



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ OBCÍ

INSTITUTE OF MUNICIPAL WATER MANAGEMENT

TECHNICKÁ ŘEŠENÍ MODROZELENÉ INFRASTRUKTURY VE MĚSTECH

TECHNICAL SOLUTIONS FOR BLUE-GREEN INFRASTRUCTURE IN CITIES

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Monika Císařová

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. PETR HLUŠTÍK, Ph.D.

BRNO 2022



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	B3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu	Bakalářský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3647R015 Vodní hospodářství a vodní stavby
Pracoviště	Ústav vodního hospodářství obcí

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student	Monika Císařová
Název	Technická řešení modrozelené infrastruktury ve městech
Vedoucí práce	doc. Ing. Petr Hlušík, Ph.D.
Datum zadání	30. 11. 2021
Datum odevzdání	27. 5. 2022

V Brně dne 30. 11. 2021

doc. Ing. Ladislav Tuhovčák, CSc.
Vedoucí ústavu

prof. Ing. Miroslav Bajer, CSc.
Děkan Fakulty stavební VUT

PODKLADY A LITERATURA

- [1] Metcalf + Eddy: Wastewater Engineering, Treatment, Disposal and Reuse, McGRAW-HILL, New York 1985.
- [2] Hlavínek P. a kol. Hospodaření s dešťovými vodami v urbanizovaném území, ARDEC, ISBN 80-86020-55-X.
- [3] Hlavínek P., Mičín J., Prax P.: Příručka stokování a čištění, ISBN 80-86020-30-4, NOEL 2000, Brno 2001.
- [4] Krejčí a kol.: Odvodnění urbanizovaných území - koncepční přístup, ISBN 80-86020-39-8, NOEL 2000, Brno 2002.
- [5] Hospodaření se srážkovými vodami – cesta k modrozelené infrastruktuře. Olomoucké stavební standardy k integraci modrozelené infrastruktury. 2018.
- [6] Související normy a legislativní podklady.
- [7] Sborníky Water Science and Technology, IWA Publishing.
- [8] Další podklady dle aktualizace vycházející z průběhu řešení dle pokynu vedoucího diplomové práce.

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

Student v rámci práce provede rešerši v oblasti využívání dešťové vody ve městech, popíše používané navrhované technické prvky pro efektivní hospodaření s dešťovou vodou. V praktické části práce student pro vybranou lokalitu ve městě Brně navrhne řešení prvků modrozelené infrastruktury s požadavky správců inženýrských sítí a provozovatele stokové sítě BVK, a.s.

STRUKTURA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

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

ABSTRAKT

Bakalářská práce zpracovává poznatky v oblasti využívání dešťové vody ve městech. Začlenění pojmu modrozelená infrastruktura a popis používaných návrhových technických prvků pro efektivní hospodaření s dešťovou vodou v intravilánech měst a obcí. Praktická část navrhuje řešení prvků modrozelené infrastruktury na ulici Údolní ve městě Brně s požadavky správců inženýrských sítí a provozovatele stokové sítě BVK, a.s..

KLÍČOVÁ SLOVA

Dešťová voda, technické prvky, modrozelená infrastruktura, inženýrské sítě.

ABSTRACT

The bachelor thesis deals with knowledge in the field of rainwater use in cities. Inclusion of the term blue-green infrastructure and a description of the design technical elements used for efficient rainwater management in urban areas. The practical part proposes the solution of the elements of the blue-green infrastructure on Údolní Street in the city of Brno with the requirements of the utility network administrators and the sewer network operator BVK, a.s ..

KEYWORDS

Rainwater, technical elements, blue-green infrastructure, engineering networks.

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

Monika Císařová *Technická řešení modrozelené infrastruktury ve městech*. Brno, 2022. 80 s., 3 přílohy, 16 s. příl. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodního hospodářství obcí. Vedoucí práce doc. Ing. Petr Hlušík, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané bakalářské práce s názvem *Technická řešení modrozelené infrastruktury ve městech* je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 24. 5. 2022

Monika Císařová

autor práce

PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem *Technická řešení modrozelené infrastruktury ve městech* zpracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 24. 5. 2022

Monika Císařová

autor práce

PODĚKOVÁNÍ

Ráda bych poděkovala vedoucímu mé bakalářské práce, panu doc Ing Petrovi Hlušíkovi, Ph.D., za vstřícný přístup, odborné rady a ochotu při zpracování této bakalářské práce.

Dále také děkuji architektům z Kanceláře architekta města Brna (KAM) za odbornou konzultaci a poskytnutí informací o dané problematice v Brně.

OBSAH

1	ÚVOD	10
2	LEGISLATIVA	11
2.1.1	zákony	11
2.1.2	normy	11
2.1.3	vyhlášky	12
2.1.4	ostatní	12
3	POJEM MODROZELENÁ INFRASTRUKTURA	13
3.1	vývoj přístupu k modrozelené infrastruktuře až po současnost	14
3.2	výskyt modrozelené infrastruktury	17
3.2.1	budovy	17
3.2.2	veřejná prostranství	18
3.2.3	podzemní prostor	19
4	HOSPODAŘENÍ S DEŠŤOVOU VODOU	21
4.1	příčiny, důsledky hospodaření s dešťovou vodou	21
4.2	funkčnost hospodaření s dešťovou vodou a rozdíl mezi modrozelenou infrastrukturou	22
4.3	podmínky realizace	26
4.3.1	ve stávající zástavbě	27
4.3.2	v nových stavbách	28
5	TECHNICKÉ ŘEŠENÍ, PRVKY – OPATŘENÍ MODROZELENÉ INFRASTRUKTURY	30
5.1	stromy a jejich kořenový systém	30
5.1.1	růst a vývoj	30
5.1.2	ochranná pásma stromů	33
5.1.3	typy stromů	34
5.2	inženýrské sítě	35
5.2.1	prostorové uspořádání inženýrských sítí	36
5.2.2	ochranná pásma inženýrských sítí	40
5.3	prvky pro opatření	42
5.3.1	střechy s retenční vrstvou	42
5.3.2	zpevněné propustné plochy	43
5.3.3	vsakovací plocha	44
5.3.4	průleh	46

5.3.5	rýha	47
5.3.6	vsakovací šachta	49
5.3.7	povrchová retenční nádrž	50
5.3.8	podzemní retenční nádrž	52
5.3.9	akumulační nádrž	53
5.4	dimenzování objektů	55
6	PRAKTICKÁ ČÁST	58
6.1	popis lokality návrhu prvků MZI	58
6.2	okolnosti k návrhu	60
6.3	vyjádření a požadavky orgánů k prvkům MZI	60
6.4	návrh prvků MZI	62
6.4.1	varianta č. 1	62
6.4.2	varianta č. 2	63
6.4.3	varianta č. 3	64
6.4.4	klady a zápory navržených variant	65
6.5	shrnutí, výsledky práce	66
6.5.1	faktory a zákonitosti, které nejvíce ovlivňují umístění a typ prvků MZI:	67
6.5.2	myšlenky k otevřeným otázkám v průběhu zpracování Bakalářské práce	68
6.5.3	ulice údolní	68
7	ZÁVĚR	70
8	POUŽITÁ LITERATURA	72
	SEZNAM TABULEK	75
	SEZNAM OBRÁZKŮ	76
	SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ	78
	SEZNAM PŘÍLOH	79
	SUMMARY	80

1 ÚVOD

Bakalářská práce se zabývá modrozelenou infrastrukturou ve městech. Jedná se o kombinaci použití modrých prvků (vodní plochy) a zelených (vegetace) ve městech. V dnešní době probíhá mnoho rekonstrukcí nebo nových staveb menších či větších částí města. V těchto rekonstrukcích/nových stavbách by měla být zahrnuta modrozelená infrastruktura. Prvky vhodně začlenit dle celkového záměru rekonstrukce/nové stavby do veřejného prostoru měst. Všechna opatření spojená s modrozelenou infrastrukturou na sebe navazují a vytváří tak složitý, ale velice efektivní systém pro města. Z důvodu neadekvátně rychlé urbanizace měst vznikl tento systém s názvem modrozelená infrastruktura. Cílem systému je výrazně snižovat negativní dopady a důsledky urbanizace podpořené změnou klimatu. Tento problém je v 21. století velmi řešené téma. Nezbytnou podmínkou pro zvládnutí aktuální urbanizace a udržitelného rozvoje měst a obcí je efektivně a funkčně zavést pojem modrozelená infrastruktura.

Tato bakalářská práce je rozdělena na dvě části. První část je rešeršní a druhou částí je praktická ukázka návrhu prvků modrozelené infrastruktury ve městě Brně.

Cíle této práce jsou v rámci rešeršní části provést rozbor v oblasti využívání dešťové vody ve městech. Začlenění pojmu modrozelená infrastruktura a popis používaných návrhových technických prvků pro efektivní hospodaření s dešťovou vodou v intravilánech měst a obcí.

Praktická část práce je zaměřena na návrh vybrané lokality ve městě Brně. Jedná se o část ulice Údolní, kde se aktuálně řeší nastávající rekonstrukce této ulice. Návrh je zaměřen na řešení prvků modrozelené infrastruktury podle požadavků správců inženýrských sítí, provozovatele stokové sítě BVK, a.s. a architektů města Brna. Návrh se skládá ze třech možných variant, kde každá klade jiné požadavky na realizaci a funkčnost prvků modrozelené infrastruktury. Součástí návrhu je zhodnocení celkového přístupu orgánů měst a obcí k této problematice. Návrh obsahuje možnosti na obohacení a větší efektivnost použití modrozelené infrastruktury v rámci rekonstrukcí a stavění nových oblastí měst a obcí.

2 LEGISLATIVA

Z hlediska pojmu modrozelená infrastruktura neexistuje žádný zákon, norma ani vyhláška. V této kapitole je vypsána legislativa týkající se oblasti, do které spadá i modrozelená infrastruktura.

2.1.1 ZÁKONY

254/2001 Sb. Vodní zákon

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

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

114/1992 Sb. Zákon České národní rady o ochraně přírody a krajiny

2.1.2 NORMY

TNV 75 9011 – Hospodaření se srážkovými vodami (2013)

ČSN 73 6005 – Prostorové uspořádání technického vybavení (2020)

ČSN 75 6101 - Stokové sítě a kanalizační přípojky (2012)

ČSN 75 6760 – Vnitřní kanalizace (2014)

ČSN 73 6126 – Stavba vozovek – Nestmelené vrstvy (2019)

ČSN 75 9010 – Vsakovací zařízení srážkových vod (2012)

ČSN 83 9061 – Technologie vegetačních úprav v krajině – Ochrana stromů, porostů a vegetačních ploch při stavebních pracích (2006)

ČSN 83 9011 – Technologie vegetačních úprav v krajině – Práce s půdou (2006)

ČSN 83 9031 – Technologie vegetačních úprav v krajině – Trávníky a jejich zakládání (2006)

ČSN 83 9021 – Technologie vegetačních úprav v krajině (2006)

2.1.3 VYHLÁŠKY

501/2006 Sb. Vyhláška o obecných požadavcích na využívání území

425/2001 Sb. Vyhláška Ministerstva zemědělství, kterou se provádí zákon č. 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů (zákon o vodovodech a kanalizacích)

2.1.4 OSTATNÍ

TP 1.20.1 – Srážkové vody a urbanizace krajiny (ČKAIT) (2019)

Standardy hospodaření se srážkovými vodami (HDV) na území HMP (2021)

Metodický postup uvedení Standardů hospodaření se srážkovými vodami na území hlavního města Prahy do praxe (2021)

Voda ve městě – metodika pro hospodaření s dešťovou vodou ve vazbě na zelenou infrastrukturu (2021)

Metodika pro ekonomické hodnocení zelené a modré infrastruktury v lidských sídlech (2019)

Hospodaření se srážkovými vodami – cesta k modrozelené infrastruktuře, Olomouc (2018)

Metodika Možnosti řešení vsaku dešťových vod v urbanizovaných území v ČR (2015)

3 POJEM MODROZELENÁ INFRASTRUKTURA

Jedná se o skupinu opatření, jak technických, tak i přírodních. Tato opatření spojují srážkový odtok, prvky vegetační a prvky vodních sídel. Tato opatření podporují lokální koloběh vody, ochranu jakosti vody, zlepšení mikroklima zeleně a ekosystémové služby. Lokální koloběh vody je tvořen díky vsaku, výparu a zpomalením odtoku. Tato opatření tvoří pojem modrozelená infrastruktura (dále jen MZI).

Je potřeba umět vhodně a efektivně začlenit opatření MZI do veřejného prostoru. Opatření MZI na sebe plynule navazují a tvoří tak složitý systém.

Systém MZI tedy má schopnost výrazně snižovat negativní dopady a důsledky urbanizace zintenzivněné změnou klimatu. [Standardy Praha, 2021]

Díky rozvoji měst, budování dopravních a dalších infrastruktur nastává čím dál větší konkurence ve využití veřejného prostoru v urbanizovaném prostředí. Ubývá zeleně a ekosystémů, zhoršuje se kvalita ovzduší a snižuje se zásoba podzemních vod, omezuje se zasakování v městském prostředí, zvyšuje se povodňové riziko, a také se zvyšuje přehřívání center měst. Právě na tyto problémy chce upozornit a řešit je tzv. MZI. [Metodika Macháč a spol., 2019]

Evropská komise v roce 2013 vytvořila:

Definici pro modrou a zelenou infrastrukturu

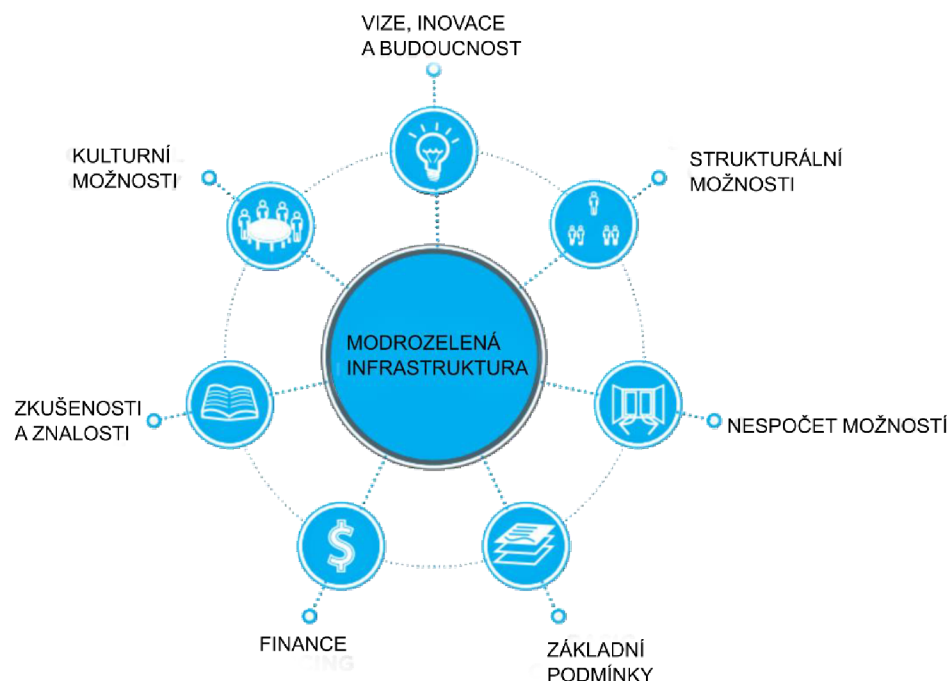
- *„strategicky plánovaná síť přírodních a polopřírodních oblastí s rozdílnými environmentálními rysy, jež byla navržena a je řízena s cílem poskytovat širokou škálu ekosystémových služeb. Zahrnuje zelené plochy (nebo modré plochy, jde-li o vodní ekosystémy) a jiné fyzické prvky v pevninských (včetně pobřežních) a mořských oblastech. Na pevnině se zelená infrastruktura může nacházet ve venkovských oblastech i v městském prostředí.“* [Evropská komise, 2013]

Jako hlavní úkoly MZI jsou především chránit území proti záplavám, ale přitom zmírňovat účinky sucha. Proto je zapotřebí umět snížit povrchový odtok v místě kam srážková voda dopadne a nenechat ho odtéct do jiné oblasti.

Jedná se o smysluplně propojený systém, který přivádí do oblasti stavebnictví novou funkci. A díky tomu, se začíná měnit i samostatná podoba staveb.

Zavedení funkčnosti pojmu MZI je nezbytnou podmínkou udržitelného rozvoje obcí a měst a zvládat aktuální urbanizování. [Adaptace měst, Vítek, 2021]

Modrozelená infrastruktura v bodech viz Obrázek 3.1. - Charakteristika MZI v symbolech.

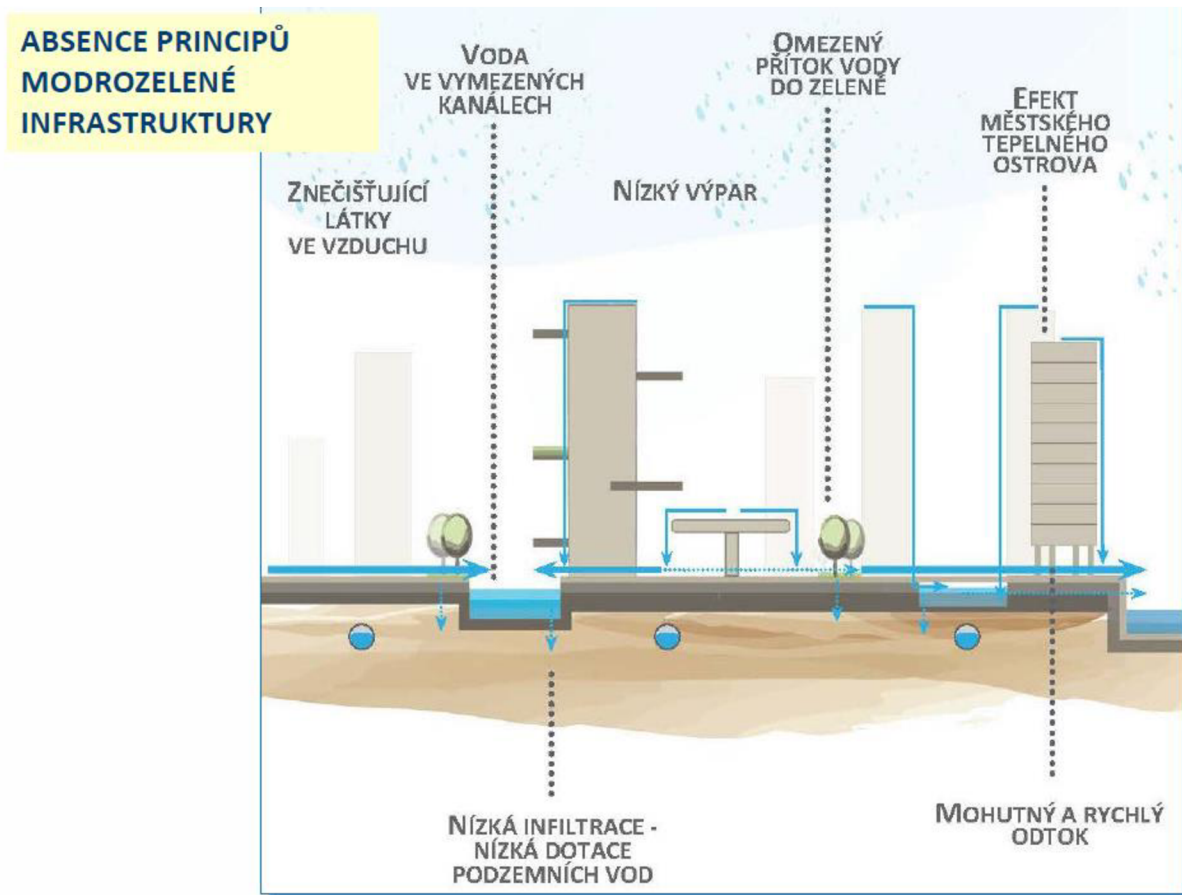


Obrázek 3.1 - Charakteristika MZI v symbolech [Ramboll, 2016]

3.1 VÝVOJ PŘÍSTUPU K MODROZELENÉ INFRASTRUKTUŘE AŽ PO SOUČASNOST

V minulosti bez principů MZI se také hospodařilo s dešťovou vodou, ale ne tak zcela efektivně a komplexně, aby se využívaly veškeré prvky a možné spojitosti (viz Obrázek 3.2 - Absence principů modrozelené infrastruktury). Tvořilo se více znečisťujících látek ve vzduchu. Voda byla shromažďována pouze ve vymezených kanálech, ze kterých probíhala nízká infiltrace do půdy, a tedy podzemní vody byly málo podporovány vodou z infiltrace. Výpar byl nízký, jelikož na povrchu nebyly podpůrné metody, které by výpar umožňovaly. Byl značně omezený přítok vody do zeleně. Ve výrazné míře tvořen efekt městského tepelného ostrova – tento efekt vzniká v oblasti města, které je výrazně teplejší než okolní části. Tepelný ostrov vzniká tím, že přirozený povrch (zeleně) je nahrazen umělým povrchem (především asphalt, beton).

