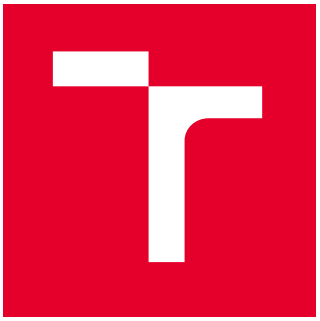


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ OBCÍ

INSTITUTE OF MUNICIPAL WATER MANAGEMENT

SANACE STOKOVÝCH SÍTÍ S IMPLEMENTACÍ PRVKŮ PRO HOSPODAŘENÍ S DEŠŤOVOU VODOU

REHABILITATION OF SEWER NETWORKS WITH THE IMPLEMENTATION OF ELEMENTS FOR RAINWATER MANAGEMENT

DIPLOMOVÁ PRÁCE
MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE — **Bc. Kryštof Brychta**
AUTHOR

VEDOUCÍ PRÁCE — **doc. Ing. Jaroslav Raclavský, Ph.D.**
SUPERVISOR

BRNO 2024

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
FAKULTA STAVEBNÍ

Zadání diplomové práce

Ústav:	Ústav vodního hospodářství obcí
Student:	**Bc. Kryštof Brychta**
Vedoucí práce:	**doc. Ing. Jaroslav Raclavský, Ph.D.**
Akademický rok:	2023/24
Studijní program:	N0732A260025 Stavební inženýrství – vodní hospodářství a vodní stavby

Děkan Fakulty Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma diplomové práce:

Sanace stokových sítí s implementací prvků pro hospodaření s dešťovou vodou

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Diplomová práce bude zaměřena na řešení problematiky sanace stokových sítí s implementací prvků pro hospodaření s dešťovou vodou (HDV), resp. modro-zelené infrastruktury (MZI). Student provede rešerši z dané problematiky. Získané informace aplikuje při řešení studie sanace stokové sítě s implementací prvků HDV, resp. MZI ve vybrané části obce.

Cíle a výstupy diplomové práce:

Cílem diplomové práce bude vypracování rešeršní části a technické zprávy z problematiky sanace stokových sítí s implementací prvků pro hospodaření s dešťovou vodou (HDV), resp. modro-zelené infrastruktury (MZI). Součástí práce bude výkresová dokumentace dle požadavků vedoucího diplomové práce.

Seznam doporučené literatury a podklady:

[1] STEIN, R. a STEIN, D. Trenchless Technology for Installation of Cables and Pipelines, 2nd Volume: Horizontal Directional Drilling (HDD). 1. Auflage, März 2012. E-Book im PDF-Format. ISBN 978-3-9810648-2-7

[2] STEIN, D. Der begehbare Leitungsgang. Berlin: Ernst&Sohn, 2002. ISBN 3-433-01263-X.

[3] STEIN, D. Grabenloser Leitungsbau. Berlin: Ernst&Sohn: Berlin, 2003. ISBN 3-433-01778-6.

[4] MAYS, L.W. Stormwater collection systems design handbook. McGraw-Hill. 2001. ISBN 0-07-135471-9.

[5] STRÁNSKÝ, D. a kol. Studie hospodaření se srážkovými vodami v urbanizovaných územích. MŽP. In mzp.cz [online]. 2019 [cit. 2023-03-01]. Dostupné z WWW: https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/koncepcni_dokumenty/$FILE/OOV-studie_HDV-20191220.pdf

[6] Platné normy k dané problematice.

[7] Další podklady dle aktualizace vycházející z průběhu řešení DP.

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku.

V Brně, dne 20. 3. 2023

L. S.

doc. Ing. Tomáš Kučera, Ph.D. vedoucí ústavu	doc. Ing. Jaroslav Raclavský, Ph.D. vedoucí práce

prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA, dr. h. c.
děkan

ABSTRAKT

Tato diplomová práce se zaměřila na možnosti sanace stokové sítě s implementací prvků pro hospodaření s dešťovou vodou (HDV), respektive modro-zelené infrastruktury (MZI). V první části diplomové práce je provedena rešerše nejpoužívanějších sanačních metod a dále jsou zde rozděleny a popsány prvky pro hospodaření s dešťovou vodou, respektive prvky modro-zelené infrastruktury. Ve druhé praktické části diplomové práce jsou získané poznatky aplikovány na zpracování studie sanace stokové sítě s implementací prvků pro hospodaření s dešťovou vodou na ulici Pod Soudním vrchem ve městě Znojmo. Pro zájmovou lokalitu byla navržena a ekonomicky zhodnocena vhodná sanační technologie (CIPP vystýlka) a dále zde byly navrženy a implementovány prvky pro hospodaření s dešťovou vodou (dvě podzemní retenční nádrže a jedna podzemní vsakovací retenční nádrž), pro které se stanovily investiční náklady spojené s výstavbou.

