

**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ**

**FAKULTA STAVEBNÍ**

**KATEDRA VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ OBCÍ**

**(K144)**



**DIPLOMOVÁ PRÁCE**

**NÁVRH ODVODNĚNÍ VYBRANÉ KOMUNIKACE**

**V ÚJEZDU U PRŮHONIC**

**Bc. Jan Pípal**

**VEDOUCÍ PRÁCE: doc. Ing. David Stránský, Ph.D.**

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

### I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Pípal	Jméno: Jan	Osobní číslo: 484480
Zadávací katedra: Katedra vodního hospodářství obcí		
Studijní program: Stavební inženýrství		
Studijní obor/specializace: Vodní hospodářství a vodní stavby		

### II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce: Návrh odvodnění vybrané komunikace v Újezdu u Průhonic	
Název diplomové práce anglicky: Stormwater drainage study of selected street in Újezd u Průhonic	
Pokyny pro vypracování: Cílem práce je navrhnout řešení srážkových vod se zohledněním principů modrozelené infrastruktury v sekci ulice Formanská v Újezdu u Průhonic. Součástí práce bude teoretická a praktická část. Teoretická část bude obsahovat rešerši dané problematiky a metodický postup zpracování (způsob návrhu a posouzení opatření v zájmovém povodí). V rámci praktické části budou navržena opatření pro dílčí úseky komunikace (podle místní situace) a bude posouzena funkčnost navrženého řešení v celém území.	
Seznam doporučené literatury: Krejčí a kol. Odvodnění urbanizovaných území - Konceptní přístup (2002), NOEL 2000 ČSN 75 9010 a TNV 75 9011 Stránský, D., Bareš, V., Hora, D., Kabelková, I., Vacková, M., Vítek, J. Standardy hospodaření se srážkovými vodami na území hlavního města Prahy. ČVUT FSv, 2021 Hora, D., Kříž, K., Pánek, P., Pejchal, M., Souček, J., Šmídová, Š., Věbr, L., Vítek, J. Městský standard pro plánování, výsadbu a péči o uliční stromořadí, IPR Praha, 2021	
Jméno vedoucího diplomové práce: doc. Ing. David Stránský, Ph.D.	
Datum zadání diplomové práce: 26.9.2023	Termín odevzdání DP v IS KOS: 8.1.2024
<i>Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku</i>	
Podpis vedoucího práce	Podpis vedoucího katedry

### III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

*Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat diplomovou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v diplomové 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“.*

Datum převzetí zadání	Podpis studenta(ky)
-----------------------	---------------------

### Čestné prohlášení

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

V Praze dne 1.ledna 2024

## Poděkování

Na tomto místě bych rád poděkoval vedoucímu mé práce, doc. Ing. Davidu Stránskému, Ph.D., za jeho odborné rady a cenné připomínky, bez kterých by tato práce nedosáhla konečné podoby. Zároveň bych rád poděkoval společnosti D-plus a.s., za poskytnutí potřebných podkladů a možnosti zpracovávat právě toto téma. Také děkuji všem, kteří mi pomohli v rámci konzultací, zejména panu Ing. Lukáši Novákovi za jeho cenné rady z praxe. V neposlední řadě bych rád poděkoval své rodině, která mi byla oporou nejen v době zpracovávání závěrečné práce, ale i v průběhu celého studia.

## **Anotace**

Diplomová práce se zabývá problematikou návrhu odvodnění urbanizovaného území a implementaci modro-zelené infrastruktury. V rámci práce je navržen systém hospodaření s dešťovou vodou v rámci zájmového území, který se opírá o výstup ze srážko-odtokového matematického modelu. Finální návrh je v závěru práce porovnán s původní verzí řešení, která neobsahovala prvky modro-zelené infrastruktury. Interpretuje rozdíl mezi návrhem pomocí matematického modelování a empirických výpočetních metod. Součástí práce je odhad nákladů na stavbu finálního návrhu.

## **Klíčová slova**

Srážka, zástavba, matematický model, hospodaření s dešťovou vodou, modro-zelená infrastruktura, odvodnění, komunikace, dokumentace

## **Abstract**

The diploma thesis addresses the issue of designing the drainage of urbanized areas and implementing blue-green infrastructure. Within the thesis, a rainwater management system is proposed for the area of interest, relying on the output of a precipitation-runoff mathematical model. The final design is compared with the original version of the solution, which did not include elements of blue-green infrastructure. The thesis interprets the difference between the design using mathematical modelling and empirical computational methods. Cost estimation for the construction of the final design is also included in the work.

## **Keywords**

Precipitation, urban development, mathematical model, rainwater management, blue-green infrastructure, drainage, roads, documentation

# Obsah

<b>1. MOTIVACE .....</b>	<b>8</b>
<b>2. REŠERŠE.....</b>	<b>10</b>
2.1 TRADIČNÍ KONCEPT NAKLÁDÁNÍ SE SRÁŽKOVÝMI VODAMI.....	10
2.2 LEGISLATIVA.....	11
2.2.1 Stávající právní prostřední hospodaření s dešťovou vodou.....	11
2.2.2 Připravované právní prostředí.....	14
2.2.3 Navazující normy .....	15
2.3 HOSPODAŘENÍ S DEŠŤOVOU VODOU .....	15
2.4 MODRO-ZELENÁ INFRASTRUKTURA .....	19
2.4.1 Cíle modro-zelené infrastruktury.....	20
2.4.2 Prvky modro-zelené infrastruktury .....	23
2.4.3 Údržba .....	31
2.4.4 Návrh modro-zelené infrastruktury.....	32
<b>3. CÍL PRÁCE.....</b>	<b>35</b>
<b>4. POPIS ÚZEMÍ .....</b>	<b>36</b>
<b>5. METODICKÝ POSTUP.....</b>	<b>39</b>
5.1 SHROMÁŽDĚNÍ PODKLADŮ .....	39
5.1.1 Prohlídka území .....	39
5.1.2 Podklady .....	39
5.2 PRVOTNÍ NÁVRH SYSTÉMU ODVODNĚNÍ.....	40
5.2.1 Rozvaha řešení systému .....	40
5.2.2 Návrhová kritéria.....	41
5.2.3 Prvotní návrh systému odvodnění – výpočetní část.....	42
5.2.4 Prvotní návrh systému odvodnění – výkresová část.....	44
5.2.5 Návrh povrchové retenční nádrže .....	44
5.2.6 Zakomponování prvků MZI do uličního prostoru .....	45
5.3 VYTVOŘENÍ SRÁŽKO-ODTOKOVÉHO MATEMATICKÉHO MODELU .....	46
5.3.1 Postup tvorby modelu.....	46
5.3.2 LID controls.....	52
5.3.3 Simulace srážkového odtoku .....	58
5.4 ODHAD NÁKLADŮ .....	63
<b>6. VÝSLEDKY.....</b>	<b>64</b>
6.1 PRVOTNÍ NÁVRH SYSTÉMU ODVODNĚNÍ.....	64
6.2 FINÁLNÍ NÁVRH SYSTÉMU HOSPODAŘENÍ S DEŠŤOVOU VODOU .....	65
6.2.1 Úprava dimenze potrubí.....	65
6.2.2 Návrh retenčního prostoru nádrže.....	66

6.2.3	<i>Doplnění projektové dokumentace</i> .....	67
6.3	POROVNÁNÍ PŮVODNÍHO A FINÁLNÍHO NÁVRHU.....	70
6.3.1	<i>Porovnání vlivu LID prvků na srážkový odtok z povodí.</i> .....	71
6.4	ODHAD NÁKLADŮ .....	73
7.	<b>DISKUSE</b> .....	75
8.	<b>ZÁVĚRY</b> .....	76
9.	<b>BIBLIOGRAFIE</b> .....	78
	<b>SEZNAM ZKRATEK</b> .....	83
	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ, TABULEK A ROVNIC</b> .....	84
	SEZNAM OBRÁZKŮ.....	84
	SEZNAM TABULEK .....	85
	<b>SEZNAM PŘÍLOH</b> .....	86

# 1. Motivace

Při volbě oboru vodního hospodářství na stavební fakultě ČVUT mě nejvíce zajímala problematika navracení vody do přírody, maximální efektivita využívání vody v místě jejího vzniku (dopadu). Později při studiu mě oslovila problematika čistírenství a úpravy vody. Pro maximální efektivitu čistírenských procesů na čistírnách odpadních vod není žádoucí, aby byla odpadní voda ředěna například balastními, nebo srážkovými vodami. Tyto problematiky, i když spolu nemusí na první pohled příliš souviset, se setkávají ve společném řešení. Tím je uvážlivé hospodaření s dešťovými vodami. Jedním z hlavních účelů modro-zelené infrastruktury (MZI) je právě snížení srážkového odtoku z povodí na minimum. Zároveň podporuje vsakování vody, eventuálně její využití pro místní potřeby.

Při výběru tématu pro diplomovou práci jsem věděl, že bych se chtěl zabývat problematikou srážkové vody v urbanizovaném území. Toto téma je z mého pohledu velmi aktuální a při současném trendu vývoje klimatu bude, zejména v budoucnosti, důležité se problematikou srážkových vod zabývat. Jedním z nástrojů hospodaření s dešťovou vodou je implementace modro-zelené infrastruktury (resp. modro-zeleno-šedé infrastruktury) do urbanizovaného území.

Využívání přírodně blízkých řešení při hospodaření s dešťovou vodou mě velmi zaujalo a zpracování závěrečné práce byla ideální příležitost pro rozšíření znalostí v tomto oboru. Zároveň mě také zajímalo, jak probíhá navrhování jednotlivých prvků systému v rámci zpracování projektové dokumentace a jaké dopady bude mít výsledný návrh na srážkový odtok z daného území.

Vzhledem k vážnosti klimatické změny a hrozbami s tím spojenými je důležité se zabývat moderními přístupy k návrhu hospodaření s dešťovou vodou. Ať už se jedná o ochranu majetku (např. proti bleskovým povodním<sup>1</sup>), zadržování vody v krajině a urbanizovaném území, nebo třeba využívání srážkové vody jako alternativního zdroje. MZI je

---

<sup>1</sup> Blesková povodeň vzniká vlivem krátkých dešťů s velkou intenzitou, kdy retenční kapacita povodí není dostatečná pro zadržení povodňové vlny.



víceúčelový nástroj městského inženýrství, který pomáhá bojovat proti negativním vlivům změny klimatu a srážkového režimu.

## 2. Rešerše

### 2.1 Tradiční koncept nakládání se srážkovými vodami

Vlivem vývoje urbanistických konceptů, nároků na hygienu a pohledu na problematiku odvodňování se postupně přešlo od nesoustavných, mnohdy i decentralizovaných způsobů k centrálnímu systému nakládání s dešťovými vodami. V posledních letech se ukazuje, že centrální způsob odvodnění urbanizovaných území s sebou nese celou řadu nevýhod a začíná se pracovat na restrukturalizaci tohoto zaběhlého systému. [1]

Nejdříve je třeba zmínit, že centralizovaný systém byl nezbytným krokem v „evoluci“ vodohospodářství. První kroky k tomuto konceptu odvodnění se udály již ve druhém tisíciletí před naším letopočtem, kdy se vyspělejší kultury začaly zajímat o způsoby, jak naložit se svými fekáliemi a tekutým odpadem z domácností. Tím položily základy pro celý obor hospodaření s odpadními vodami. Postupem času se stala kanalizace neodmyslitelnou součástí každého zastavěného území a v dnešní době je již téměř nepředstavitelné, abychom žili v prostředí bez fungující kanalizace (nebo jiného způsobu likvidace tekutých odpadů z domácností: jímky, septiky, domovní čistírny odpadních vod...). Se stále rostoucí zastavěností území a jeho napojení na čistírny odpadních vod (ČOV) se ukázalo, že množství zpevněných ploch, které mají téměř nulovou retenční schopnost, je problém z hlediska objemu a rychlosti odtoku vody. [1] [2]

V posledních desítkách let se při budování nové stokové sítě již z pravidla nenavrhuje jednotná stoková soustava (splašková i dešťová voda v jednom potrubí), ale dochází k budování zvlášť splaškové a zvlášť dešťové kanalizace (tzv. oddílná stoková soustava). Nicméně je velká řada obcí, které jsou stále napojeny na jednotný stokový systém a musí tak řešit velký přísun odpadních vod na čistírny. Větší nátok odpadních vod (OV) za deště není ale jediným problémem pro čistírny. I kdyby byla ČOV kapacitně schopna pojmout zvýšené množství vod (např. díky retenčním nádržím), je zásadně změněn charakter OV a technologie čistírny si s tím většinou neumí poradit. To způsobuje zhoršení kvality vypouštěné vody s čímž se pojí např. snížení kvality vody v recipientu, kontaminace ekosystémů, kontaminace podzemních vod, rozklad půdních minerálů, vliv na zemědělství a životní pohodu v okolí toků. Podobný efekt mají také odlehčovací komory, které jsou velkým zdrojem znečištění. [3] [4] [5]

## 2.2 Legislativa

### 2.2.1 Stávající právní prostřední hospodaření s dešťovou vodou

Podpora výstavby MZI není v zákonech České republiky příliš dobře zavedena. Ve zkratce je doporučeno, že by se měly zařazovat prvky HDV do nově vznikající zástavby (nebo při změně charakteru stavby), ale neexistuje dostatek nástrojů, jak tento koncept vyžadovat. Ministerstvo životního prostředí vydalo spolu s CzWA (Asociace pro vodu ČR, z. s.) Studii hospodaření se srážkovými vodami v urbanizovaném území, kde jsou shrnuty problémy a doporučení spojené s HDV a legislativou [6]. Studie vychází přímo z požadavků Národního akčního plánu adaptace na změnu klimatu (2017) [7], který je implementačním dokumentem Strategie přizpůsobení se změně klimatu v podmínkách ČR (2015) [8]. Navazuje na požadavky Státní politiky životního prostředí České republiky 2012-2020 [9], Politiky územního rozvoje České republiky, Koncepce ochrany před následky sucha pro území České republiky [10], Plánů povodí a Plánů pro zvládání povodňových rizik [11].

Aktuální legislativní povinnosti na DHV při realizaci výstavby vyplývají ze stavebního zákona (183/2021 Sb.) a jeho vyhlášek a z vodního zákona (254/2001 Sb.) V této kapitole budou uvedeny citace ze zmíněných zákonů, které mají vliv na hospodaření s dešťovou vodou při výstavbě.

Vodní zákon (§5, odst. 3):

*“ Při provádění staveb nebo jejich změn nebo změn jejich užívání je stavebník povinen podle charakteru a účelu užívání těchto staveb je zabezpečit zásobováním vodou a odváděním odpadních vod kanalizací k tomu určenou. Není-li kanalizace v místě k dispozici, odpadní vody se zneškodňují přímým čištěním s následným vypouštěním do vod povrchových nebo podzemních. V případě technické neproveditelnosti způsobů podle vět první a druhé lze odpadní vody akumulovat v nepropustné jímce (žumpě) s následným vyvážením akumulovaných vod na zařízení schválené pro jejich zneškodnění. Dále je stavebník povinen zabezpečit omezení odtoku povrchových vod vzniklých dopadem atmosférických srážek na tyto stavby (dále jen „srážková voda“) akumulací a následným využitím, popřípadě vsakováním na pozemku, výparem, anebo, není-li žádný z těchto způsobů omezení odtoku srážkových vod možný nebo dostatečný, jejich zadržováním*

*a řízeným odváděním nebo kombinací těchto způsobů. 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.”*  
[12]

Stavební zákon (resp. Vyhláška 501/2006 Sb.) §20, odst. 5, písm. c):

*“Stavební pozemek se vždy vymezuje tak, aby na něm bylo vyřešeno hospodaření se srážkovými vodami jejich*

*1. akumulací s následným využitím, vsakováním nebo výparem, pokud to hydrogeologické poměry, velikost pozemku a jeho výhledové využití umožňují a pokud nejsou vsakováním ohroženy okolní stavby nebo pozemky,*

*2. odváděním do vod povrchových prostřednictvím dešťové kanalizace, pokud jejich akumulace s následným využitím, vsakováním nebo výparem není možná, nebo*

*3. regulovaným odváděním do jednotné kanalizace, není-li možné odvádění do vod povrchových.”* [13]

Stavební zákon (resp. Vyhláška 501/2006 Sb.) §21, odst. 3:

*“ Vsakování dešťových vod na pozemcích staveb pro bydlení je splněno [§ 20 odst. 5 písm. c)], jestliže poměr výměry části pozemku schopné vsakování dešťové vody k celkové výměře pozemku činí v případě*

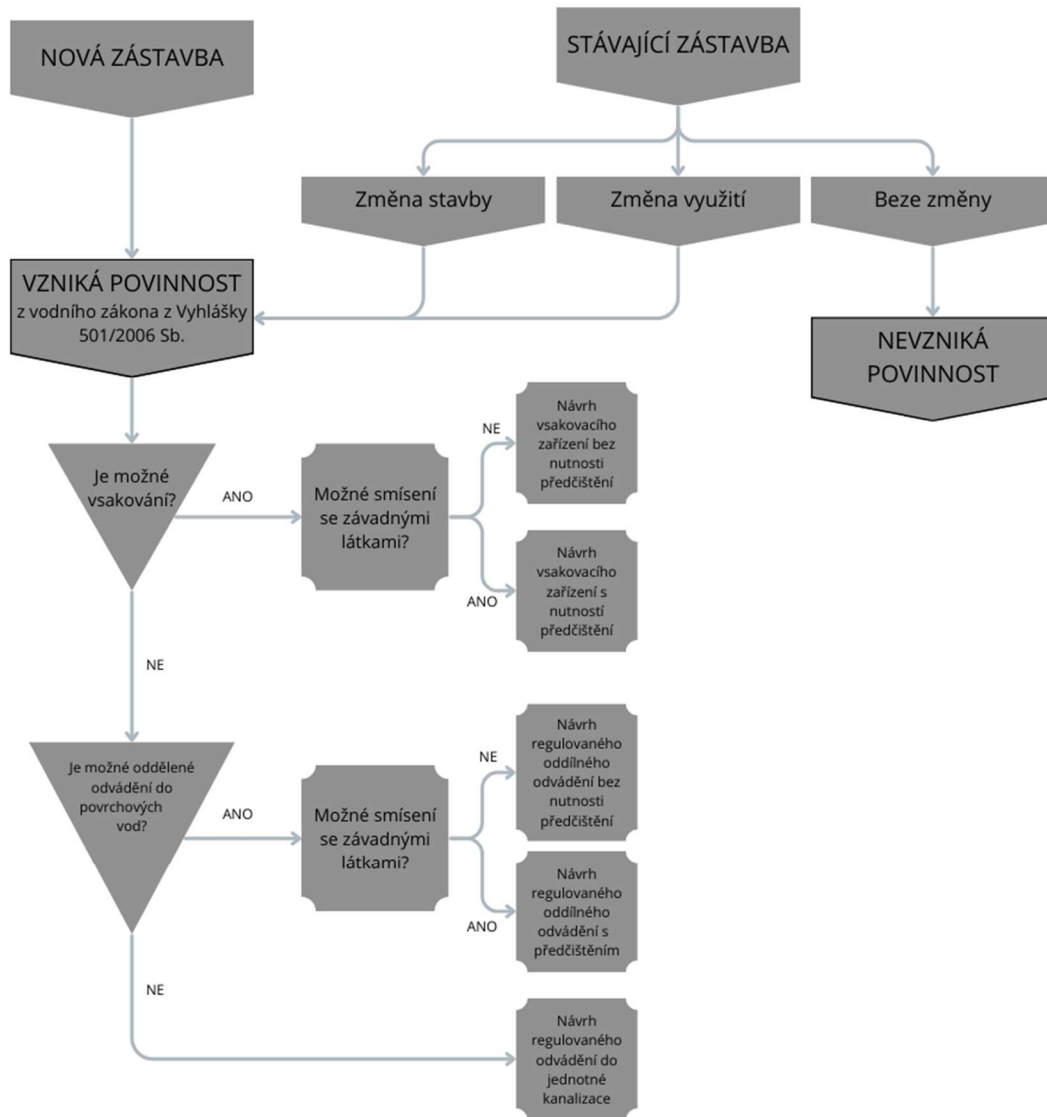
*a) samostatně stojícího rodinného domu a stavby pro rodinnou rekreaci nejméně 0,4,*

*b) řadového rodinného domu a bytového domu 0,3.”* [13]

Stavební zákon (resp. Vyhláška 268/2009 Sb.) §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.” [13]*

V rámci právního prostředí je poněkud nesoulad ve výkladu stavebního a vodního zákona. Vzhledem k tomu, že je stavební zákon, respektive jeho vyhlášky, zmocňován vodním zákonem, je vodní zákon vnímán jako nadřazený. Pro lepší orientaci v postupu nakládání s dešťovými vodami je přiloženo schéma (*Obrázek 1*), jak podle vodního zákona postupovat při návrhu HDV a jaká ze zákona vyplývá povinnost pro stavitele.



Obrázek 1 Schéma povinností při realizaci stavby vyplývající ze zákona. [14]

### 2.2.2 Připravované právní prostředí

Od roku 2024 vejde v platnost nový stavební zákon, který zavádí pojem „zelená infrastruktura“ a řeší význam HDV v rovině územního plánování. Z tohoto nového zákona mimo jiné vyplývá povinnost pro obce zabývat se začleněním zelené infrastruktury do svých územních a regulačních plánů. Zákon nabývá platnosti v plném rozsahu od 1. 7. 2024. [15]

*„zelená infrastruktura, kterou je plánovaný, převážně spojitý systém ploch a jiných prvků vegetačních, vodních a pro hospodaření s vodou, přírodního a polopřírodního charakteru, které svým cílovým stavem umožňují nebo významně podporují plnění široké škály ekosystémových služeb a funkcí; součástí zelené infrastruktury je také územní systém ekologické stability krajiny“ [15]*

### **2.2.3 Navazující normy**

TNV 75 9011 Hospodaření se srážkovými vodami [16]

ČSN 75 9010 Vsakovací zařízení srážkových vod [17]

ČSN 75 6101 Stokové sítě a kanalizační přípojky [3]

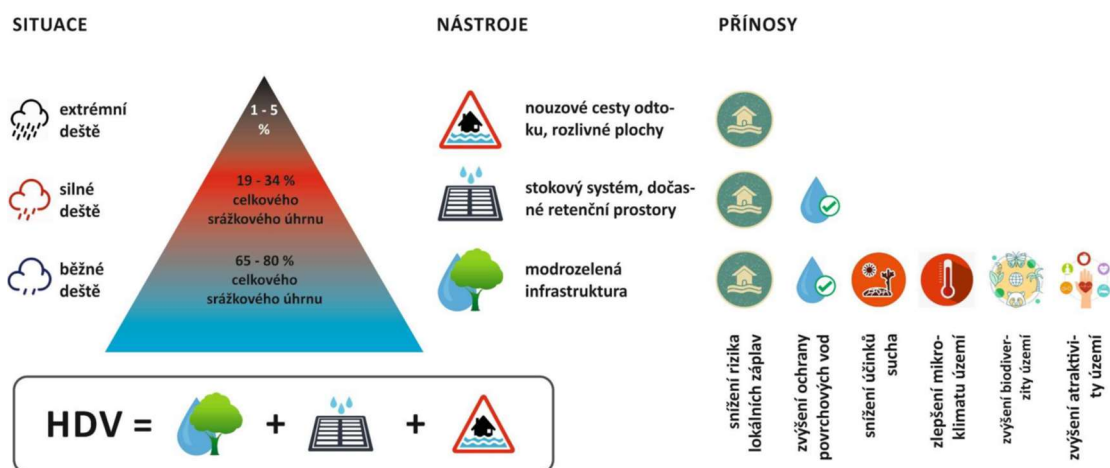
ČSN 73 6005 Prostorové uspořádání vedení technického vybavení [18]

## **2.3 Hospodaření s dešťovou vodou**

System hospodaření s dešťovou vodou je komplexní soubor provázaných prvků tvořící jednotný systém fungující za všech podmínek. Cíle hospodaření s dešťovou vodou jsou zejména: dosažení přirozené vodní bilance, ochrana urbanizovaného území před zaplavením, ochrana podzemních vod, ochrana povrchových vod, snížení potřeby pitné vody, zlepšení mikroklimatu ve městech, podpora rozvoje biodiverzity, estetických, rekreačních a jiných služeb v urbanizovaném území. [19]

Funkčnost systému by měla být zajištěna při všech typech srážkové aktivity. Pro každý druh srážky se hlavní účel systému a prostředky k naplnění tohoto cíle mění.