Tento povrch mnohem více zachycuje teplo ze slunečního záření a díky tomu nastává, že se vzduch ve městě více ohřívá. Odtok byl většinou mohutný a rychlý, bez velkého ovlivnění a využití.



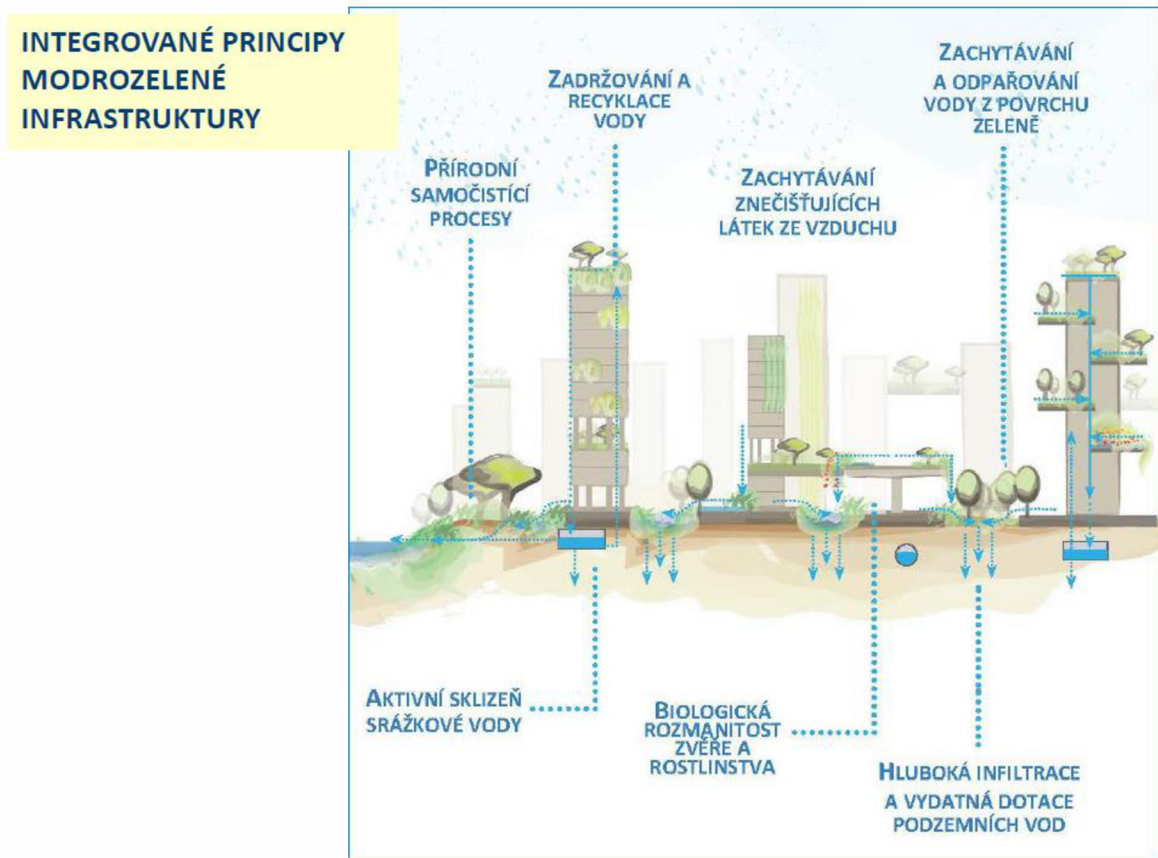
Obrázek 3.2 - Absence principů modrozelené infrastruktury [Ramboll, 2016]

Na zelené plochy ve městech se nahlíží jako na plochy, které prozatím nejsou zastavěné, a tedy dochází k problémům týkající se klimatických změn (např. vlny veder, extrémní vítr, intenzivnější srážky, sucho).

V ideálním případě by bylo vhodné, aby se aktuální pohled změnil. Na zbývající zelené plochy ve městech bylo nahlíženo v rámci rozhodování o životním prostředí a v územním plánování tak, aby došlo k identifikaci prvků zelené a modré infrastruktury, k jejich budování, obnovování, ochraně, a hlavně vzájemnému propojení, jak chráněných území, tak i všech veřejných prostor s prvky MZI. [Metodika Macháč a spol., 2019]

Je tedy nezbytně nutné vnést principy MZI do veřejného prostranství ve městech (viz Obrázek 3.3 – *Integrované principy modrozelené infrastruktury*).

Měly by vznikat přírodní samočistící procesy, zadržování a recyklace vody ve městech. Smysluplná aktivní sklizeň a efektivní zpracování srážkové vody. Zachytávání znečišťujících látek ze vzduchu, efektivní a účelné zachytávání a odpařování vody z povrchu zeleně a v neposlední řadě především hluboká infiltrace díky, které může proběhnout vydatná dotace podzemních vod. [Ramboll, 2016]



Obrázek 3.3 - Integrované principy modrozelené infrastruktury [Ramboll, 2016]

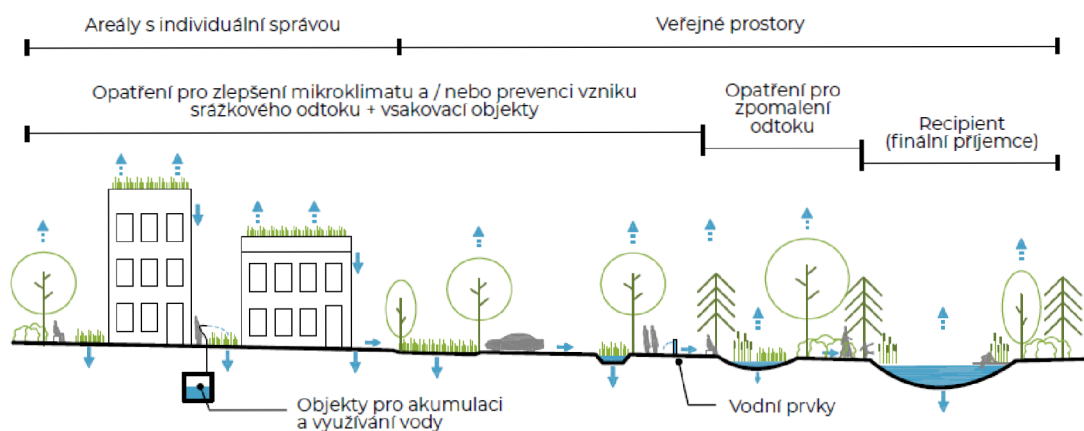
Díky akceptování tohoto přístupu lze posílit ekosystémové služby a tím také zlepšit blahobyt obyvatel a návštěvníků měst a předejít možným klimatickým problémům. Zvýšit informovanost a povědomí o prospěchu MZI společnosti, realizátorů i místní správy. Dalším pomocným znakem je také peněžité vyjádření užitků MZI, v rámci územního plánování může pomoci k nalezení efektivního rozvoje území. [Metodika Macháč a spol., 2019]

3.2 VÝSKYT MODROZELENÉ INFRASTRUKTURY

Infrastrukturu modrou a zelenou tvoří celá řada prvků. Tyto prvky lze rozdělit do kategorií dle vzniku:

- Přírodní (stromy, příkopy, vodní plochy, ...);
- polopřírodní (plochy s propustnými povrchy, parky a lesoparky, ...);
- umělé (objekty pro akumulaci a využívání dešťové vody).

Tyto prvky jsou většinou často kombinovány s prvky šedé infrastruktury (chodníky, silnice, budovy, ...) především zelené střechy a stěny. Při správné kombinaci a použití vzniká tzv. dešťový řetězec (viz Obrázek 3.4 - Schéma dešťového řetězce). [Metodika Macháč a spol., 2019]

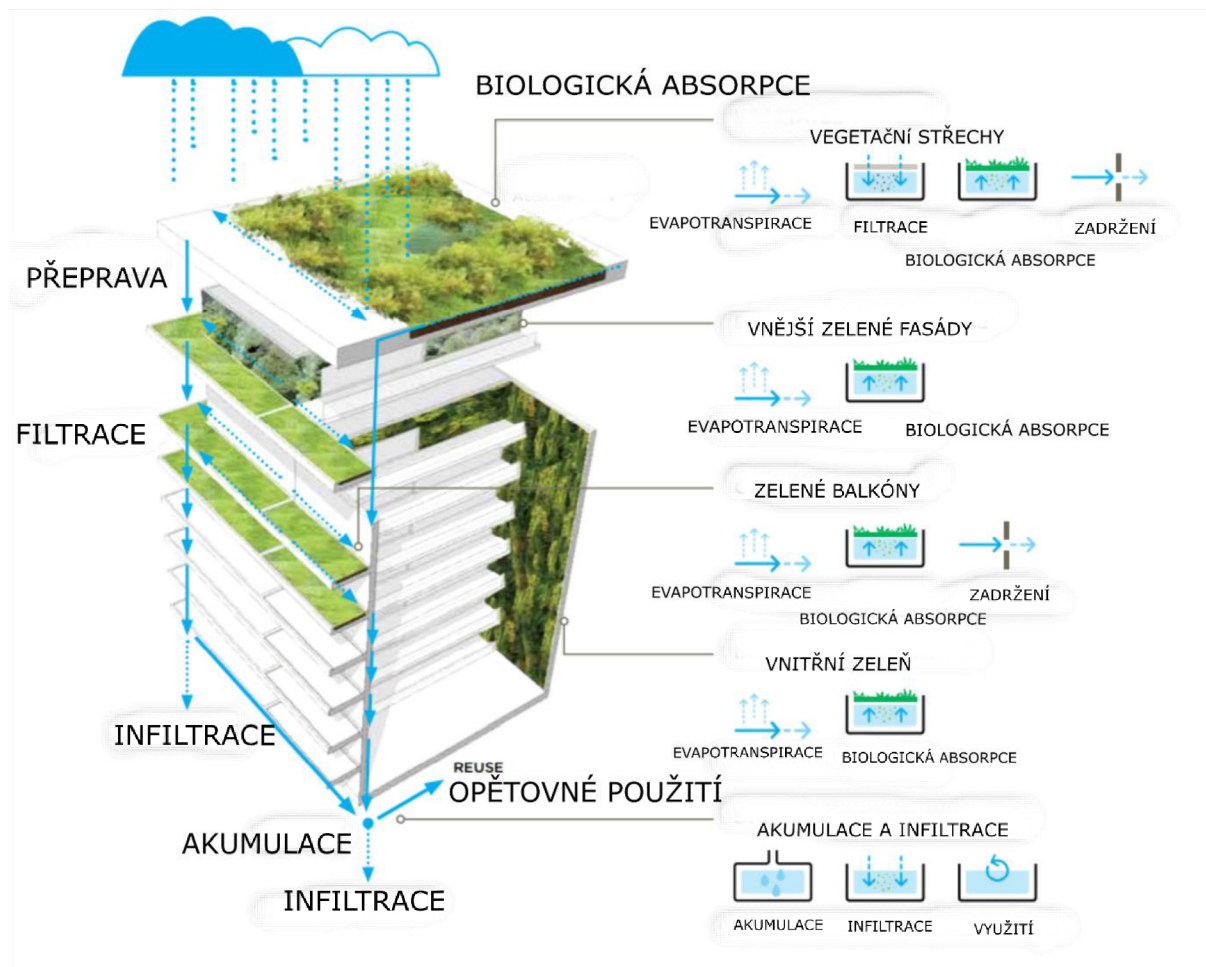


Obrázek 3.4 - Schéma dešťového řetězce [Voda ve městě, 2021]

3.2.1 BUDOVY

Dešťová voda může být zadržována na budovách různých úrovních (viz Obrázek 3.5 - Zadržování dešťové vody na budovách). Voda je zde zadržována pomocí:

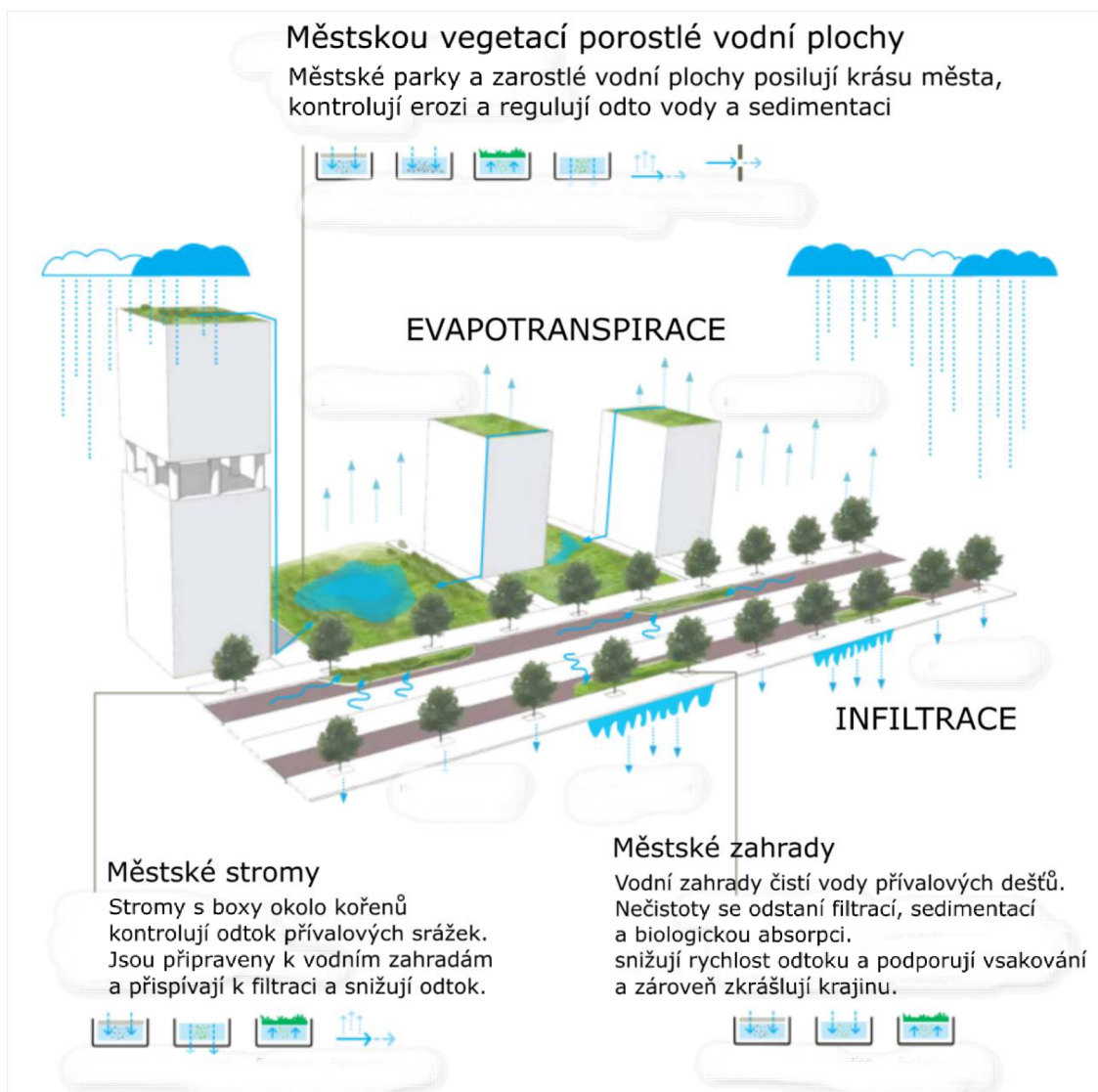
- Vegetačních střech;
- vnější zelené fasády;
- na balkónech;
- akumulace a opětovné využití;
- infiltrování do podzemí. [Vítek, 2017]



Obrázek 3.5 - Zadržování dešťové vody na budovách [Ramboll, 2016]

3.2.2 VEŘEJNÁ PROSTRANSTVÍ

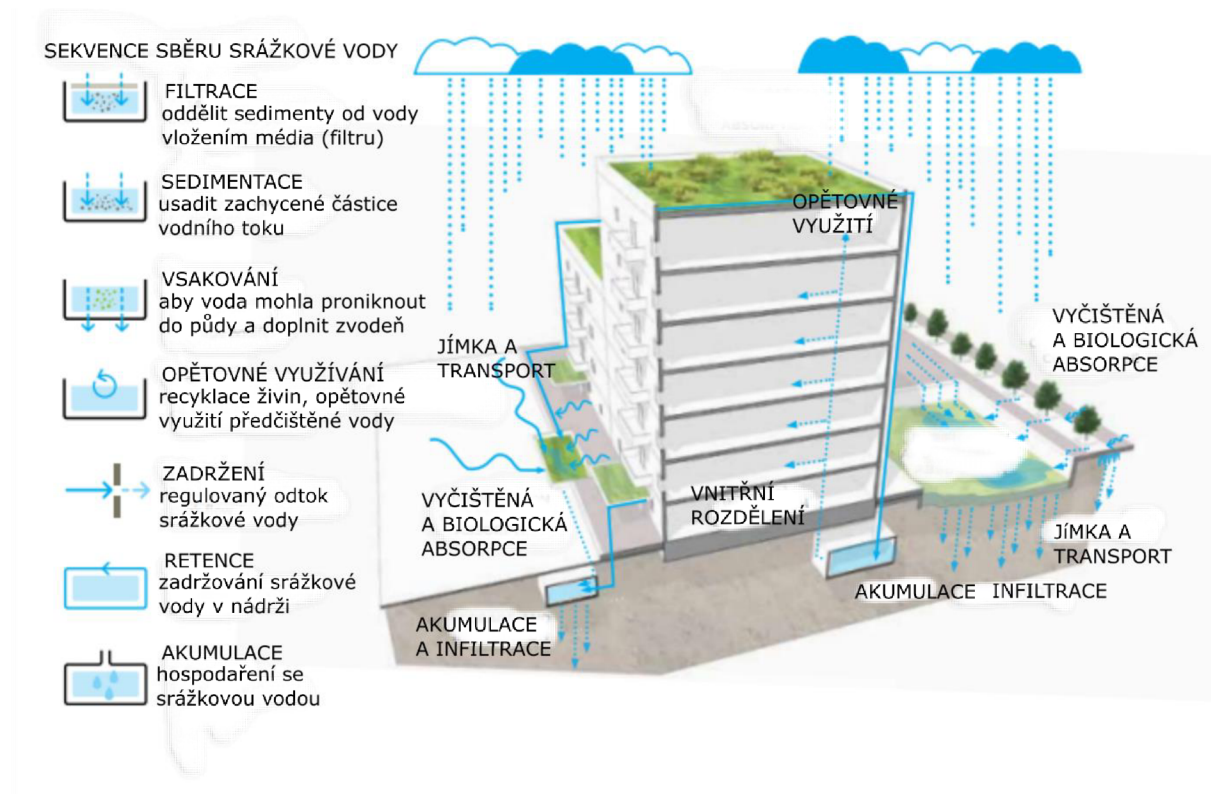
Veřejná prostranství jsou prostory uvnitř městské části mezi budovami. Tento prostor v ideálním případě je poskytnut k využití na zadržování srážkové vody. Například zahrady měst a vodní plochy (viz Obrázek 3.6 - Zadržování dešťové vody v městských plochách). Na tomto území se nachází stromy s boxy okolo, porostlé vodní plochy a parky s městskou vegetací. Tyto prostředky zamezují erozi, regulují odtok vody, sedimentaci a mimo jiné i přispívají na krásu města. Městské zahrady mají za úkol čistit vody z přívalových dešťů. Nečistoty jsou odstraněny procesy filtrace, sedimentace a biologická absorpce. Zahrady snižují rychlost odtoku a podporují vsakování a také jsou prospěšné pro zkrášlování krajiny. [Vítek, 2017]



Obrázek 3.6 - Zadržování dešťové vody v městských plochách [Ramboll, 2016]

3.2.3 PODZEMNÍ PROSTOR

V podzemním prostoru dochází k odběru dešťové vody. Tento odběr zajišťuje nezávislé zásobování vodou, akumulaci a také ukládání dešťové vody pro opětovné použití na daném místě (*viz Obrázek 3.7 - Odběr dešťové vody*). Celý proces má několik stádií. Skládá se z dopadu srážky na do určitého povodí. Následuje přeprava, filtrace, sedimentace, čištění biologickou absorpcí a jako poslední fáze je distribuce čisté dešťové vody. Pokud nastanou dobré podzemní podmínky, kterými jsou účinná propustnost a žádné znečištění, tak můžeme říci, že je vyčištěná dešťová voda velmi dobrým zdrojem pro doplňování podzemních vod. [Vítek, 2017]