KLÍČOVÁ SLOVA

stoková síť, sanace, obnova, renovace, oprava, CIPP vystýlka, bezvýkopové technologie, hospodaření s dešťovou vodou, modro-zelená infrastruktura, retence dešťových vod, vsakování dešťových vod, prvky HDV, prvky MZI

ABSTRACT

This thesis focused on the possibilities of rehabilitation of the sewer network with the implementation of rainwater management elements (HDV), respectively blue-green infrastructure (MZI). In the first part of the thesis, the most used rehabilitation methods are reviewed and the rainwater management respectively blue-green infrastructure elements are divided and described. In the second practical part of the thesis, the acquired knowledge is applied to the study of the rehabilitation of the sewer network with the implementation of elements for rainwater management in the street Pod Soudním vrchem in Znojmo. A suitable rehabilitation technology (CIPP lining) was designed and economically evaluated for the site of interest and elements for rainwater management (two underground retention tanks and one underground infiltration retention tank) were designed and implemented, for which investment costs associated with the construction were determined.

KEYWORDS

sewer network, rehabilitation, restoration, renovation, repair, CIPP lining, trenchless technologies, rainwater management, blue-green infrastructure, rainwater retention, infiltration of rainwater, HDV elements, MZI elements

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

BRYCHTA, Kryštof. *Sanace stokových sítí s implementací prvků pro hospodaření s dešťovou vodou*. Brno, 2024. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodního hospodářství obcí. Vedoucí doc. Ing. Jaroslav Raclavský, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané diplomové práce s názvem *Sanace stokových sítí s implementací prvků pro hospodaření s dešťovou vodou*, je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 9. 1. 2024

Bc. Kryštof Brychta
autor

PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci s názvem *Sanace stokových sítí s implementací prvků pro hospodaření s dešťovou vodou* zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 9. 1. 2024

Bc. Kryštof Brychta
autor

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji svému vedoucímu diplomové práce panu doc. Ing. Jaroslavovi Raclavskému, Ph.D. za jeho cenné připomínky, rady a věnovaný čas, který mi poskytl při vypracování diplomové práce. Dále děkuji své rodině, která mě po dobu studia neustále podporovala.

OBSAH

1 ÚVOD 11

2 SANACE STOKOVÝCH SÍTÍ 12

2.1 Obnova v nové trase 12
2.1.1 Otevřený výkop 13
2.1.2 Bezvýkopové technologie 13
2.1.2.1 Neřízené metody bez obsluhy na čelbě 14
2.1.2.2 Řízené metody bez obsluhy na čelbě 16
2.1.2.3 Metody bez obsluhy na čelbě 20

2.2 Obnova ve stávající trase 20
2.2.1 Otevřený výkop 20
2.2.2 Bezvýkopové technologie 21
2.2.2.1 Rozrušování potrubí plnoprofilovou frézou – Pipe eating 21
2.2.2.2 Trhání starého potrubí – Pipe bursting 22
2.2.2.3 Vytahování starých trub – Pipe extraction 22

2.3 Renovace stokových sítí 22
2.3.1 Vystýlací metody 23
2.3.1.1 Vystýlka z deformovaného potrubí – U-liner 23
2.3.1.2 Konvenční sliplining vystýlka – Relining 24
2.3.1.3 Vystýlka vytvrzená na místě – CIPP vystýlka 24
2.3.1.4 Vystýlka z navíjených pásů – Rib-loc 25
2.3.2 Utěsňovací metody 26

2.4 Oprava stokových sítí 26
2.4.1 Otevřený výkop 27
2.4.2 Krátký rukávec 27
2.4.3 Kanalizační robot 27
2.4.4 Nástřik vnitřního povrchu potrubí 28
2.4.5 Utěsňovací manžety 29