Správně navržený systém HDV je přínosný i v bezdeštných obdobích při deficitu srážek. Díky vlastnostem modro-zelené infrastruktury napomáhá ke snížení potřeby pitné vody a zlepšuje mikroklima ve městech (*Obrázek 2*). [20]



Obrázek 2 Princip fungování systému HDV při různých srážkových aktivitách [20]

Princip návrhu systému HDV se řídí řadou faktorů. Je důležité zvolit vhodnou metodu odvodnění území, zamyslet se nad možnými příjemci srážkové vody a vlivu na ně. Příjemcem může být půda, ovzduší, povrchové vody, kanalizace (dešťová/jednotná), domácnosti a další. Pro správný návrh systému HDV je nutné prvně provést analýzu území [5]

Priority způsobu odvodnění:

1. Vsakování vod do půdy, při nedostatečné vsakovací schopnosti prostředí se kombinuje s retencí a regulovaným odtokem
2. Retence a regulované odvádění srážkových vod do povrchových vod je navrhováno v případě, kdy není přípustné nebo proveditelné řešení v bodě 1.
3. Retence a regulované vypouštění do jednotné kanalizace. Tento přístup se volí pouze v případě, že jsou první dvě varianty nepřipustné, nebo neproveditelné. [16]

### Přípustnost a proveditelnost řešení HDV

Přípustnost vybrané metody je zohlednění vlivů na recipient (příjemce). Ohrozí jakost srážkové vody jeho kvalitu, nebo funkčnost? Bezpečnost jednotlivých objektů, následky přetížení, bezpečnostní cesty a další ohrožení jsou parametry které rozhodují, zda je návrh přípustný či nikoliv. [16]

Proveditelnost systému je omezena technickými možnostmi a prostředím, ve kterém se má systém nacházet. Velikost odvodňované plochy, množství srážkové vody,






hydrogeologické podmínky, provozuschopnost, náklady, právní vztahy, technologické možnosti a podobné technické překážky určují proveditelnost návrhu. [16]

### **Analýza území**

Pro posouzení přípustnosti a proveditelnosti návrhu je potřeba získat informace o lokalitě do které se bude systém HDV implementovat. Provádí se analýza stávajícího stavu území (členitost terénu, sklonové poměry, vegetace, biotopy, vodstva, typy povrchů a jejich potenciální znečištění dešťové vody, geologický průzkum, vodní režim, stávající systém odvodnění, technická a dopravní infrastruktura, zástavba, majetkoprávní vztahy, ochrana území a další) a výhledových možností (posouzení vlivu HDV na zástavbu, možnosti minimalizace nepropustných povrchů, realizace střech s retenční vrstvou, užívání srážkové vody, dopad na recipient a další)

V rámci metodiky „Voda ve městě“ jsou uvedeny následující potřebné podklady, které musí být obstarány pro návrh systému HDV (viz *Tabulka 1*).

*Tabulka 1 Tabulka podkladů [5]*

	Typ podkladu / analýzy	Kde podklad / analýzu obstarat	
		Základní koncept (studie)	Zevrubný průzkum / analýza (podrobnější projektová dokumentace)
	Geologické podmínky	Rešerše vrtů z ČGS	Hydrogeologický průzkum s novými vrtů
	Morfologické podmínky	ZABAGED z ČÚZK	Geodetické zaměření
	Vodní toky a vodní plochy	ÚAP ORP	Studie odtokových poměrů
	Lokální záplavy	ÚAP ORP	ÚAP ORP
	Majetkoprávní vztahy	Katastrální mapa z ČÚZK	Katastrální mapa z ČÚZK
	Urbanistická struktura	Územní plán	Územní plán
	Veřejná prostranství	Pasporty, studie, generely, manuály veřejných prostranství	Studie návrhu konkrétního veřejného prostranství
	System sídelní zeleně	Pasport sídelní zeleně	Koncepce sídelní zeleně
	Technická infrastruktura	Pasport technické infrastruktury	Generel kanalizace, generel odvodnění, koncepce technické infrastruktury
	Doprava	Analýza dopravy	Generel dopravy
	Chráněná území	Chráněná území v ÚP	Analýza vlivu na ŽP, stavebněhistorický průzkum, operativní průzkum
	PUR	PUR	PUR
	ÚP a ÚAP	Data jsou k dispozici na ORP	Data jsou k dispozici na ORP
	Legislativa	Zákon č. 254/2001 Sb Vyhláška č. 501/2006 Sb	Zákon č. 254/2001 Sb Vyhláška č. 501/2006 Sb
	Městské stavební standardy	Pasporty, studie, generely, manuály veřejných prostranství	Zpracovat vlastní stavební standardy
	Adaptační strategie	Možno využít již zpracované z jiných měst	Možno zpracovat vlastní nebo využít již zpracované z jiných měst
	Metodika participace	Možno využít již zpracované	Možno využít již zpracované
	Metodika pro hodnocení MZI	Možno využít již zpracované	Možno využít již zpracované

## 2.4 Modro-zelená infrastruktura

Modro-zelená infrastruktura je pojem označující nástroj hospodaření s dešťovou vodou. Využívání modro-zelené infrastruktury v městském inženýrství je prospěšné nejen v době srážek (ochrana majetku, protipovodňová ochrana, snížení zátěže kanalizace atd.), ale také v případě suchých období. [21]

MŽP ČR definuje modro-zelenou infrastrukturu jako: *„Soubor přírodě blízkých a technických opatření, která propojují srážkový odtok s vegetačními a vodními prvky v sídlech za účelem podpory přirozeného lokálního koloběhu vody, zvýšení ochrany jakosti vod, zlepšení mikroklimatické funkce zeleně a dalších ekosystémových služeb. Přirozený lokální koloběh vody je podporován decentrálním vsakem, výparem a zpomalením odtoku, ochrana jakosti vod přirozenými procesy čištění srážkového odtoku, mikroklimatické funkce prostřednictvím sídelní zeleně dostatečně zásobené vodou a další ekosystémové služby vhodnou skladbou (z hlediska biodiverzity) a začleněním opatření MZI do veřejného prostoru (z hlediska estetiky, rekreace ad.). Opatření MZI na sebe navazují a vytváří systém na úrovni budov či větších území. Význam systému MZI spočívá v jeho schopnosti výrazně snižovat negativní dopady urbanizace umocňované změnou klimatu.“* [22]

### Zelená infrastruktura

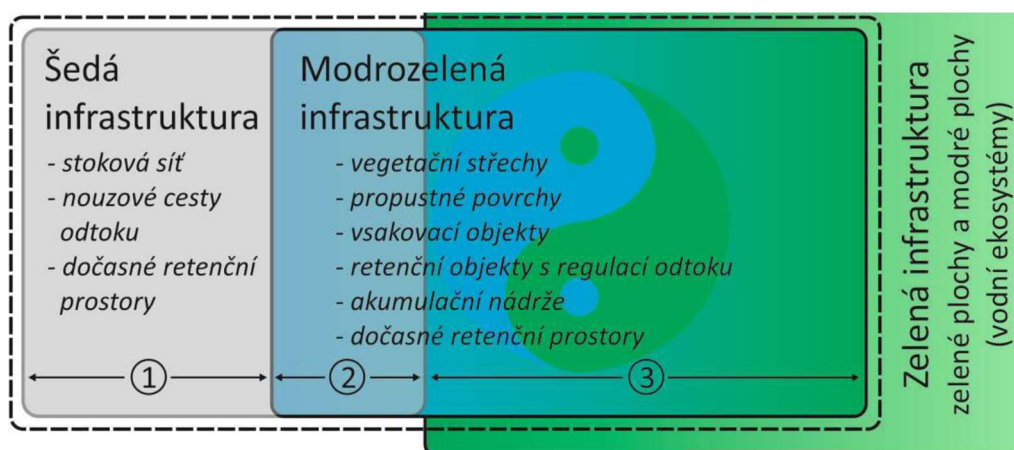
Zelená infrastruktura je podle MŽP ČR vymezena jako:

*„Strategicky plánovaná síť přírodních a polopřírodních oblastí s rozdílnými environmentálními rysy, jež byla navržena a je řízena s cílem poskytovat širokou škálu ekosystémových služeb. Zahrnuje zelené plochy (nebo modré plochy, jde-li o vodní ekosystémy) a jiné fyzické prvky v pevninských (včetně pobřežních) a mořských oblastech. Na pevnině se zelená infrastruktura může nacházet ve venkovských oblastech i v městském prostředí. Zelené plochy s bohatou biologickou rozmanitostí mohou plnit řadu vysoce užitečných funkcí, často souběžně a při velmi nízkých nákladech, ve prospěch člověka, přírody a hospodářství.“* [22]

## Šedá infrastruktura

Ve smyslu odvodnění urbanizovaného území jsou za šedou infrastrukturu považována stavebně-technická řešení odvádění dešťových vod. Zejména stoková síť, dešťové nádrže, odlehčovací komory, nebo síť povodňových ulic. [22]

Pod pojem šedá infrastruktura můžeme také zahrnout všechny zpevněné a nepropustné plochy, které se v urbanizovaném území nacházejí. Může se jednat o komunikace, parkoviště, střechy, ale také o manipulační plochy nebo odvodňovací kanály u cest. Všechny tyto povrchy mají z pohledu vodohospodáře velmi podobný charakter. Srážková voda je z těchto povrchů většinou přímo odvedena z území stokovou sítí, nebo podobným stavebně-technickým systémem. I tyto prvky mohou být upraveny a být ku prospěchu správnému fungování celého systému HDV. Pro lepší názornost je přiložen *Obrázek 3*. [20]



*Obrázek 3 Schématický popis MZI (MZŠI) znázorňující prolínání jednotlivých částí [20]  
1-centrální a semicentrální systém bez vazby na lokální vodní koloběh  
2-decentrální objekty bez vazby na zeleň, ale podporující lokální vodní koloběh  
3-decentrální objekty spojené se zelení a podporující lokální vodní koloběh*

### 2.4.1 Cíle modro-zelené infrastruktury

Jednoduše by se za cíle modro-zelené infrastruktury daly označit následující body:

- Zvýšení výparu,
- zvýšení vsakování,
- redukce povrchového odtoku.

Vlivem urbanizace došlo k zásadní změně přirozeného vodního režimu v dané oblasti, což mělo za následek negativní dopad na navazující ekosystémy, zároveň i na samotné urbanizované území. Díky nápravným opatřením se snažíme minimalizovat škody, které touto změnou v zástavbě vznikají. Tato opatření jsou však velmi úzce cílená a pro komplexní ochranu je zapotřebí výrazných investic. Modro-zelená infrastruktura je preventivní ochranou před hrozbami srážkové vody „u zdroje“. Prvky MZI jsou víceúčelové a jsme díky nim schopni zvednout kvalitu života při relativně nízkých nákladech na výstavbu. [23] [21]

### **Benefity modro-zelené infrastruktury**

Informace o výhodách využívání MZI se vyskytují napříč odbornou literaturou. Ve většině podkladů se informace opakují, nebo je daný faktor popisován z trochu jiného úhlu pohledu. V rámci této podkapitoly bylo vycházeno z následujících zdrojů: [6] [14] [24] [25] [26]

- Ochrana před záplavami – pomocí MZI se snižuje povrchový odtok z území. Míra redukce povrchového odtoku záleží na množství prvků HDV, jejich kapacitě a napojení na technickou infrastrukturu.
- Zvýšení kvality vody

Díky snížení napojených zpevněných ploch dochází k redukci odtoku stokovou sítí, tím se snižuje pravděpodobnost přetížení a nutnost zapojení odlehčovacích komor, které jsou velkým zdrojem znečištění recipientu.

Dešťová voda obsahuje řadu polutantů. Jedná se zejména o těžké kovy, ropné látky, nerozpuštěné částice a bakteriální znečištění. Tyto látky se běžně nachází na povrchu zpevněných ploch vlivem jejich užívání (obrus pneumatik, úkapy ropných látek, výkaly živočichů, soli atd...) a při deštích se dostanou do vody odtékající z území. Objekty MZI mohou tyto látky zachytávat a postupně odbourávat, díky tomu se polutanty nedostanou do recipientu. Na základě potřeb systému a nároků na kvalitu předčištění se implementují různá řešení. Široká škála možností nabízí řešení od zachycování hrubých nečistot, až po filtrace adsorpčními materiály, nebo biologické čištění. Volba vhodné varianty a její technické provedení je individuální na základě požadavků a možností projektu.

- Snížení potřeby pitné vody – díky zachytávání srážkové vody a jejímu následnému užívání klesají nároky na potřebu pitné vody. Akumulovaná dešťová voda může být zdrojem užitkové vody (oplach cest, zálivka, splachování, mytí aut a další) a snižuje se tím potřeba odebírání vody z řadu. Snížením odtoku také dochází k dotování podzemní vody. Navíc se díky MZI ochlazují uliční prostory, čímž se redukuje potřeba vody na závlahu zeleně a ochlazování ulic.
- Jednoduchá realizace – většina prvků MZI má velmi jednoduché složení a realizace tak není náročná. Z pravidla se jedná jen o terénní úpravy, případně o výměnu horních vrstev půdy a instalace drenáží. Není tak za potřebí betonování na místě, ani využívání nákladných prefabrikátů.
- Zlepšení kvality vzduchu – stromy přirozeně fungují jako filtry vzduchu a snižují jeho proudění. Vlivem vhodně instalované MZI dochází k redukcí znečištění ve vzduchu až o 30 %.
- Snížení teploty zastavěného území – betonové, asfaltové a další zpevněné plochy fungují v zástavbě jako akumulátory tepla, tím se zvyšuje teplota vzduchu v zástavbě až na dvojnásobek. Instalací vegetačních prvků do uličních prostorů se snižuje teplota vzduchu ve městech.
- Redukce šíření hluku
- Snížení uhlíkové stopy – vegetační prvky potřebují vodu, světlo a živiny ke svému růstu a správnému fungování. Živiny se rostlinám dostávají díky nátoku obohacené vody z uličních prostor. Biologické procesy umožňují rozkládat znečišťující látky na uhlík a další živiny, rostliny je pak mohou využít pro svůj růst a fungování.
- Podpora biodiverzity – zelené pásy, průlehy, stromořadí a další prvky MZI slouží jako stanoviště pro celou řadu živočichů. Zejména menší živočichové a hmyz mohou díky nově vznikající vegetaci prosperovat.
- Estetické benefity – vegetace v uličních prostorech je přínosná také po estetické stránce.
- Kvalita života – zelené prostory v okolí lidských sídel přispívá zlepšení duševního zdraví a životní pohody. Podle Londýnské statistiky se dokonce v ulicích, kde došlo k výsadbě zeleně snížila kriminální aktivita [24].

- Udržitelnost – výstavba modro-zelené infrastruktury je podstatnou součástí udržitelného rozvoje měst.

#### 2.4.2 Prvky modro-zelené infrastruktury

V rámci výstavby modro-zelené infrastruktury se většinou pracuje s následujícími prvky hospodaření s dešťovou vodou. Na základě jejich hlavního účelu a možností daných místními podmínkami území mohou mít tyto prvky odlišné funkce.

##### **Střechy s retenční vrstvou**

Vegetační střechy mohou mít akumulční prostor pro zadržení srážkové vody. Na základě skladby se vegetační střechy dělí na intenzivní a extenzivní. Retenční nebo akumulční úlohu mohou plnit i střechy bez vegetace – plocha střechy je vyplněna pórovitým materiálem nebo šterkem, který tuto schopnost umožňuje. V praxi se často budují hybridní řešení, která využívají řešení jak s vegetačním pokryvem, tak bez něj (viz *Obrázek 4*). Vhodné jsou například při částečném pokrytí plochy střech solárními panely. [23]



*Obrázek 4* Využití střech s retenční vrstvou v zástavbě [27]

## Zpevněné propustné povrchy

I zpevněné povrchy mohou být propustné, ať už se jedná například o zatravnňovací dlažby, zasakovací rošty pro dlažbu (viz *obrázek 5*), nebo třeba propustný asfalt. Podkladem pro tyto povrchy bývá zpravidla štěrk, nebo písek. Vlastnosti podloží pak definují, jakým způsobem lze tyto objekty využít. Zpevněné propustné povrchy mohou být drenážní, vsakovací, nebo vsakovací s drenáží. Na tyto plochy nesmí být přiváděna srážková voda z dalších zpevněných povrchů. Hlavním účelem zpevněné propustné plochy je snížení povrchového odtoku. Čištění probíhá jen částečně přes konstrukční vrstvy. [23]

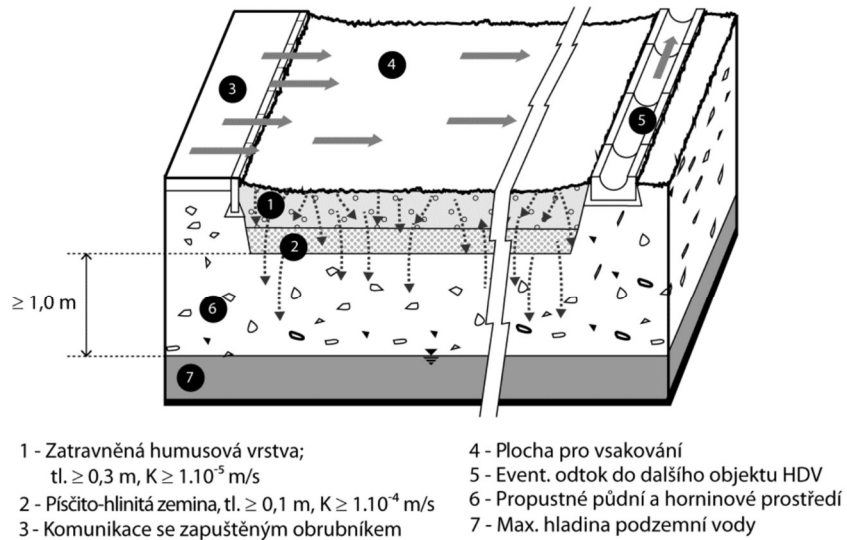


*Obrázek 5 řešení propustnosti zpevněného povrchu zasakovacími rošty [28]*



## Plochy pro vsakování

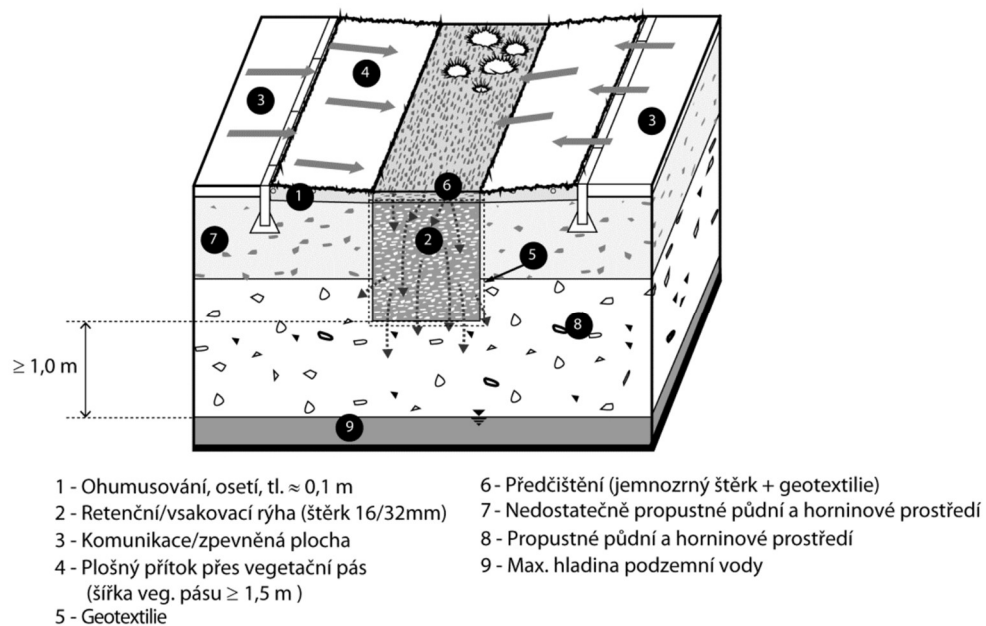
Jde o plochy s půdním filtrem bez retenčního prostoru určené ke zpomalení odtoku a podpoře vsakování dešťové vody. Voda se z půdního profilu nejen vsakuje, ale také vypařuje (evapotranspirace + evaporace). Čištění probíhá přes půdní filtr a vegetaci. Plochy pro vsakování mohou být stávající, nebo konstruované. Skladba plochy pro vsakování je znázorněna na následujícím obrázku. [16]



Obrázek 6 Objekt plošného vsakování [16]