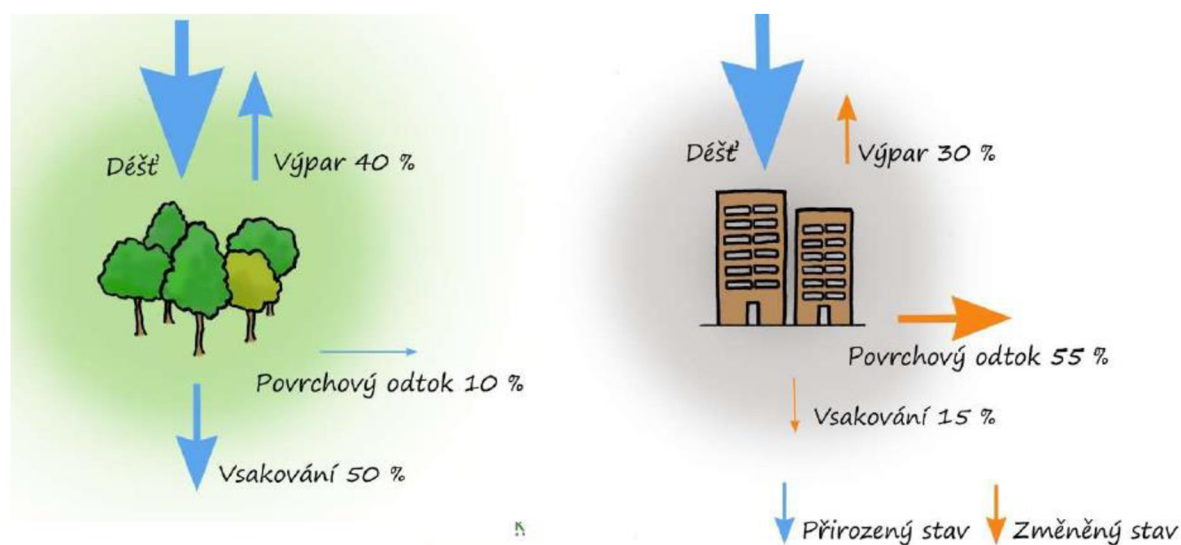


Obrázek 3.7 - Odběr dešťové vody [Ramboll, 2016]

4 HOSPODAŘENÍ S DEŠŤOVOU VODOU

4.1 PŘÍČINY, DŮSLEDKY HOSPODAŘENÍ S DEŠŤOVOU VODOU

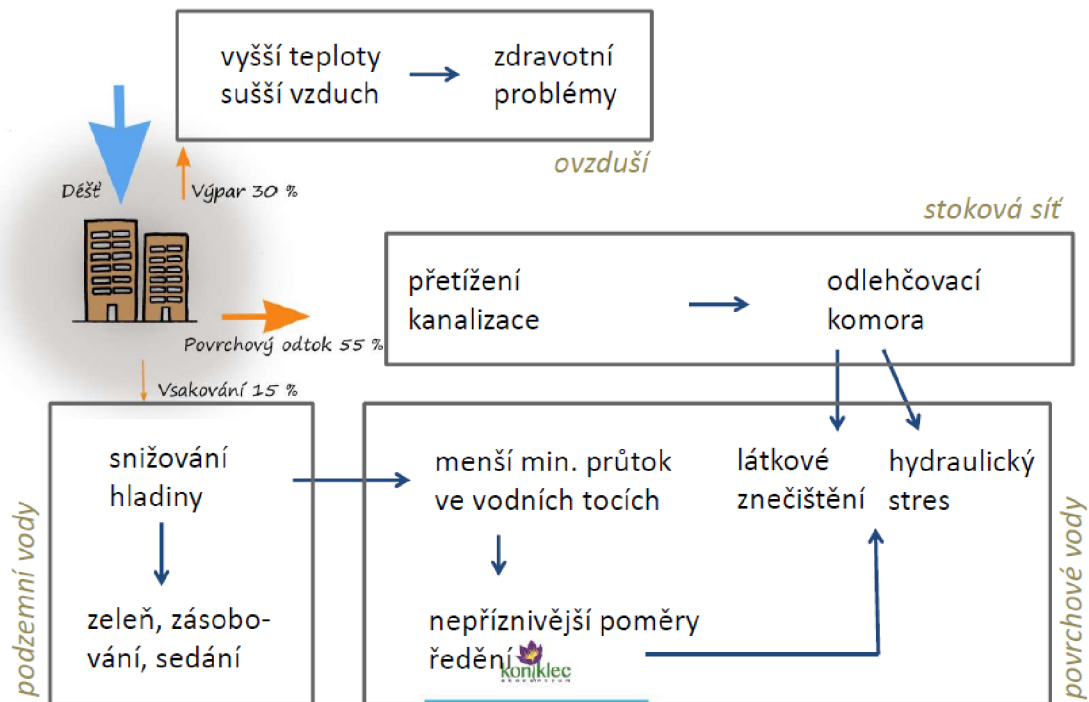
Dešťová voda neboli nakládání se srážkovými vodami, má za cíl v co největší možné míře napodobit přirozené odtokové procesy v dané lokalitě před urbanizací. Ve velké míře se mění způsob života z venkovského na městský. Z tohoto důvodu je potřeba urbanizované území chránit před záplavami, vnosem znečištění do povrchových a podzemních vod a také snižovat důsledky sucha. Největší problém při hospodaření s dešťovou vodou (dále jen HDV) nastává v dnešním 21. století především díky rozsáhlé urbanizaci. Díky tomu dochází ke změně povrchů. Povrchy méně vsakují, zvyšuje se tedy povrchový odtok a zmenšuje se vsakování a také z urbanizovaných povrchů se voda méně odpařuje, než dokud povrch nebyl urbanizovaný (viz Obrázek 4.1 - Urbanizace, změna povrchů). Díky tomuto procesu se mění přirozený vodní režim. [Standardy Praha, 2021]



Obrázek 4.1 - Urbanizace, změna povrchů [Stránský, zásady HDV]

Důsledky urbanizace jsou umocněny změnou klimatu (viz Obrázek 4.2 - Důsledky urbanizace, změna klimatu). Při výparu dešťové vody v ovzduší mohou nastávat zdravotní problémy, jelikož se zvyšují teploty a tím je vzduch sušší. Při vsakování dešťové vody do podzemní vody díky větším teplotám se snižuje hladina této vody. To má za následek menší zásoby podzemní vody pro zeleň, a tedy dochází k sedání zeleně. Čím je větší, povrchový odtok dešťových vod, tím více je přetěžována

kanalizační síť, a proto se na síť umísťují odlehčovací komory, aby zabránily nežádoucímu přetížení.



Obrázek 4.2 - Důsledky urbanizace, změna klimatu [Stránský, zásady HDV]





Je tedy nutnost obnovit přirozený vodní koloběh. Obnova je založena na principu v co možná největší míře napodobit přirozené odtokové charakteristiky dané lokality před urbanizací. Hlavním základem je decentralizovaný způsob odvodnění. Tento způsob se zabývá srážkovým odtokem v místě jeho vzniku a vrací ho do přirozeného koloběhu vody. Využívá výpar, vsakování, akumulaci a užívání dešťových vod, retenci a regulaci odtoku.

Celkový cíl HDV by se dal tedy popsat jako schopnost zlepšit vodní režim urbanizovaných lokalit za účelem jejich adaptace na zvýšení kvality života v těchto lokalitách a změnu klimatu. [Stránský, zásady HDV]

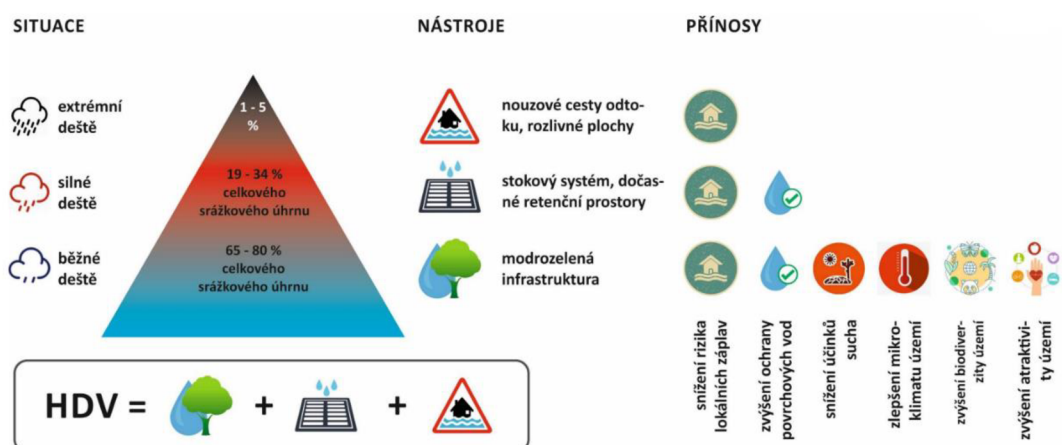
4.2 FUNKČNOST HOSPODAŘENÍ S DEŠŤOVOU VODOU A ROZDÍL MEZI MODROZELENOU INFRASTRUKTUROU

Princip hospodaření s dešťovou vodou musí být funkční a efektivní pro všechny typy srážkových aktivit (viz. Tabulka 1 – Funkčnost HDV).

Tabulka 1 - Funkčnost HDV [Stránský, zásady HDV]

DEŠŤE	ČETNOST VÝSKYTU	PODÍL NA ÚHRNU	CÍL HDV	PROSTŘEDKY PRO TVORNU HDV
Běžné 	1x za 5 let či méně	65-80 %	Napodobit přirozené odtokové podmínky	Výpar, však, zálivka, MZI
Silné 	1x za 5-50 let	19-34 %	Ochrana před zaplavením	Stoková síť, dočasné retenční prostory
Extrémní 	1x za 50 a více let	1-5 %	Ochrana obyvatel a kritické infrastruktury	Nouzové cesty odtoku (např. ulice)
Deficit srážek 	-	-	Dostatek vody, mikroklima	Akumulace, MZI

Hospodaření s dešťovou vodou je tvořeno z několika nástrojů. A to z modrozelené infrastruktury, stokového systému, dočasných retenčních prostor, nouzové cesty odtoku a rozlivné plochy (viz Obrázek 4.3 - Nástroje HDV).



Obrázek 4.3 - Nástroje HDV [Stránský, koncepce HSV, 2021]

Do HDV řadíme jak šedou infrastrukturu, tak také modrozelenou infrastrukturu a zelenou infrastrukturu. [Stránský, zásady HDV]

Šedá infrastruktura:

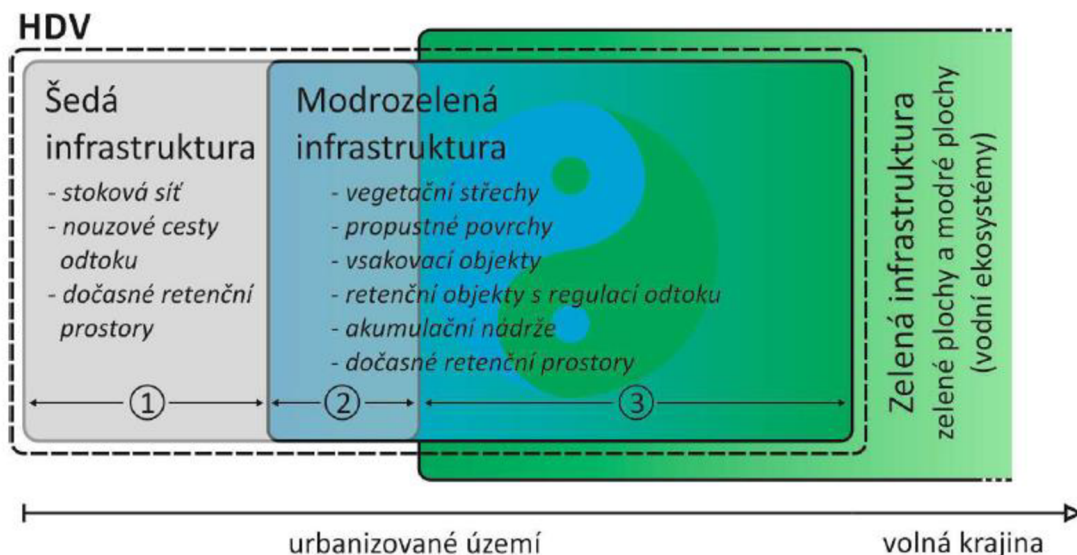
- Stoková síť;
- nouzové cesty odtoku;
- dočasné retenční prostory.

Modrozelená infrastruktura:

- Vegetační střechy;
- propustné povrchy;
- vsakovací objekty;
- retenční objekty s regulací odtoku;
- akumulční nádrže;
- dočasné retenční prostory.

Zelená infrastruktura:

- Zelené plochy;
- modré plochy (vodní ekosystémy).



Obrázek 4.4 - Rozdíl mezi HDV a MZI [Stránský, zásady HDV]

Oblast číslo 1 z obrázku 4.4 – Rozdíl mezi HDV a MZI

- Tato oblast vyjadřuje pojem šedá infrastruktura;
- pojednává o centrálním systému bez vazby na zeleň a lokální vodní koloběh.

Oblast číslo 2 z obrázku 4.4 – Rozdíl mezi HDV a MZI

- Vyobrazená oblast je vyjádřena jako část modrozelené infrastruktury;
- jedná se o modrou infrastrukturu;
- objekty bez vazby na zeleň, podporují lokální vodní koloběh.

Oblast číslo 3 z obrázku 4.4 – Rozdíl mezi HDV a MZI

- Znázorněná oblast je vyjádřena jako část modrozelené infrastruktury;
- jedná se o zelenou infrastrukturu;
- objekty s vazbou na zeleň a podporující také i lokální vodní koloběh.

Prvky modré a zelené infrastruktury X Prvky technické infrastruktury:

Dělení na prvky, které spadají pod MZI a na prvky, které spadají pod šedou infrastrukturu.

Mezi **prvky MZI** patří především vegetační a šterkové střechy, vertikální zeleň neboli zelené fasády, plošné vegetační prvky, stromy, umělé mokřady, vodní plochy, přirozený nebo revitalizovaný vodní tok, propustné a polopropustné povrchy jak zatravněné, tak i nezatravněné, vsakovací zařízení povrchová i podzemní. Dále také retenční objekty s regulovaným odtokem, a to povrchové nebo podzemní. Také do této skupiny patří i retenční prostory na stokové síti a v neposlední řadě dodatečné retenční prostory ve veřejném prostranství, jako jsou například parky, zelené plochy.

Součástí **prvků technické infrastruktury** jsou retenční prostory ve veřejném prostranství, například parkoviště, hřiště. Další prvek je nouzová povrchová cesta pro odvedení odtoku jako jsou nezastavěné koridory nebo ulice, akumulční nádrže a distribuce vody pro její využití. Dále nesmí chybět ani estetické a rekreační prvky spjaté s vodou a se zelení či bez zeleně. [Stránský, zásady HDV]

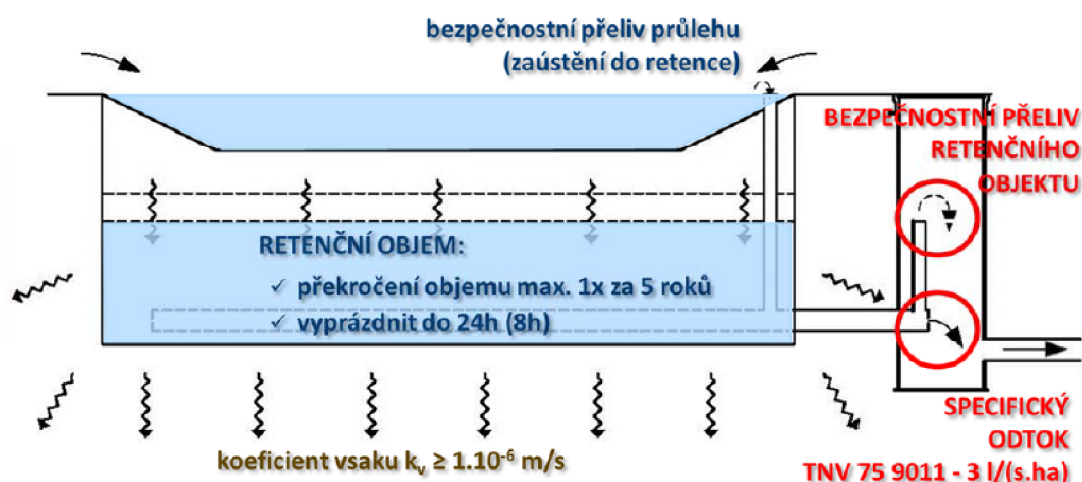
4.3 PODMÍNKY REALIZACE

Obecné kritéria HDV. Jedná se o obecné limity odvodnění rozvojových ploch (viz Obrázek 4.5 - *Limity odvodnění rozvojových ploch*). Pro všechny typy odvodňovaných staveb či pozemků platí stejné limity viz *Tabulka 2 - Limity odvodnění rozvojových ploch*.

Tabulka 2 - Limity odvodnění rozvojových ploch [Strategie HDV, 2014]

Závazný předpis	Závazné pravidlo		Výchozí technický a legislativní předpis parametru
Klíčový ukazatel	Regulovaný odtok (specifický) z DSO*	Max 3 l/(s*ha)	TNV 75 9011
	Četnost překročení kapacity DSO*	Max 1x za 5 let	Hospodaření se srážkovými vodami
	Doba prázdnění	Max. 24 hod.	
Závazný požadavek na technické řešení a výchozí podklad	Bezpečnostní přeliv DSO*	Stavba musí být napojená na kanalizaci či vodoteč	Vyhl. č. 268/2009 Sb., o technických požadavcích na stavby
	Vlastní princip DSO*	Objekty DSO* musí být na pozemku stavby	Vyhl. Č. 501/2006 Sb. o obecných požadavcích na využívání území
	Podrobný hydrogeologický průzkum	Včas prokázat kvalitu podzemí	Vyhl. Č. 501/2006 Sb. o obecných požadavcích na využívání území

*DSO = dešťový stavební objekt



Obrázek 4.5 - Limity odvodnění rozvojových ploch [Strategie HDV, 2014]

Co je potřeba dodržet při HDV:

1. Redukce a transformace odtoku srážkové vody probíhá na pozemku, kde srážka dopadla, za prostředky majitele odvodňované nemovitosti. Zařízení, které odtok redukuje je také součástí odvodňovací soustavy.
2. Nedochází k míchání srážkové vody s vodami splaškovými. Pouze v tomto případě je možné dešťové vody účinně vypařovat, vsakovat nebo využívat na provoz nemovitosti.
3. Množství odtoku srážkových vod ze zastavěné plochy = množství odtoku, které by odteklo z přirozeného zemského povrchu. [HDV v ČR, 2015]

4.3.1 VE STÁVAJÍCÍ ZÁSTABĚ

Aktuální stav této problematiky, je takový, že se za odvádění srážkové vody z obytné zástavby neplatí a tím pádem, není žádný motivační prostředek pro majitele nemovitosti k aplikaci principů HDV na stávajících stavbách za účelem ušetření svých prostředků. Proto důvody pro aplikaci HDV jsou pouze u staveb a parcel, které vlastní město. Které může díky zavedení principů HDV ve stávající zástavbě omezit, snížit odtok z povodí směrem do stoky na trase, která v současnosti je nekapacitní, a tedy bez speciálních požadavků může odvést odtok a tím pádem vyřeší i kapacitní problém stoky.

Ve stávající zástavbě, kde lze realizovat decentrální odvodnění se jedná o odvodnění s potenciálem HDV. V daném případě je potřeba zpracovat tzv. kategorizaci území, kde výsledkem budou tzv. kategorizační listy.

K možnosti určit potenciál HDV ve stávající zástavbě je nutné provést pár kroků:

- Sběr informací o stávající zástavbě. Sběr lze sehnat v majetkových mapách, územním plánu, leteckých snímcích. Kde jsou vymezené celistvé lokality. Tyto lokality jsou vyznačeny většinou velkým písmenem a splňují veškeré požadavky pro využití potenciálu HDV.
- Vytipování zpevněných ploch veřejného prostranství a komunikací, které jsou vhodné k možnosti přebudování odvodnění.
- U veškerých dostupných staveb, které odpovídají požadavkům se dále určuje několik parametrů. A to jsou technické parametry, využitelnost ploch v okolí stavby, informace o stávajících inženýrských sítích a hydrogeologické podmínky.

Ke zpracování, a především vyhodnocení veškerých těchto údajů je nutný systémově propracovaný přístup a podrobná znalost odvodňovacích systémů, které hospodaří s dešťovou vodou. Podstatná část informací pro analýzu stávající zástavby je tvořena fotodokumentací, Analýza dále obsahuje zpracovaný průzkum terénu v okolí. Díky této metodě může vzniknout koncepční dokument s ucelenými informacemi pro rozhodování městského managementu. [Strategie HDV, 2014]

4.3.2 V NOVÝCH STAVBÁCH

Nové stavby musí být schopné srážkovou vodu:

- Využívat ke svému provozu;
- vypařovat do ovzduší;
- bezpečně vsakovat do podzemí;
- zadržovat a akumulovat v jejich bezprostřední blízkosti;
- bezpečně odvádět a nezhoršovat stávající odtokové podmínky.