2.5 Sanace kanalizačních šachet 29
2.5.1 Nástřik vnitřního povrchu šachty 29
2.5.2 Šachtová vložka 30

3 PRVKY PRO HOSPODAŘENÍ S DEŠŤOVOU VODOU 32

3.1 Zelená infrastruktura 33
3.1.1 Vegetační (zelené) střechy 33
3.1.2 Zelené fasády 34
3.1.3 Zelené stěny 35

3.2 Modrá infrastruktura 36

3.2.1 Využití dešťových vod 36
3.2.2 Předčištění dešťových vod 36
3.2.2.1 Okapový filtr 37
3.2.2.2 Filtrační podokapový hrnec 37
3.2.2.3 Košíčkový filtr 38
3.2.2.4 Usazovací šachta 38
3.2.2.5 Odlučovač lehkých kapalin 39
3.2.3 Retence dešťových vod 40
3.2.3.1 Podzemní retenční nádrž 40
3.2.3.2 Umělý mokřad 40
3.2.3.3 Suchá retenční nádrž 41
3.2.3.4 Retenční nádrž se stálou hladinou 42
3.2.4 Vsakování dešťových vod 43
3.2.4.1 Plošný vsak 43
3.2.4.2 Propustné dlažby 44
3.2.4.3 Zatravňovací tvárnice 44
3.2.4.4 Zatravňovací rošty 45
3.2.4.5 Vsakovací plastové bloky 46
3.2.4.6 Vsakovací tunely 47
3.2.4.7 Vsakovací průleh 47
3.2.4.8 Vsakovací retenční nádrž 48
3.2.4.9 Vsakovací šachta 49
3.2.4.10 Vsakovací retenční rýha 50

4 STUDIE SANACE ČÁSTI STOKOVÉ SÍTĚ S IMPLEMENTACÍ PRVKŮ PRO HOSPODAŘENÍ S DEŠŤOVOU VODOU 52

4.1 Popis lokality 52
4.1.1 Současná forma odkanalizování města 53
4.1.2 Geologické poměry 54
4.1.3 Klimatické poměry 54
4.1.4 Hydrogeologické poměry 55
4.1.5 Mapa potencionálního vsaku 55
4.1.6 Návrhový déšť 56
4.1.7 Územní plán pro zájmovou lokalitu 57

4.2 Sanace stokové sítě 57
4.2.1 Stavebně-technický stav stokové sítě 57
4.2.2 Navrhovaná sanační metoda 69
4.2.3 Časová organizace sanace 69
4.2.4 Zachování provozuschopnosti stokové sítě během sanačních prací 74
4.2.5 Ekonomické zhodnocení sanačních prací 74

4.3 Prvky pro hospodaření s dešťovou vodou 77
4.3.1 Podzemní retenční nádrž na dešťovou vodu pro objekt č.p. 2569/5 78
4.3.1.1 Stávající stav odkanalizovaní nemovitosti 78
4.3.1.2 Umístění podzemní retenční nádrže 78
4.3.1.3 Technické řešení odkanalizování po implementaci retenční nádrže 79
4.3.1.4 Návrh podzemní retenční nádrže 79

4.3.1.5 Investiční náklady....82
4.3.2 Podzemní retenční nádrž na dešťovou vodu pro objekt č.p. 2568/4 a kotelnu....82
4.3.2.1 Stávající stav odkanalizování nemovitostí....83
4.3.2.2 Umístění podzemní retenční nádrže....83
4.3.2.3 Technické řešení odkanalizování po implementaci podzemní retenční nádrže....84
4.3.2.4 Návrh podzemní retenční nádrže....84
4.3.2.5 Investiční náklady....86
4.3.3 Podzemní vsakovací retenční nádrž pro objekt č.p. 2566/2 a přilehlou kotelnu....87
4.3.3.1 Stávající stav odkanalizování nemovitostí....87
4.3.3.2 Umístění podzemní vsakovací retenční nádrže....87
4.3.3.3 Technické řešení odkanalizování po implementaci vsakovací nádrže....88
4.3.3.4 Návrh podzemní vsakovací retenční nádrže....89
4.3.3.5 Investiční náklady....92
4.3.4 Celkové investiční náklady....92

5 ZÁVĚR....93

POUŽITÁ LITERATURA....94

SEZNAM TABULEK....100

SEZNAM OBRÁZKŮ....102

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ....106

SEZNAM PŘÍLOH....108

1 ÚVOD

V této diplomové práci se blíže zaměříme na možnosti sanace stokové sítě s implementací prvků pro hospodaření s dešťovou vodou (HDV), respektive modro–zelené infrastruktury (MZI).