## Rýhy a tělesa

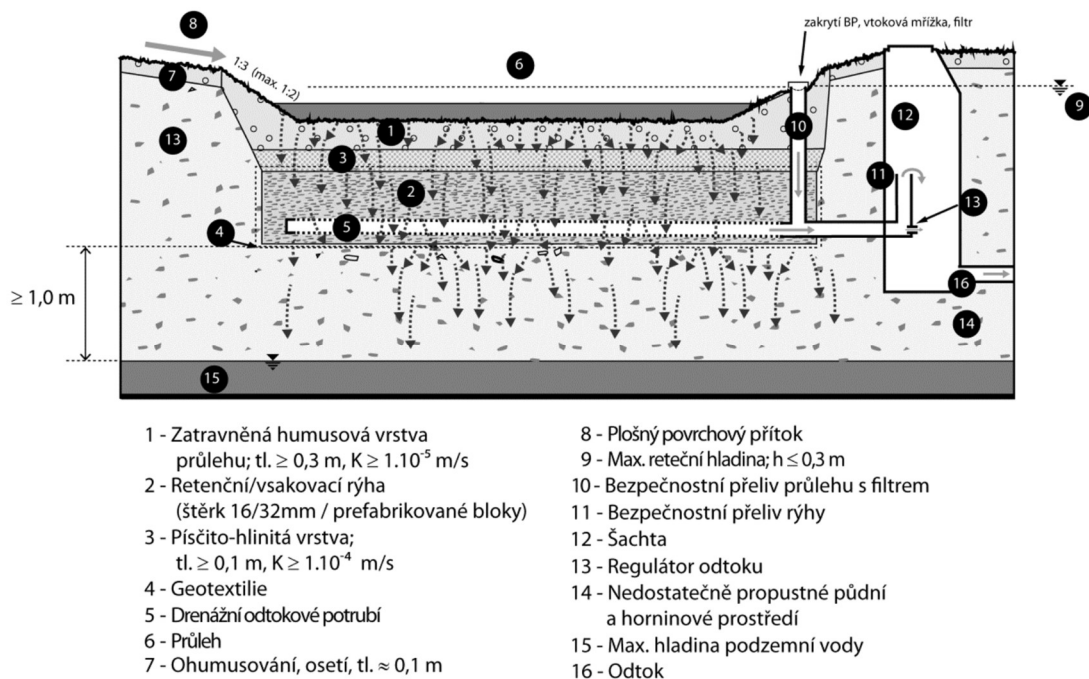
Rýhy/tělesa jsou podzemní nebo povrchové objekty tvořeny retenčním tělesem vyplněným štěrkovým materiálem nebo prefabrikovanými bloky (viz *Obrázek 7*). Existují varianty vsakovací rýhy, rýhy vsakovací s regulovaným odtokem, nebo pouze s retenčním prostorem a regulovaným odtokem. Nátok dešťové vody do povrchové rýhy/tělesa probíhá povrchově přes odkrytou horní hranu. Podzemní těleso je zásobováno přírodním potrubím. Tyto objekty nemají čistící funkci, proto je potřeba dešťovou vodu nejprve předčistit, aby byly chráněny před kolmatací. [16]



*Obrázek 7 vsakovací rýha s povrchovým přítokem [16]*

## Průlehy

Průleh je povrchový retenční prvek, který je tvořen depresí terénu a je vybaven půdním filtrem. Průlehy mohou být čistě vsakovací, vsakovací s regulovaným odtokem, nebo čistě s regulovaným odtokem. Pro případ přeplnění objektu musí být vybaven bezpečnostním přelivem. K průlehu může být připojena podzemní rýha/těleso (viz *Obrázek 8*). Čištění dešťové vody probíhá přes půdní filtr. Ten bývá z pravidla zatravněn, může být doplněn výsadbou dalších vegetačních prvků (stromy, keře, trvalky). [16]



Obrázek 8 Vsakovací průleh s regulovaným odtokem [16]

## Vsakovací šachty

Jedná se o bodový vsakovací prvek s podzemním retenčním prostorem. Hloubka tohoto prostoru převažuje nad jeho půdorysným rozměrem. Tento objekt nemá čistící funkci. Dešťová voda musí být dostatečně předčištěna, aby nedocházelo ke kolmataci objektu. Vsakovací šachta může vypadat například jako na *obrázku 9*. [16]



*Obrázek 9 řez vsakovací šachtou [29]*

## Retenční nádrže

Způsob řešení povrchové retenční nádrže se liší na základě účelu stavby a místních podmínek. Hlavním účelem retenční nádrže je zadržení dešťové vody a zpomalení povrchového odtoku z území, mají však i další funkce. Retenční nádrže jsou vsakovací, vsakovací s regulovaným odtokem, s regulovaným odtokem bez vsaku, se stálým nadržáním a regulovaným odtokem. Retenční nádrž může mít i podobu umělého mokřadu. Kromě funkčních vlastností je třeba nahlížet i na estetickou vlastnost takového objektu (viz *Obrázek 10*). Pokud se nejedná o vsakovací objekt, je třeba řešit předčištění natékající vody. To z pravidla probíhá díky sedimentaci v oddělené části nádrže situované u nátoku, sedimenty z této části nádrže je nutné v případě potřeby vytěžit a zlikvidovat. Pokud je součástí nádrže i vegetace, dochází také k biologickému čištění. Vegetace zároveň vytváří příznivý habitat pro faunu a podporuje tak biodiverzitu. [16]

Retenční nádrže mohou být situovány i pod zemí. Takový typ nádrže má regulovaný odtok a předzazený sedimentační prostor pro usazování pevných částí. Dalším stupněm předčištění tento typ nádrží nedisponuje. [16]

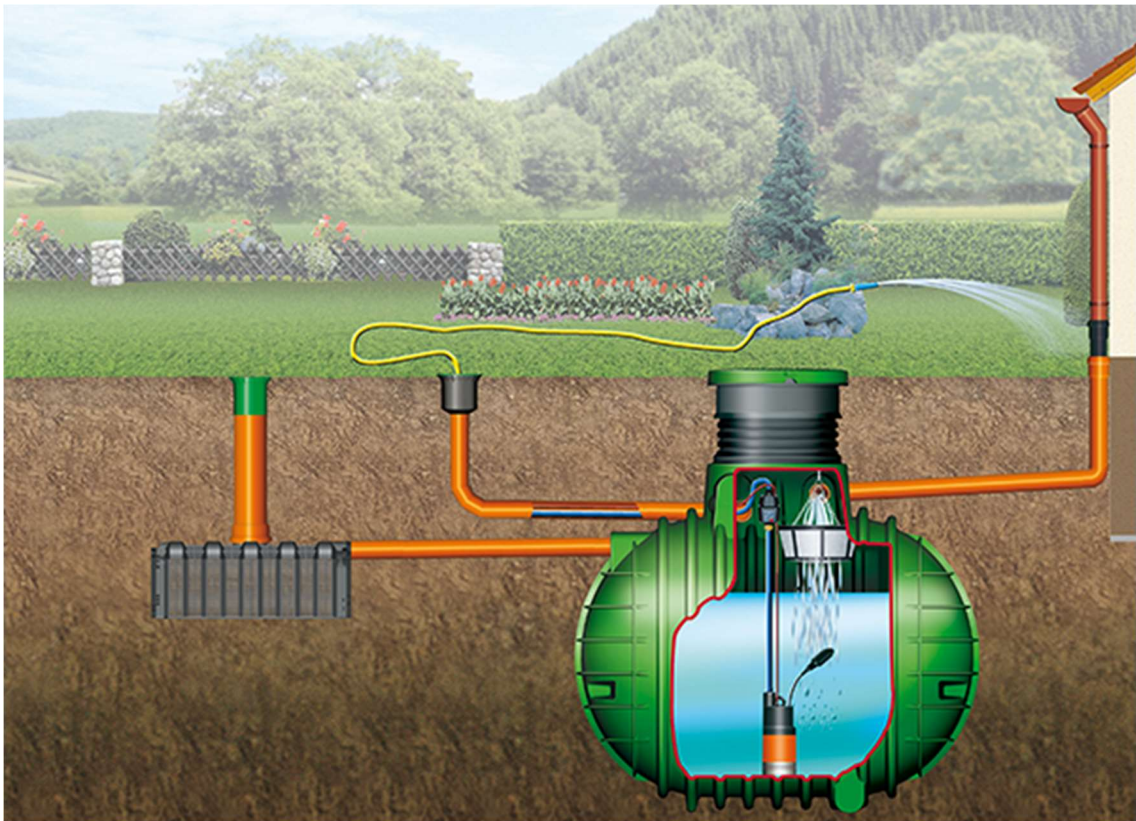


*Obrázek 10 Povrchová retenční nádrž v areálu ZČU [30]*

## Akumulační nádrže

Akumulační nádrž je nadzemní nebo podzemní objekt určený k zadržování vody pro další užívání (viz *Obrázek 11*). Často může být spojený s retenční nádrží, kde jsou pak prostory pro retenci a akumulaci rozlišovány. Akumulační nádrž na dešťovou vodu je dotována z mírně znečištěných povrchů jako jsou střechy, nebo chodníčky a přitékající voda musí být řádně předčištěna, aby nedocházelo k zanášení. [16]

Akumulační nádrž je využívána jako zdroj užitkové vody a na základě způsobu využívání vody může být nádrž doplněna o systém úpravy vody. [16]



*Obrázek 11 podzemní akumulční nádrž pro rodinné domy [31]*

## 2.4.3 Údržba

Tak jako každá infrastruktura i objekty HDV vyžadují údržbu. V následující tabulce jsou uvedeny typické úkony pro údržbu v rámci objektů hospodaření s dešťovou vodou.

Tabulka 2Přehled úkonů údržby objektů HDV [16]

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

Při návrhu objektů MZI je dobré znát předem správce, kterému daný objekt připadne. Správce by měl být předem obeznámen o nárocích na údržbu, kterou bude zajišťovat.

## 2.4.4 Návrh modro-zelené infrastruktury

### Dimenzování objektů

Základem pro dimenzování objektů HDV, nebo celých systémů, je výpočet hydrologické bilance (Obrázek 12). Na základě typu objektu a zástavby se určí, jakou návrhovou metodou se bude hydrologická bilance vyjadřovat a na kolikaletou srážku budou objekty dimenzované. Pražské standardy určují tyto návrhové metody (Tabulka 3):

Tabulka 3 Přehled návrhových metod [23]

Typ objektu HDV	Návrhové metody	Prostředky
Jednotlivé objekty		
Akumulace a užívání srážkové vody	Roční bilance	Tabulkový procesor
	Měsíční bilance	Tabulkový procesor
	Denní bilance	Tabulkový procesor
Vsakování, regulovaný odtok, příp. jejich kombinace	Bilance s blokovými dešti	Tabulkový procesor
	Jednoduchá dlouhodobá simulace	Tabulkový procesor
	Podrobná dlouhodobá simulace	Specializovaný software
Systémy HDV		
Objekty HDV řazené v sérii, systémy HDV	Jednoduchá dlouhodobá simulace	Tabulkový procesor
	Podrobná dlouhodobá simulace	Specializovaný software

$$\text{Srážkový přítok z odvodňované plochy} - \text{Odtok vsakem} - \text{Odtok regulačním zařízením} - \text{Odběr vody pro užívání} = \text{Změna objemu vody v objektu za časový interval}$$

Obrázek 12 Základní vzorec hydrologické bilance v rámci HDV [23]

Stanovení srážkového přítoku z odvodňované plochy pomocí metody redukovaných ploch. Na základě srážkového úhrnu v zájmovém povodí, délky trvání deště a typu povrchu se vypočítá odhadovaný srážkový přítok.

Rovnice 1 [23]

$$V_{\text{přít}} = i \cdot A_{\text{red}} \cdot t$$



$V_{\text{přít}} = \text{Objem přivedené srážkové vody v m}^3$

$t = \text{časový interval-závisí na návrhové metodě}$

$i = \text{srážková intenzita v mm/hod}$

$A_{\text{red}} = \text{Redukovaná odvodňovaná plocha}$

$$A_{\text{red}} = A * \Psi_m$$

$A = \text{odvodňovaná plocha v m}^2 \text{ nebo v ha}$

$\Psi_m = \text{Objemový součinitel odtoku [-] je udáváný tabulkově (ČSN 75 9010 [17], eventuálně místní technický standard) – Tabulka 4}$

V případě že se odvodňované území skládá z více druhů povrchů, je celková  $A_{\text{red}}$  vypočtena jako vážený průměr všech dílčích  $A_{\text{red}}$ .

Tabulka 4 Hodnoty součinitele odtoku ze Standardů HDV na území HMP [23]

Typ odvodňované plochy	Druh povrchu	Součinitel odtoku $\psi_m$
Šikmé střechy	Kovové plechy, sklo, další nenasákové materiály	0,95
	Střešní tašky, asfaltové pásy s posypem	0,90
Ploché střechy (sklon $\leq 5\%$ )	Kovové plechy, sklo, další nenasákové materiály	0,95
	Střešní tašky, asfaltové pásy s posypem	0,90
	Štěrkové střechy <sup>1</sup>	0,65
Vegetační střechy <sup>1</sup>	Mocnost substrátu 40–60 mm	0,55
	Mocnost substrátu 60–100 mm	0,50
	Mocnost substrátu 100–150 mm	0,45
	Mocnost substrátu 150–250 mm	0,40
	Mocnost substrátu 250–500 mm	0,30
Vozovky, chodníky, náměstí	Mocnost substrátu > 500 mm	0,10
	Asfalt, beton beze spár	0,90
	Dlažba s vyplněnými spárami	0,75
	Hutněný štěrk	0,60
	Dlažba s propustnými spárami 15 % <sup>2</sup>	0,50
	Dlažba s propustnými spárami 35 % <sup>2</sup>	0,40
	Dlažba s propustnými spárami 50 % <sup>2</sup>	0,30
	Štěrk, zatravněný štěrk	0,30
	Propustná dlažba s volnými spárami	0,25
	Zatravněovací vegetační rošty / mřížky / dlaždice	0,15
Zemní svahy, násypy, příkopy	Propustný asfalt, beton	dle specifikace výrobce
	Jílovitá půda	0,50
	Hlinito-písčité půda	0,40
	Písčité půda	0,30
Zatravněné plochy, sady, zahrady	Ploché	0,05
	Sklonité	0,20

Odtok vsakem závisí na velikosti vsakovací plochy  $A_{\text{vsak}}[m^2]$ , koeficientu vsaku  $k_v[m/s]$  (stanoví se podle ČSN 75 9010) a součinitele bezpečnosti vsaku  $f[-]$ .

Rovnice 2 [23]

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

Proveditelnost vsakovacího objektu je omezena zejména koeficientem hydraulické vodivosti  $K$  [m/s] a to pouze pokud je  $K_{\text{podloží}} \leq 10^{-6}$  m/s. [16]

Odtok regulačním zařízením se stanoví na základě specifického odtoku  $q_{\text{příp}}$  a velikosti odvodňované plochy  $A$ .

$$Q_{\text{příp}} = q_{\text{příp}} \cdot A$$

Přípustný specifický odtok z povodí ve městech je 3 l/s/ha

Minimální regulovaný odtok nesmí z provozně technických důvodů klesnout pod 0,5 l/s.

Odběr vody pro užívání je odvozen na základě podkladů o potřebě vody s uvážením výhledového stavu lokality.

### **3. Cíl práce**

Cílem práce je navrhnout řešení srážkových vod se zohledněním principů modrozelené infrastruktury v části ulice Formanská v Újezdu u Průhonic.

Pro větší přehlednost byly na začátku práce stanoveny dílčí cíle, které mohou být brány jako postupné kroky v realizaci celkového cíle práce. Výstupem návrhu bude projektová dokumentace pro společné povolení stavby (DUSP). Dílčí cíle lze definovat následovně:

- Provedení průzkumu území
- Shromáždění dostupných podkladů
- Tvorba koncepce HDV
- Dimenzování systému HDV
- Odhad nákladů

## 4. Popis území

Řešeným územím je ulice Formanská v městské části Újezd na jihu hl. m. Prahy. Ulice propojuje městskou čtvrť Kateřinky a Újezd u Průhonic. Pro zájmovou lokalitu je typická zástavba menších bytových domů s minimem propustných ploch. Aktuálně je velká část ulice bez přilehlé zástavby, což se ale výhledově změní. V okolí ulice Formanská jsou pole, sportovně rekreační areál FotbalPark Praha a zástavba. V západní části převládá zástavba rodinných domů, ve východní pak sídliště bytových domů. V rámci plánované výstavby je pak v celé délce uvažováno s výstavbou nových bytových domů formou developerských projektů. Řešené území je vyznačeno na obrázku 13.



Obrázek 13 Zájmové území-ulice Formanská u Újezdu u Průhonic [32]

### Hydrologické poměry

Z hlediska hydrologických vlastností území, tak se v lokalitě aktuálně nenachází žádná otevřená vodní plocha. Ve východní části můžeme nalézt suché koryto potoka, do kterého je zaústěna dešťová kanalizace. V rámci projektu dojde k napojení této kanalizace na nově vybudovanou větev a ta bude svedena do povrchové retenční nádrže. Pro odvod vody z nádrže bude využito právě stávající koryto tohoto potoka. Srážkový

úhrn pro rok 2022 a jeho porovnání s dlouhodobým srážkovým normálem je uveden v následující tabulce:

*Tabulka 5 Data průměrných územních srážek pro Prahu a Středočeský kraj (ČHMÚ) [33]*

Praha a Středočeský	S	31	20	15	38	38	133	57	99	69	23	45	47	618
	N	33	28	38	31	64	77	79	72	48	41	36	36	583
	%	94	71	39	123	59	173	72	138	144	56	125	131	106

Vysvětlivky:

S = úhrn srážek [mm]

N = dlouhodobý srážkový normál (1991-2020) [mm]

% = úhrn srážek v % normálu (1991-2020)

Zájmová lokalita se nenachází v záplavovém území žádného toku, spadá do povodí Vltavy, respektive Botiče.

### **Geologické poměry**

Z regionálně geologického hlediska patří zájmové území do oblasti svrchního proterozoika. Půdní profil je tvořen zejména jílovitými a jemně laminovanými břidlicemi se svrchní vrstvou orniční půdy charakteru písčité hlíny.

### **Hydrogeologické poměry**

Na základě hydrogeologického průzkumu bylo území stanoveno jako prostředí s půdní transmisivitou velmi nízkou až nízkou, kdy se hodnoty koeficientu transmisivity pohybují v řádech  $10^{-6}$  až  $10^{-8}$  m<sup>2</sup>/s. Koeficient hydraulické vodivosti půdy je v řádech  $10^{-7}$  až  $10^{-8}$  m/s, lokálně i nižší. V lokalitě jsou hydrogeologicky nepříznivé podmínky pro vsakování. Budování vsakovacích objektů je neproveditelné.

Hladina podzemní vody nebyla vrtanými sondami zastižena a lze ji předpokládat v hloubkách větších jak 6 m.

### **Klimatické poměry**

Klimaticky patří zájmové území do mírně teplé oblasti s průměrnou lednovou teplotou -4 °C, průměrnou červencovou teplotou 18 °C, se sumou srážek ve vegetačním období 375 mm a sumou srážek v zimním období 250 mm. Průměrný počet dní se srážkami nad 1 mm je 95.

## **Chráněná území**

Podle informací zveřejněných na Portálu veřejné správy ČR (<http://geoportal.gov.cz>) není zájmová lokalita součástí žádných ochranných pásem, zvláště chráněných území a ostatních území chráněných zvláštními předpisy o ochraně přírody a krajiny, ani chráněných ložiskových území. [34]

## **5. Metodický postup**

V této části závěrečné práce bude detailněji popsán postup vypracování řešení odvodnění vybrané ulice Formanská.

Popis postupu u jednotlivých dílčích cílů v průběhu zpracování práce, poznatky ze zpracování, problémy a jejich řešení, postupy, vzorce apod.

### **5.1 Shromáždění podkladů**

#### **5.1.1 Prohlídka území**

Pro lepší orientaci v projektu a vytvoření základní představy o konceptu daného projektu bylo před samotným shromážděním podkladů k projekční činnosti zapotřebí provést osobní prohlídku území.

#### **5.1.2 Podklady**

- Místní situace
  - Katastrální mapy území
  - Ortofotografické snímky
  - Aktuální dopravní situace, vytíženost, přehled technické infrastruktury
- Inženýrsko-geologický průzkum
  - Zajištění I.G. průzkumu, jako podkladu nezbytného pro vypracování návrhu
  - Především jde o provedení průzkumných vrtů v zájmovém území a několika vytipovaných místech. Zpráva obsahuje především informace o geologických a hydrogeologických podmínkách v dané lokalitě.
- Geodetické zaměření
  - Je vyhotoveno kvůli správné výškové a polohové koordinaci stavby.
- Informace o vedení inženýrských sítí
  - Důležité pro ochranu stávajících sítí, případně koordinaci nově vzniklých sítí, nebo přeložek
  - Na základě žádosti vydává vlastník, nebo správce sítě.
- Koordinace s další stavbou

- Liniové stavby jsou často budovány zároveň s další infrastrukturou, společná stavba se pak dělí na jednotlivé stavební objekty a je potřeba, aby byl návrh daných objektů koordinovaný a v souladu.
- Srážková data z řešeného území
  - Pro návrh řešení srážkových vod a tvorbu matematického modelu bylo zapotřebí získat hydrologická data zájmové lokality. Pro Formanskou ulici, zpracovávanou v rámci této práce, příslušel srážkoměr Chodov, ze kterého byla dodána dlouhodobá srážková data.

## **5.2 Prvotní návrh systému odvodnění**

V této fázi projektu bylo uvažováno s tradičním konceptem odvodnění bez zapojení decentrálních prvků MZI. Zelené plochy byly uvažovány pouze jako zatravněné pásy, bez žádného specifického účelu v rámci systému odvodnění.

Návrh systému probíhal v několika krocích, které na sebe navazovaly. Pro prvotní představu o podobě systému byly využity metody výpočtu pomocí empirických vztahů a základních metod odvození návrhové srážky (metoda Ing. Másla).

Ke změně vybraných zelených ploch na objekty modro-zelené infrastruktury došlo až po zhotovení orientačního návrhu šedé infrastruktury. Díky představě o stokovém systému bylo možné argumentovat s ostatními profesemi proč je výhodné začlenit MZI.

### **5.2.1 Rozvaha řešení systému**

Před vypracováním samotného návrhu systému je dobré se nad celou problematikou zamyslet a podívat se na ni s jistým odstupem. Při rozvaze řešení se uvažuje o systému jako celku, berou se v potaz vstupní i okrajové podmínky, zkoumají se možná řešení, jejich přípustnost a proveditelnost.

Důležitou otázkou při odvodnění urbanizovaného území je určení příjemce srážkové vody a návrh metody sběru a dopravy vody. Recipientem může být například retenční nádrž, vodní tok, vsakovací objekty nebo kanalizace. V rámci odvodnění je výhodné začlenit prvky MZI, případně systém takových prvků. Objekty MZI mohou být vsakovací, s regulovaným odtokem, nebo vsakovací s regulovaným odtokem. Na základě



nepříznivých vsakovacích podmínek (viz 4. *Popis území* → *Hydrogeologické poměry*) byly navrženy objekty s regulovaným odtokem.

V rámci rozvahy je dobré určit jakým způsobem bude k regulaci odtoku docházet. Každý objekt může mít své vlastní regulační zařízení, nebo může být zařazeno až na konec, do výustního objektu. Ten pak musí být dimenzován tak, aby byl schopen regulace odtoku z celého území při návrhovém zatížení.

Vzhledem k tomu, že se jedná o odvodnění liniové stavby, je příhodné využít pro odvod přebytečné dešťové vody sběrnou stoku, která bude zachytávat vodu natékající přímo ze zpevněných ploch, z bezpečnostních přepadů objektů MZI a bude sloužit jako přívodní potrubí do nově navržené retenční nádrže na konci systému.