[HDV v ČR, 2015]

Návrh koncepce odvodnění pro budoucí zástavby se provádí podle platného územního plánu. Podkladem pro určení koncepce výhledové zástavby jsou:

- Vybrané a rozdělené plochy z územního plánu, které jsou ještě rozdělené pro zástavbu a přestavbu dle využití;
- vrstevnicové mapy a letecké snímky se zaznačením stávajících recipientů jimiž jsou řeky, potoky, svodnice, odvodňovací příkopy, dešťová a jednotná kanalizace;
- informace o parametrech jednotlivých recipientů. Informace jsou poskytnuty od ČHMU, správy povodí, správce kanalizací a vodovodů – kanalizační generely, studie odtokových poměrů;
- informace o hydrogeologickém prostředí podzemí a vodním režimu v daném území;
- projektové dokumentace, která řeší nové zástavby a lokální studie, které vyhodnocují stávající odtokové poměry;
- zkušenosti, poznatky, informace od místních obyvatel a správců.

Koncepce a celý průzkum je tvořen na základě průzkumu v terénu a výše uvedených informací. Veškerá koncepce se vytvoří tak, že se přiřadí plochy, které patří do budoucí zástavby. Ke každé ploše se přiřadí jednotlivé recipienty. Ty se přiřazují podle priorit daných zákonem. Dále se posoudí hydrotechnickým výpočtem, který je zpracován matematickým modelem. Do výpočtu vstupuje množství dešťové vody, které odtéká z výhledové zástavby

Díky veškerým těmto požadavkům, průzkumům a informacím je možné určit výsledek koncepčního návrhu odvodnění výhledové zástavby. Kdy se nejedná jen o návrh cílového stavu, ale také o doporučení nebo návrh koncepčních opatření, kterým by se městská část měla řídit a měla podle nich postupovat. Platí to hlavně pro větší území, která předpokládají rozvoj. Snahou je, aby se dospělo k řešení [Strategie HDV, 2014]

5 TECHNICKÉ ŘEŠENÍ, PRVKY – OPATŘENÍ MODROZELENÉ INFRASTRUKTURY

5.1 STROMY A JEJICH KOŘENOVÝ SYSTÉM

V čem je pro MZI užitečná zeleň v městských ulicích a především stromy?

Jedna ze základních funkcí stromů je schopnost pohlcovat oxid uhličitý CO_2 a tvořit kyslík O_2 . Celkově zeleň v městských ulicích včetně stromů má jednu velice významnou funkci, a to je klimatická funkce. Poskytuje několik výhod jako je například stín, ochrana proti hluku, zachycení prachů a plynů, estetická funkce, kladný dopad na lidské zdraví. Pro MZI je především podstatná funkce zadržování a vypařování vody.

Vypařování vody z listů má za následek ochlazení a také zvlhčení vzduchu. Tento proces je podmíněn dostatečným množstvím vody. Pokud nastane nedostatek vody, tak stromy utlumí odpařování a začnou si vodu „bránit a šetřit“. Z toho důvodu je potřeba zajistit dřevině dostatečnou zásobu vody – vláhu.

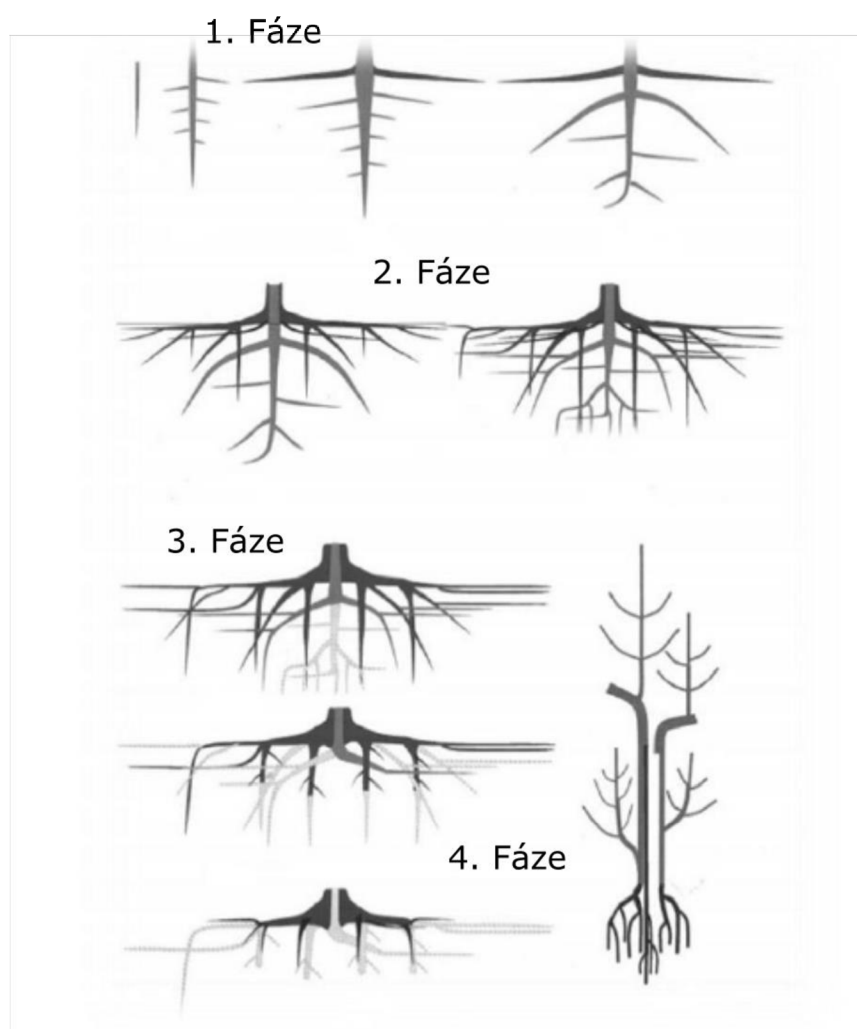
Stromy mají pozitivní využití také z hlediska ekonomického. Pomalejší stárnutí různých materiálů – asfalt, fasáda budov v místech, kde stromy vytvoří stín. Celkově je zvýšena odolnost města vůči extrémním výkyvům počasí – extrémní sucho, či srážky. Při dešťových srážkách dochází k zadržení a zpomalení odtoku dešťové vody a jsou tak sníženy nároky na kapacity odvodňovacích systémů a dochází ke značnému ulehčení technického řešení při návrhu opatření dle MZI. [Resler, Stromy v ulicích, 2019]

5.1.1 RŮST A VÝVOJ

Kořenový systém stromu zabezpečuje příjem vody, výživu a mechanickou stabilitu stromu. V okamžiku, kdy dojde k deformaci kořenového systému, tak může nastat narušení mechanické stability stromu jeho zásobování vodou, živinami a celkovému chřadnutí a odumírání. Deformace kořenového systému je proces, kdy je malý poměr kořenového systému k výšce nadzemní části. Předejít tomuto problému můžeme, pokud je dostatečně velký prostor pro kořenový systém. [Pelánová, 2021]

Kořený systém je tvořen z několika vývojových etap od klíčení až po smrt kořenů. Tyto fáze jsou rozděleny do následujících čtyřech fází. Přičemž každá fáze má ještě několik stádií. Vyobrazeno viz *Obrázek 5.1 - Stádia vývoje kořenového systému stromu*.

1. fáze – dominance hlavního kořene – zakořenění v hloubce
2. fáze – zakořenění do hloubky a šířky současně
3. fáze – je tvořen úplný kořenový systém a dosahuje maximálního rozšíření v hloubce i šířce
4. fáze – redukce a následná reorganizace kořenového systému [Ekofyziologie dřevin, Špinlerová, 2014]



Obrázek 5.1 - Stádia vývoje kořenového systému stromu
[Ekofyziologie dřevin, Špinlerová, 2014]

Procesy, které probíhají v každé fázi růstu kořenového systému:

1. fáze

V první fázi začíná růst hlavní kořen, tento proces trvá prvních několik týdnů. Dále se začínají tvořit boční kořínky, taktéž délka trvání je několik týdnů. Poté nastává stádium, kdy se tvoří horizontálně rostoucí kořenový systém a z hlavního kořene se začínají vyvíjet boční kořeny. Jedná se o proces trvající řady týdnů až let. Během 1–20 let se z hlavního kořene vyvíjí nové hlavní kořeny, které rostou horizontálně nebo šikmo.

2. fáze

Během 5-10 let se první hluboký kořenový systém dále vyvíjí do hloubky, šířky i hustoty. Druhý svazčitý systém roste do šířky a vyvíjí se povrchově. Jak nastane další stádium, v délce 5-20 let, tak dosáhne hluboký kořenový systém svého maxima a tím se jeho růst zpomaluje. Poté se prohlubují svislé kořeny svazčitého systému a rychle se rozvíjí nové, které jsou více periferní a vertikální. U diagonálních a horizontálních kořenů dochází k rozšiřování jejich vývoje. Některé se začínají stáček směrem dolů a tím vytvářet periferní, rychle rostoucí vertikální kořeny.

3. fáze

Délka této fáze je 20-50 let. Kdy kořenový systém má vlastnosti svazčité, skládá se ze dvou soustředěných částí. Středová část má vertikální a diagonální kořeny, které dosahují největší možné hloubky zakořenění a okrajové kořeny taktéž dosahují svého maximálního rozšíření.

4. fáze

Prvním procesem ve 4. fázi je degradace kořenového systému, tento proces trvá 10-50 let. Degradace začíná u centrálních kořenů a následně postupuje k postranním okrajovým kořenům a většině jemných kořenů ve střední části. Celkový koncept systému je spíše povrchní, a tedy náchylnější ke klimatickým a půdním změnám. Dále proces trvá 10-20 let a nastává zde úplná degradace centrálního kořenového systému a začínají odumírat periferní kořeny. Dále dochází k celkové redukci kořenového systému jak v hloubce, tak i v šířce. [Ekofyziologie dřevin, Špinlerová, 2014]

Proměnlivost kořenového systému v průběhu jeho života je dána geneticky podmíněným vývojem a také na základě stanovištních podmínek. Jsou ale i další faktory, které ovlivňují nestálost kořenového systému. Jedná se o technologie založení, obnova vegetačního prvku a jeho následná péče. [Rhizologie, Mauer a spol., 2013]

Stromy a jejich kořeny, které se vyskytují v městské zástavbě jsou tvarovány především okolními podmínkami pro růst a nemůžeme tedy předpokládat rovnoměrně rozložený vývoj kořenového systému. Vývoj kořenů ovlivňují především vlastnosti dané půdy. Vlastnosti půdy dále ovlivňují dostupnost vody, kyslíku a živin pro kořeny. Je tedy vše závislé na vzájemné propojenosti. Kořenový systém je především směřován do půdní vrstvy, která má větší pórovitost. Jedná se například o rýhy pro vedení potrubí. Z toho plyne že jsou přednostně prorůstány půdy bohaté na velké póry. Kořeny tedy mají schopnost relativně rychle zakořenit i ve vysoce zhutněných materiálech jako je štěrk a kamenivo oproti půdě s nízkou pórovitostí bez hutnění. [Merkblatt Bäume. 2013]

5.1.2 OCHRANNÁ PÁSMA STROMŮ

Aby byla zajištěna dlouhá životnost stromů, je snaha o co nejmenší zásahy do prostoru, který je pro strom existenčně důležitý.

Stromy, které nemají zákonem definované ochranné pásmo a jsou bez zvláštních právních předpisů. Tak se na ně vztahuje pouze obecná ochrana, a to dle ČSN 83 9061. Tato ČSN vymezuje tzv. kořenovou zónu a kořenový prostor.

Kořenová zóna: Jedná se o plochu půdy pod korunou stromu, která je rozšířena o 1,5 m a u sloupovitých typů stromů o 5 m.

Kořenový systém: Jedná se o kruhovou plochu kolem kmene stromu, která má poloměr 4x obvod kmene, avšak nejmenší hodnota musí být 2,5 m.

Veškeré práce v těchto vymezených prostorech by měli být šetrné, především ruční a rozsáhlejší výkopové práce by měli být minimalizovány.

Prostor pro památné stromy je definován zákonem 114/1992 Sb., v ust § 46 odst. 3. Ze kterého vyplývá především fakt že: *základní ochranné pásmo ve tvaru kruhu o poloměru desetinásobku průměru kmene měřeného ve výši 130 cm nad zemí.* Je také možnost, že ochranné pásmo pro chráněný strom vymezí orgán ochrany přírody.

V urbanizovaném světě je kořenový systém výrazně ovlivněn přítomností různých překážek jako jsou např. okraje komunikací, zpevněné plochy, základy staveb, obrubníky či plochy vymezené kořenovou bariérou. Kořenový systém se chová tak, že se stáčí podél těchto zábran a roste ve směrech, kde není jeho růst tolik omezen. Musí být, ale dodržena minimální vzdálenost kořenového systému od pevné překážky. Tato vzdálenost je definována jako průměr kmene stromu na styku s půdou, kdy jednostranné omezení lze tolerovat. Pokud se nachází překážky blíže u kmene stromu, tak je strom považován za vážně narušený a uvažuje se o jeho odstranění a náhradě. [Ochrana stromů]

5.1.3 TYPY STROMŮ

- Malé, střední a velké stromy s vejčitou korunou. Dorůstající šířky koruny po 30 letech 6-8 m, 8-12 m, 25-25 m.
- Malé stromy s kulovitou korunou. Dorůstající šířky koruny po 30 letech 6–8 m.
- Střední stromy s úzce vejčitou převisající korunou. Dorůstající šířky koruny po 30 letech 10-20 m.
- Velké stromy se sloupovitou korunou. Dorůstající šířky koruny po 30 letech 3-4 m.

Existuje publikace, která pojednává o detailním rozdělení typů stromů a o veškerých požadavcích, které jsou nezbytné ke správnému vývoji stromu. Najdeme zde také výčet pravidel, kde a jak je možné stromy sázet. Publikace nese název Principy tvorby veřejných prostranství.

Publikace pojednává: Výsadbové jámy, druhy kotvení, péče o stromy, ochrana mladistvých stromů, správná velikost a složení prokořenitelného prostoru (tunely, tvarovky, protikořenové bariéry), vhodné zvolení velikosti vsakovací plochy (výsadba, mulčování, mříže a rošty, zpevněné plochy). Z hlediska omezení prostorového se jedná o nasazení koruny stromu, výsadba stromů a IS, vzdálenost od hranic pozemků a budov, vzdálenost vzrostlé zeleně od komunikace. Dále stavební činnost v kořenovém prostoru, ochrana kořenového prostoru, ochranné prvky při výstavbě, úprav terénu. [KAM, 2019]

5.2 INŽENÝRSKÉ SÍŤE

Jedná se o vedení technického vybavení (VTV), které můžeme vymezit jako soubor zařízení, objektů a ploch. Zaručují odvedení vod, zásobení vodou, teplem, plynem, elektřinou a přenos informací. Dále také zabezpečují území proti škodlivým účinkům přírody a člověka.

Inženýrské sítě (dále jen IS) dělíme podle několika různých aspektů. IS dle účelu, konstrukce, výškového uložení a kategorie. [IS Beránek a kol., 2005]

Dělení dle účelu:

- Stokové sítě a kanalizační přípojky;
- vodovodní sítě a kanalizační přípojky;
- plynovodní potrubí;
- sdělovací vedení;
- elektrická silová vedení;
- tepelné sítě;
- jiné vedení (např. produktovody).

Dělení dle konstrukce:

- Trubní;
 - gravitační;
 - tlakové;
- kabelové.

Dělení dle výškového uložení:

- Nadzemní;
- podzemní.

Dělení dle kategorie:

1. Jedná se o dálková vedení nadřazená. Tranzitní sítě, které nemají regionální význam, nemají ani vazbu k určitému území, kterým prochází (velmi vysoké napětí, kmenová stoka, ...).
2. Místní vedení hlavní. Jedná se o sítě, které zásobují region, ale nemají přímou vazbu na spotřebitele. Nazýváme je sítě oblastního významu (vodovodní výtlaky do vodojemů, skupinové vodovody, ...).
3. Vyjadřuje sítě s přímým propojením na spotřebitele. Místní vedení vedlejší, ke spotřebitelům, jsou připojeny přes přípojky, které nepatří do 3. kategorie (uliční stoky, vodovodní řady, středotlaké a nízkotlaké plynovody, rozvody nízkého napětí, ...).
4. Poslední kategorie vyjadřuje spotřebitelské přípojky, tuto kategorii nazýváme místní vedení podružné. [IS Beránek a kol., 2005]

5.2.1 PROSTOROVÉ USPOŘÁDÁNÍ INŽENÝRSKÝCH SÍTÍ

Všechny vedení technického vybavení, sloužící veřejným zájmům jsou si rovnocenné. Trasy jsou navrhovány tak, aby byly co nejkratší, a pokud to lze tak přímé. Při zřizování, opravě a rekonstrukci je potřeba aby byly snadno proveditelné tyto procesy. Když se navrhuje VTV, tak se v mnoha případech nelze vyhnout variantě, že dojde ke křížení. V tomto případě by mělo být křížení kolmé a v co nejmenším možném počtu. Pro ochranu IS před mechanickým poškozením a snížením oboustranného negativního vlivu sítí, je potřeba při souběhu a křížení mezi potrubí dodržet nejmenší svislé (*Tabulka 3 - Nejmenší dovolené svislé vzdálenosti při křížení v m*) a vodorovné (*Tabulka 4 - Nejmenší dovolené vodorovné vzdálenosti při křížení v m*) vzdálenosti. Dále je také potřeba dodržet podmínky minimálního krytí (*Tabulka 5 - Nejmenší dovolené krytí podzemních sítí*), které slouží pro ochranu mechanického poškození a účinky mrazu.

Při návrhu podzemních sítí, které se vyskytují v blízkosti stromů musí být dodržena taková vzdálenost, aby nenastalo vzájemné ohrožení provozu sítí a vegetačních podmínek stromů. Ukládat sítě pod stromy není aktuálně dle platné normy ČSN 73 6005 dovoleno.

Trasy VTV je možné navrhovat buď jako soustředěné nebo nesoustředěné uspořádání sítí technického vybavení. Když se jedná o soustředěné uspořádání sítí, tak jsou sítě vedeny ve společných trasách. Ukládají se do jednoho společného

výkopu a jsou koordinovaně vedené jak výškově, tak i směrově. Další typ soustředěného uspořádání je vedení ve sdružených trasách. Jedná se o kolektory, technické chodby, kanály či suterénní rozvody. Zde je také uložení vedení sítí směrově i výškově koordinované. [IS Beránek a kol., 2005], [ČSN 73 6005]

Tabulka 3 - Nejmenší dovolené svislé vzdálenosti při křížení v m [ČSN 73 6005]

druh sítí		silové kabely do				sdělovací kabely	plynovodní potrubí do		vodovodní sítě a přípojky	tepebné sítě	kabelovody	stokové sítě a kanalizační přípojky	kolektor
		1 kV	10 kV	35 kV	220kV		0.005 Mpa	0.3 Mpa					
silové kabely do	1 kV	0.05	0.15	0.20	0.20	0.30; 0.10	0.10	0.10	0.40; 0.20	0.30	0.30	0.30	-
	10 kV	0.15	0.15	0.20	0.20	0.80; 0.10	0.10	0.20	0.40; 0.20	0.50	0.30	0.30	-
	35 kV	0.20	0.15	0.20	0.25	0.80; 0.10	0.10	0.20	0.40; 0.20	0.50	0.30	0.50	-
	220kV	0.20	0.20	0.25	0.25	0.80	0.30	0.70	0.40	1.00	0.30	0.50	-
sdělovací kabely		0.30; 0.10	0.80; 0.30	0.80; 0.30	0.50	-	0.10	0.10	0.20	0.50;0.15	0.10	0.20	0.10
plynovodní potrubí do	0.005 MPa	0.10	0.10	0.10	0.30	0.10	0.10	0.10	0.15	0.10	0.10	0.50	0.10
	0.3 MPa	0.10	0.20	0.20	0.70	0.10	0.10	0.10	0.15	0.10	0.10	0.50	0.10
vodovodní sítě a přípojky		0.40; 0.20	0.40; 0.20	0.40; 0.20	0.40	0.20	0.15	0.15	-	0.20	0.20	0.10	0.20
tepebné sítě		0.30	0.50	0.50	1.00	0.50; 0.15	0.10	0.10	0.20	-	0.15	0.10	0.20
kabelovody		0.10	0.30	0.30	0.30	0.10	0.10	0.10	0.20	0.15	-	0.10	0.20
stokové sítě a kanalizační přípojky		0.30	0.50	0.50	0.50	0.20	0.50	0.50	0.10	0.10	0.10	-	0.10
kolektor		-	-	-	-	0.10	0.10	0.10	0.20	0.20	0.20	0.10	-

