavové události z grafu intenzit srážek na pozemku se vsakovacím zařízením

Tabulka 17: Navržené DN potrubí pro pozemky se vsakovacím zařízením I.

Tabulka 18: Záplavové události z grafu průtoků v posledním úseku kanalizace na pozemku se vsakovacím zařízením

Tabulka 19: Navržené DN potrubí pro pozemky se vsakovacím zařízením II.

Tabulka 20: Velikost odvodňované plochy pro návrh retenčního zařízení

Tabulka 21: Záplavové události z grafu intenzit srážek na pozemku s retenčním zařízením

Tabulka 22: Navržené DN potrubí pro pozemky s retenčním zařízením I.

Tabulka 23: Záplavové události z grafu průtoků v posledním úseku kanalizace na pozemku s retenčním zařízením

Tabulka 24: Navržené DN potrubí pro pozemky s retenčním zařízením II.

Tabulka 25: Porovnání navržených DN potrubí

Tabulka 26: Cenové náklady stokové sítě pro území bez opatření HDV

Tabulka 27: Cenové náklady stokové sítě pro území vybavené vsakovacím zařízením

Tabulka 28: Cenové náklady stokové sítě pro území vybavené retenčním zařízením

Tabulka 29: Porovnání cenových nákladů

## **SEZNAM GRAFŮ**

Graf 1: Čára překročení - pozemek bez opatření HDV

Graf 2: Čára překročení - vsakování I

Graf 3: Čára překročení - vsakování II

Graf 4: Čára překročení - retence I

Graf 5: Čára překročení - retence II

## **SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK**

DN – vnitřní průměr potrubí udaný v milimetrech

HDV – hospodaření s dešťovou vodou

ČOV – čistírna odpadních vod

ČHMÚ – Český hydrometeorologický ústav

ČSN – Česká technická norma

ČR – Česká republika

EO – ekvivalentní obyvatel

OPŽP – Operační program Životního prostředí

SWMM – Stormwater Management Model

TNV – Technická norma vodního hospodářství

ÚÚR – Ústav územního rozvoje