Obecně je dobré v rámci rozvahy uvažovat nad udržitelností systému a pokud možno navrhovat prvky s co nejmenšími nároky na údržbu.

### **5.2.2 Návrhová kritéria**

Návrhovými parametry systému odvodnění území jsou:

- Přípustný odtok  
Ten se stanoví na základě specifického regulovaného odtoku (3 l/s/ha) a odvodňované plochy.
- Povolená periodičita přetížení  
Vychází buď z doporučení uvedeného v příslušných normách, nebo z požadavků investora. Pro systém zpracováváný v rámci této práce je periodičita přetížení uvažovaná  $p = 0,1$ .
- Návrhový déšť  
Má danou intenzitu, periodicitu a délku trvání. Pro výpočet pomocí empirických vztahů je uvažováno s třicetiminutovou srážkou, intenzitou 153 l/s/ha a periodicitou 0,1.
- Maximální doba prázdnění retenční nádrže – 24 h.

### 5.2.3 Prvotní návrh systému odvodnění – výpočetní část

Protože se stavba nachází na území hlavního města Prahy, bylo postupováno podle metodiky z Městských standardů vodovodů a kanalizací na území hl. m. Prahy-kanalizační část, která mimo jiné pojednává o návrhu dešťové kanalizace a retenčních nádrží. Tento postup zahrnuje využití empirických vztahů. [35]

Pokud by se jednalo pouze o návrh dešťové kanalizace byla by použita metoda Ing. Másla, kde je při návrhu oddílné kanalizace je uvažováno se srážkou o délce trvání 10 minut a intenzitě 160 l/s/ha. Množství srážkové vody se stanoví na základě následujícího vztahu:

*Rovnice 3 Stanovení množství srážkových vod [35]*

$$Q = S_s \cdot \varphi \cdot q_s$$

Q    průtok srážkových vod [l/s],

S<sub>s</sub>    plocha povodí [ha],

φ    součinitel odtoku [-],

q<sub>s</sub>    intenzita návrhového deště [l/s/ha].

Vzhledem k tomu, že byl navrhován komplexní systém odvodnění, který zahrnoval retenční nádrž, byl pro všechny objekty použit 30 – ti minutový návrhový déšť o intenzitě 153 l/s/ha a periodicitě 0,1(viz tabulka).

Tabulka 6 Tabulka intenzit náhradních zatěžovacích dešťů [35]

Doba trvání [min]	Periodicita zatěžujícího deště						
	1	0,5	0,2	0,1	0,05	0,02	0,01
10	160	205	263	308	352	440	495
15	130	170	210	247	285	354	400
20	107	140	173	204	236	297	337
25	90	116,5					
30	78	100	127	153	178	225	256
35	68,5	88,5					
40	61,5	79,0	104	124	144	182	208
45	56,0	71,5					
50	51,5	66,0	87,2	104,5	121	156	176
55	47,5	60,8					
60	44,0	55,4	75,9	91,1	106,7	133	152
70	39,0	50,0					
80	35,5	44,7					
90	32,0	40,4	55,2	65,4	76,8	96,2	110
100	29,5	37,0					

Dalším krokem při výpočtu množství srážkových vod bylo určení hydraulických vlastností povodí. Ze situačního výkresu návrhu zájmového území byly stanoveny plochy jednotlivých povrchů v povodí a k nim přiřazeny příslušné součinitele odtoku podle ČSN 75 9010 [17].

Pomocí Chézyho rovnice pak byla určena dimenze dešťové kanalizace.

Rovnice 4 Chézyho rovnice pro výpočet kapacity potrubí [35]

$$Q_k = F \cdot c \cdot \sqrt{R \cdot J}$$

$Q_k$  průtok odpadních vod při maximálním plnění [m<sup>3</sup>/s],

$F$  plocha průtočného profilu [m<sup>2</sup>],

$c$  rychlostní součinitel [m/s],

$R$  hydraulický poloměr [m]; poměr průtočné plochy  $S$  a omočeného obvodu  $O$

$$\left( R = \frac{S}{O} \right)$$

$J$  sklon stoky uváděný desetinným číslem.

Na základě výpočtů uvedených v této kapitole byla předběžně navržena dešťová kanalizace a přípojky uličních vpustí z kameninových trub.

#### **5.2.4 Prvotní návrh systému odvodnění – výkresová část**

##### Vypracování situace vedení sběrného potrubí

Zpracování situačního výkresu se opírá o výpočty uvedené v předchozí kapitole. Při návrhu vedení dešťové kanalizace se postupovalo podle ČSN 75 6101 [3]. Z důvodu velké koncentrace sítí a nedostatku místa v uličním prostoru nemohly být vždy dodrženy minimální doporučené rozestupy mezi dešťovou kanalizací a dalšími inženýrskými sítěmi.

Dešťová kanalizace se skládá z hlavní větve a tří vedlejších. První vedlejší větev se nachází v blízkosti západní okružní křižovatky a zbylé dvě se napojují v místě druhé, východní, okružní křižovatky. Hlavní větev vede v komunikaci ulice Formanská. Ve východní části dojde k odklonění a napojení do retenční nádrže.

Revizní šachty byly umístěny do všech lomových bodů kanalizace (vertikálních i horizontálních) v maximální vzdálenosti 50 m. V závislosti na hloubce uložení potrubí byly navrženy základní, nebo vysoké šachtové sestavy s litinovým poklopem. Vzhledem ke kompletní rekonstrukci celé komunikace i většiny sítí bude probíhat výstavba ve společném výkopu s ostatními sítěmi.

##### Podélný profil dešťové kanalizace

Zpracování podélných profilů všech větví kanalizace s vyznačením všech přípojek, křížení a souběhů s dalšími sítěmi, popisem revizních šachet, informacích o území, druhu povrchu a sklonových poměrech. Dále je v PP uvedeno staničení, hloubka výkopů, niveleta stávajícího a návrhového terénu a dna potrubí.

##### Detaily

Vypracování výkresů detailů uložení potrubí, skladby revizní šachty a napojení UV.

#### **5.2.5 Návrh povrchové retenční nádrže**

Pomocí výpočetního postupu uvedeného v přechozí části práce bylo možné určit návrhový retenční objem nádrže. Vzhledem k tomu, že se jednalo pouze o prvotní návrh, bez započítání retenční schopnosti MZI, tak i návrh retenční nádrže byl pouze orientační.

Na základě morfologie území a hydrogeologických poměrů byla určena přibližná poloha a typ nádrže.

Nízká hladina podzemní vody a koeficient hydraulické vodivosti  $K$  umožňovaly návrh povrchové retenční nádrže se stálou hladinou. Bylo by možné realizovat i čistě retenční objekt, ale vzhledem k tomu, že má v části zájmového území výhledově vzniknout park, byl zvolen objekt se stálou hladinou. Vodní plocha je v rámci parků doplňující estetický prvek, který může mít i praktická využití. Při návrhu zásobního objemu nádrže nebylo s jímáním vody počítáno z důvodu nedostatku informací o výhledové podobě území.

Nádrž byla umístěna do východní části území v blízkosti ZŠ Formanská. Místo bylo vhodné díky morfologii terénu, vedení dešťové kanalizace a přítomnosti koryta Formanského potoka, do kterého bude voda z nádrže odváděna. Formanský potok je levým přítokem Botiče a aktuálně je bez stálého průtoku. Slouží pouze pro odvod srážkové vody z okolních zemědělských ploch.

#### **5.2.6 Zakomponování prvků MZI do uličního prostoru**

V rámci plánované výstavby byla vytypována vhodná místa pro umístění prvků HDV. Umístění objektů záviselo na celé řadě podmínek. Některá místa byla vyloučena z důvodu neproveditelnosti výstavby objektu a některá z důvodu nepřípustnosti. Při volbě umístění objektů bylo potřeba brát v úvahu zejména:

- Možnost napojení odtoku z objektu na sběrné potrubí,
- možnost vybudování a napojení bezpečnostního přelivu,
- výškové poměry okolních zpevněných ploch,
- prostor pro modelování terénu,
- napojení nátoky ze zpevněných ploch do objektu MZI,
- koordinaci s dalšími stavebními objekty (komunikace, sítě, mobiliář a další)
- dostatečný prokořenitelný prostor pro stromy,
- vliv prorůstání kořenů na ostatní stavební objekty,
- co nejnižší nároky na provoz a údržbu,
- zajištění dostatečné kapacity drenáže, aby nedocházelo k podmáčení komunikace,
- náklady,

- majetkoprávní vztahy.

Pro danou lokalitu byly navrženy objekty s regulovaným odtokem, jednalo se o průlehy, podzemní tělesa a retenční nádrže. Celková regulace systému je zajištěna na výustním objektu retenční nádrže.

Z prvotního návrhu vyšlo najevo, že se bude jednat o komplexní systém navazujících prvků. Proto se v další fázi přešlo k návrhu pomocí komplikovanějších metod dlouhodobé matematické simulace. Nicméně bylo užitečné provést nejprve jednodušší návrh a jeho srovnání s matematickým modelem je uvedeno v pozdějších kapitolách. Podmínka užití dlouhodobého simulačního modelu vyplývá ze Standardů HDV na území hl. m. Prahy (viz tabulka 7).

Tabulka 7 Podmínky použití návrhových metod systémů HDV [23]

	Jednoduchá dlouhodobá simulace	Podrobná dlouhodobá simulace
Srážková data	srážková řada (časový krok 1 hod)	srážková řada (časový krok 1–5 min)
Komplexita systému	HDV objekty řazené v sérii	komplexní systémy s HDV objekty řazenými paralelně i v sérii dle požadavků správce kanalizace a/nebo vodního toku

## 5.3 Vytvoření srážko-odtokového matematického modelu

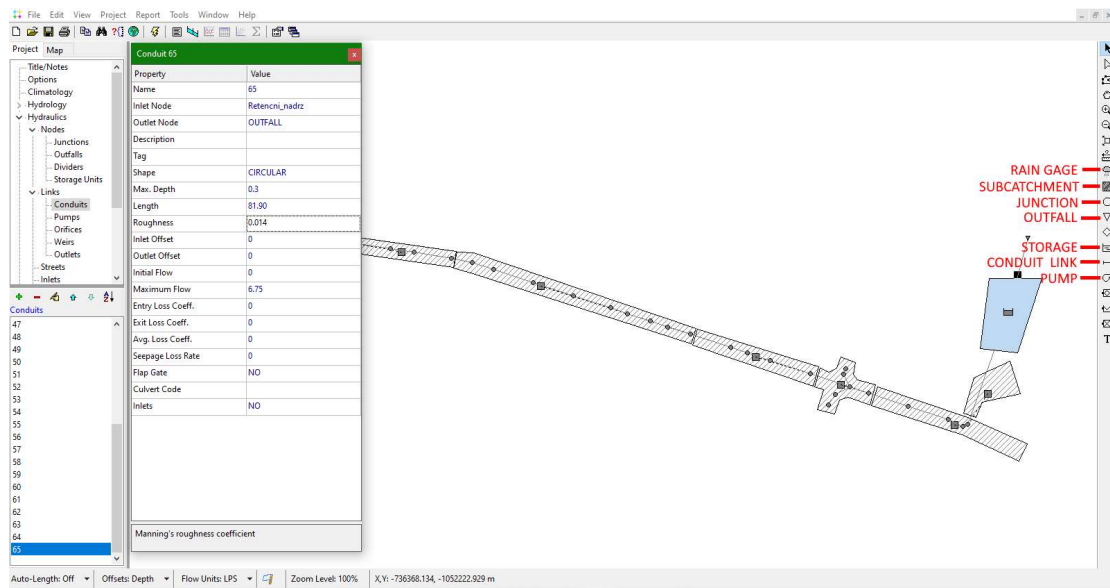
Pro návrh systému odvodnění s několika prvky hospodaření s dešťovou vodou bylo nutné provést detailní simulaci odtoku srážkových vod z území pomocí matematického modelu. Pro vytvoření modelu byl použit software EPA-SWMM, který umí zakomponovat prvky HDV (v EPA-SWMM označeny jako LID controls) do výpočtu. Tím umožňuje získat detailní představu o chování jednotlivých objektů i celého systému při návrhových srážkách. Aby bylo možné model spustit bylo zapotřebí získat srážková data z daného území. V blízkosti zájmové lokality se nachází srážkoměr Chodov ve správě Pražské vodohospodářské společnosti a. s., která poskytla potřebná srážková data. Pro potřeby návrhu byla simulována desetiletá srážková řada z období 1. 1. 2009-31. 12. 2018.

### 5.3.1 Postup tvorby modelu

V prostředí aplikace EPA-SWMM bylo nejprve provedeno základní nastavení modelového prostoru (Obrázek 14). Vypnutí automatického výpočtu délek a ploch a nastavení jednotky proudění na l/s (auto-lengths: off; flow units: LPS)

## Nastavení vstupních podmínek

Nejdříve byly pomocí souřadnic vloženy revizní šachty (junction nodes) a zadány jejich charakteristiky-výška terénu a dno šachty. Šachty byly propojeny potrubím (conduit link). Nakonec byla vložena retenční nádrž (storage node) a její výpust (outfall node). Na posledním potrubí mezi retenční nádrží a výpustí byla nastavena hodnota regulovaného odtoku. Poté byla přidána jednotlivá povodí v rámci lokality.

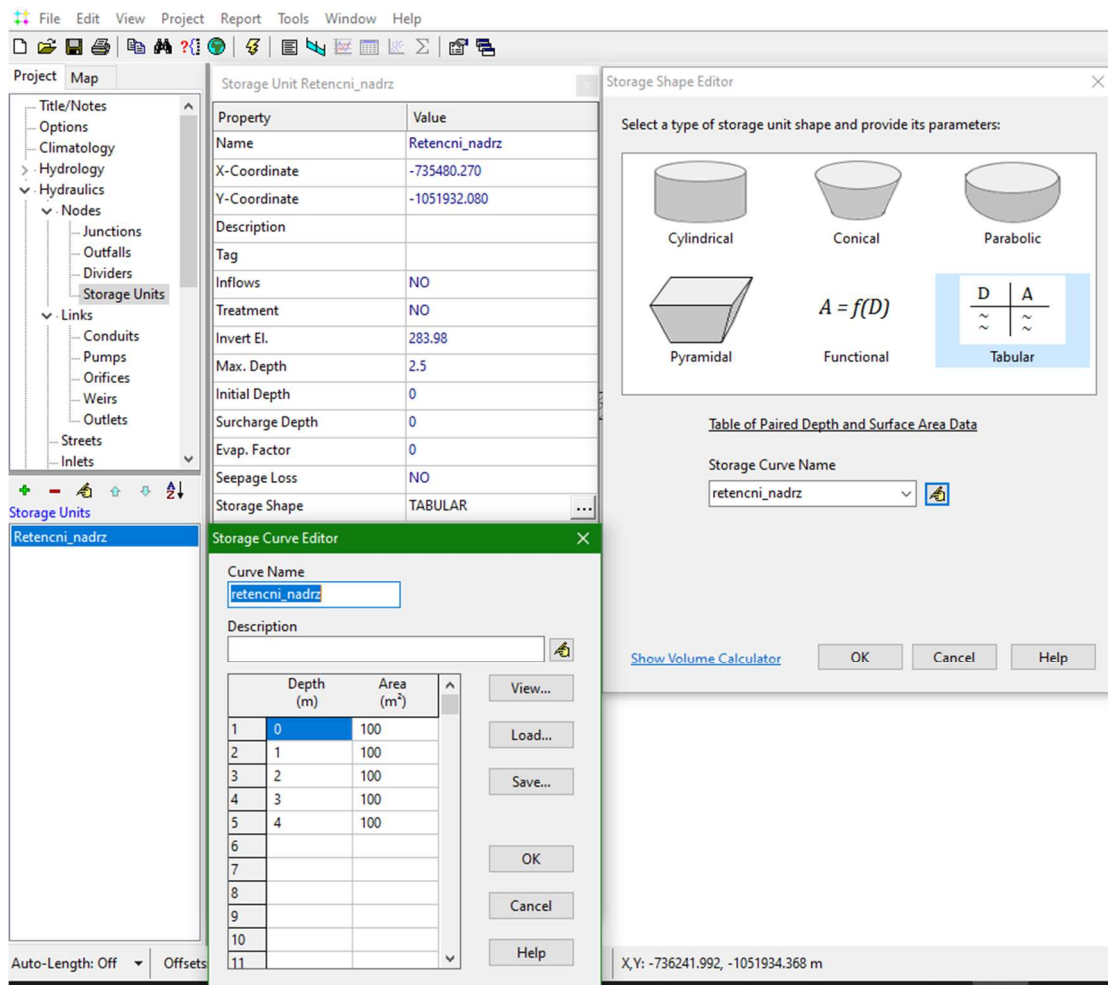


Obrázek 14 Modelový prostor EPA-SWMM

Junctions-šachty. Jednotlivé revizní šachty byly vloženy do modelu pomocí souřadnic X a Y podle S-JTSK. Dále bylo definováno Invert El. = výška dna šachty v Bpv; max. depth = hloubka dna od terénu.

Conduits-potrubí. Po propojení šachet potrubím byly nastaveny jeho charakteristiky-Name; max. Depth = dimenze; length; roughness = Manningova drsnost; maximum flow.

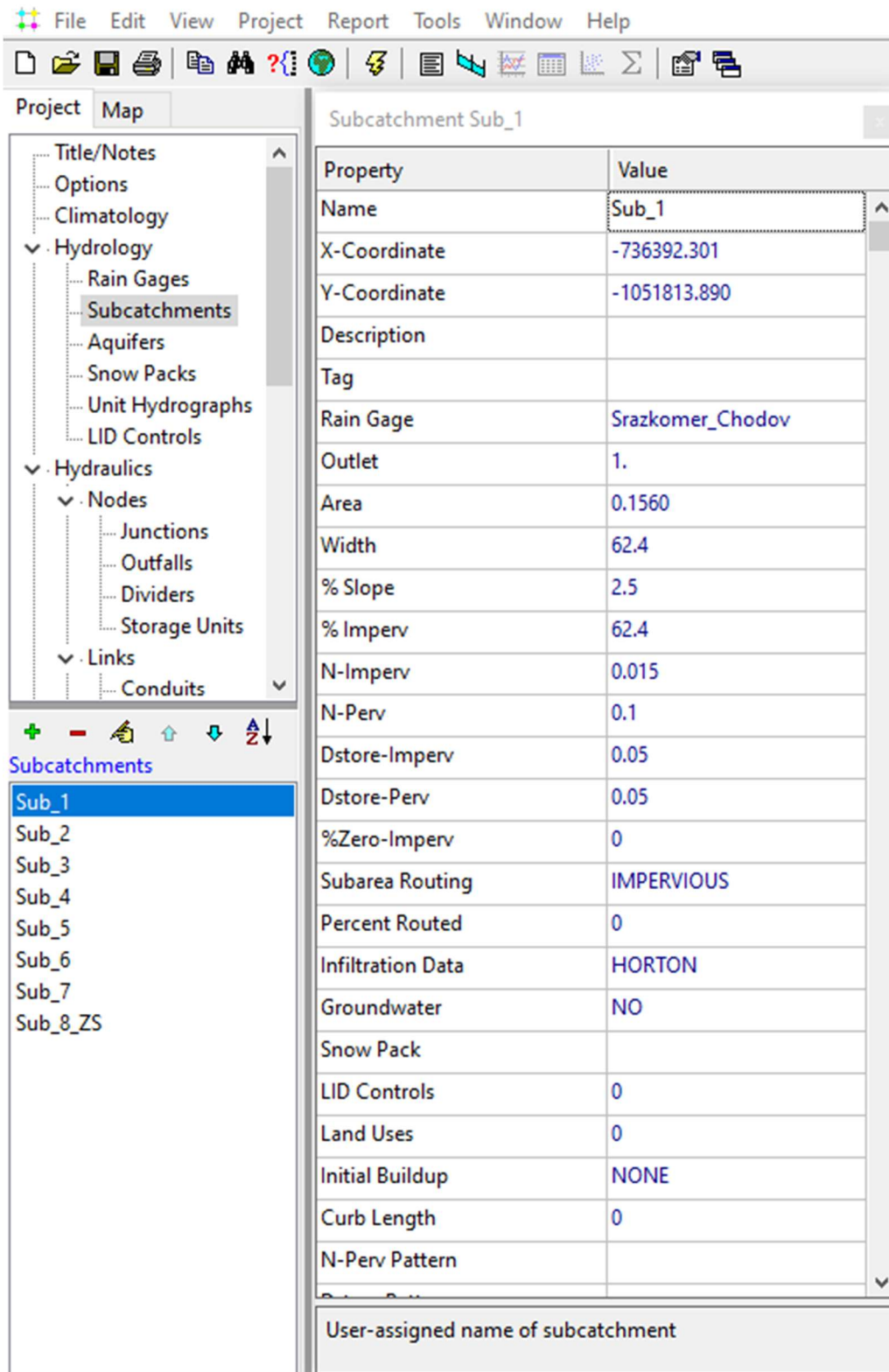
Storage-nádrž. Požadovaným výstupem modelu bylo zjištění maximálního objemu v nádrži, respektive potřebný retenční objem. Objem nádrže byl definován křivkou (storage curve) tak, aby 1 m výšky hladiny v nádrži odpovídalo 100 m<sup>3</sup> vody (viz Obrázek 15).