Tabulka 4 - Nejmenší dovolené vodorovné vzdálenosti při křížení v m [ČSN 73 6005]

druh sítě		silové kabely do				sdělovací kabely	plynovodní potrubí do		vodovodní sítě a přípojky	tepelné sítě	kabelovody	stokové sítě a kanalizační přípojky	kolektor
		1 kV	10 kV	35 kV	220kV		0.005 Mpa	0.3 Mpa					
silové kabely do	1 kV	0.05	0.15	0.20	0.20	0.30; 0.10	0.40	0.60	0.40	0.30	0.10	0.50	-
	10 kV	0.15	0.15	0.20	0.20	0.80; 0.10	0.40	0.60	0.40	0.70	0.30	0.50	-
	35 kV	0.20	0.20	0.20	0.20	0.80; 0.10	0.40	0.60	0.40	1.00	0.30	0.50	-
	220kV	0.20	0.20	0.20	0.50	0.80	0.40	0.60	0.40	2.00	0.50	1.00	-
sdělovací kabely		0.30 ;0.10	0.80; 0.30	0.80; 0.30	0.80	-	0.40	0.40	0.40	0.80	0.30	0.50	0.30
plynovodní potrubí do	0.005 MPa	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.50	0.50	0.40	1.00	0.40
	0.3 MPa	0.60	0.60	0.60	0.60	0.40	0.40	0.40	0.50	0.50	1.00	4.00	1.00
vodovodní sítě a přípojky		0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.50	0.50	0.60	1.00	0.60	0.60	0.60
tepelné sítě		0.30	0.70	1.00	2.00	0.80	0.50	0.50	1.00	-	0.30	0.30	0.30
kabelovody		0.10	0.30	0.30	0.50	0.30	0.40	1.00	0.60	0.30	-	0.30	0.30
stokové sítě a kanalizační přípojky		0.50	0.50	0.50	1.00	0.50	1.00	1.00	0.60	0.30	0.30	-	0.30
kolektor		-	-	-	-	0.30	0.40	1.00	0.60	0.30	0.30	0.30	-

Tabulka 5 - Nejmenší dovolené krytí podzemních sítí v m [ČSN 73 6005]

druh sítí		nejmenší krytí [m]		
		chodník	vozovka	volný terén
silové kabely do	1 kV	0.35	1.00	0.35; 0.70
	10 kV	0.50	1.00	0.70
	35 kV	1.00	1.00	1.00
	220kV	13.00	1.30	1.30
sdělovací kabely	- místní	0.40	0.90	0.60
	- dálkové	0.50	0.90	0.60; 0.90
	- optické - místní	0.40	0.90	0.60
	- optické - dálkové	0.50	1.20	1.00
plynovodní potrubí		0.80	1.00	0.80
vodovodní sítě		1.00- 1.60	1.50	1.00- 1.60
tepelné sítě		0.50	1.00	0.50
kabelovody		0.60	1.00	0.60
stokové sítě a kanalizační přípojky		1.00	1.80	1.00
kolektor		0.50	1.00	0.50

Pro zajištění stability objektů zástavby nebo jiných vedení je doporučeno dodržet minimální odstupovou vzdálenost (označenou L) výkopu pro nové vedení od stávajícího objektu. (Viz Obrázek 5.2 - *Bezpečná vzdálenost výkopu od stávajícího objektu*):

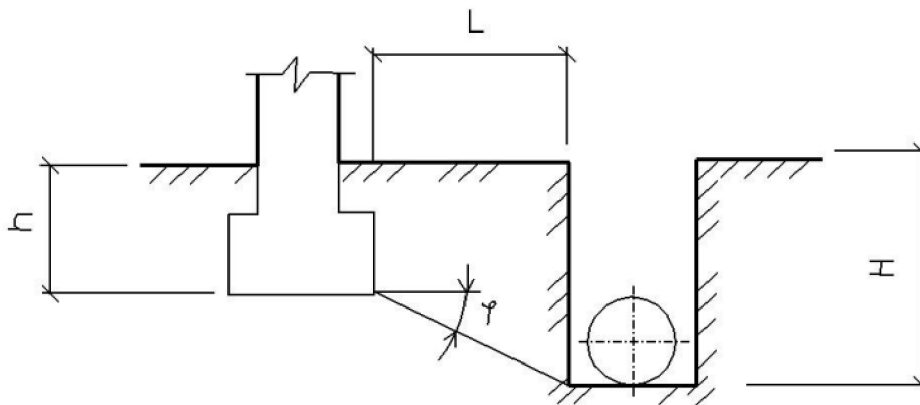
$$L = \frac{H-h}{\text{tg}\varphi} \text{ [m]} \quad (\text{r. 5.1})$$

H = hloubka výkopu [m];

h = hloubka základu budovy pod terénem [m];

φ = úhel vnitřního tření zeminy v daném místě dle ČSN 73 1001.

[IS Beránek a kol., 2005]



Obrázek 5.2 - Bezpečná vzdálenost výkopu od stávajícího objektu [Udržitelné systém, 2014]

5.2.2 OCHRANNÁ PÁSMA INŽENÝRSKÝCH SÍTÍ

Ochranná pásma (dále jen OP) se stanovují pro ochranu IS před poškozením, především při výkopových pracích a pro zajištění bezpečnosti při pracích, které probíhají v blízkosti sítě. Ten, kdo se nachází v OP, je povinen chovat se tak, aby nemohl poškodit zařízení nebo ohrozit či omezit bezpečný a spolehlivý provoz. V tabulce (*Tabulka 6 - Přehled vymezení OP a podmínky výsadby zeleně*), jsou definovány OP pro jednotlivé druhy IS a také uvedeny podmínky pro výsadbu trvalých porostů v jejich OP. [Konference Kabelková, 2019]

Tabulka 6 - Přehled vymezení OP a podmínky výsadby zeleně [Konference Kabelková, 2019]

Typ vybavení	Definice ochranného pásma	Podmínky výsadby trvalých porostů v ochranném pásmu
Vodovod Kanalizace 274/2001 Sb. § 23	OP jsou vymezena vodorovnou vzdáleností od vnějšího líce stěny potrubí nebo stoky na každou stranu a) do průměru 500 mm včetně, 1.5 m, b) nad průměr 500 mm, 2.5 m, c) o průměru nad 200 mm, jejichž dno je uloženo v hloubce větší než 2.5 m pod upraveným povrchem, se vzdálenosti dle písmene a) či zvyšují o 1.0 m.	V OP vodovodního řadu nebo kanalizační stoky lze vysazovat trvalé porosty, jen s písemným souhlasem vlastníka vodovodu nebo kanalizace, popřípadě provozovatele...
Zařízení elektrizační soustavy 458/2000 Sb. § 46	a) u napětí nad 1 kV a do 35 kV včetně 1. pro vodiče bez izolace - 7 m, 2. pro vodiče s izolací základní - 2 m, 3. pro závěsná kabelová vedení - 1 m, b) u napětí nad 35 kV do 110 kV včetně - 12 m	V OP podzemního vedení je zakázáno vysazovat trvalé porosty a přejíždět vedení mechanismy o celkové hmotnosti nad 6 t.
Plynovod 458/2000 Sb. § 68	a) u plynovodů a plynovodních přípojek o tlakové úrovni do 4 bar včetně, umístěných v zastavěném území obce 0 m na obě strany a umístěných mimo zastavěné území obce 2 m na obě strany, b) u plynovodů a plynovodních přípojek nad 4 bar do 40 bar včetně 2 m na obě strany, c) u plynovodů nad 40 bar 4 m na obě strany, d) u technologických objektů 4 m na každou stranu ...	vysazování trvalých porostů kořenících do větší hloubky než 20 cm nad povrch plynovodu ve volném pruhu pozemků o šířce 2 m na obě strany od osy plynovodu, vlastní telekomunikační sítě nebo plynovodní přípojky lze pouze na základě souhlasu provozovatele distribuční soustavy ...
Teplovodní zařízení 458/2000 Sb. § 87	OP je vymezeno svislými rovinami vedenými po obou stranách zařízení ve vodorovné vzdálenosti měřené kolmo k tomuto zařízení a vodorovnou rovinou, vedenou pod zařízením ve svislé vzdálenosti, měřené kolmo k tomuto zařízení a činí 2.5 m.	Vysazování trvalých porostů v OP je možno provádět pouze po předchozím písemném souhlasu provozovatele tohoto zařízení.
Komunikační vedení 127/2005 Sb. § 102	OP podzemního komunikačního vedení činí 1.0 m po stranách krajního vedení.	V OP podzemního komunikačního vedení je zakázáno bez souhlasu jeho vlastníka vysazovat trvalé porosty.

5.3 PRVKY PRO OPATŘENÍ

Veškeré prvky pro opatření splňují základní požadavky MZI. Každý prvek je poté vhodnější pro různé oblasti. Navrhují se dle vhodnosti, kam se jaký prvek více hodí, aby plnil v co možná největší míře požadavky MZI.

Bez přívodu vody z jiných ploch:

- Střechy s retenční vrstvou;
- zpevněné propustné plochy.

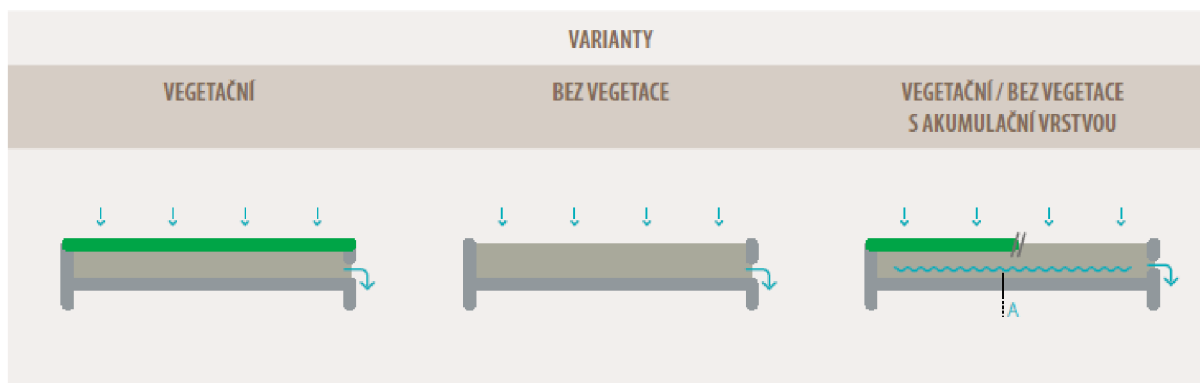
S přívodem vody z jiných ploch:

- Vsakovací plocha;
- průleh;
- rýha;
- vsakovací šachta;
- povrchová retenční nádrž;
- podzemní retenční nádrž;
- akumulční nádrž.

5.3.1 STŘECHY S RETENČNÍ VRSTVOU

Jedná se o střechy pokryté pórovitým materiálem, který má retenční schopnost. Střechy se dále dělí na vegetační (konstrukční vrstvy – vegetace, filtrační, drenážní, ochranná, separační vrstva, hydroizolace), bez vegetace (konstrukční vrstvy – retenční, ochranná a separační, hydroizolace) nebo kombinace vegetace i bez vegetace, a dalším typem je střecha spojena s akumulční vrstvou (konstrukční vrstvy – vegetační, retenční, akumulční, ochranná a separační vrstva, hydroizolace) (viz *Obrázek 5.3 - Schéma střech s retenční vrstvou*). Úkoly a hlavní výhody těchto střech nabízí díky zachycení srážkové vody na střeše snižovat objem srážkového odtoku v místě jeho vzniku. Také zpomalování vyšších srážkových odtoků. Díky těmto střechám je dosaženo zlepšení klimatu a ochlazování ovzduší, z důvodu vypařování zadržené dešťové vody. Výhody průsaku vody materiálem na střeše – voda se předčistí. Střecha má také ekologickou hodnotu, jelikož poskytuje místo pro výskyt různých živočichů. Střechy s retenční vrstvou můžeme z pohledu lidstva vnímat jako možnost pro rekreaci, místo setkávání.

Pro samotnou stavbu, střecha slouží jako výhodná izolační schopnost, v létě částečně nahrazuje klimatizaci a v zimě vytápění budovy. Reálná situace viz *Obrázek 5.4 - Vegetační zelená střecha*. [Standardy Praha, 2021]



Obrázek 5.3 - Schéma střech s retenční vrstvou [Standardy Praha, 2021]

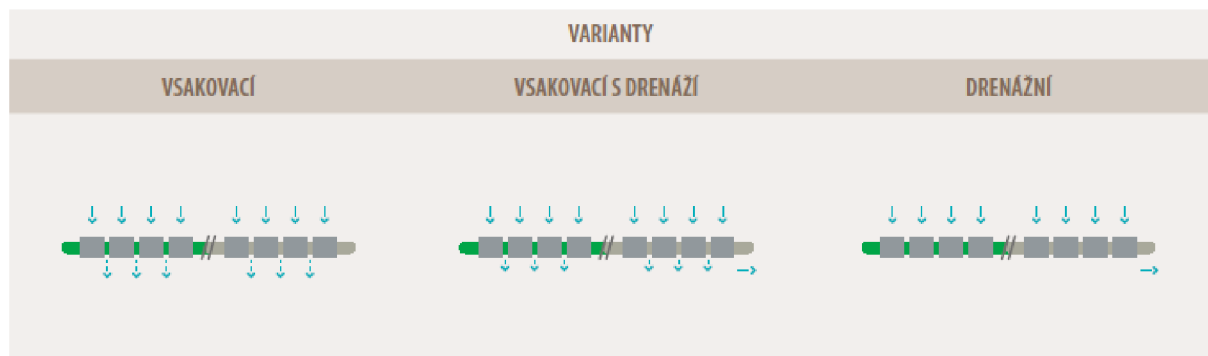


Obrázek 5.4 - Vegetační zelená střecha [Atelier Zdenka Sendlera]

5.3.2 ZPEVNĚNÉ PROPUSTNÉ PLOCHY

Jedná se o povrchy z propustného porézního materiálu. Nebo také o povrchy z nepropustného materiálu, které tvoří spáry či otvory, kterými je srážková voda vsakována do nižších vrstev (viz *Obrázek 5.5 - Schéma zpevněných propustných střech*). Veškerá srážková voda na dané ploše se vsákne do povrchu. Případně je zbytek odváděn pomocí drenáže. Porézní materiál může mít také funkci vegetační vrstvy (štěrkový trávník, zatravněné rošty). Pokud vegetační funkci nemá, tak se jedná například o propustný asfalt nebo beton. Pokud tedy máme nepropustný materiál a v něm spáry či otvory, tak bývají většinou osázeny vegetací (zatravněny). Na povrchy ze spáry a otvory nesmí být přiváděn srážkový odtok.

Reálná situace viz *Obrázek 5.6 - Zasakovací rošty*. [Standardy Praha, 2021]



Obrázek 5.5 - Schéma zpevněných propustných střech [Standardy Praha, 2021]

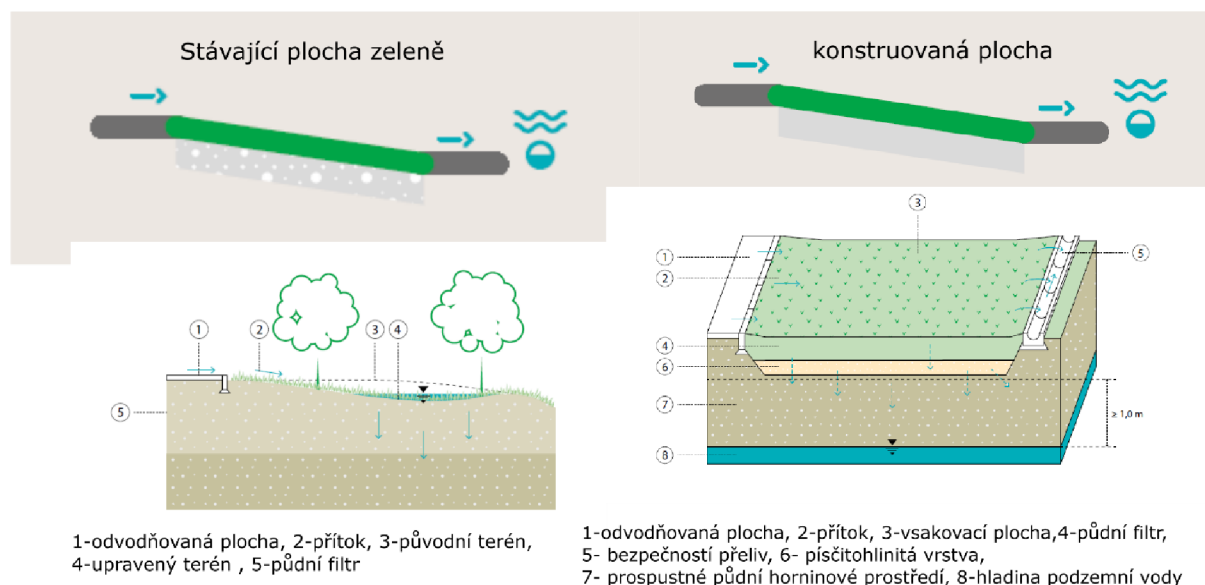


Obrázek 5.6 - Zasakovací rošty [zasakovací rošty, Asio]

5.3.3 VSAKOVACÍ PLOCHA

Základní funkce pro vsakovací plochy jsou vsak, výpar, čištění odtoku. Jedná se o stávající plochy zeleně či umělé (konstruované) plochy (viz *Obrázek 5.7 - Schéma vsakovacích ploch*). Plochy určené pro vsakování musí mít půdní filtr, který má za úkol vsakovat srážkový odtok, který vznikl na okolních plochách. Vsakovací plochy jsou plochy bez retenčního prostoru. Voda, která se zadrží v daném půdním profilu, se část vsákne, ale část také vypaří. Výpar probíhá přímo nebo prostřednictvím vegetace. Vsakovací plocha má také funkci čištění vsakované vody. Toto čištění probíhá díky vegetaci a přirozenému nebo konstruovanému vodnímu filtru na vsakovací ploše. Pro konstrukci je důležitý sklon této plochy, který bývá zpravidla nejvýše 1:10, aby nedocházelo k erozi.

Plocha musí tvořit také nátok pomocí obrubníků a bezpečnostní přeliv, který je tvořen přechodem do dalších prvků HDV nebo otevřeným žlabem/korytem na konci plochy. Vegetační kryt vsakovací plochy je tvořen trávou, keři, stromy, trvalky nebo štěrkovým mulčem. Typ krytu je stanoven dle stanovištních podmínek, očekávaných funkcí, přípustnosti vegetační vrstvy půdy. Reálná situace viz *Obrázek 5.8 - úprava obrubníku pro nátok do plošného vsaku*. [Standardy Praha, 2021]



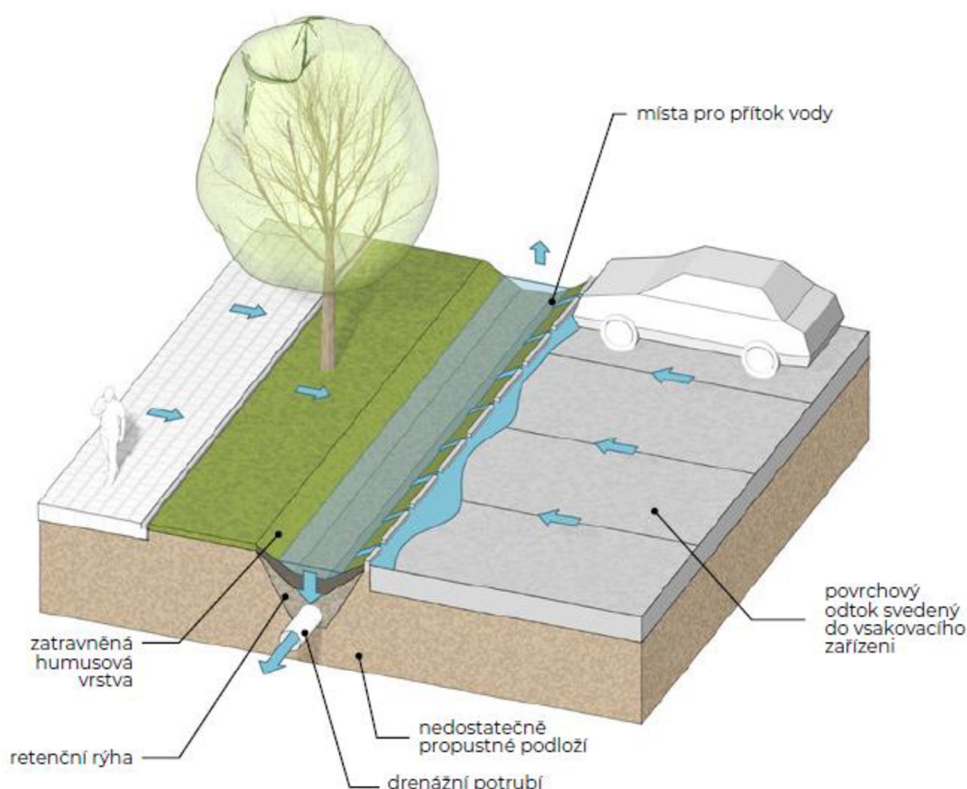
Obrázek 5.7 - Schéma vsakovacích ploch [Standardy Praha, 2021]



Obrázek 5.8 - Úprava obrubníku pro nátok do plošného vsaku [Voda ve městě, 2021]