Cílem diplomové práce je přiblížit možnosti sanace stokové sítě s implementací prvků pro hospodaření s dešťovou vodou a aplikace získaných poznatků na zájmovou lokalitu ve městě Znojmo. Diplomová práce bude rozdělena na dvě části.

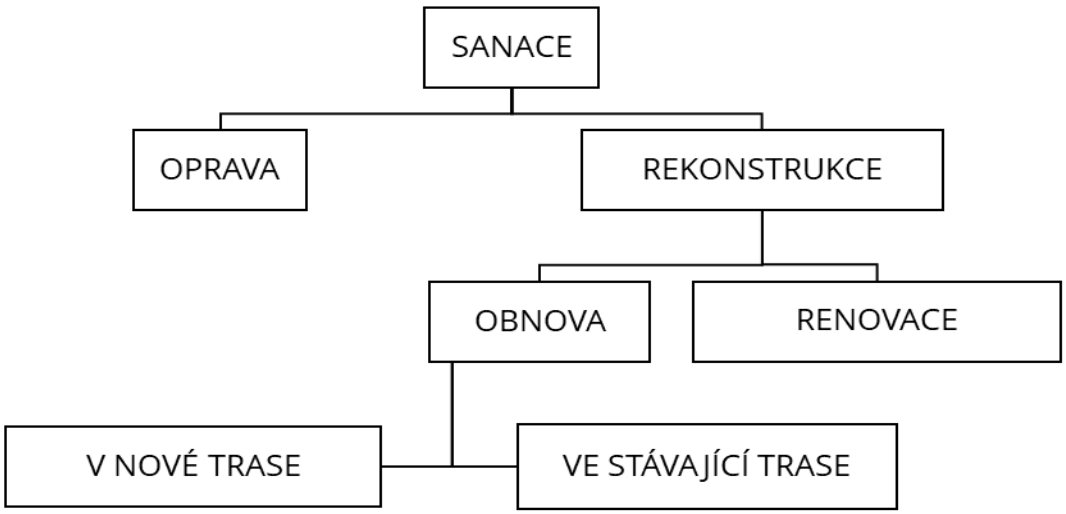
V první části práce je přiblíženo rozdělení nejpoužívanějších metod pro sanaci stokové sítě a dále jsou zde rozděleny a popsány prvky pro hospodaření s dešťovou vodou, respektive prvky modro-zelené infrastruktury.

Ve druhé praktické části diplomové práce jsou získané poznatky z první části aplikovány při řešení studie sanace stokové sítě pro zájmovou lokalitu ve městě Znojmo, ulice Pod Soudním vrchem, kde společně se sanací budou na stokovou síť implementovány prvky pro hospodaření s dešťovou vodou, respektive prvky modro-zelené infrastruktury. Tato část je rozdělena na sanaci stokové sítě a na návrh a implementaci prvků pro hospodaření s dešťovou vodou (respektive modro-zelené infrastruktury) na sanovanou stokovou síť. V části o sanaci stokové sítě je provedeno vyhodnocení stavebně-technického stavu stokového sítě dle metodiky BVK, dále je zde zvolen návrh sanačních technologií, časový plán organizace a ekonomické zhodnocení veškerých sanačních prací. V části zabývající se prvky pro hospodaření s dešťovou vodou je proveden samotný návrh prvků, způsob implementace na stokovou síť, umístění v zájmové lokalitě a vyhodnocení investičních nákladů spojených s výstavbou.

2 SANACE STOKOVÝCH SÍTÍ

V této části diplomové práce se blíže zaměříme zejména na sanaci stokových sítí za pomoci bezvýkopových technologií.

Pojem sanace zahrnuje veškeré činnosti prováděnou za účelem rekonstrukce nebo opravy stokové sítě (Obr. 2.1). Činnosti rekonstrukce jsou dále rozděleny na obnovu a renovaci. [2]