Obrázek 15 Tabulární nastavení tvaru nádrže

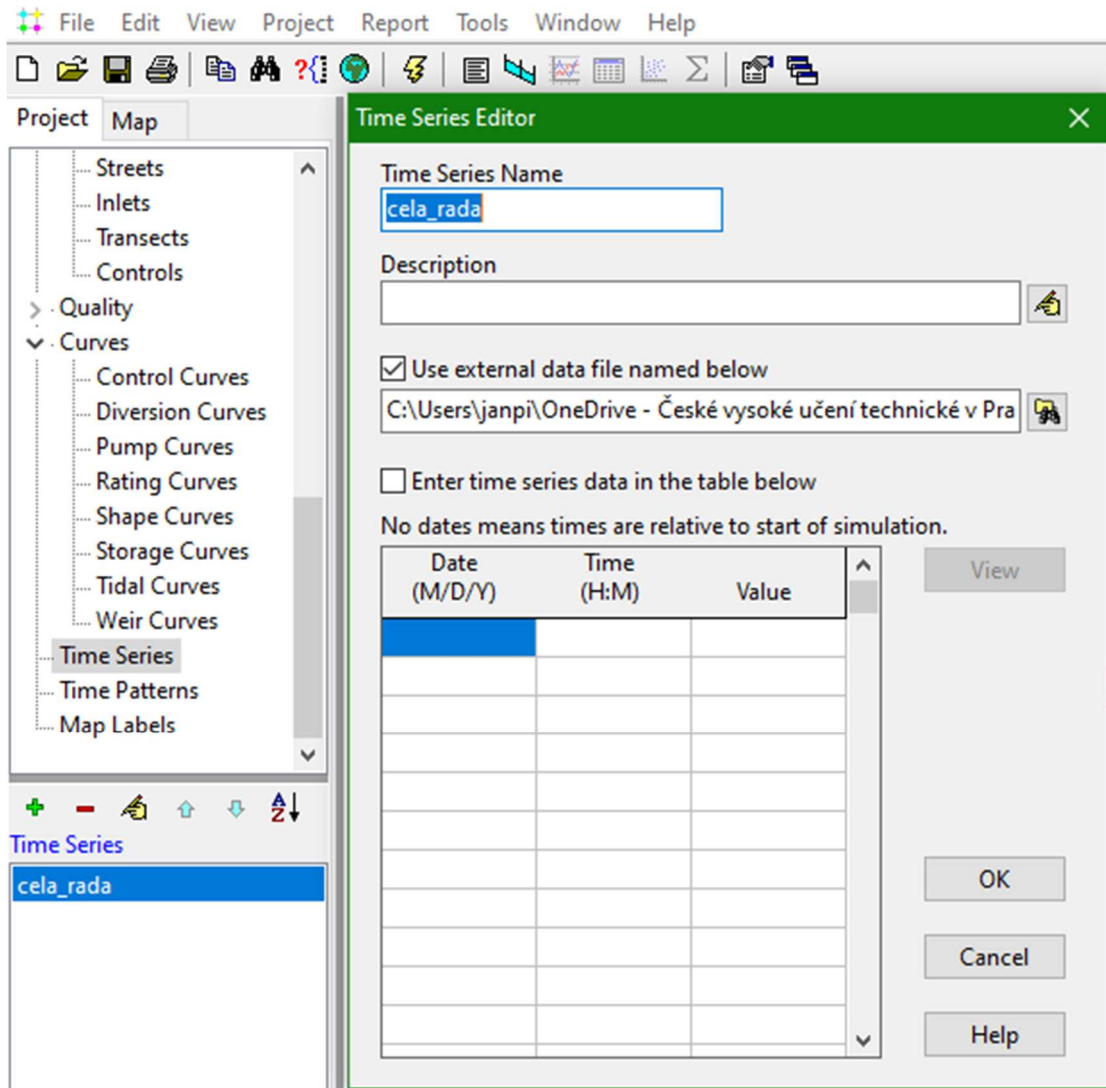
Subcatchments – podpovodí. Zájmové území bylo rozděleno do několika mezi-povodí, která byla vložena do modelu. Při rozdělení území je dobré dodržet zásadu, aby se jeden prvek HDV, pokud možno, nenacházel zároveň ve dvou povodích. Tzn. aby se vešel celý do jednoho území. Pro každé povodí je potřeba zadat jeho charakteristiky: Name; outlet = specifická šachta, do které je odtok z povodí napojen; Area = plocha povodí v ha; width = šířka (poměr mezi plochou povodí a jeho délkou v ose potrubí); % slope=průměrný sklon terénu; % Imperv = podíl nepropustných ploch (toto číslo reprezentuje součinitel povrchového odtoku pro dané povodí); N-Imperv = drsnost nepropustných povrchů; N-perv = drsnost propustných povrchů. V dalších krocích se v nastavení povodí připojují „LID controls“ (prvky HDV) a „rain gage“ (srážkoměr). V editoru povodí se dají nastavit i další parametry, ty však byly pro tento návrh nepodstatné. Dialogové okno pod-povodí je vyobrazeno na obrázku 16.





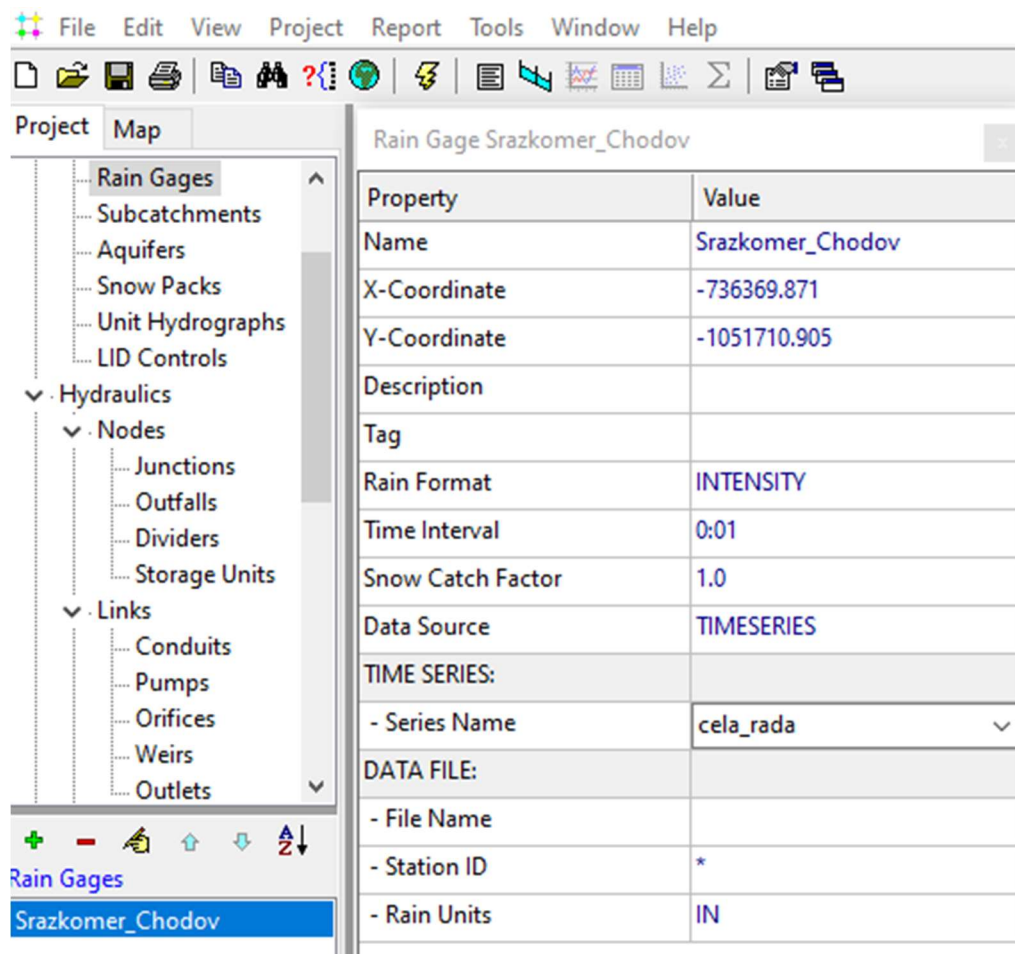
Obrázek 16 Dialogové okno podpovodi

Rain gage-srážkoměr. Celá řešená oblast se nachází ve spádové oblasti srážkoměru Chodov, pro který poskytla srážková data „PVS a. s.“. Srážková data se dají do programu zadat pomocí přidání „Time Series“ buď ručně, nebo přiložením externího souboru (v tomto případě formát .txt). Informace o srážce zahrnují datum ve formátu MM/DD/YYYY, čas HH:MM a hodnotu srážkového úhrnu v mm/min (viz *Obrázek 17*).



Obrázek 17 Time Series Editor-EPA SWMM

Po vytvoření se časová řada srážky přiřadí jako zdroj dat pro srážkoměr v Rain Gage editoru (viz *Obrázek 18*).



*Obrázek 18 nastavení v Rain Gage editoru pro srážkoměr Chodov*

Posledním krokem před nastavením simulace je připojení srážkoměru ke všem povodím v rámci modelu. Připojení srážkoměru se provede v editoru povodí (Subcatchment edit) buď jednotlivě pro každé povodí nebo pomocí funkce „group edit“.

Pro variantu bez zavedení prvků HDV bylo připojení srážkoměru poslední potřebnou vstupní podmínkou před nastavením simulace. V další části textu bude popsáno, jak pracovat s „LID controls“ (low-impact development neboli HDV) a jak nastavit simulaci v EPA-SWMM.

### 5.3.2 LID controls

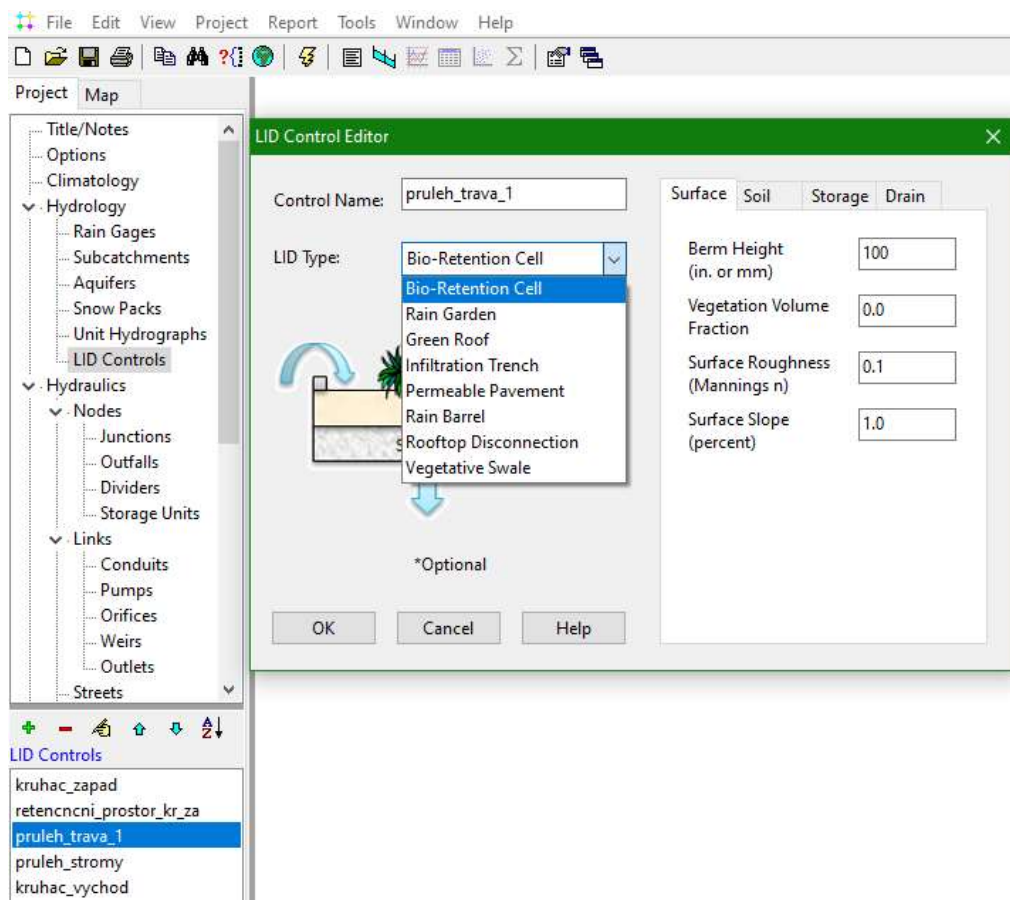
Nastavení objektů HDV v prostředí EPA-SWMM probíhá v několika krocích

#### 1) Vytvoření LID control

Záložka project/Hydrology/LID controls/+

V editovacím okně se zadá název prvku a vybere se typ LID (viz *Obrázek 19*).

V tomto případě se jedná buď o „Bio-retention cell“ (průleh), nebo „infiltration trench“ (štěrkové těleso)



Obrázek 19 LID Control editor-výběr typu LID

Dalším krokem při definici LID je zadání vlastností jednotlivých vrstev objektu. Surface (povrch); Soil (půdní filtr); Storage (Zásobní/retenční vrstva) a drain (drenáž/odtok).

Surface	Soil	Storage	Drain
Thickness (in. or mm)		150	
Porosity (volume fraction)		0.4	
Field Capacity (volume fraction)		0.2	
Wilting Point (volume fraction)		0.1	
Conductivity (in/hr or mm/hr)		36	
Conductivity Slope		30	
Suction Head (in. or mm)		3.5	

Obrázek 20 Vlastnosti půdního filtru

V kolonce conductivity (vodivost) se zadává návrhová hydraulická vodivost půdy v mm/h. Hodnota 36 mm/h odpovídá  $K = 10^{-5}$  m/s (viz Obrázek 20).

Surface	Soil	Storage	Drain
Thickness (in. or mm)		<input type="text" value="300"/>	
Void Ratio (Voids / Solids)		<input type="text" value="0.75"/>	
Seepage Rate (in/hr or mm/hr)		<input type="text" value="0.18"/>	
Clogging Factor		<input type="text" value="0"/>	

Obrázek 21 Vlastnosti retenčního prostoru

V záložce storage se definuje vlastnost retenční vrstvy objektu. Seepage rate udává hydraulickou vodivost podloží objektu v mm/h. Hodnota 0,18 mm/h odpovídá  $K = 5 \cdot 10^{-8}$  m/s (viz Obrázek 21).

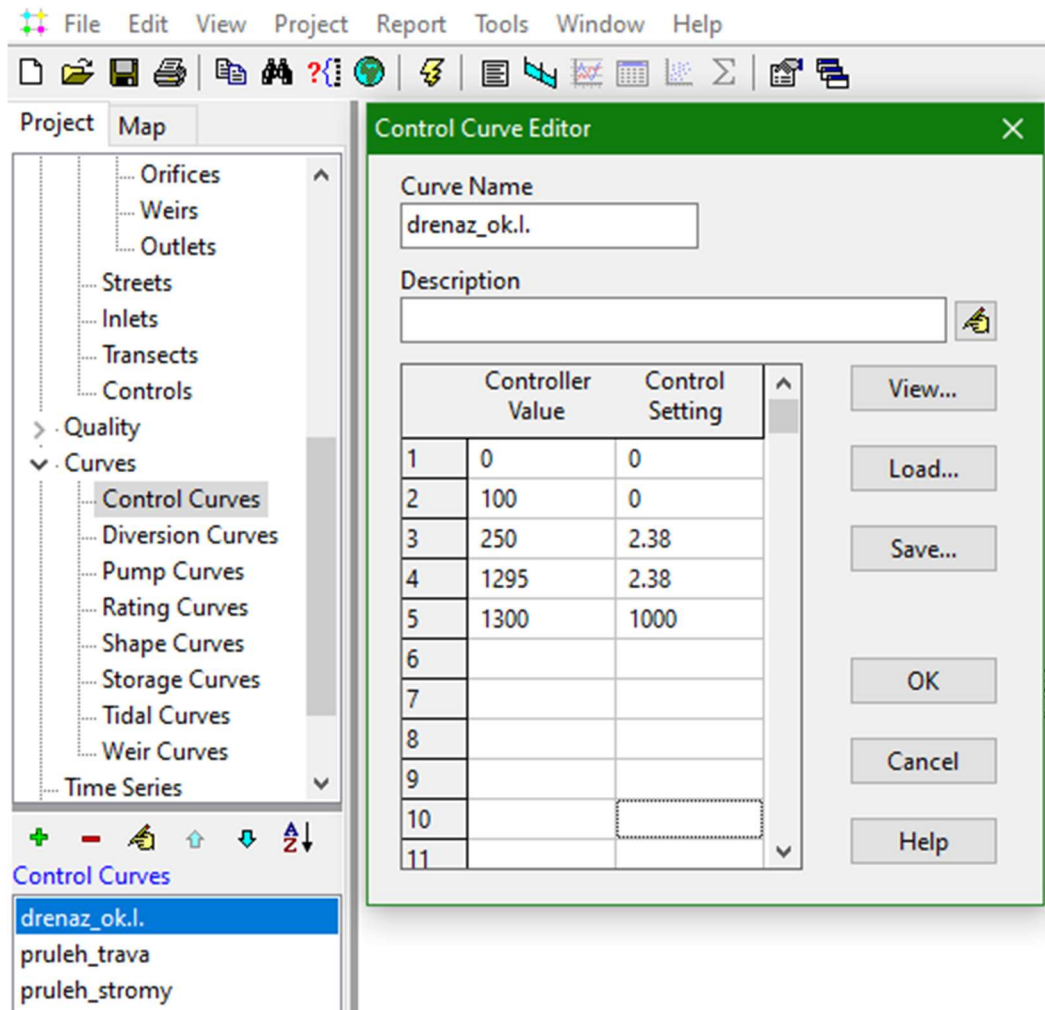
Surface	Soil	Storage	Drain
Flow Coefficient*		<input type="text" value="1"/>	
Flow Exponent		<input type="text" value="0"/>	
Offset (in or mm)		<input type="text" value="0"/>	
Open Level (in or mm)		<input type="text" value="0"/>	
Closed Level (in or mm)		<input type="text" value="0"/>	
Control Curve		<input type="text" value="pruleh_trava"/> ▾	
<a href="#">Drain Advisor</a>			
*Flow is in in/hr or mm/hr; use 0 if there is no drain.			

Obrázek 22 Vlastnosti drenáže/odvodňovacího potrubí

Nastavení chování výustního zařízení lze definovat zápisem do editoru, nebo pomocí „Control curve“. Výhodou zápisu pomocí control curve je možnost nastavení

bezpečnostního přepadu v rámci objektu, čehož bylo využito i v případě tohoto návrhu (viz Obrázek 22).

Definice „control curve“ se provádí v editoru křivek: project/Curves/Control Curves/+ → Pro každý LID prvek s drenáží se vytvoří vlastní řídicí křivka, která udává hodnotu odtoku na základě výšky hladiny v retenčním prostoru (storage). Výška (Controller Value) se zadává v mm a odtok (Control Setting) v mm/h (viz Obrázek 23).



Obrázek 23 Control Curve editor

Hodnota odtoku je limitována buď kapacitou potrubí, nebo kapacitou štěrbin v drenáži.

Průtok štěrbinami se stanoví na základě vzorce  $Q_f = L \times 0,133 \times S \times \sqrt{h}$  [36] kde:

**Qf** (l/s)      průtok štěrbinami drenážního potrubí do retenčního objektu

**h** (m)      polovina výšky retenčního objektu

**S** (cm<sup>2</sup>/m)      propustnost štěrbin drenážního potrubí

**L** (m)      délka drenážního potrubí

Obrázek 24 Popis proměnných pro výpočet průtoku štěrbinami

Průtoková kapacita potrubí se určí pomocí Chézyho rovnice:  $Q = C \cdot S \cdot (R \cdot i)^{1/2}$ .

Porovnáním těchto dvou hodnot se určí, která okrajová podmínka nastane dřív (nižší hodnota) a ta se zavede do řídicí křivky LID prvku. Pokud se odvodnění skládá z několika potrubí, která jsou samostatně svedena do sběrného objektu (kanalizace), pak se jejich průtoková kapacita násobí počtem napojení.

Řídicí křivka modelu pracuje s jednotkou odtoku mm/h, okrajové podmínky udávají hodnoty odtoku v l/s. Je tedy potřeba hodnoty transformovat na základě následujícího vzorce:

*Rovnice 5 transformace jednotky odtoku*

$$\text{odtok [mm/h]} = \frac{Q \text{ (red) [l/s]}}{A \text{ (LID) [m}^2\text{]}} \times 3600$$

Q (red) = maximální odtok drenáží

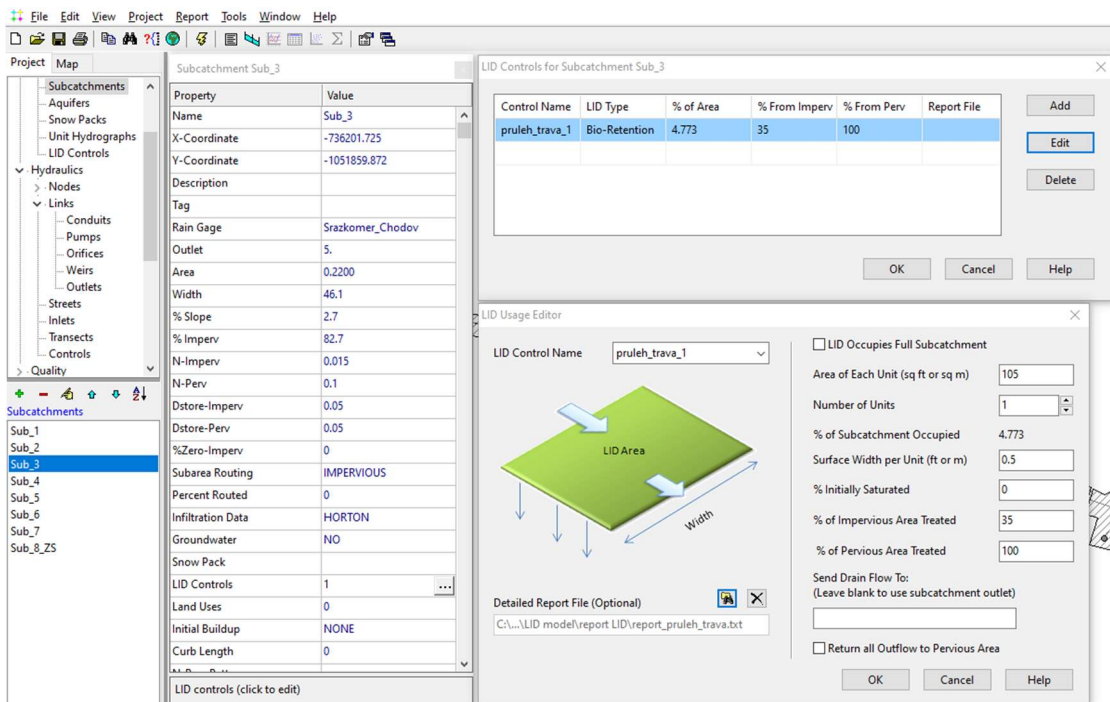
A (LID) = plocha povrchu objektu HDV

Výsledná hodnota je maximálním odtokem v objektu v mm/h. Pro zadání bezpečnostního přepadu, který odvede všechnu přebývající vodu při přetížení objektu se v dané výšce BP nastaví vysoká hodnota odtoku v řídicí křivce. Minimální navýšení o jeden řád.



## Přirazení LID control příslušnému povodí

Poté, co je definice LID prvku dokončena, je zapotřebí jej připojit danému povodí. V dialogovém okně povodí (Subcatchment) se po rozkliknutí kolonky LID controls otevře nové okno pro přidání nebo editaci LID prvků v rámci povodí. Po přidání nového prvku se vyplní jeho plocha, počet daných prvků v rámci povodí, šířka, informace o odvodňované ploše a počáteční nasycení (viz *Obrázek 25*). Pro detailní informace o objektu během simulace se vytvoří prázdný textový soubor (.txt), který program využije pro zapsání dat. Po kliknutí na ikonu „Detailed Report File“ se vybere textový soubor a software si k němu uloží cestu. Pozor, při změně názvu, nebo přemístění „report file“ je nutné cestu aktualizovat.