5.3.4 PRŮLEH

Průleh je dělen na vsakovací, vsakovací s regulovaným odtokem a s regulovaným odtokem. Hlavní funkce průlehu je výpar, zpomalení odtoku, čištění odtoku, vsak, případně omezená míra vsaku. Jedná se o mělké povrchové retenční objekty, do kterých je přiváděn srážkový odtok z okolních ploch (viz Obrázek 5.9 - Schéma vsakovacího průlehu). Zadržaná voda se buď pouze vsakuje, nebo vsakuje a má i regulovaný odtok, nebo nevsakuje a má pouze regulovaný odtok. Dále se také část vody vypařuje, a to z volné hladiny, půdy a vegetace. Součástí průlehu je půdní filtr, který slouží pro čištění srážkové vody. Povrch průlehu je většinou zatravněn, nebo může být osázen i dalšími vegetačními prvky (stromy, keře, trvalky, ...) pro zvýšení bioretenčních a mikroklimatických funkcí. Maximální hloubka nadržení vody v průlehu je 30 cm k úrovni bezpečnostního přelivu. Sklony svahu průlehu jsou ideálně 1:3. Nátok je řešen pomocí žlábků, kde je nutno opevnit dno průlehu pod zaústěním nebo pomocí obrubníků, kde není nutnost opevnění. Průleh může být také atypický, a to průleh s rýhou, detailnější popis rýhy viz 5.3.5 Rýha. Reálná situace viz Obrázek 5.10 - Osázený vsakovací průleh. [Standardy Praha, 2021]



Obrázek 5.9 - Schéma vsakovacího průlehu [Voda ve městě, 2021]

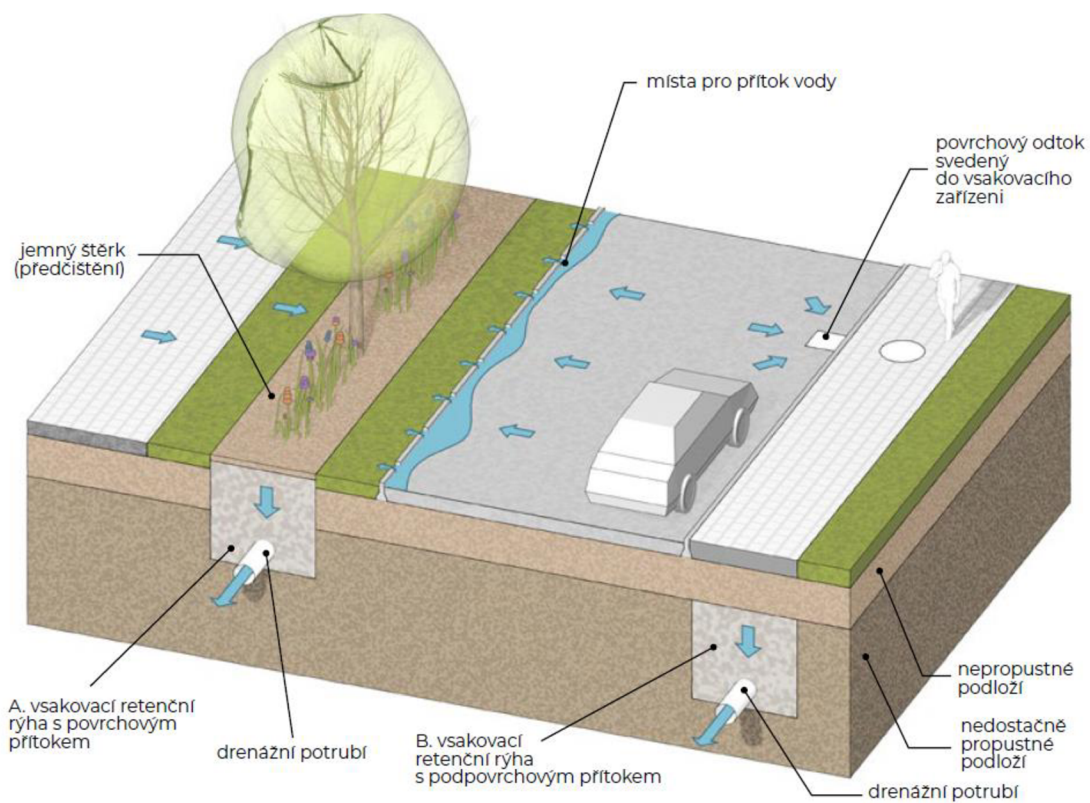


Obrázek 5.10 - Osázený vsakovací průleh [Voda ve městě, 2021]

5.3.5 RÝHA

Vsakovací retenční rýha je buď s povrchovým přítokem nebo s podpovrchovým přítokem. Existuje také atypická rýha, a tou je průleh s rýhou, detailnější popis průlehu viz 5.3.4 *Průleh*. Rýhy bývají zpravidla jako liniové, ale mohou být i jako tělesa kdy se jedná o plošnou variantu (viz *Obrázek 5.11 - Schéma povrchové a podpovrchové rýhy*). Povrchová rýha je tvořena retenčním tělesem, který je vyplněn štěrkovým materiálem. Horní hrana rýhy není zasypána a dochází přes ni k nátoku srážkové vody do objektu. Podzemní rýha může být kromě štěrkového materiálu, vyplněna prefabrikovanými bloky. Nátok do podpovrchové rýhy je potrubím, v rýze je dále voda rozvedena drenážním potrubím. Přístup k potrubí je zprostředkován pomocí revizní šachty. Rýhy mohou být pouze vsakovací, doplněné regulovaným odtokem nebo jen s regulovaným odtokem bez vsakování. Povrchová rýha má velmi omezenou funkci čištění a podpovrchová rýha nemá žádnou čistící funkci. Vyskytuje se zde riziko kolmatace (zanášení a ucpávání propustných vrstev nečistotami) a proto je nutné předčištění přiváděného srážkového odtoku, většinou se navrhuje přes vegetační pás a u podzemní rýhy je řešeno pomocí kalové jímky. Reálná situace viz *Obrázek 5.12 - Osázená vsakovací rýha s povrchovým přítokem*.

[Standardy Praha, 2021], [Voda ve městě, 2021]



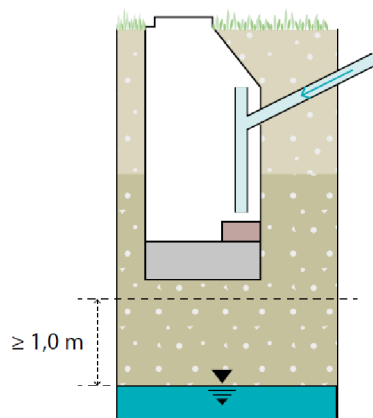
Obrázek 5.11 - Schéma povrchové a podpovrchové rýhy [Voda ve městě, 2021]



Obrázek 5.12 - Osázená vsakovací rýha s povrchovým přítokem [Voda ve městě, 2021]

5.3.6 VSAKOVACÍ ŠACHTA

Vsakovací šachta má funkci pouze vodohospodářskou a tou je vsak. Estetické využití ani výhody tento objekt nemá. Jedná se o bodové opatření. Objekt nepožaduje velké prostorové nároky na vsakování dešťové vody. Vsakovací šachta je jednoduchý objekt. Skládá se z přítokového potrubí a samostatné šachty. Dno šachty je tvořeno propustnou vrstvou štěrku a u dna jsou po stěně vyhotoveny otvory (viz Obrázek 5.13 - Schéma vsakovací šachty). Tyto dva prvky umožňují vsakování do podloží. Jedná se o šachtu, která je řešena jako klasická kanalizační šachta různých typů. Na povrchu je tedy vidět pouze poklop šachty. Podmínkou pro použití vsakovací šachty je nutné předčištění dešťových vod před zaústěním do šachty. Navrhuje se pomocí předsazené kalové jímky, filtrační šachty, nebo může být použit půdní filtr. Předčištění je nutné, neboť samotná šachta nemá žádnou čistící funkci. Reálná situace viz Obrázek 5.14 - Vsakovací šachta. [Standardy Praha, 2021], [Voda ve městě, 2021]



Obrázek 5.13 - Schéma vsakovací šachty [Standardy Praha, 2021]



Obrázek 5.14 - Vsakovací šachta [Voda ve městě, 2021]

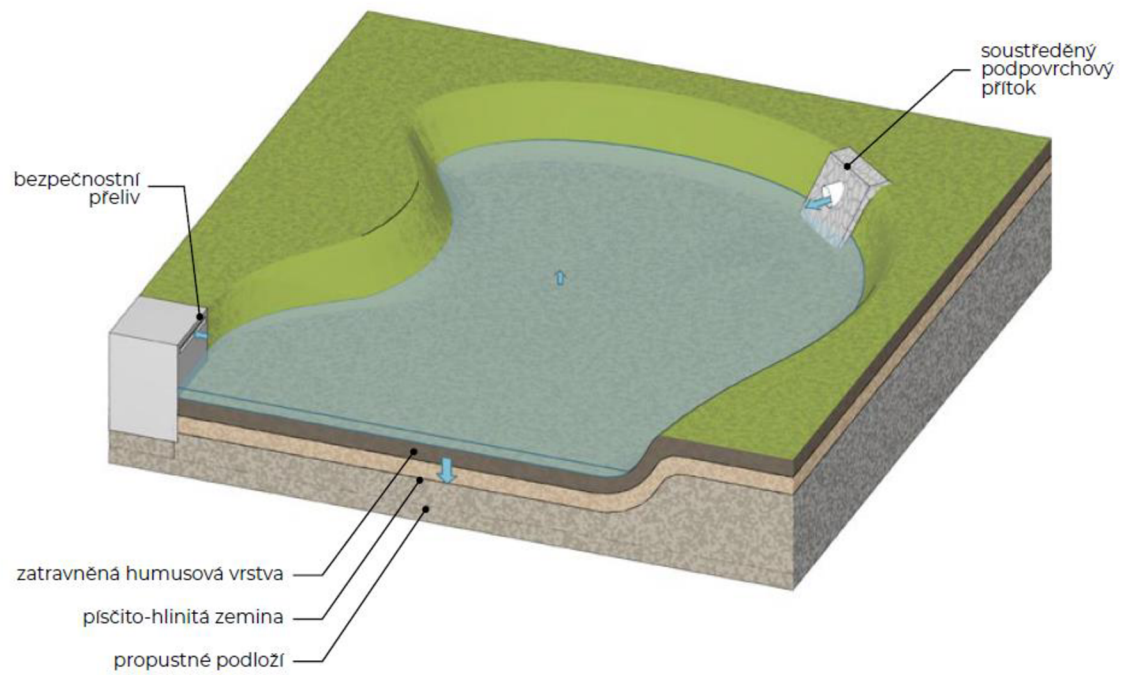
5.3.7 POVRCHOVÁ RETENČNÍ NÁDRŽ

Hlavní funkcí je zadržení (retence) a zpomalení srážkového odtoku, následně vsakování, regulovaný odtok v případě potřeby, čistící funkce, výpar (viz Obrázek 5.15 - Schéma vsakovací retenční nádrže).

Dělení:

- Vsakovací;
- vsakovací s regulovaným odtokem;
- s regulovaným odtokem;
- se stálým nadržáním a regulovaným odtokem;
- umělý mokřad s regulovaným odtokem;
- suchá povrchová nádrž s regulovaným odtokem.

Čistění probíhá u vsakovacích nádrží pomocí půdního filtru s vegetací. U ostatních povrchových nádrží jsou z vody odstraňovány usaditelné látky pomocí sedimentace v usazovacím prostoru nádrže. Pokud je v nádrži přítomna rovněž vegetace, tak je zde voda také biologicky čistěna. Nádrže se stálým nadržáním s vegetací a umělé mokřady mají mikroklimatickou funkci díky výparu z vodní hladiny a evapotranspiraci rostlin. Dále podporují biodiverzitu území. Konstrukční uspořádání nádrže závisí na způsobu odvádění srážkové vody a na přítomnosti zásobního prostoru. Zpravidla hloubka zadržení vody může být větší než 30 cm, sklony svahů mírné, typicky 1:2. Půdní filtr tvořen zpravidla ideálně 30 cm, min. 20 cm. Složení dle TNV 75 9011 – hospodaření se srážkovými vodami. Reálná situace viz Obrázek 5.16 - Vsakovací retenční nádrž. [Standardy Praha, 2021]



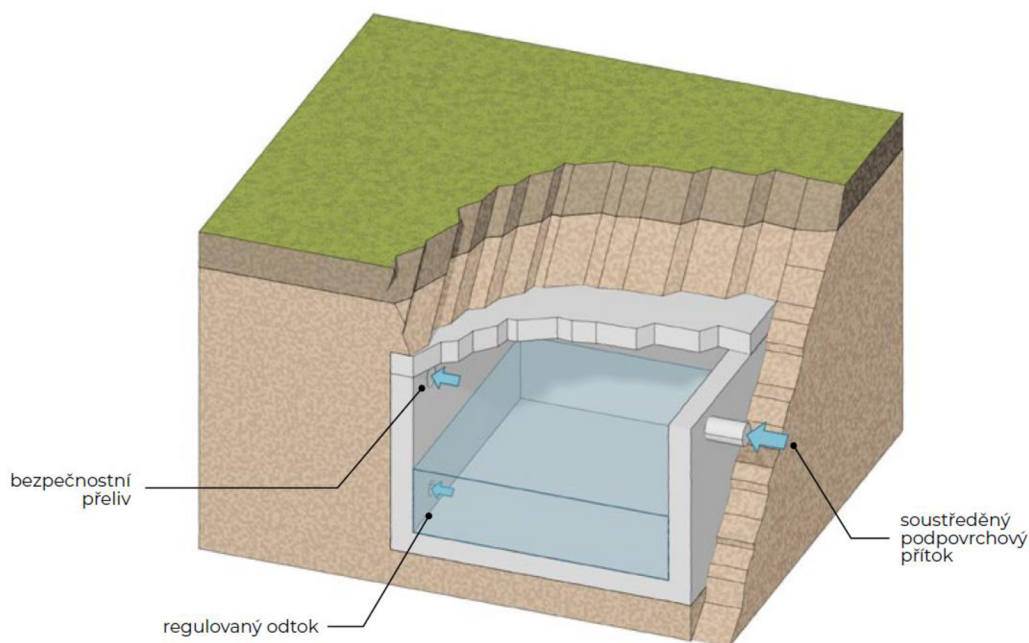
Obrázek 5.15 - Schéma vsakovací retenční nádrže [Voda ve městě, 2021]



Obrázek 5.16 - Vsakovací retenční nádrž [Voda ve městě, 2021]

5.3.8 PODZEMNÍ RETENČNÍ NÁDRŽ

Nachází se pod zemí, jedná se o volný retenční prostor, který se vyprazdňuje pomocí regulovaného odtoku. Podzemní retenční nádrž musí mít usazovací prostor, sloužící pro zadržení unavitelných látek. Žádné další významné funkce retenční podzemní nádrž nemá. Nádrž se skládá z nátoky, odzdušnění podzemních prostor, regulovaného odtoku a bezpečnostního přelivu (viz *Obrázek 5.17 - Schéma podzemní retenční nádrže*). Odzdušnění podzemního prostoru je řešeno pomocí trubky, či otvorů v poklopech revizní šachty. Z konstrukčního hlediska je potřeba dodržet sklon v jímce alespoň 2 %. Retenční prostor bývá většinou z železobetonové konstrukce (popřípadě potrubí velkých dimenzí), nebo prefabrikovaná nádrž z plastu, kovu, betonu. Požadavek na konstrukci je vodotěsnost. Regulátor odtoku je osazen v jímce, která se nachází v nejnižším bodě nádrže. Nátok srážkové vody nesmí vstupovat do objektu retenční nádrže přes poklop revizní šachty. Reálná situace viz *Obrázek 5.18 - Podzemní retenční nádrž*. [Standardy Praha, 2021]



Obrázek 5.17 - Schéma podzemní retenční nádrže [Voda ve městě, 2021]



Obrázek 5.18 - Podzemní retenční nádrže (betonová, plastové bloky, trubní)
[Voda ve městě, 2021]

5.3.9 AKUMULAČNÍ NÁDRŽ

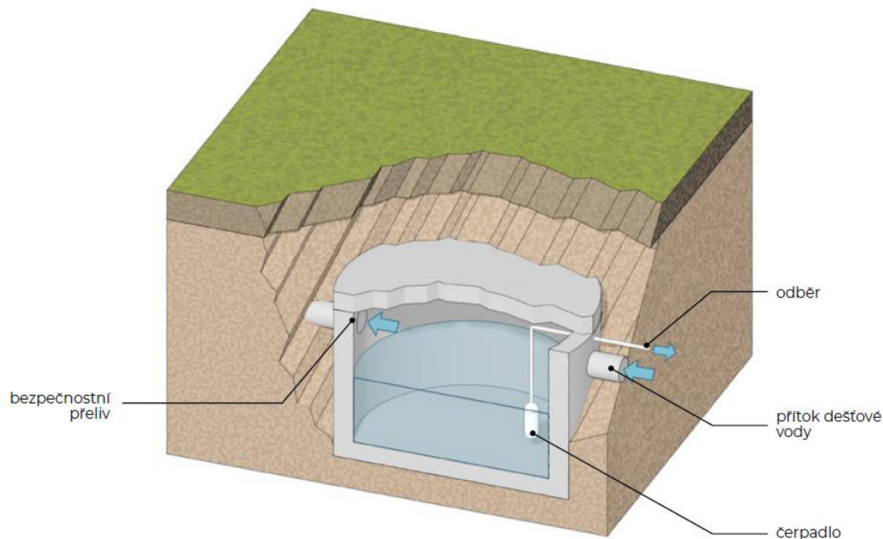
Hlavní funkcí této nádrže je akumulovat dešťovou vodu a efektivně ji dále využívat v podobě vody užitkové. Akumulační nádrže dělíme na nadzemní, podzemní, s možností kombinace s retencí vody. Do těchto nádrží je přiváděn srážkový odtok ze střech a jiných mírně znečištěných povrchů. Dále je akumulovaná voda řazena jako voda užitková uvnitř či vně budov. Akumulace a užívání vody musí být doplněno o předčištění přitékající vody, nebo je nutné provést úpravu akumulované vody dle záměru užívání. (viz Obrázek 5.19 - Schéma akumulací nádrže)

Nadzemní akumulací nádrž:

Z konstrukčního hlediska je nutné označit rozvody užitkové vody. Staticky tento objekt posoudit. Konstrukce akumulacího prostoru bývá většinou jako nádrž, sud, nádoba z různých materiálů uzavřená víkem. Objekt je tvořen nátokem, bezpečnostním přelivem, čerpadlem.

Podzemní akumulční nádrž:

Z konstrukčního hlediska se jedná o samonosné či nesamosnosné nádrže, z různých materiálů. Například prefabrikované systémy potrubí či boxů nebo betonové jímky. Objekt je tvořen nátokem, bezpečnostním přelivem, čerpadlem. Je nutné posoudit vztlak podzemní vody. Reálná situace viz Obrázek 5.20 - Akumulační nádrž.



Obrázek 5.19 - Schéma akumulční nádrže [Voda ve městě, 2021]



Obrázek 5.20 - Akumulační nádrž [Voda ve městě, 2021]

5.4 DIMENZOVÁNÍ OBJEKTŮ

Metody návrhu jsou závislé na velikosti odvodňovaného území a také na složitosti systému odvodnění. Pro dimenzování existují jednoduché metody anebo dlouhodobá simulace.

Při jednoduché simulaci se jedná o vztah mezi přítokem a odtokem z nebo do retenčního prostoru objektu, kdy tento vztah popisuje hydrologická bilance.

Vstupující veličiny do *Tabulky č.7 - hydrologická bilance mezi přítokem a odtokem do vsakovacích či retenčních objektů různých typů:*

i = intenzita srážky. [mm/h]

t = doba trvání srážky. [h]

A_{red} = Průmět redukované odvodňované plochy povodí. [m²]

A_{vsak} = Vsakovací plocha vsakovacího zařízení v m²; pokud se jedná o vsakovací objekt se sklonitými svahy, lze hodnotu A_{vsak} uvažovat jako střední hodnotu zatopené plochy objektu. [m²]

A_{ret} = Plocha nadzemního retenčního objektu, v m²; pokud se jedná o retenční objekt se sklonitými svahy, lze hodnotu A_{ret} uvažovat jako střední zatopenou plochu objektu. V případě podzemního retenčního objektu se plocha

Neuvažuje. [m²]

Q_{vsak} = Vsakovaný odtok podle ČSN 75 9010. [m³/s]

Q_o = Regulovaný odtok z retenčního prostoru do povrchových vod nebo do jednotné kanalizace [m³/s]. Platí $Q_o \leq Q_c$.

Q_c = specifický odtok, přípustný odtok je stanoven správcem kanalizace či vlastníkem nebo provozovatelem

V = Retenční objem $V = A_{vsak} \cdot H$ resp. $V = A_{ret} \cdot H$ [m³], kde H je střední hloubka vody [m].

Tabulka 7 - Hydrologická bilance mezi přítokem a odtokem do vsakovacích či retenčních objektů různých typů

č.	Typ objektu	Přítok ¹⁾	=	Odtok ³⁾				
		Objem srážkové vody ²⁾		Vsakování	+	Retenční objem	+	Regulovaný odtok
1	Plošné vsakování bez retence	$i \cdot (A_{red} + A_{vsak}) \cdot t / 1000$	=	$3600 \cdot Q_{vsak} \cdot t$	+	0	+	0
2	Povrchová vsakovací zařízení s retencí	$i \cdot (A_{red} + A_{vsak}) \cdot t / 1000$	=	$3600 \cdot Q_{vsak} \cdot t$	+	V	+	0
3	Povrchová vsakovací zařízení s retencí a odtokem	$i \cdot (A_{red} + A_{vsak}) \cdot t / 1000$	=	$3600 \cdot Q_{vsak} \cdot t$	+	V	+	$3600 \cdot Q_o \cdot t$
4	Podzemní vsakovací zařízení s retencí	$i \cdot A_{red} \cdot t / 1000$	=	$3600 \cdot Q_{vsak} \cdot t$	+	$V^{4),5)}$	+	0
5	Podzemní vsakovací zařízení s retencí a odtokem	$i \cdot A_{red} \cdot t / 1000$	=	$3600 \cdot Q_{vsak} \cdot t$	+	$V^{4),5)}$	+	$3600 \cdot Q_o \cdot t$
6	retenční objekty	$i \cdot (A_{red} + A_{vsak}) \cdot t / 1000$	=	0 ⁶⁾	+	$V^{4)}$	+	$3600 \cdot Q_o \cdot t$

Poznámky k Tabulce č.7 - Hydrologická bilance mezi přítokem a odtokem do vsakovacích či retenčních objektů různých typů:

1) Pokud se mezi odvodňovanou plochou a objektem HDV nachází další decentrální objekt s retenčním objemem, je nutné jeho objem odečíst na levé straně bilanční rovnice od objemu srážkové vody.

2) Výpočet objemu povrchového odtoku podle ČSN EN 752. Alternativně lze objem povrchového odtoku vypočítat podle ČSN 75 9010 na základě celkového úhrnu srážky s periodicitou p a dobou trvání t.

3) V hydrologické bilanci pro návrh vsakovacích a retenčních objektů a zařízení se neuvažuje evapotranspirace.

4) Pro povodí, kde hraje roli doba dotoku t_d do retenčního zařízení, je vhodné ji při výpočtu retenčního objemu zohlednit (ČSN 75 6261).

5) Retenční objem podzemních vsakovacích zařízení vyplněných štěrkem nebo prefabrikovanými bloky je dán objemem pórů nebo retenčního prostoru v blocích (viz ČSN 75 9010).

6) V hydrologické bilanci pro návrh retenčních objektů, které nejsou navrženy jako kombinované objekty se vsakovacím zařízením, se nezohledňuje případný průsak vody nádrží do horninového prostředí. [TNV 75 9011]

6 PRAKTICKÁ ČÁST

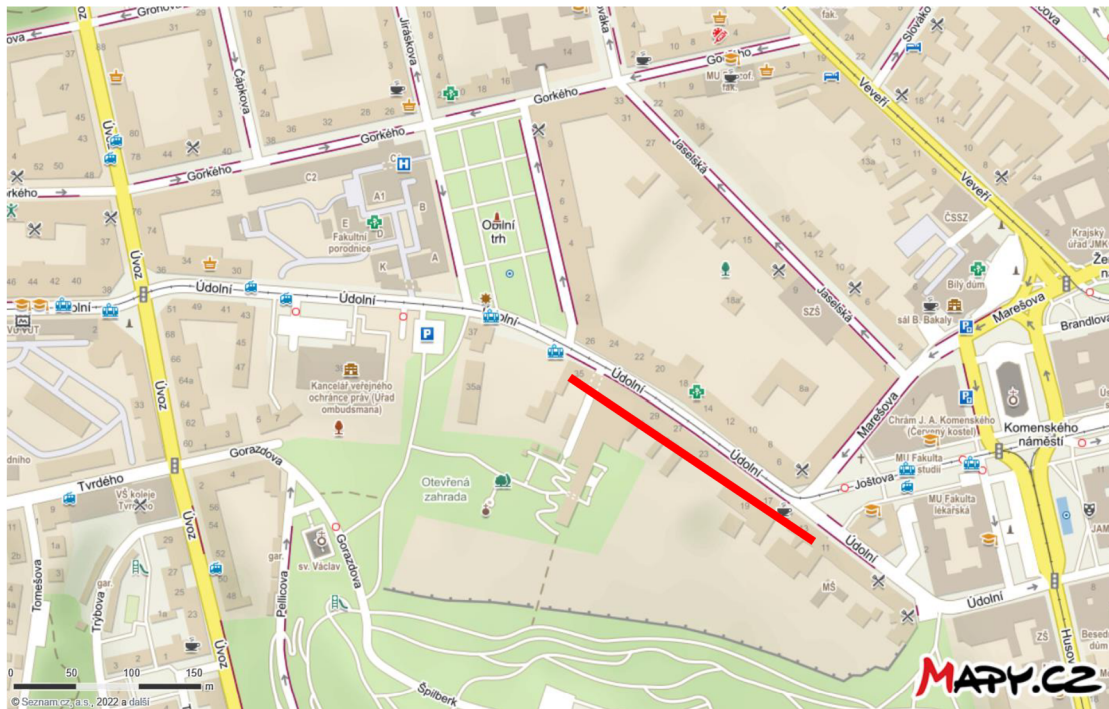
6.1 POPIS LOKALITY NÁVRHU PRVKŮ MZI

Praktická část mé bakalářské práce se zabývá návrhem prvků modrozelené infrastruktury ve městě Brně. Jedná se o ulici Údolí, nachází se v městské části Brno-střed a spadá do katastru Brno-střed, Stránice a Veverí. Jedná se o poměrně dlouhou ulici v údolí mezi návršími Špilberku, Žlutého kopce a Kraví hory. Tato ulice začíná od Husovy ulice a končí až na Náměstí Míru. Délka ulice je cca 1,5 km (viz *Obrázek 6.1 - rozloha ulice Údolní*). Významné křížení je Úvoz. [encyklopedie Brna]



Obrázek 6.1 - Rozloha ulice Údolní [mapy.cz]

V této bakalářské práci jsou navrženy prvky modrozelené infrastruktury pouze v části ulice, a to za křižovatkou Marešova, Joštova, Údolní po zastávku MHD „Obilný trh“, tedy po začátek parku Obilný trh. Přesný popis této části ulice viz *Obrázek 6.2 - Rozloha úseku s návrhem prvků MZI* a reálná situace viz *Obrázek 6.3 - Foto části ulice Údolní*.



Obrázek 6.2 - Rozloha úseku s návrhem prvků MZI [mapy.cz]



Obrázek 6.3 - Foto části ulice Údolní s návrhem prvků MZI [vlastní zdroj]

Jedná se o úsek dlouhý 200 m, na kterém jsou v rámci bakalářské práce prezentovány prvky MZI navržené do frekventované ulice ve středu města Brna.

Současný stav tohoto úseku je z technického stavu špatný. Nachází se zde díry, výmoly, chybí kusy asfaltu, nerovnosti všech typů povrchu. Z hlediska infrastruktury se zde nachází uprostřed koleje pro tramvaj, jízdní pruh v obou směrech. V jednom směru jízdní pruh neplní svoji funkci, ale vznikly zde parkovací místa. Po obou stranách ulice se nachází chodník. Z občanské vybavenosti se na konci tohoto úseku nachází tramvajová zastávka „Obilný trh“ a vstup do parku. Dále se na této části ulice nachází lékárna, pamětní deska Františka Mareše, několik občerstvení, autoservis a další malé obchody s různým sortimentem.

6.2 OKOLNOSTI K NÁVRHU

Záměr v nejbližších letech. Ulice údolní bude rekonstruována v úseku od křižovatky Marešova, Joštova až po křížení s Úvozem. Po Náměstí Míru je již ulice zrekonstruována. Nejen z tohoto důvodu budou prvky MZI prezentovány v tomto úseku. Rekonstrukce proběhne v rozsahu vybourání veškerých povrchů, po celé šířce ulice – koleje, silnice, parkovací místa, chodník. Bude provedena rekonstrukce kanalizace a vodovodu. Dojde tedy k položení nového kanalizačního a vodovodního potrubí ve stejné trase. Vodovodní a kanalizační přípojky budou také nově osazeny. Tato vize se nyní nachází v procesu projektové přípravy. Bude tvořena dokumentace pro stavební povolení (DSP) a také dokumentace pro provádění stavby (DPS).

6.3 VYJÁDŘENÍ A POŽADAVKY ORGÁNŮ K PRVKŮM MZI

V této ulici se při rekonstrukci neplánuje použití prvků MZI. Aby se mohl navrhnout prvek MZI do projektu, je nutné, aby tento prvek odsouhlasilo hned několik organizací. Každá organizace klade své vlastní požadavky. Pro Brno tyto požadavky nejsou nikde celkově sepsány, ani momentálně neexistují žádné standarty. Proto je vyjádření ohledně MZI velice individuální a nejdou prozatím k tomuto problému nastavit jasné pokyny. Obecně pro MZI existuje několik metodických příruček. Více ohledně metodik viz kapitola 6.4 Metodika pro MZI.

Pro Brno, jsou požadavky, ke kterým jsem se v rámci zpracování práce dostala následující:

- Pod prvky MZI se nesmí nacházet žádné IS z důvodu poruchy a následné možnosti opravy IS.
- Musí být dodrženy veškeré vzdálenosti a podmínky vztahující se k požadavkům na výsadbu stromů. O této problematice pojednává ČSN 83 9021 – Technologie vegetačních úprav v krajině.
- Dodržené prostorové omezení výstavby z hlediska technických sítí – veřejné osvětlení, trolejové vedení. Tyto požadavky jsou vymezeny ve standardech správců technické infrastruktury.
- Vybrat vhodný typ stromu – z hlediska urbanistického, biologického, technologického, prokořenitelného prostoru, vsakovací plochy, typu výsadby a péče.
- Co možná v největší míře vytvořit souvislý prokořenitelný systém.

Prvky MZI většinou musí odsouhlasit:

- Brněnské komunikace a.s.;
- Brněnské vodárny a kanalizace, a.s.;
- Vodoprávní úřad;
- Dopravní podnik města Brna, a.s.;
- správci sítí v dané lokalitě;
- majitelé pozemků, kde se prvek MZI nachází;
- Technické sítě Brno, akciová společnost;
- Památkáři města Brna.

[Jedná se o myšlenky obohacené o informace vedoucího této bakalářské práce a architektů města Brna].

6.4 NÁVRH PRVKŮ MZI

Na ulici Údolní bude jako prvek MZI navržena varianta stromořadí s rýhou s povrchovým přítokem a regulovaným odtokem.

Stromořadí bude navrženo ze stromů dorůstajících malých rozměrů s vejčitou korunou.

Detail výstavby rýhy je popsán a vyobrazen v příloze č. 3. Rýha bude tvořena v šířce 1 m, zbytek tvoří přetok přes vegetační pás, bezpečnostní přeliv a revizní šachta (poklop RŠ). Celý tento prvek bude navrženo v šířce 2 m, přes celou šíři parkovacích míst v ulici. Délka rýhy se stromořadím, je individuální dle možností v konkrétním místě. Délky jsou vyobrazeny v příloze č. 1 a 2.

Pro ulici budou navrženy 3 varianty možného řešení:

- Varianta č. 1 – bez nutnosti přeložek IS, 1 pás MZI
- Varianta č. 2 – s nutností přeložek IS, 4 pásy MZI
- Varianta č. 3 – s větším množstvím přeložek, 8 pásů MZI

Všechny varianty návrhu jsou navrženy tak, aby odpovídaly požadavkům, směrnicím a podmínkám. Je plánovaná pravidelná údržba stromů a zeleně z důvodu zasahování do nepříznivých částí ulice. Drenážní potrubí vedeno po celé ulici, vždy bezpečnostními přepady z rýhy a na konci ulice bezpečnostní přepad zaústěn do stávající kanalizace. Odpovídá limitům požadovaných pro vypouštění dešťové vody do kanalizace. Celá ulice bude osově rozdělena a vyspádovaná vždy směrem k prvku MZI, aby byla veškerá dešťová voda svedena a zpracována.

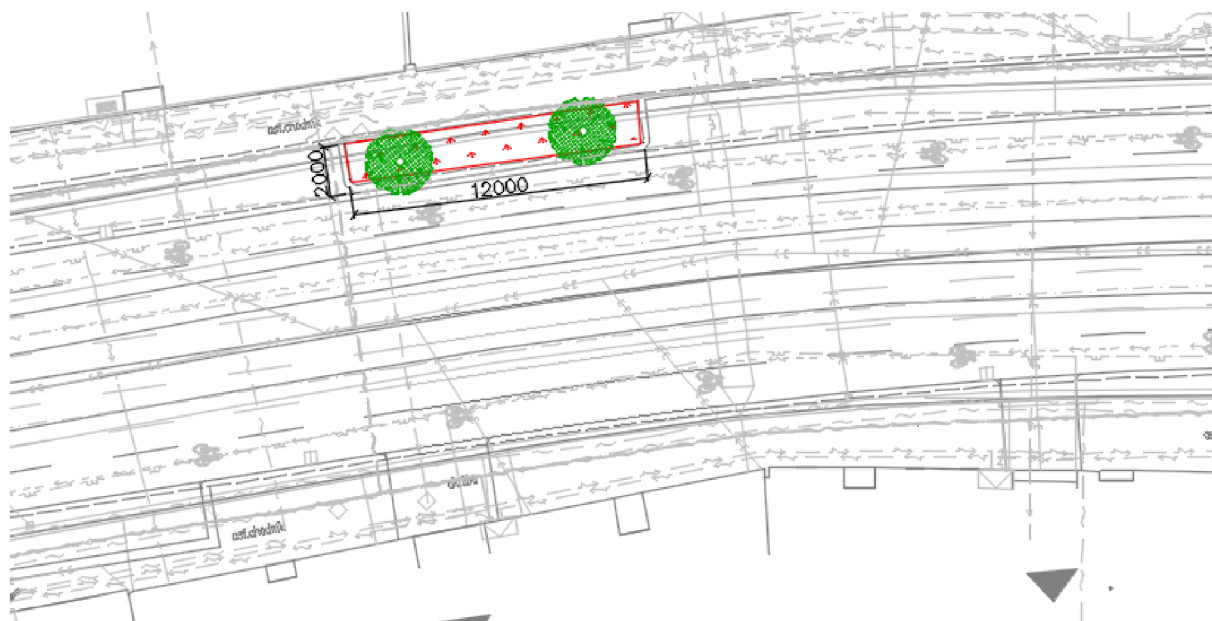
6.4.1 VARIANTA Č. 1

Varianta 1 bez nutnosti dalších prací navíc, v závislosti na prvcích MZI. Za současného stavu možnost navrhnout prvky MZI bez nutných přeložek IS. V této variantě bude navrženo pouze jeden pás se dvěma stromy (*viz Obrázek 6.4 - Varianta návrhu 1*). Více prvků nelze navrhnout především z důvodu výskytu IS, které by se nacházeli pod MZI. Jedná se o ilustraci varianty bez zásahů.

Tento pás bude mít rozměry 2 x 12 m a bude zde umístěna RŠ s bezpečnostním přelivem zaústěná do stávající kanalizace.

Jedná se o variantu nejméně nákladnou i nejméně technicky náročnou. Pro MZI tato varianta není moc vyhovující z důvodu malého množství prvků, které

zpracovávají povrchovou dešťovou vodu v místě dopadu. I z hlediska urbanistického a estetického není úplně optimální řešení jeden prvkem vložit mezi převažující množství betonových prvků.



Obrázek 6.4 - Varianta návrhu 1 [vlastní zdroj]

6.4.2 VARIANTA Č. 2

Varianta 2 je s nutností přeložek IS v co možná nejmenší míře. V této variantě budou navrženy 4 pásy se stromořadím. Detailnější popis pásu a návrhu viz *Příloha č.1 - Situace návrhu prvků MZI – varianta 2.*

Jedná se vždy o pásy se šířkou 2 m a délkou umožněnou dle dispozic celé ulice. V tomto návrhu dojde k nutnosti přeložení sdělovacích sítí a sítí elektrického vedení. Na začátku a na konci ulice je osazena revizní šachtička a bezpečnostní přeliv, který je zaústěn do stávající kanalizace. Drenážní potrubí je vedeno po celé délce ulice od prvního po poslední pás jako součást systému MZI. Je umístěno v šíři na krajní části pásu.

Jedná se o variantu nákladnější i více technicky náročnou než varianta 1. Pro MZI je tato varianta ideální, jedná se o pokrytí celé ulice alespoň na jedné straně. Výsledkem by byla z hlediska urbanistického a estetického atraktivnější ulice.

6.4.3 VARIANTA Č. 3

Varianta 3 je navržena s nutností většího množství přeložek IS. V této variantě bude navrženo 8 pásů se stromořadím. Detailnější popis pásu a návrhu viz *Příloha č. 2 - Situace návrhu prvků MZI – varianta 3*.

Jedná se vždy o pásy se šířkou 2 m a délkou umožněnou dle dispozic celé ulice. V tomto návrhu dojde k nutnosti přeložení sdělovacích sítí, sítí elektrického vedení a vodovodu. Na začátku a na konci ulice je osazena revizní šachtička a bezpečnostní přeliv, který je zaústěn do stávající kanalizace. Drenážní potrubí je vedeno po celé délce ulice od prvního po poslední pás jako součást systému MZI. Je umístěno na krajní části pásu.

Jedná se o variantu nejnákladnější i technicky složitější. Tato varianta byla navržena z důvodu podmětů, že veškeré povrchy budou zrušeny, bude probíhat rekonstrukce vodovodu a kanalizace v celé délce ulice. Přibily by už v tomto rozsahu rekonstrukce pouze částečné práce a finance navíc. Veškeré dešťové vody by byly plně zpracovány a využity. Ulice by se tak stala velice pohlednou. Prospělo by to celkovému zpracování dešťových vod ve městě Brně, bez extrémně nákladných a složitých procesů díky již stejně plánované rekonstrukci této ulice.

6.4.4 KLADY A ZÁPORY NÁVRŽENÝCH VARIANT

Všechny návrhy mají své plusy a mínusy. Vždy se najdou body, které jsou pro daný návrh horší a body, který návrh vylepší. Stejně je tomu i v této bakalářské práci. Shrnutí v podobě kladů (+) a záporů (-) viz níže.

- + Splněny cíle hospodaření s dešťovou vodou
- + Jedná se o moderní, prosperující prvek
- + Cílem prvku je především zlepšit klima ve městech
- + Prvky MZI umístěny, tak aby mohly 100 % plnit svoji funkci
- + Nejednalo by se o novou stavbu jen kvůli MZI
- + Zvýšení estetičnosti a urbanismu pro ulici i město jako takové
- + Snížení rizika sucha a povodní
- + Zadržování a zpracování srážkové vody v místě vzniku
- + Ochrana proti hluku pro nemovitosti
- + Zachycení prachů a plynů
- Nutnost přeložek IS (vyjma vodovodu a kanalizace)
- Větší investiční náklady
- Zmenšení míst k možnosti parkování aut či motorek
- Delší doba trvání rekonstrukce
- Zvýšená údržba péče o vegetaci
- Nutnost projednání se všemi správci IS, architektky a mít kladné stanovisko

6.5 SHRnutí, VÝSLEDKY PRÁCE

Téma MZI je relativně mladé, a proto začíná vznikat mnoho metodik, příruček, manuálů, jak s prvky MZI správně pracovat a jaký zvolit postup při návrhu. Aby návrh odpovídal veškerým požadavkům ostatních institucí, které spravují městské infrastrukturu. Momentálně se ČR nachází ve velice nekoncepčním a nesystémovým přístupu státu.

Odpovědnost je přenesena na města, kde je vyvíjená snaha na efektivnější organizaci a propojení mezi radními a magistrátů, provozovatelích systémů HDV, plánovací smlouvy mezi městy/obcemi/developery, či ideálně následné převzetí infrastruktury do majetku obce/města. [zásada MZI, Vítek],

Řešení situace v ideálních podmínkách:

- Dotvořit pro města, či aktualizovat dle aktuálních požadavků **Studie odtokových poměrů** – tedy koncepci odvodnění podle principů udržitelného rozvoje.
- **Městské stavební standardy** – aktualizovat a vytvořit Městské stavební standardy integrované o MZI.
- **Metodické příručky pro aplikaci MZI** (aktuálně vytvořeno např. Praha, Hradec Králové, Olomouc).
- **Financování a podpora** – kde vzít finanční prostředky, podporu, typy podporovaných projektů... [Vítek, 2017]

MZI je velice obsáhlé téma a nastavit jasná pravidla nebude úplně časově rychlá záležitost. Tento pojem začíná být čím dál tím obsáhlejším tématem v oblasti infrastruktur měst. Každý stát se k tomuto tématu staví jinak, ale snaha řešit je, je všude. Variant a kombinací různých typů prvků MZI je mnoho, dají se vzájemně kombinovat a uzpůsobovat dle místa ve městě, kde bude prvek aplikován. Jedná se tedy o velké spektrum možností použití. MZI je přizpůsobivé ke všem situacím.