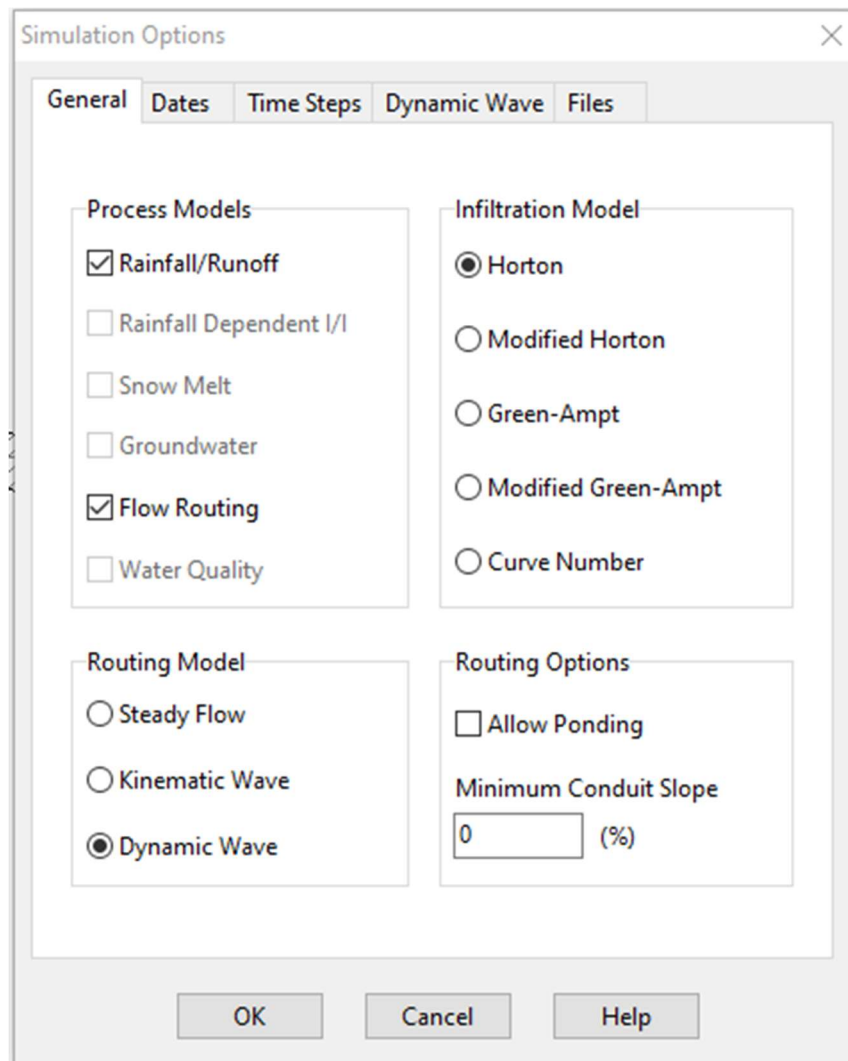


Obrázek 25 Nastavení LID control v rámci povodí

### 5.3.3 Simulace srážkového odtoku

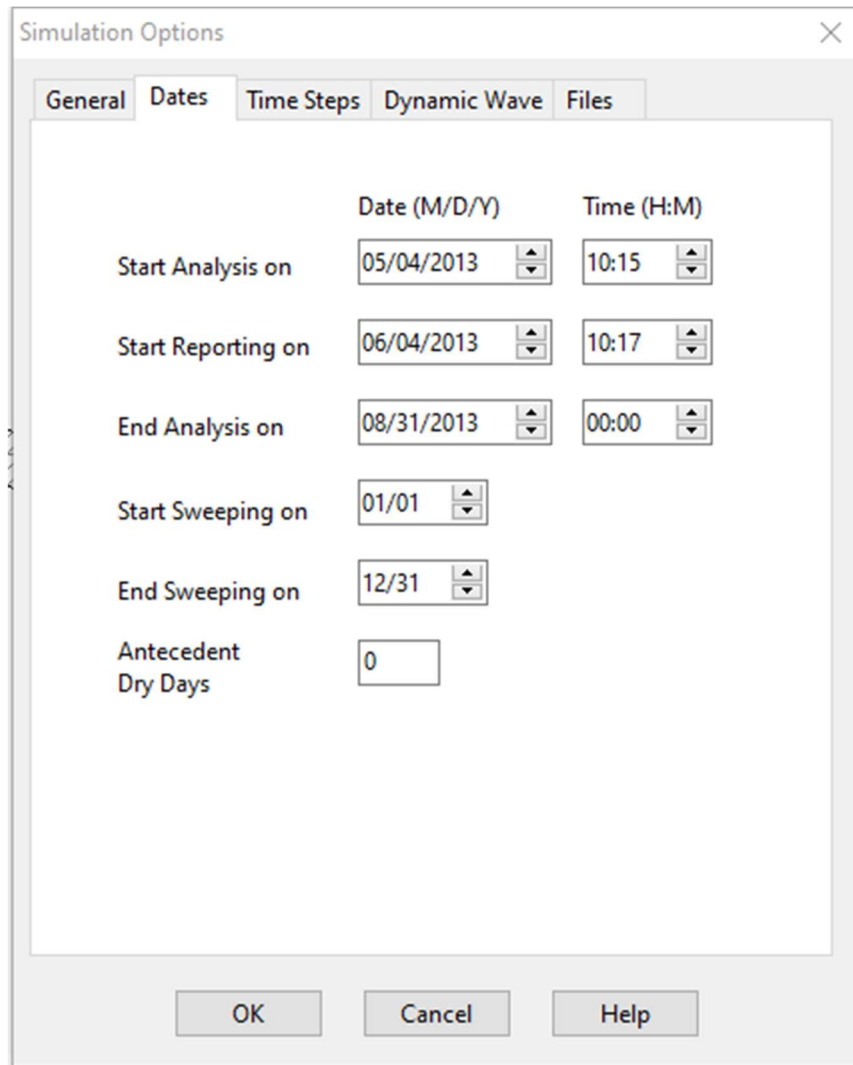
Nastavení parametrů simulace se provádí v záložce Project/options. Nastavení má několik úrovní, které budou popsány v této podkapitole. Zejména jde o nastavení délky trvání simulace, výpočetních kroků a období, pro které bude simulace provedena.

General options– v této části se definují obecná nastavení. Nastavení výpočtu zpracovaného modelu vypadalo následovně:



Obrázek 26 Nastavení simulace-General Options

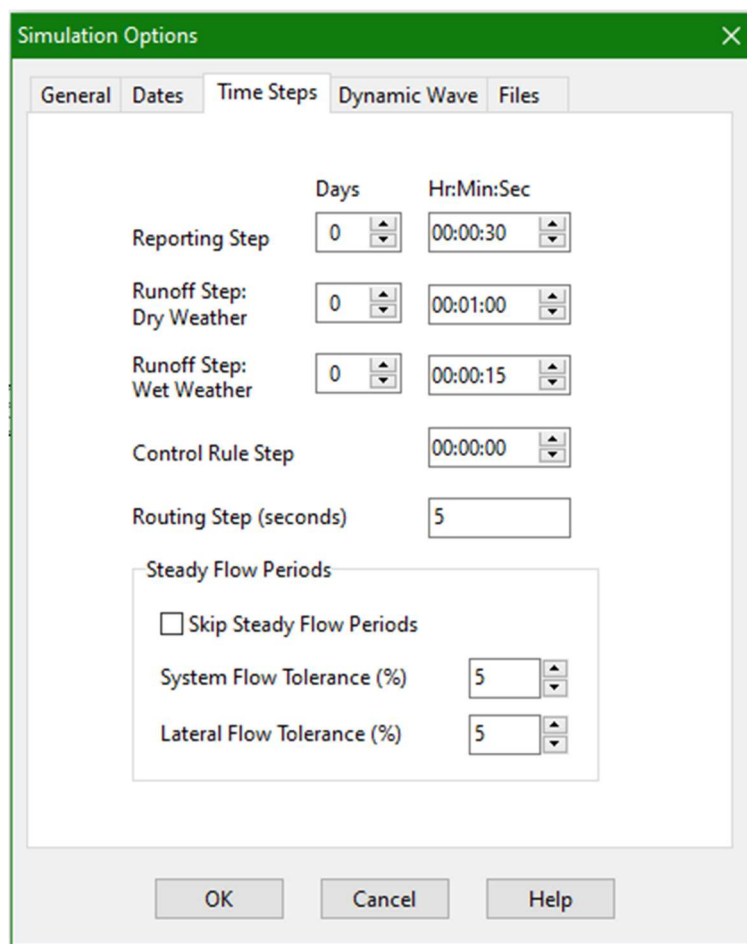
Dates – nastavení data výpočtu se udává na základě srážkové řady. Pro potřeby modelu v rámci závěrečné práce bylo provedeno 5 simulací. Pokaždé byla simulace nastavena na 2 roky, čímž byla obsažena celá srážková řada. Z výsledných dat bylo vymezeno nejrizikovější období, na základě kterého se později dimenzovaly objekty systému HDV.



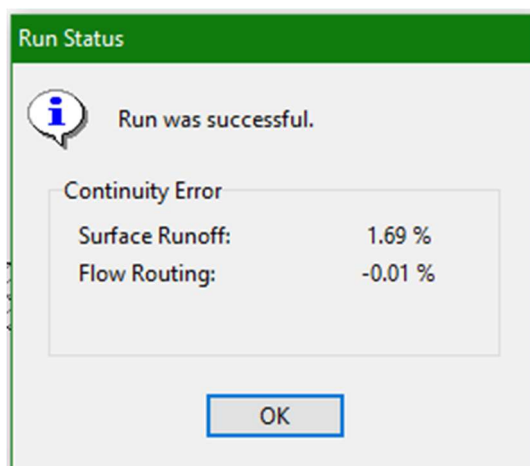
Obrázek 27 Nastavení simulace-Dates. Nastaveno pro nejrizikovější období

Time steps – nastavení výpočetního kroku v rámci simulace (viz Obrázek 28). Čím kratší jsou výpočetní kroky, tím je simulace odtoku detailnější, ale zároveň celá simulace zabere více času a více místa na disku.

Pokud se po skončení výpočtu liší hodnoty „Surface Runoff“ a „Flow Routing“ o více než 2 %, doporučuje se upravit hodnotu výpočetního kroku na nižší (viz Obrázek 29).



Obrázek 28 nastavení simulace-Time Steps

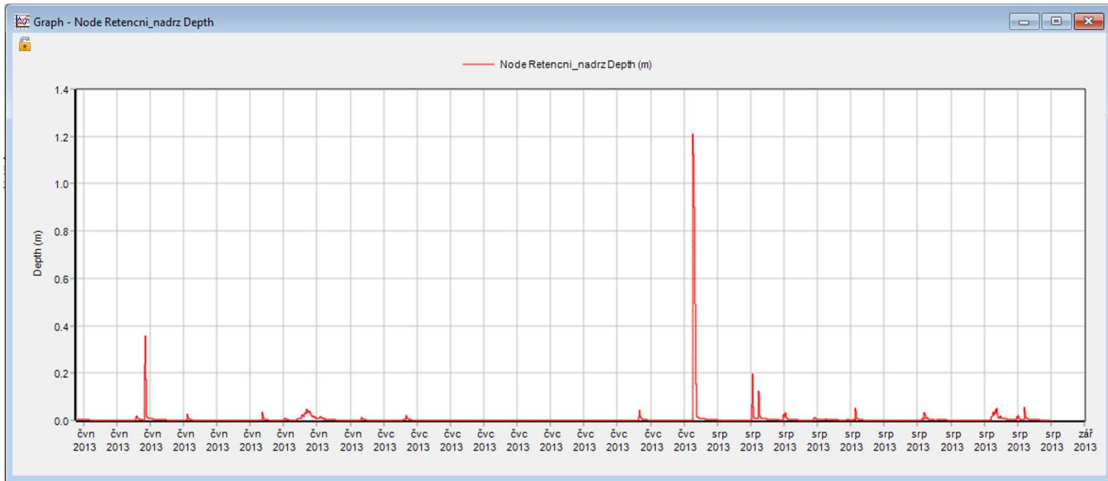


Obrázek 29 run status po spuštění simulace.

Dynamic Wave + Files – tato nastavení se nemění.


Po spuštění simulace se pomocí ikon v horní liště dají zobrazit výsledné hodnoty buď graficky (viz Obrázek 30), nebo tabulárně (viz Tabulka 8). Pro návrh systému HDV

je klíčové maximální předpokládané množství vody v retenční nádrži a maximální výška hladiny v potrubí. Na základě těchto hodnot byl pak návrh upraven a pomocí modelu ověřena jeho funkčnost.



Obrázek 30 Grafický výstup simulace

Tabulka 8 Tabulární záznam úrovně hladiny v nádrži



Date	Time	Depth (m)
07/29/2013	18:56:30	1.20
07/29/2013	18:57:00	1.20
07/29/2013	18:57:30	1.20
07/29/2013	18:58:00	1.21
07/29/2013	18:58:30	1.21
07/29/2013	18:59:00	1.21
07/29/2013	18:59:30	1.21
07/29/2013	19:00:00	1.21
07/29/2013	19:00:30	1.21
07/29/2013	19:01:00	1.21
07/29/2013	19:01:30	1.21
07/29/2013	19:02:00	1.21
07/29/2013	19:02:30	1.21
07/29/2013	19:03:00	1.21
07/29/2013	19:03:30	1.21
07/29/2013	19:04:00	1.21
07/29/2013	19:04:30	1.21
07/29/2013	19:05:00	1.21
07/29/2013	19:05:30	1.21
07/29/2013	19:06:00	1.21
07/29/2013	19:06:30	1.21
07/29/2013	19:07:00	1.21
07/29/2013	19:07:30	1.21
07/29/2013	19:08:00	1.21
07/29/2013	19:08:30	1.21
07/29/2013	19:09:00	1.21
07/29/2013	19:09:30	1.20
07/29/2013	19:10:00	1.20

## **5.4 Odhad nákladů**

V závěru práce byl vypracován položkový odhad nákladů pro jednotlivé stavební objekty a pro stavbu jako celek. Náklady na obnovu povrchů nejsou v rámci kalkulace uvažovány, protože jsou součástí vlastního stavebního objektu, který ovšem není zpracováván v rámci této závěrečné práce.

Při odhadu nákladů je možné postupovat podle metodiky Ústavu územního rozvoje [37] nebo čerpat informace o nákladech z jiných, interních, zdrojů. V rámci této práce bylo využito interní databáze o cenách a jejich vývoji. Případně byla data získána přímo od výrobců nebo dodavatelů.

## 6. Výsledky

### 6.1 Prvotní návrh systému odvodnění

V rámci prvotního návrhu byl navržen jednoduchý systém odvodnění dešťových vod podle tradiční koncepce. Hlavním objektem byla dešťová kanalizace a retenční nádrž jejichž návrh byl podložen empirickým výpočtem popsáním v metodické části práce.

Tabulka 9 Výpočet množství srážkových vod dle městských standardů hl. m. Prahy-kanalizační část

Druh odvodňované plochy	souč. odtoku	Plocha	Odtok	Objem
	$\psi$ [-]	A [ha]	Q [l/s]	V [m <sup>3</sup> ]
Asfaltové a betonové plochy	0.9	1.71	236.09	424.95
Dlažby s pískovými spárami	0.6	0.32	29.10	52.37
Komunikace ze zatravněvací dlažby	0.3	0.00	0.00	0.00
Komunikace ze vsakovací dlažby	0.2	0.00	0.00	0.00
Neupravené a nezastavěné plochy	0.25	0.00	0.00	0.00
Sady a hřiště	0.15	0.00	0.00	0.00
Střechy	1.0	0.00	0.00	0.00
Upravené štěrkové plochy	0.4	0.00	0.00	0.00
Zatravněné plochy	0.1	0.23	3.57	6.43
suma		2.26	268.75	483.75 m3
			Povolený maximální odtok	6.79 l/s

Z tabulky 9 lze vyčíst hodnoty návrhových parametrů pro stanovení množství dešťových vod, jejich sumy a hodnotu povoleného maximálního odtoku z území. Podle empirických vztahů uvedených výše byl stanoven odtok z povodí na 286,75 l/s a celkový návrhový objem dešťových vod na 483,75 m<sup>3</sup>.

Dešťová kanalizace se skládá z hlavní větve vystavěné z kameninových trub DN 600 a tří vedlejších větví z kameninových trub DN 300. První vedlejší větev se nachází v blízkosti západní okružní křižovatky a zbylé dvě se napojují v místě druhé, východní, okružní křižovatky. Pro napojení uličních vpustí byly navrženy přípojky z kameninových trub DN 200. Přehledná situace je v příloze D.1.2 (.1/.2/.3)

Byly použity betonové šachty DN 1000 s prefabrikovaným dnem ve standardní a vysoké sestavě. Revizní šachty budou osazeny litinovým poklopem se znakem hl. m. Prahy a třídou zatížení D400.



Na základě výpočtu v *Tabulce 8* byl stanoven návrhový retenční objem nádrže 500 m<sup>3</sup>. Doba prázdnění tohoto retenčního objemu při regulovaném odtoku 6,75 l/s je 13,5 hod. Byla zvolena povrchová retenční nádrž přírodního typu se stálou hladinou a předsazeným sedimentačním prostorem.

V rámci situačních výkresů bylo navrženo vedení dešťové kanalizace, umístění uličních vpustí a jejich napojení na dešťovou kanalizaci. Dále poloha a tvar retenční nádrže a předpokládaná trasa napojení na recipient.

Dále byla dokumentace doplněna o podélné profily jednotlivých větví stokové sítě a výkresy uložení potrubí, skladby revizní šachty a napojení uličních vpustí.

### **Zavedení prvků modro-zelené infrastruktury do systému hospodaření s dešťovou vodou**

Systém HDV se v rámci zájmového území skládá z dešťové kanalizace a celkem 5 objektů MZI: tři průlehy, jedno podzemní štěrkové těleso a retenční nádrž. Z důvodu neproveditelnosti vsakovacích objektů se přistoupilo k návrhu systému s regulovaným odtokem do recipientu.

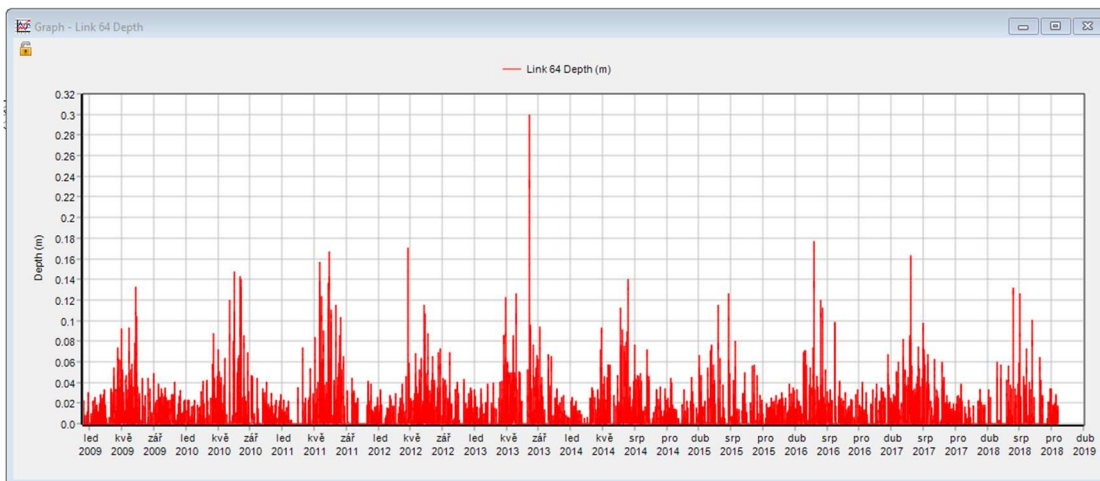
V rámci okružní křižovatky I. (západ) bylo navrženo podzemní štěrkové těleso a pro některé travnaté pásy v okolí komunikace byla zvolena varianta průlehu s podzemní štěrkovou rýhou. Ve dvou největších průlezích bude provedena výsadba stromů.

## **6.2 Finální návrh systému hospodaření s dešťovou vodou**

Na základě výstupu z matematického modelu došlo k úpravě prvotního návrhu systému a ke konečnému návrhu retenční nádrže.

### **6.2.1 Úprava dimenze potrubí**

Po provedení simulace v EPA-SWMM vyšlo najevo že hlavní odvodňovací stoka vyhoví při profilu DN 400, což bylo následně ověřeno opětovným spuštěním simulace.

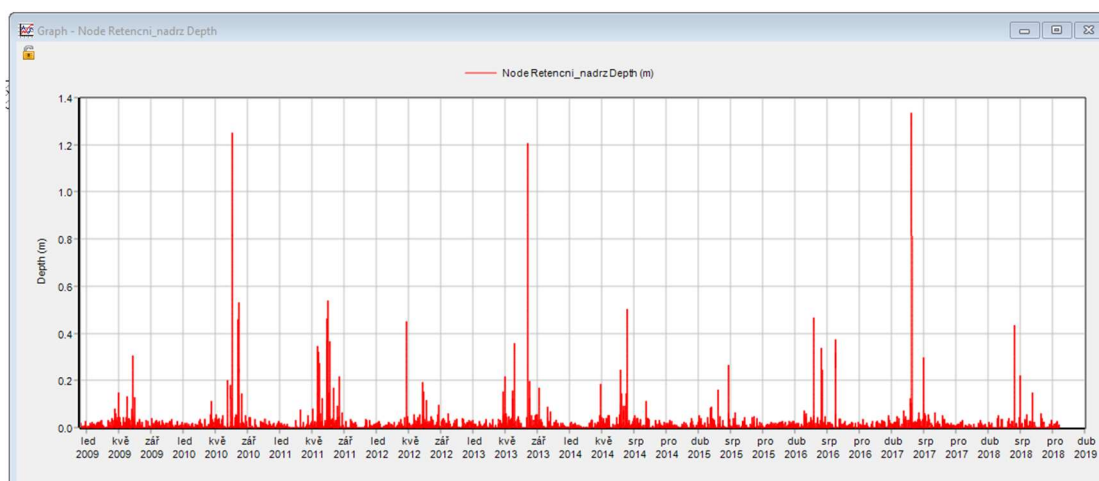


*Obrázek 31 průběh hloubky vody v potrubí před napojením do RN během 10 – ti leté simulace.*

Z grafu (*Obrázek 31*) je patrné, že během desetileté simulace nedojde k přetížení stoky. V tomto případě by mohlo dojít ke zmenšení dimenze potrubí. V rámci tohoto návrhu se přistoupilo k větší dimenzi z důvodu zajištění funkčnosti i po případném napojení přilehlých rozvojových oblastí.