6.5.1 FAKTORY A ZÁKONITOSTI, KTERÉ NEJVÍCE OVLIVŇUJÍ UMÍSTĚNÍ A TYP PRVKŮ MZI:

Díky zpracování bakalářské práce byly vyhodnoceny body níže uvedené.

- Prostorové rozmístění IS v místě návrhu MZI;
- celkový urbanistický záměr části města;
- vhodný výběr typu stromu z pohledu urbanistického, technologického, biologického a estetického;
- vhodný výběr stromu v závislosti na jeho velikosti v dospělosti;
- prokořitelný systém – dostatečně velká plocha kolem stromu nezpevněná;
- za podmínek, že není dostatečný prostor pro strom, raději upřednostnit pouze rostliny, travní plochy a keře;
- provzdušnění podpovrchových vrstev pod prvky MZI;
- kapilarita (vzlínavost – schopnost látek, vést kapalinu vzhůru);
- solení povrchů ve městech;
- délka prvku MZI v ulici;
- vhodná podjezdová výška pod korunou stromu;
- vzdálenost prvků MZI od aut zaparkovaných i v pohybu;
- vzdálenost prvků MZI od budov;
- přípojky IS mimo prvky MZI;
- ochranná pásma IS by neměly zasahovat do plochy MZI, kvůli poruše IS a tím i nutnosti zásahu do povrchu;
- prvky přizpůsobit dle pohybu slunce v průběhu dne;
- vyspádovanost celé ulice včetně asfaltových povrchů / (silnic, ...) směrem k prvkům MZI (do tzv. střechy);
- nutná pravidelná údržba stromořadí, rostlin, travních ploch a keřů;
- zhodnotit minulost, srovnat návrh s mapy historickými, kde je vidět množství a rozmístění stromů a zeleně.

6.5.2 MYŠLENKY K OTEVŘENÝM OTÁZKÁM V PRŮBĚHU ZPRACOVÁNÍ BAKALÁŘKÉ PRÁCE

Při zpracování této práce vznikaly myšlenky a otevřené otázky.

- Brno nemá metodiku, bude se někdy tvořit metodika?
- Jak se staví Brno k motivaci aplikace MZI, jak správně a koho motivovat?
- Pro Brno neexistují žádná sepsaná pravidla, koncepce, zákon ani vyhláška na MZI. Pro pár měst v malé míře ano. Bude se v budoucnu tvořit? Nebo budou vznikat společná pravidla, koncepce, zákony nebo vyhláška týkající se MZI?
- Speciální dotační fondy na prvky MZI nejsou známy. Je v budoucnu plán na vznik dotačních fondů pro města, obyvatele na aplikaci MZI?
- Jedná se o rozsáhlou problematiku, zasahující do mnoha odvětví, avšak ve správě měst i obcí samostatný odbor nemá zastoupení. Neměl by vzniknout nový odbor, zabývající se MZI?
- Při vzniku nového projektu, součást MZI není Podmínkou. Jak nastavit pravidla, aby MZI musela být nedílnou součástí každého projektu jak soukromého, tak i veřejného prostranství?

V současné době není známa odpověď na tyto otázky

6.5.3 ULICE ÚDOLNÍ

V praktické části mé BP byly zpracovány veškeré faktory a popsány o kapitole více viz **Faktory a zákonitosti, které nejvíce ovlivňují umístění a typ prvků MZI.**

Prvky MZI nebudou v rámci rekonstrukce ulice Údolní aplikovány. Vzhledem k dané situaci, že i přesto budou veškeré povrchy vybourány, bude rekonstruována kanalizace a vodovod, a tedy se bude jednat o rozsáhlou stavební činnost, tak by přidání prvků MZI nebyla komplikace. Jak z hlediska časového, technického, tak ani z hlediska finančních prostředků, by nedošlo k extrémnímu navýšení. Žádná komplikace nebude činit ani hladina podzemní vody, které se zde nevyskytuje. Dle Inženýrsko-geologického-průzkumu hladinu podzemní vody nebyla zjištěna.

I přes první náhled, že se jedná o poměrně složitou a zasítovanou ulici. Tak tato ulice by řešení prvků MZI měla. Nejen tato problematika dokazuje, že pojem MZI je obsáhlý a dá se upravit pro danou situaci, aby se vždy nějaká varianta návrhu a realizace našla. Z pohledu zakomponování MZI do projektu rekonstrukce části ulice Údolní by bylo žádoucí dříve oslovit všechny orgány spravující ulici Údolní. Projevit snahu ze strany projekční kanceláře, nebo začít dříve řešit, že je nutné prvky MZI zakomponovat do projektu.

7 ZÁVĚR

V rámci teoretické rešeršní části bakalářské práce byl vypracován text týkající se globálního pojednání o tématu modrozelená infrastruktura, která se stává velice aktuálním tématem nejen ve stavebnictví, ale v celkovém světě. Vzhledem k negativním změnám klimatu a urbanizace. Předkapitola pojednává o legislativě, týkající se modrozelené infrastruktury a širšího okolí.

V první rešeršní části je bakalářská práce věnována základnímu vymezení pojmu modrozelená infrastruktura. Tato část popisu co možná nejvíce vystihuje, co vše modrozelená infrastruktura znamená, jelikož se jedná o hodně rozmanitý pojem. Dále se zabývá samostatným vývojem pojmu modrozelená infrastruktura a detailnějším výskytem modrozelené infrastruktury ve městech.

Druhá rešeršní část reflektuje nadřazenou kategorii nad modrozelenou infrastrukturou, kterou je hospodaření s dešťovou vodou. Jedná se o ještě globálnější téma, a tedy jsou zde zmíněny základy a spojitosti s modrozelenou infrastrukturou. Tato kapitola řeší příčiny, důsledky, funkčnost a podmínky realizace hospodaření s dešťovou vodou. A na závěr rozdíl mezi HDV a MZI.

Třetí a zároveň poslední kapitola rešeršní části je nejobsáhlejší a pojednává o technickém řešení a detailním popisu opatření modrozelené infrastruktury v podobě prvků. Z technického hlediska jsou zde řešeny ve větší míře stromy, inženýrské sítě a jejich ochranná pásma. Jako opatření, jsou zde prvky, které tvoří modrozelenou infrastrukturu popsány z hlediska konstrukčního, funkčního i vzhledového. A v závěru kapitoly základní dimenzování objektů.

V praktické části bakalářské práce byl zpracován návrh prvků modrozelené infrastruktury v ulici Údolní ve městě Brně. Byly stanoveny tři možné varianty návrhu, které by byly možné na ulici Údolní realizovat. V rámci části praktické je popsán současný stav a popis lokality návrhu a dále představen budoucí záměr rekonstrukce ulice. Jedná se o veškerou rekonstrukci povrchů v celé šíři ulice a rekonstrukci stávající kanalizace a vodovodu. Po vyhodnocení je typ prvku navržen jako rýha s regulovaným odtokem a povrchovým přítokem doplněná o stromořadí a zeleň. V první variantě návrhu je počítáno bez dalších technických zásahů v ulici. Druhý návrh reprezentuje variantu s nutností přeložek IS a díky tomu se v návrhu může uplatnit více pásů modrozelené infrastruktury. Poslední třetí návrh je z hlediska prvků modrozelené infrastruktury nejefektivnější. Je zde

ale nutnost většího množství přeložek IS. Díky tomuto technickému zásahu by došlo k pravidelnému a efektivnímu množství pásů s prvky modrozelené infrastruktury. A poté zhodnocení v podobě kladů a záporů návrhů.

V druhé polovině praktické části je zpracováno shrnutí a výsledky práce. Tato kapitola rozebírá faktory a zákonitosti, které jsou stěžejní pro modrozelenou infrastrukturu a vyjadřuje otevřené myšlenky, které vznikly v průběhu tvorby této práce na téma „Technická řešení modrozelené infrastruktury ve městech“.

8 POUŽITÁ LITERATURA

- [1] STRÁNSKÝ, David, David HORA, Ivana KABELKOVÁ, Michaela VACKOVÁ a Jiří VÍTEK. *Standardy hospodaření se srážkovými vodami na území hlavního města Prahy* [online]. Praha: ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE, FAKULTA STAVEBNÍ, 2021 [cit. 2022-05-24].
- [2] MÁCHÁČ, Jan a kol. *Metodika pro ekonomické hodnocení zelené a modré infrastruktury v lidských sídlech* [online]. Ústí nad Labem, 2019 [cit. 2022-05-24].
- [3] *Sdělení komise evropského parlamentu, radě, evropskému hospodářskému a sociálnímu výboru a výboru regionů: Zelená infrastruktura - zlepšování přírodního kapitálu Evropy* [online]. Brusel, 2013 [cit. 2022-05-24].
- [4] RAMBOLL - *Strengthening blue-green infrastructure in our cities* [online]. ZEPPELIN UNIVERSITY, 2016 [cit. 2022-05-24].
- [5] ČVUT UCEEB, kolektiv autorů. *Voda ve městě: Metodika pro hospodaření s dešťovou vodou ve vazbě na zelenou infrastrukturu*. Vydalo České vysoké učení technické v Praze (ČVUT): Tisk Typos, tiskařské závody, 2021. ISBN 978-80-01-06817-5.
- [6] STRÁNSKÝ, David a Vojtěch BAREŠ. *Zásady hospodaření s dešťovou vodou: počítáme s vodou*. ČVUT Praha.
- [7] VÍTEK, Jiří a kol. a JV PROJEKT VH s.r.o. *Principy a zásady koncepce a strategie odvodnění MČ Praha 12: Počítáme s vodou Principy* [online]. [cit. 2022-05-24].
- [8] VÍTEK, Jiří, STRÁNSKÝ David, KABELKOVÁ Ivana, BAREŠ Vojtěch a VÍTEK Radim. *Hospodaření s dešťovou vodou v ČR*. Praha: 01/71 ZO ČSOP Koniklec, 2015. ISBN 978-80-260-7815-9.
- [9] RESLER, Jaroslav. *Co způsobují stromy v ulicích?: online přednáška* [online]. In: . Shlédnuto na youtube. 2019 [cit. 2022-05-24]. Dostupné z: https://www.youtube.com/watch?v=2YrBhIY_8Y0
- [10] ŠPINLEROVÁ, Zuzana. *Ekofyziologie dřevin*. Brno, 2014. Skripta. Mendelova univerzita v Brně, Lesnická a dřevařská fakulta, Ústav lesnické botaniky, dendrologie a geobiocenologie.
- [11] PELÁNOVÁ, Iveta. *Výstavba a sanace vedení technického vybavení v blízkosti stromů*. Praha, 2021. Diplomová práce. ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V

PRAZE FAKULTA STAVEBNÍ KATEDRA ZDRAVOTNÍHO A EKOLOGICKÉHO INŽENÝRSTVÍ. Vedoucí práce Ing. Karel Kříž, Ph.D.

- [12] MAUER, O. a kol. *Rhizologie lesních dřevin*. Brno, 2013. Učební text. Mendelova univerzita v Brně Lesnická a dřevařská fakulta Ústav zakládání a pěstění lesů Oddělení zakládání lesů.
- [13] *Merkblatt Bäume, unterirdische Leitungen und Kanäle*. Köln, 2013. ISBN 978-3-942964-78-4.
- [14] *Ochrana stromů při stavební činnosti: Základy arboristiky* [online]. 29 [cit. 2022-05-24]. Dostupné z: https://akela.mendelu.cz/~xcepl/inobio/EOPORY/Zaklady_arboristiky/Stavebni%20cinnost.pdf
- [15] BERÁNEK, J. a kol. *Inženýrské sítě*. Brno: VUT v Brně, FAST, 2005. s. 1-183.
- [16] ČSN 73 6005 - *Prostorové uspořádání sítí technického vybavení*. 2020.
- [17] ČSN 75 6101 - *Stokové sítě a kanalizační přípojky*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2012.
- [18] KABELKOVÁ, Ivana a kol. *Sborník přednášek a posterových sdělení: 13. bienální konference*. Brno: CzWA service s.r.o., Traťová 574/1, 619 00 Brno; 2019, 2019. ISBN ISSN 2694-7013.
- [19] KINCL, Miroslav a Silvie HEVIÁNKOVÁ. *Udržitelné systémy veřejných vodovodů a veřejných kanalizací*. Ústí nad Labem: Univerzita J. E. Purkyně v Ústí n. Labem, Fakulta životního prostředí, 2014. ISBN 978-80-7414-799-9.
- [20] foto Zdenek Sendler
- [21] *Zasakovací rošty pro zpevněné povrchy*. Asio [online]. [cit. 2022-05-24]. Dostupné z: <https://www.asio.cz/cz/zasakovaci-rosty-pro-zpevnene-povrchy-as-tte-rost>
- [22] *TNV 75 9011 - Hospodaření s dešťovými vodami*. Praha: Sweco Hydroprojekt a.s., Praha, 2013.
- [23] VÍTEK, Jiří. *ADAPTACE MĚST NA ZMĚNU KLIMATU PROSTŘEDNICTVÍM MODROZELENÉ INFRASTRUKTURY: Od funkce až po indexy modrozelené infrastruktury* [online]. Brno, 2021 [cit. 2022-05-24]. Dostupné z: https://priprav.brno.cz/media/2021/10/02_Vitek.pdf

- [24] STRÁNSKÝ, David a Vojtěch BAREŠ. *Zásady hospodaření s dešťovou vodou a legislativa* [online]. Praha, 2021, 49 [cit. 2022-05-24]. Dostupné z: https://www.pocitamesvodou.cz/wp-content/uploads/2021/10/Zasady-HDV_Praha_2021_Stransky.pdf
- [25] *Mapy.cz: Brno, ulice Údolní* [online]. Brno, 2022 [cit. 2022-05-24]. Dostupné z: <https://mapy.cz/zakladni?x=16.5926358&y=49.1994129&z=16&q=%C3%9ADOLN%C3%8D%20BRNO&source=stre&id=80245&ds=2>
- [26] *Internetová encyklopedie dějin Brna* [online]. Brno, 2020 [cit. 2022-05-24]. Dostupné z: https://encyklopedie.brna.cz/home-mmb/?acc=profil_ulice&load=5899
- [27] VÍTEK, Jiří. *ZÁSADA MODROZELENÉ INFRASTRUKTURY: HOSPODAŘENÍ S DEŠŤOVOU VODOU – NEDÍLNÁ SOUČÁST MZI* [online]. Brno: Počítáme s vodou [cit. 2022-05-24]. Dostupné z: https://www.tzb-info.cz/docu/clanky/0216/021662_003-pocitame-s-vodou-brno-jiri-vitek.pdf
- [28] VÍTEK, Jiří a JV PROJEKT VH s.r.o. *MOUDRÉ HOSPODAŘENÍ SE SRÁŽKOVOU VODOU VE MĚSTECH: ZMĚNA KLIMATU – URBANIZACE – UDRŽITELNÝ ROZVOJ CO NA TO VE SVĚTĚ? CO NA TO U NÁS?* [online]. Brno, 2017, 67 [cit. 2022-05-24].
- [29] CEJPKOVÁ, Klára a kol. a . *Principy tvorby veřejných prostranství*. Brno: Kancelář architekta města Brna, p. o., 2019. ISBN 978-80-270-6463-2.

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 - Funkčnost HDV [Stránský, zásady HDV]	23
Tabulka 2 - Limity odvodnění rozvojových ploch [Strategie HDV, 2014].....	26
Tabulka 3 - Nejmenší dovolené svislé vzdálenosti při křížení v m [ČSN 73 6005]	37
Tabulka 4 - Nejmenší dovolené vodorovné vzdálenosti při křížení v m [ČSN 73 6005]	38
Tabulka 5 - Nejmenší dovolené krytí podzemních sítí v m [ČSN 73 6005].....	39
Tabulka 6 - Přehled vymezení OP a podmínky výsadby zeleně [Konference Kabelková, 2019]	41
Tabulka 7 - Hydrologická bilance mezi přítokem a odtokem do vsakovacích či retenčních objektů různých typů	56

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 3.1 - Charakteristika MZI v symbolech [Ramboll, 2016]	14
Obrázek 3.2 - Absence principů modrozelené infrastruktury [Ramboll, 2016].....	15
Obrázek 3.3 - Integrované principy modrozelené infrastruktury [Ramboll, 2016]	16
Obrázek 3.4 - Schéma dešťového řetězce [Voda ve městě, 2021].....	17
Obrázek 3.5 - Zadržování dešťové vody na budovách [Ramboll, 2016].....	18
Obrázek 3.6 - Zadržování dešťové vody v městských plochách [Ramboll, 2016]..	19
Obrázek 3.7 - Odběr dešťové vody [Ramboll, 2016]	20
Obrázek 4.1 - Urbanizace, změna povrchů [Stránský, zásady HDV]	21
Obrázek 4.2 - Důsledky urbanizace, změna klimatu [Stránský, zásady HDV]	22
Obrázek 4.3 - Nástroje HDV [Stránský, koncepce HSV, 2021].....	23
Obrázek 4.4 - Rozdíl mezi HDV a MZI [Stránský, zásady HDV].....	24
Obrázek 4.5 - Limity odvodnění rozvojových ploch [Strategie HDV, 2014]	27
Obrázek 5.1 - Stádia vývoje kořenového systému stromu [Ekofyziologie dřevin, Špinlerová, 2014].....	31
Obrázek 5.2 - Bezpečná vzdálenost výkopu od stávajícího objektu [Udržitelné systém, 2014].....	40
Obrázek 5.3 - Schéma střech s retenční vrstvou [Standardy Praha, 2021]	43
Obrázek 5.4 - Vegetační zelená střecha [Atelier Zdenka Sendlera].....	43
Obrázek 5.5 - Schéma zpevněných propustných střech [Standardy Praha, 2021]	44
Obrázek 5.6 - Zsakovací rošty [zasakovací rošty, Asio].....	44
Obrázek 5.7 - Schéma vsakovacích ploch [Standardy Praha, 2021].....	45
Obrázek 5.8 - Úprava obrubníku pro nátok do plošného vsaku [Voda ve městě, 2021].....	45
Obrázek 5.9 - Schéma vsakovacího průlehu [Voda ve městě, 2021].....	46

Obrázek 5.10 - Osázený vsakovací průleh [Voda ve městě, 2021]	47
Obrázek 5.11 - Schéma povrchové a podpovrchové rýhy [Voda ve městě, 2021]	48
Obrázek 5.12 - Osázená vsakovací rýha s povrchovým přítokem [Voda ve městě, 2021]	48
Obrázek 5.13 - Schéma vsakovací šachty [Standardy Praha, 2021]	49
Obrázek 5.14 - Vsakovací šachta [Voda ve městě, 2021]	49
Obrázek 5.15 - Schéma vsakovací retenční nádrže [Voda ve městě, 2021]	51
Obrázek 5.16 - Vsakovací retenční nádrž [Voda ve městě, 2021]	51
Obrázek 5.17 - Schéma podzemní retenční nádrže [Voda ve městě, 2021]	52
Obrázek 5.18 - Podzemní retenční nádrže (betonová, plastové bloky, trubní) [Voda ve městě, 2021]	53
Obrázek 5.19 - Schéma akumulční nádrže [Voda ve městě, 2021]	54
Obrázek 5.20 - Akumulční nádrže [Voda ve městě, 2021]	54
Obrázek 6.1 - Rozloha ulice Údolní [mapy.cz]	58
Obrázek 6.2 - Rozloha úseku s návrhem prvků MZI [mapy.cz]	59
Obrázek 6.3 - Foto části ulice Údolní s návrhem prvků MZI [vlastní zdroj]	59
Obrázek 6.4 - Varianta návrhu 1 [vlastní zdroj]	63

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

MZI = modrozelená infrastruktura

HDV = hospodaření s dešťovou vodou

DV = dešťové vody

ČHMU = Český hydrometeorologický ústav

ČSN = česká technická norma

VTV = vedení technického vybavení

IS = inženýrské sítě

OP = ochranné pásmo

DSO = dešťový stavební objekt

PD = projektová dokumentace

DSP = dokumentace pro stavební povolení

DPS = dokumentace pro provádění stavby

RŠ = revizní šachta

BP = bakalářská práce

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha č.1 – Situace návrhu prvků MZI – varianta 2	(7 x A4)	M 1:200
Příloha č.2 – Situace návrhu prvků MZI – varianta 3	(7 x A4)	M 1:200
Příloha č.3 – Vzorový řez ulicí – návrh prvků MZI	(2 x A4)	M 1:100

SUMMARY

The bachelor thesis deals with blue-green infrastructure in cities. It is a combination of the use of blue elements (water areas) and green elements (vegetation) in cities. Today, many reconstructions or new constructions in smaller or larger parts of the city are underway. Blue-green infrastructure should be included in these reconstructions / new constructions.

Objective: processing of knowledge in the field of rainwater use in cities. Inclusion of the term blue-green infrastructure and a description of the design technical elements used for efficient rainwater management in urban areas. The practical part proposes the solution of the elements of the blue-green infrastructure on Údolní Street in the city of Brno with the requirements of the utility network administrators and the sewer network operator BVK, a.s ..