## 6.2.2 Návrh retenčního prostoru nádrže

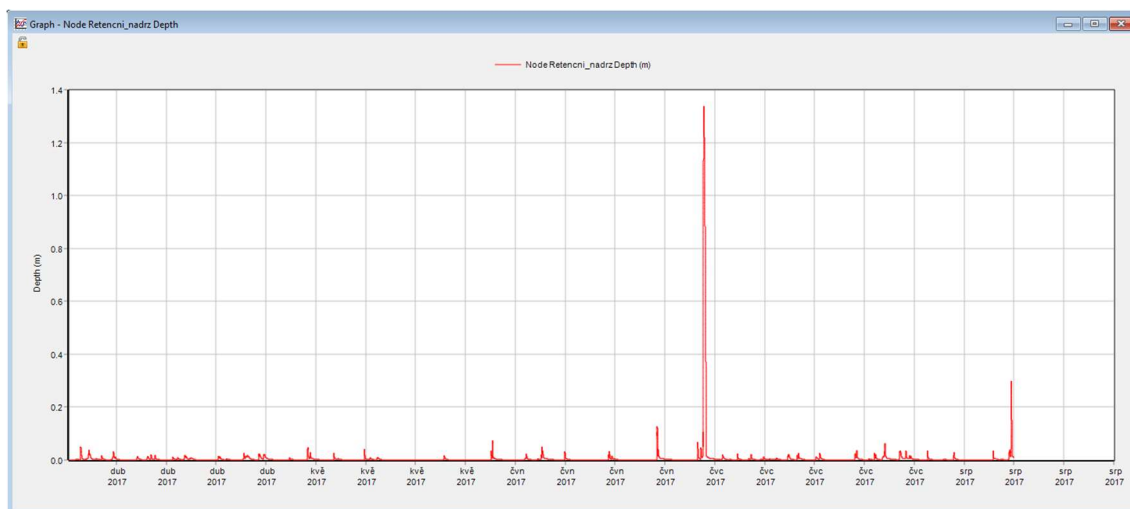
Objem retenční nádrže byl také stanoven s ohledem na výsledky matematické simulace.



*Obrázek 32 Průběh výšky hladiny v nádrži během 10 – ti leté simulace*

Z grafu (*Obrázek 32*) je patrné, že maximální hladina v nádrži nevystoupala v roce 2017 nad 1,40 m. Po zobrazení číselných dat se ukázalo, že maximální hloubka v nádrži byla

1,34 m, což odpovídá 134 m<sup>3</sup> vody. Návrhový retenční objem nádrže byl stanoven na 150 m<sup>3</sup>. Po zpracování geometrie vyšlo najevo, že zásobní objem činí 55 m<sup>3</sup> vody.



Obrázek 33 Průběh hladiny v nádrži v kritickém období duben--srpen 2017

Pro větší názornost byl spuštěn výpočet modelu pro nejkritičtější období. Na obrázku 33 je patrný průběh hladiny v nádrži v období duben–srpen 2017.

### 6.2.3 Doplnění projektové dokumentace

Projektová dokumentace odvodnění ulice Formanská v Újezdu u Průhonic byla rozdělena do dvou stavebních objektů: SO 301 Hospodaření s dešťovými vodami a SO 302 Retenční nádrž.

#### SO 301 Hospodaření s dešťovou vodou

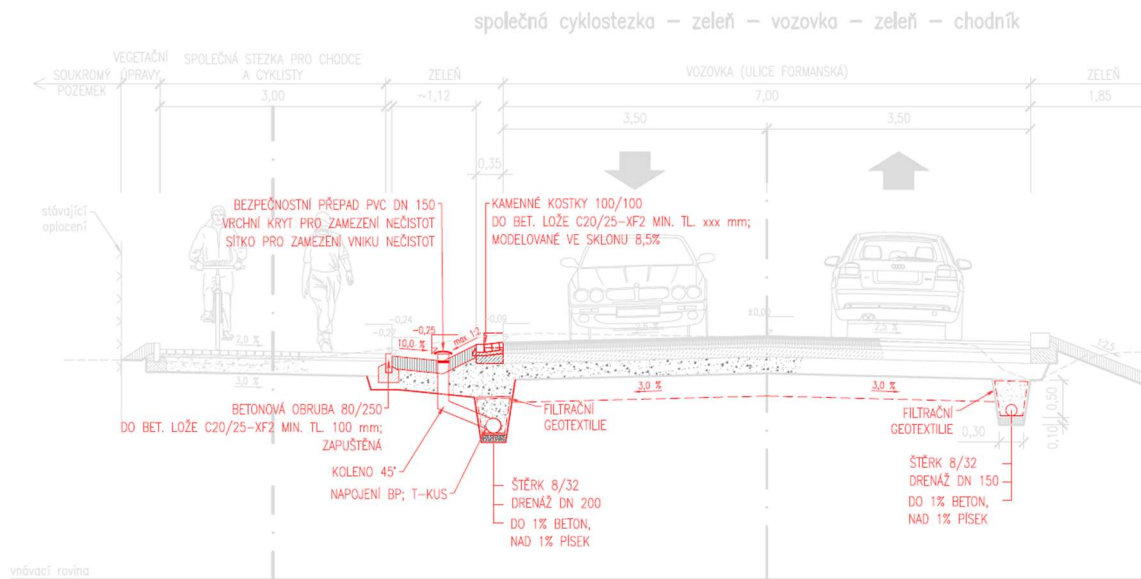
V rámci tohoto stavebního objektu byl zpracován návrh dešťové kanalizace, umístění a napojení uličních vpustí a napojení modro-zelené infrastruktury.

Dešťová kanalizace je tvořena hlavní stokou vybudovanou z kameninových trub DN400 o délce 1033,01 m. Kameninové potrubí je navrženo v souladu s metodickými pokyny pro výstavbu stokových sítí. Na stokové síti je umístěno celkem 29 revizních šachet z betonových prefabrikátů. Poklopy jsou navrženy na zatížení D 400 dle EN 124. 8 revizních šachet bude vystrojeno ve vysoké sestavě a 21 ve standardní sestavě. Přípojky uličních vpustí jsou navrženy z kameninových trub DN 200 a budou na hlavní stoku

napojeny mimo revizní šachty. Výjimkou jsou přípojky napojeny do začáteční šachty stoky.

Na hlavní dešťovou stoku jsou připojeny celkem 3 další větve dešťové kanalizace. Každá z nich je tvořena kameninovým potrubím DN300. Vedlejší stoky se napojují v místě dvou okružních křižovatek, které mají v území vzniknout. V rámci OK I. „západ“ dojde k napojení jedné větve o délce 24,05 m. K napojení dojde v rámci revizní šachty RŠ 27 ve staničení 0,974 45 km. V místě OK II. „východ“ budou vybudovány dvě vedlejší dešťové stoky s označením „A“ – 34,71 m a „B“ – 24,04 m. Napojení těchto stok dojde v rámci RŠ 08 ve staničení 0,269 98 km. Viz příloha D.1.7 a D.1.8.

Modrozelená infrastruktura byla navržena v průběžných zelených pásích a v rámci OK I. viz kapitola 5.2. *Prvotní návrh odvodnění*. Bezpečnostní přepady systému jsou svedeny do trativodů komunikace, nebo jsou pro tyto účely využity přímo uliční vpusti. V rámci doplnění projektové dokumentace byly vypracovány vzorové řezy jednotlivých objektů MZI a jejich specifických prvků (viz *Obrázek 34*). Vzorové řezy jsou obsahem příloh D.1.4; D.1.5; D.1.6.1; D.1.6.2 a D.1.6.3. Pro stavební objekt 301 byla vypracována zkrácená technická zpráva (D.1.1). Průvodní a souhrnná technická zpráva není součástí této závěrečné práce, jelikož pojednává i o dalších stavebních objektech, které nejsou součástí této diplomové práce, což by bylo v rozporu s etickými pravidly psaní vysokoškolských závěrečných prací.



V rámci úpravy původního návrhu došlo i k přepracování situačních výkresů a podélných profilů viz přílohy D.1.2.1; D.1.2.2; D.1.2.3; D.1.3.1 a D.1.3.2.

### SO 302 Retenční nádrž

Objekt retenční nádrže byl navrhován na základě výstupu z matematického modelu a metodiky pro navrhování retenčních nádrží. Nátokový objekt retenční nádrže je zaústěn do sedimentační části nádrže, která nemá žádný zásobní objem a slouží pro zpomalení průtoku vody v nádrži a jako prevence zanášení dna v hlavní části nádrže. Sedimentační prostor je předsazen hlavní části RN. Nátokový objekt bude opevněn kamennou dlažbou a kamenným pohozením na dně. Úroveň dna nátokového potrubí bude umístěna 100 mm nad maximální návrhovou úroveň hladiny. Dělicí hrázka bude vystavěna z kameniva frakce 125–300 mm. Jako hydroizolační vrstva byla zvolena fólie z měkčeného PVC uložena mezi vrstvami geotextílie. Pro opevnění dna a svahů byl navržen kamenný zához frakce 32–125 mm sahající do úrovně minimálně 30 cm nad výšku zásobní hladiny. Zbytek svahu je zpevněn přírodní kokosovou sítí kotvenou dřevěnými kolíky a osetý travním semenem.

Svahy nádrže jsou navrženy ve sklonu 2:1 s ohledem na sypaný charakter nádrže a hradícího tělesa. Skladba nádrže je patrná z přílohy D.2.3 a D.2.4.

Odtok z nádrže bude zajištěn sdruženým výustním objektem. Objekt bude vystaven v betonové šachtě s lávkou a nerezovou pochozí mříží, zajišťující možnost propadu vody z vrchu. Šachta bude rozdělena přepážkou, na kterou se osadí armatury pro manipulaci s hladinou. Ve spodní části bude šoupě pro možnost otevření spodní výpusti nádrže, regulační vírový ventil bude osazen tak, aby jeho horní hrana byla 18 cm pod návrhovou hladinou. Horní hrana dělicí přepážky bude ležet 5 cm pod návrhovou maximální hladinou a bude tvořit bezpečnostní přepad. Za dělicí přepážkou sdruženého výustního objektu je umístěno odtokové potrubí z PVC DN 300.

Na konci propustku je odtok opevněn kamennou dlažbou a napojen na stávající tok povrchově nebo pomocí potrubí. Detailní návrh napojení na stávající koryto nebylo možné dokončit z důvodu chybějícího detailního geodetického zaměření koryta.

Návrhový odtok z nádrže bude regulován na 6,75 l/s. Hodnota byla stanovena na základě metodiky Standardů hospodaření s dešťovou vodou na území hl. m. Prahy.

### **6.3 Porovnání původního a finálního návrhu**

Původní návrh systému byl založen na výpočtech pomocí empirických vztahů z Městských standardů vodovodů a kanalizací hl. m. Prahy [35]. Detailní postup návrhu je popsán v kapitole 5.2. Původní a upravený návrh se liší ve dvou zásadních věcech. Návrhová dimenze potrubí a retenční objem nádrže.

Dimenze potrubí byla v první části návrhu odvodnění stanovena na DN 600, po provedení simulace ve specializovaném softwaru byl návrh upraven na DN 400.

Výraznější rozdíl je patrný u návrhu retenční nádrže. Původní výpočet, který byl proveden na základě metodiky hlavního města Prahy, stanovil návrhový retenční objem nádrže na 500 m<sup>3</sup>. Po provedení simulace v matematickém modelu povodí došlo k úpravě retenčního objemu na 150 m<sup>3</sup>.

Pro porovnání byl vypočten potřebný retenční objem také pomocí metody uvedené v ČSN 75 6760 a ČSN 75 9010. Kdyby se postupovalo pomocí této metodiky, návrhový retenční objem by byl roven 620 m<sup>3</sup> (viz *Tabulka 10*).

Tabulka 10 Výpočet retenčního objemu v nádrži pomocí metodiky ČSN

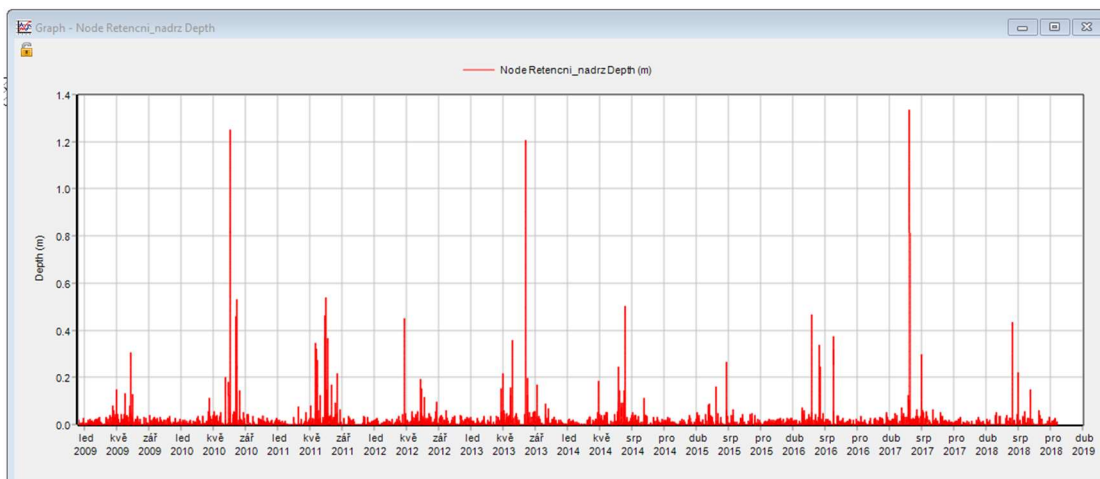
	A_red [m3]	17565.46	17565.46	17565.46	17565.46	17565.46	17565.46	17565.46	17565.46
	Q_reg [l/s]	6.794	6.794	6.794	6.794	6.794	6.794	6.794	6.794
	t_c [min]	5	10	15	20	30	40	60	120
	i [mm]	13.1	19.5	23.2	25.3	28.1	30.2	33.1	37.9
	V [m3]	228.07	338.45	401.40	436.25	481.36	514.17	556.96	616.81
	Q_in [l/s/ha]	437	325	258	211	156	126	92	53
[m3]	V_in	230.1	342.5	407.5	444.4	493.6	530.5	581.4	665.7
	V_out	2.0	4.1	6.1	8.2	12.2	16.3	24.5	48.9
	V_celk	<u>228.1</u>	<u>338.4</u>	<u>401.4</u>	<u>436.3</u>	<u>481.4</u>	<u>514.2</u>	<u>557.0</u>	<u>616.81</u>
	V_max?	<b>616.8 m3</b>							
	T_pr	17.65202 h							

Vzhledem k tomu, že se jedná o návrh komplexního systému odvodnění s několika retenčními prvky, bylo zapotřebí přistoupit k výpočtu návrhových parametrů pomocí srážko-odtokového modelu území s uvažováním prvků HDV.

### 6.3.1 Porovnání vlivu LID prvků na srážkový odtok z povodí.

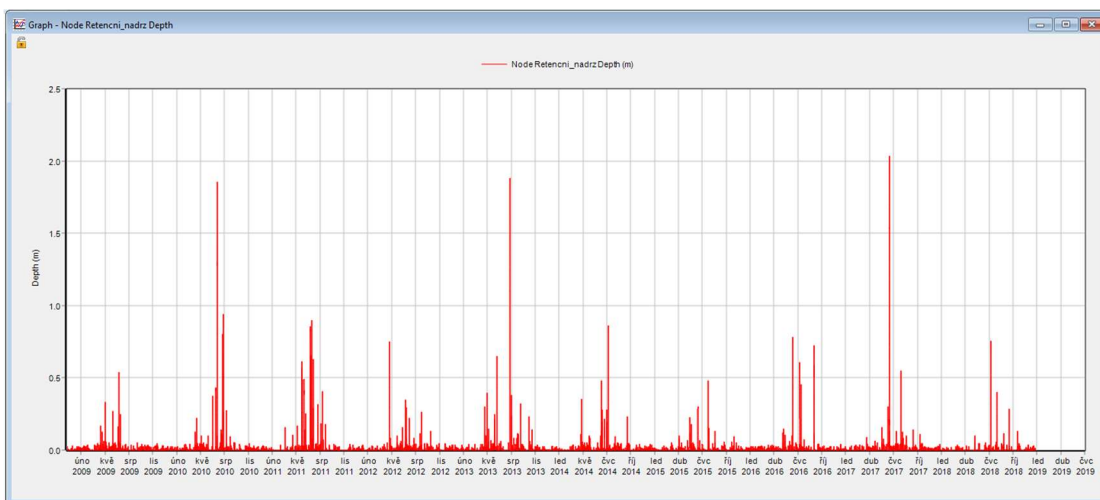
V rámci modelování systému odvodnění byly zavedeny LID prvky. V této podkapitole bude prezentováno, jaký vliv dané prvky mají.

Simulace srážkového odtoku z povodí při zavedení LID prvků byla znázorněna v předchozí kapitole. Pro variantu modelu bez zavedení LID je s územím, ve kterém jsou objekty MZI umístěny, počítáno jako se zatravněnou plochou. Nejnázorněji je tento rozdíl vidět na pohybu hladiny v retenční nádrži. Pro finální návrh byl použit model se zavedením LID controls. Maximální výška hladiny v nádrži byla 1,34 m v létě 2017 a průběh výšky hladiny vypadal následovně (viz *Obrázek 35*):



Obrázek 35 průběh výšky hladiny v nádrži pro simulaci s LID prvky

Při simulaci bez zavedení LID controls se maximální hladina v nádrži dostala na hodnotu 2,03 m, což odpovídá 203 m<sup>3</sup> vody. Průběh hladiny v rámci 10 – ti leté simulace vypadal takto:



Obrázek 36 průběh výšky hladiny v nádrži pro simulaci bez zavedení LID prvků

Z modelu vyplývá, že vlivem modro-zelené infrastruktury se pro návrhové území sníží maximální hladina v nádrži o 0,69 m. Celková plocha objektů MZI zabírá 1219 m<sup>2</sup>, což odpovídá 5,38% celkové plochy povodí. Porovnání maximálního objemu vody v nádrži je znázorněno v Tabulce 11.



Tabulka 11 Porovnání návrhových metod retenční nádrže

Návrhová metoda	Maximální objem vody v nádrži
Městské standardy vodovodů a kanalizací HMP	483,75 m <sup>3</sup>
ČSN 75 9010	616,8 m <sup>3</sup>
Dlouhodobá matematická simulace bez zavedení LID prvků	203 m <sup>3</sup>
Dlouhodobá matematická simulace s LID prvky	134 m <sup>3</sup>

## 6.4 Odhad nákladů

Při odhadu nákladů na výstavbu se vycházelo z interní databáze cen a byl vyhotoven položkový rozpočet jednotlivých částí stavebních objektů (viz tabulka 12 až 15).

### SO 301 Hospodaření s dešťovými vodami.

Tabulka 12 Odhad nákladů na výstavbu přípojek UV

položka	MJ	množství	jednotková cena [CZK]	cena celkem [CZK]	
<b>přípojky UV</b>					
D+M kameninové potrubí DN 200	m	255	1,800.00	459,000.00	
PVC perforované potrubí DN 150 <sup>3</sup> -360	m	29.08	135.00	3,925.80	
PVC perforované potrubí DN 150 <sup>3</sup> -220	m	15.52	135.00	2,095.20	
PVC přípojovací potrubí DN 200	m	20.7	600.00	12,420.00	
sedimentační šachta PVC DN400	ks	2	2,130.00	4,260.00	
Revizní šachta mzi PVC DN 1000	ks	1	51,000.00	51,000.00	
Uliční vpust prefabrikovaná s košem	ks	44	5,000.00	220,000.00	
Uliční vpust MZI prefabrikovaná s košem	ks	8	6,000.00	48,000.00	
Sorpční uliční vpust	ks	2	35,000.00	70,000.00	
obetonování potrubí	m3	64	4,000.00	256,000.00	
Hloubení rýh	m3	510	700.00	357,000.00	
pažení a odpažení rýh	m2	1012	300.00	303,600.00	
zásyp zeminou	m3	435	140.00	60,900.00	
				<b>1,848,201.00</b>	kč

Tabulka 13 Odhad nákladů na výstavbu dešťové kanalizace

položka	MJ	množství	jednotková cena [CZK]	cena celkem [CZK]	
<b>dešťová kanalizace</b>					
D+M kameninové podrubí DN 400	m	1033.01	5,300.00	5,474,953.00	
D+M kameninové podrubí DN 300	m	82.8	3,400.00	281,520.00	
D+M kanalizační šachty standardní sestava	ks	26	41,000.00	1,066,000.00	
D+M kanalizační šachty vysoká sestava	ks	8	53,000.00	424,000.00	
obetonový potrubí	m3	18	4,000.00	72,000.00	
Hloubení rýh	m3	3850	700.00	2,695,000.00	
pažení a odpažení rýh	m2	7700	300.00	2,310,000.00	
zásyp zeminou	m3	435	140.00	60,900.00	
				<b>12,384,373.00</b>	kč

Tabulka 14 Odhad nákladů na výstavbu objektů modro-zelené infrastruktury

položka	MJ	množství	jednotková cena [CZK]	cena celkem [CZK]	
<b>MZI</b>					
Hloubení výkopů	m3	780	700.00	546,000.00	
instalace geotextilie	m2	765.9	45.00 Kč	34,465.50	
bezpečnostní přeliv MZI	ks	2	620.00 Kč	1,240.00	
půdní filtr	m2	1100	200.00 Kč	220,000.00	
štěrky	m3	670	310.00 Kč	207,700.00	
ohumusování a osetí	m2	1100	40.00 Kč	44,000.00	
výsadba stromů	ks	20	350.00 Kč	7,000.00	
				<b>1,060,405.50</b>	kč

Celková suma odhadovaných nákladů stavebního objektu SO 301 je 15 292 979,50 Kč.

## SO 302 Retenční nádrž

Tabulka 15 Odhad investičních nákladů na výstavbu retenční nádrže

položka	MJ	množství	jednotková cena [CZK]	cena celkem [CZK]	
<b>Retenční nádrž</b>					
sejmutí ornice	m2	470	71.30	33,511.00	
Hloubení nezapažených jam strojně	m3	1260	354.20	446,292.00	
Zásyp jam, šachet; vrstvení materiálu s hutněním	m3	900	179.40	161,460.00	
Rozporostření ornice	m2	400	92.00	36,800.00	
instalace izolační folie	m2	304.65	287.50	87,586.88	
instalace geotextilie	m2	609.3	51.75	31,531.28	
Zához z lomového kamene 63-250mm	t	24.21	379.50	9,187.70	
kamenná dlažba do betonové lože	m3	7.8	7,475.00	58,305.00	
<b>výpustní objekty</b>					
vřetenové šoupátko spodní výpusti	ks	1	39,868.20	39,868.20	
rybníční výpust pro manipulaci se spodní výpustí s lávkou	ks	1	18,212.77	18,212.77	
výrový ventil pro regulovaný odtok	ks	1	61,842.40	61,842.40	
ohumusování a osetí	m2	400	46.00	18,400.00	
				<b>1,002,997.22</b>	kč

Odhadované náklady na výstavbu SO 302 Retenční nádrž činí 1 002 997,22 Kč.

Celkové náklady na výstavbu, vyčíslené v tomto odhadu, činí 16 295 976,72 Kč.

## 7. Diskuse

Při zpracování této diplomové práce bylo nutné komunikovat s dalšími profesemi, jež se na celkovém návrhu rekonstrukce ulice Formanská podílely. Při jednáních se často muselo dojít ke kompromisům z obou stran, aby byl finální návrh přijatelný pro všechny. Nejčastěji se diskutovalo s projektanty a zástupci provozovatele a zřizovatele stavby. Z projekčního hlediska šlo zejména o koordinaci s výstavbou a provozem komunikací. Nároky ze stran provozovatele byly zejména na údržbu a jednoduchou obslužnost systémů. Zde bylo mnohdy zapotřebí si argumentačně obhájit předložený návrh.

V rámci jednání byl největší problém s prosazením perforací v obrubách komunikace pro plošný povrchový nátok vody do objektů MZI. Po předložení argumentů o ekonomické stránce návrhu, nízkým nárokům na obslužnost a provoz a prezentaci několika konkrétních řešení ze zahraničí byla tato varianta schválena jako nejlepší řešení.

Zajímavá byla spolupráce s projektanty dopravních staveb, kde bylo mnohdy potřeba se přizpůsobit jejich návrhu. V rámci praxe to jistě rozšířilo mé znalosti a myslím si, že pro navrhování MZI je důležité znát základní principy a technické požadavky návrhu komunikací. Spolupráce těchto dvou odvětví stavebního inženýrství je téměř nevyhnutelná a vzájemné povědomí o nárocích oborů usnadní práci oběma stranám.

Čistě z vodohospodářského pohledu není napojení modro-zelené infrastruktury zcela optimální. Z důvodu kooperace a hledání kompromisů se muselo od některých objektů ustoupit nebo je kapacitně omezit. Dalším faktorem byly požadavky investora, který svou celkovou vizi o lokalitě v průběhu tvorby návrhu průběžně měnil a bylo potřeba se těmto změnám přizpůsobit. Pro zlepšení spolupráce s investory i správci a provozovateli stavby by pomohla lepší informovanost o problematice hospodaření s dešťovými vodami a technické stránce jejího provádění. O tyto informace však často není ze strany investorů velký zájem.

## 8. Závěry

Cílem této práce bylo navrhnout řešení srážkových vod v zájmovém území v rámci rekonstrukce ulice Formanská v Újezdu u Průhonic. K návrhu systému hospodaření s dešťovou mělo být využito moderních konceptů a začlenit modro-zelenou infrastrukturu. Vzhledem k nepříznivým hydrogeologickým podmínkám nebylo možné navrhnout čistě vsakovací objekty a voda z území tedy musí být regulovaně odváděna do recipientu.

Výstupem této diplomové práce je návrh systému odvodnění ulice Formanská, který se opírá o data získaná ze srážko-odtokového matematického modelu vypracovaného pro danou lokalitu. Projektová dokumentace zpracována v úrovni DUSP je přílohou této diplomové práce. Systém odvodnění byl rozdělen do dvou stavebních objektů.

**SO 301 Hospodaření s dešťovými vodami** se zabývá řešením dešťové kanalizace, odvodněním uličního prostoru uličními vpustěmi a zavedením modro-zelené infrastruktury do systému HDV.

**SO 302 Retenční nádrž** zahrnuje návrh povrchové retenční nádrže se stálým objemem vody, která slouží jako hlavní regulační objekt pro dané povodí.

Hlavní účel navrženého systému je retence vody v povodí a snížení nátoků povrchových vod do recipientu. Objekty MZI zabírají pouze 5,38 % plochy daného území. Redukce maximálního objemu vody v retenční nádrži vlivem MZI je 34 % (69 m<sup>3</sup>).

V rámci práce bylo postupováno podle aktuálních informací a principů z odborné literatury. Při návrhu bylo řešení průběžně konzultováno s odborníky, kteří se danou problematikou zabývají. Konzultace byla přínosná zejména pro potvrzení funkčnosti technické stránky návrhu. Na toto téma neexistuje příliš mnoho literatury, ze které by se dalo čerpat. Často se návrh zhotovil na základě inženýrského odhadu a byl optimalizován na základě připomínek odborníků a požadavků zadavatele.

Při zpracování závěrečné práce docházelo ke koordinaci návrhu s dalšími profesemi, což bylo přínosem pro širší povědomí o problematice MZI a její proveditelnosti ve smyslu omezení z pohledu dalších profesí. Zkušenosti, které mi tato práce přinesla budou

v budoucnu přínosem pro mou kvalitnější práci v oboru a snazší uvážení nároků ostatních oborů stavebního inženýrství.

Voda je vzácná, nikdo z nás ji nevlastní. Máme ji vypůjčenou od Země, proto bychom ji Zemi také měli vracet. V dobrém stavu a na správné místo. Začleňování modro-zelené infrastruktury do urbanizovaných území je jedním z kroků k tomu, aby se tak dělo.

## 9. Bibliografie

- [1] KREJČÍ, Vladimír. *Odvodnění urbanizovaných území - koncepční přístup*. První vydání. Brno: Noel 2000, 2002. ISBN 80-860-2039-8.
- [2] HLAVÍNEK, Petr, Jan MIČÍN a Petr PRAX. *Stokování a čištění odpadních vod*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2003. ISBN 80-214-2535-0.
- [3] ČSN 75 6101: *Stokové sítě a kanalizační přípojky*. Oprava 1. Praha, 2013.
- [4] NYPL, Vladimír. *Komplexní projekt Z I (Stokování)*. 1. vyd. Praha: ČVUT, 1990. ISBN 80-01-00245-4.
- [5] SÝKOROVÁ, Martina, Pavel TOMÁNEK, Lýdia ŠUŠLÍKOVÁ, Nicol STAŇKOVÁ, Markéta HABALOVÁ, Martin ČTVERÁK, Jan MACHÁČ a Marek HEKRLE. *Voda ve městě: metodika pro hospodaření s dešťovou vodou ve vazbě na zelenou infrastrukturu*. V Praze: České vysoké učení technické (ČVUT) ve spolupráci s Univerzitou Jana Evangelisty Purkyně (UJEP), 2021. ISBN 978-80-01-06817-5.
- [6] *Studie hospodaření se srážkovými vodami v urbanizovaných územích*. Ministerstvo životního prostředí, 2019.
- [7] MINISTERSTVO ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ ČR. *Národní akční plán adaptace na změnu klimatu*. II. 2021.
- [8] MINISTERSTVO ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ ČR. *Strategie přizpůsobení se změně klimatu v podmínkách ČR*. II. 2021.

- [9] MINISTERSTVO ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ ČR. *Státní politika životního prostředí ČR*. VI. 2021.
- [10] MINISTERSTVO ZEMĚDĚLSTVÍ ČR, , MINISTERSTVO ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ ČR a VÚV TGM. *Koncepce na ochranu před následky sucha pro území České republiky*. 2017.
- [11] *Povodňový informační systém* [online]. 2006, 2023 [cit. 2023-12-30]. Dostupné z: <https://www.povis.cz/html/index.html?pzpr.htm>
- [12] *Zákon č. 254/2001 Sb.: Zákon o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon)*. In: . 2001.
- [13] *183/2006 Sb.: Zákon o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon)*. In: . 2006. Dostupné také z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2006-183>
- [14] STRÁNSKÝ, David, Vojtěch BAREŠ a Ivana KABELKOVÁ. Zásady hospodaření s dešťovou vodou a legislativa. *Počítáme s vodou* [online]. 2021, 53 [cit. 2023-11-11]. Dostupné z: [https://www.pocitamesvodou.cz/wp-content/uploads/2019/09/01\\_Prezentace\\_Z%C3%A1sady-HDV-a-legislativa\\_DS\\_20191101\\_Vojt%C4%Bch-Bare%C5%A1.pdf](https://www.pocitamesvodou.cz/wp-content/uploads/2019/09/01_Prezentace_Z%C3%A1sady-HDV-a-legislativa_DS_20191101_Vojt%C4%Bch-Bare%C5%A1.pdf)
- [15] *Zákon č. 283/2021 Sb.: (Nový) stavební zákon*. In: . 2021.
- [16] MZE. *TNV 75 9011: Hospodaření se srážkovými vodami*.
- [17] ČSN 75 9010. *ČSN 75 9010: Vsakovací zařízení srážkových vod*.
- [18] ČSN 73 6005: *Prostorové uspořádání vedení technického vybavení*. Praha, 2020.

- [19] Hospodaření s dešťovou vodou. In: *Ministerstvo životního prostředí* [online]. 2021 [cit. 2023-12-31]. Dostupné z: [https://www.mzp.cz/cz/hospodareni\\_s\\_destovou\\_vodou](https://www.mzp.cz/cz/hospodareni_s_destovou_vodou)
- [20] STRÁNSKÝ, David. *Opatření na ochranu recipientu-Hospodaření s dešťovými vodami* [online]. Praha, 2023 [cit. 2023-11-16]. Přednáška. ČVUT.
- [21] EDGE. *Livable Streets: A Handbook of Bluegreengrey Systems* [Sborník]. Švédsko, 2020.
- [22] CZWA SERVICE S.R.O. *Analýza dokumentů pro koncepční hospodaření se srážkovou vodou v obcích*. 2021.
- [23] MAGISTRÁT HL. M. PRAHY. *Standardy hospodaření se srážkovými vodami na území hlavního města Prahy*. Praha.
- [24] CUNDALL GLOBAL. *Blue-green infrastructure-online webinar*. 2020. Dostupné také z: <https://www.youtube.com/watch?v=ncpJrU8ctIo>
- [25] EPA. Benefits of Green Infrastructure. In: *United States Environmental Protection Agency* [online]. 2023 [cit. 2023-12-30]. Dostupné z: <https://www.epa.gov/green-infrastructure/benefits-green-infrastructure>
- [26] Multiple benefits of green infrastructure and role of green infrastructure in sustainability and ecosystem services. In: *Minnesota Stormwater Manual* [online]. 2023 [cit. 2023-12-30]. Dostupné z: [https://stormwater.pca.state.mn.us/index.php?title=Multiple\\_benefits\\_of\\_green\\_infrastructure\\_and\\_role\\_of\\_green\\_infrastructure\\_in\\_sustainability\\_and\\_ecosystem\\_services](https://stormwater.pca.state.mn.us/index.php?title=Multiple_benefits_of_green_infrastructure_and_role_of_green_infrastructure_in_sustainability_and_ecosystem_services)



- [27] Střechy s retenční vrstvou. In: *TZB info* [online]. 2020 [cit. 2023-12-31]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/strechy/20129-odtokove-parametry-technickych-vrstev-zelene-strechy-s-vyuzitim-textilniho-recyklatu>
- [28] Zasakovací rošty. In: *Asio.cz* [online]. 2023. Dostupné také z: <https://www.asio.cz/cz/p/95.zasakovaci-rosty-zatravnovaci-dlazba-pro-zpevnene-propustne-povrchy-as-tte-rost>
- [29] Vsakovací šachta. In: *Plastino.cz* [online]. 2020 [cit. 2023-12-31]. Dostupné z: <https://www.plastino.cz/produkt/vsakovaci-sachta-samososna-3m3/>
- [30] Povrchová retenční nádrž. In: *Ekolist.cz* [online]. 2020 [cit. 2023-12-31]. Dostupné z: <https://ekolist.cz/cz/publicistika/priroda/povrchove-retencni-destove-nadrze-zatim-nevyuzita-prilezitost-mestske-a-primestske-krajiny>
- [31] Podzemní akumulční nádrž. In: *Topin.cz* [online]. 2020 [cit. 2023-12-31]. Dostupné z: <https://www.topin.cz/clanky/podzemni-nadrze-garantia-na-destovou-vodu-na-veletrhu-for-arch-2020-detail-9241>
- [32] *Mapa zájmového území*. Mapy.cz, 2024.
- [33] *Český hydrometeorologický ústav* [online]. In: . [cit. 2023-11-25]. Dostupné z: <https://www.chmi.cz/>
- [34] *Geo portal* [online]. 2010 [cit. 2023-12-31]. Dostupné z: <https://geoportal.gov.cz/web/guest/home;jsessionid=6038225FBEBFCF04DF3BE56C9806315D1>

- [35] MAGISTRÁT HL. M. PRAHY. *Městské standardy vodovodů a kanalizací na území hl. m. Prahy* [online]. 8. Praha: PVS, 2023. Dostupné také z: <https://www.pvs.cz/pro-zakazniky/mestske-standardy/>
- [36] ASIO, spol. s. r. o. *SYSTÉM PRO AKUMULACI SRÁŽKOVÝCH VOD AS-NIDAFLOW: Projektční a instalační podklad* [online]. In: . s. 35. Dostupné také z: [https://www.asio.cz/?download=\\_/materialy-as-nidaflow/pip\\_as-nidaflow\\_2013\\_10\\_21.pdf](https://www.asio.cz/?download=_/materialy-as-nidaflow/pip_as-nidaflow_2013_10_21.pdf)
- [37] ÚSTAV ÚZEMNÍHO ROZVOJE. *PRŮMĚRNÉ CENY DOPRAVNÍ A TECHNICKÉ INFRASTRUKTURY OBCÍ*. 2023. Dostupné také z: <https://www.uur.cz/publikacni-cinnost/aktualizovane-prirucky/>

## Seznam zkratek

- CzWA – Asociace pro vodu ČR, z. s.; (Czech Water association)
- ČOV – čistírna odpadních vod
- MZI – modro-zelená infrastruktura
- MŽP – Ministerstvo životního prostředí
- MZE – Ministerstvo zemědělství
- ÚÚR – Ústav územního rozvoje
- OV – odpadní vody
- ČSN – chráněné označení českých technických norem
- RN – retenční nádrž
- UV – uliční vpust
- RŠ – revizní šachta
- ČR – Česká republika
- ČIŽP – Česká inspekce životního prostředí
- HDV – Hospodaření s dešťovou vodou
- LID – Low Impact Development
- PP – Podélný profil
- Bpv – Balt po vyrovnání

# Seznam obrázků, tabulek a rovnic

## Seznam obrázků

OBRÁZEK 1 SCHÉMA POVINNOSTÍ PŘI REALIZACI STAVBY VYPLÝVAJÍCÍ ZE ZÁKONA. [14]	14
OBRÁZEK 2 PRINCIP FUNGOVÁNÍ SYSTÉMU HDV PŘI RŮZNÝCH SRÁŽKOVÝCH AKTIVITÁCH [20]	16
OBRÁZEK 3 SCHÉMATICKÝ POPIS MZI (MZŠI) ZNÁZORŇUJÍCÍ PROLÍNÁNÍ JEDNOTLIVÝCH ČÁSTÍ [20] 1-CENTRÁLNÍ A SEMICENTRÁLNÍ SYSTÉM BEZ VAZBY NA LOKÁLNÍ VODNÍ KOLOBĚH 2-DECENTRÁLNÍ OBJEKTY BEZ VAZBY NA ZELENĚ, ALE PODPORUJÍCÍ LOKÁLNÍ VODNÍ KOLOBĚH 3-DECENTRÁLNÍ OBJEKTY SPOJENÉ SE ZELENÍ A PODPORUJÍCÍ LOKÁLNÍ VODNÍ KOLOBĚH	20
OBRÁZEK 4 VYUŽITÍ STŘECH S RETENČNÍ VRSTVOU V ZÁSTAVBĚ [27]	23
OBRÁZEK 5 ŘEŠENÍ PROPUSTNOSTI ZPEVNĚNÉHO POVRCHU ZASAKOVACÍMI ROŠTY [28]	24
OBRÁZEK 6 OBJEKT PLOŠNÉHO VSAKOVÁNÍ [16]	25
OBRÁZEK 7 VSAKOVACÍ RÝHA S POVRCHOVÝM PŘÍTOKEM [16]	26
OBRÁZEK 8 VSAKOVACÍ PRŮLEH S REGULOVANÝM ODTOKEM [16]	27
OBRÁZEK 9 ŘEZ VSAKOVACÍ ŠACHTOU [29]	28
OBRÁZEK 10 POVRCHOVÁ RETENČNÍ NÁDRŽ V AREÁLU ZČU [30]	29
OBRÁZEK 11 PODZEMNÍ AKUMULAČNÍ NÁDRŽ PRO RODINNÉ DOMY [31]	30
OBRÁZEK 12 ZÁKLADNÍ VZOREC HYDROLOGICKÉ BILANCE V RÁMCI HDV [23]	32
OBRÁZEK 13 ZÁJMŮVÉ ÚZEM-ULICE FORMANSKÁ U ÚJEZDU U PRŮHONIC [32]	36
OBRÁZEK 14 MODELOVÝ PROSTOR EPA-SWMM	47
OBRÁZEK 15 TABULÁRNÍ NASTAVENÍ TVARU NÁDRŽE	48
OBRÁZEK 16 DIALOGOVÉ OKNO PODPOVODÍ	49
OBRÁZEK 17 TIME SERIES EDITOR-EPA SWMM	50
OBRÁZEK 18 NASTAVENÍ V RAIN GAGE EDITORU PRO SRÁŽKOMĚR CHODOV	51
OBRÁZEK 19 LID CONTROL EDITOR-VÝBĚR TYPU LID	52
OBRÁZEK 20 VLASTNOSTI PŮDNÍHO FILTRU	53
OBRÁZEK 21 VLASTNOSTI RETENČNÍHO PROSTORU	54
OBRÁZEK 22 VLASTNOSTI DRENÁŽE/ODVODŇOVACÍHO POTRUBÍ	54
OBRÁZEK 23 CONTROL CURVE EDITOR	55
OBRÁZEK 24 POPIS PROMĚNNÝCH PRO VÝPOČET PRŮTOKU ŠTĚRBINAMI	56
OBRÁZEK 25 NASTAVENÍ LID CONTROL V RÁMCI POVODÍ	57
OBRÁZEK 26 NASTAVENÍ SIMULACE-GENERAL OPTIONS	58
OBRÁZEK 27 NASTAVENÍ SIMULACE-DATES. NASTAVENO PRO NEJRIZIKOVĚJŠÍ OBDOBÍ	59
	84

OBRÁZEK 28 NASTAVENÍ SIMULACE-TIME STEPS	60
OBRÁZEK 29 RUN STATUS PO SPUŠTĚNÍ SIMULACE.	60
OBRÁZEK 30 GRAFICKÝ VÝSTUP SIMULACE	61
OBRÁZEK 31 PRŮBĚH HLOUBKY VODY V POTRUBÍ PŘED NAPOJENÍM DO RN BĚHEM 10 – TI LETÉ SIMULACE.	66
OBRÁZEK 32 PRŮBĚH VÝŠKY HLADINY V NÁDRŽI BĚHEM 10 – TI LETÉ SIMULACE	66
OBRÁZEK 33 PRŮBĚH HLADINY V NÁDRŽI V KRITICKÉM OBDOBÍ DUBEN--SRPEN 2017	67
OBRÁZEK 34 VZOROVÝ ŘEZ PRŮLEHEM	69
OBRÁZEK 35 PRŮBĚH VÝŠKY HLADINY V NÁDRŽI PRO SIMULACI S LID PRVKY	72
OBRÁZEK 36 PRŮBĚH VÝŠKY HLADINY V NÁDRŽI PRO SIMULACI BEZ ZAVEDENÍ LID PRVKŮ	72

## Seznam tabulek

TABULKA 1 TABULKA PODKLADŮ [5]	18
TABULKA 2 PŘEHLED ÚKONŮ ÚDRŽBY OBJEKTŮ HDV [16]	31
TABULKA 3 PŘEHLED NÁVRHOVÝCH METOD [23]'	32
TABULKA 4 HODNOTY SOUČiniteLE ODTOKU ZE STANDARDŮ HDV NA ÚZEMÍ HMP [23]	33
TABULKA 5 DATA PRŮMĚRNÝCH ÚZEMNÍCH SRÁŽEK PRO PRAHU A STŘEDOČESKÝ KRAJ (ČHMÚ) [33]	37
TABULKA 6 TABULKA INTENZIT NÁHRADNÍCH ZATĚŽOVACÍCH DEŠŤŮ [35]	43
TABULKA 7 PODMÍNKY POUŽITÍ NÁVRHOVÝCH METOD SYSTÉMŮ HDV [23]	46
TABULKA 8 TABULÁRNÍ ZÁZNAM ÚROVNĚ HLADINY V NÁDRŽI	62
TABULKA 9 VÝPOČET MNOŽSTVÍ SRÁŽKOVÝCH VOD DLE MĚSTSKÝCH STANDARDŮ HL. M. PRAHY-KANALIZAČNÍ ČÁST	64
TABULKA 10 VÝPOČET RETENČNÍHO OBJEMU V NÁDRŽI POMOCÍ METODIKY ČSN	71
TABULKA 11 POROVNÁNÍ NÁVRHOVÝCH METOD RETENČNÍ NÁDRŽE	73
TABULKA 12 ODHAD NÁKLADŮ NA VÝSTAVBU PŘÍPOJEK UV	73
TABULKA 13 ODHAD NÁKLADŮ NA VÝSTAVBU DEŠŤOVÉ KANALIZACE	74
TABULKA 14 ODHAD NÁKLADŮ NA VÝSTAVBU OBJEKTŮ MODRO-ZELENÉ INFRASTRUKTURY	74
TABULKA 15 ODHAD INVESTIČNÍCH NÁKLADŮ NA VÝSTAVBU RETENČNÍ NÁDRŽE	74

## Seznam příloh

<b>C.0</b>	<b>OBSAH DOKUMENTACE</b>	<b>—</b>
C.1	SITUAČNÍ VÝKRES ŠIRŠÍCH VZTAHŮ	—
C.2	KATASTRÁLNÍ SITUAČNÍ VÝKRES	1:500
C.3	KOORDINAČNÍ SITUAČNÍ VÝKRES	1:500
<b>D.1.0</b>	<b>OBSAH DOKUMENTACE SO 301</b>	<b>—</b>
D.1.1	TECHNICKÁ ZPRÁVA	—
D.1.2.1	SITUAČNÍ VÝKRES SYSTÉMU HDV A1	1:250
D.1.2.2	SITUAČNÍ VÝKRES SYSTÉMU HDV A2	1:250
D.1.2.3	SITUAČNÍ VÝKRES SYSTÉMU HDV A3	1:250
D.1.3.1	PODÉLNÝ PROFIL STOKY	1:1000/100
D.1.3.2	PODÉLNÝ PROFIL STOKY	1:1000/100
D.1.4	VZOROVÉ PŘÍČNÉ ŘEZY	1:20
D.1.5	VZOROVÝ ŘEZ ULOŽENÍ KANALIZACE	1:20
D.1.6.1	VZOROVÉ ŘEZY OBJEKTY-REVIZNÍ ŠACHTY	1:30
D.1.6.2	VZOROVÉ ŘEZY OBJEKTY-NAPOJENÍ MZI	1:30
D.1.6.3	VZOROVÉ ŘEZY OBJEKTY-POJENÍ UV	1:30

D.1.7	VYTYČOVACÍ TABULKA	—
D.1.8	TABULKA NAPOJENÍ ULIČNÍCH VPUSTÍ	—
<b>D.2.0</b>	<b>OBSAH DOKUMENTACE SO 302</b>	
D.2.1	TECHNICKÁ ZPRÁVA	—
D.2.2	SITUAČNÍ VÝKRES RETENČNÍ NÁDRŽE	1:250
D.2.3	PODÉLNÝ PROFIL	1:100
D.2.4	PŘÍČNÉ ŘEZY	1:100
D.2.5	DETAIL NÁTOK	1:50
D.2.6	DETAIL VÝTOK	1:50