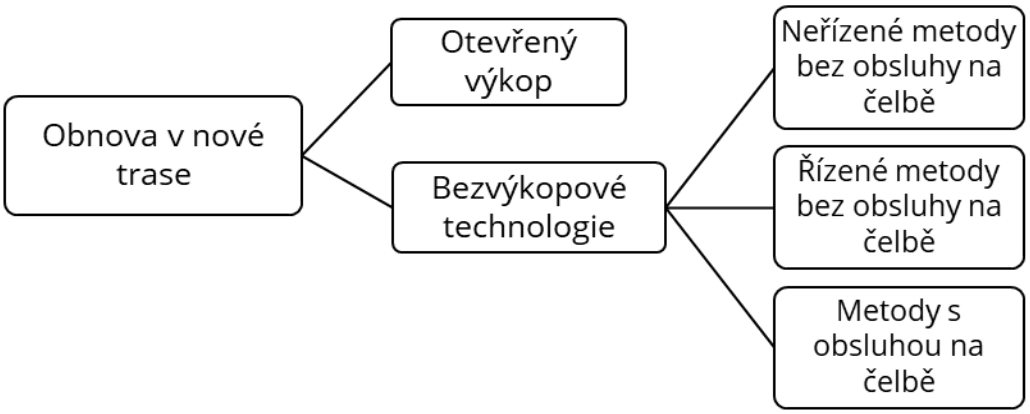


Obr. 2.1 Rozdělení sanace stokových sítí [zdroj: Bc. K. Brychta]

Před samotnými sanačními pracemi musí být stoková síť důkladně vyčištěna čistícím vozem a musí proběhnout kamerový průzkum stoky. Dle kamerového průzkumu se poté určí stavebně technický stav stoky, podle kterého se bude volit vhodná sanační technologie.

2.1 OBNOVA V NOVÉ TRASE

Při obnově stokových sítí v nové trase vzniká nová stoková síť, na kterou jsou napojovány přípojky od jednotlivých nemovitostí. K tomuto přístupu obnovy se přistupuje při častých významných lokálních poruchách, při plošných poruchách kanalizační sítě nebo při potřebě zvýšit světlost potrubí. Světlost potrubí je navyšována za účelem zkapacitnění stoky. Obnova v nové trase probíhá v otevřeném výkopu nebo je realizována bezvýkopovými technologiemi (Obr. 2.2). [2]



Obr. 2.2 Rozdělení obnovy (výstavby) v nové trase [zdroj: Bc. K. Brychta]

2.1.1 Otevřený výkop

Trubní vedení stokové sítě je uloženo do otevřeného výkopu v nové trase. Pokládka potrubí probíhá na zhutněný podsyp, který je uložen v navrhovaném spádu (Obr. 2.3). Po uložení trub se provede obsyp, který se hutní po vrstvách, aby nedocházelo k následnému sedání. S touto metodou pokládky potrubí jsou spojeny vysoké náklady na výkopové práce, a proto se k němu přistupuje převážně v nízkých hloubkách uložení.

Obr. 2.3 Pokládka potrubí v zapaženém otevřeném výkopu [zdroj: Bc. K. Brychta]

2.1.2 Bezvýkopové technologie

Bezvýkopovou pokládkou potrubí u nás na trhu nabízí mnoho firem. Tyto firmy nabízí až několik metod bezvýkopové pokladky. V Tabulce 2.1 je prezentováno několik firem působících na českém trhu, které se zabývají touto bezvýkopovou pokládkou kanalizačního potrubí.

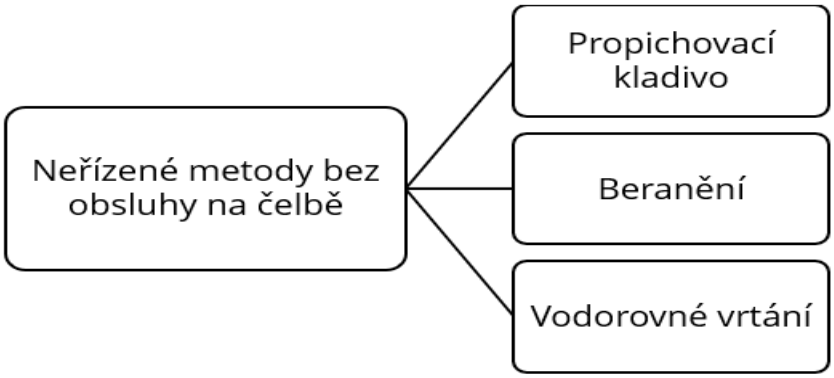
Tabulka 2.1 Výběr firem nabízející bezvýkopovou pokládku kanalizačního potrubí v ČR [zdroj: Bc. K. Brychta]

Logo	Název firmy	Nabízená technologie				
		Propichovací kladivo	**Vodorovné vrtání**	**HDD***	**Protlak s pilotním vrtem**	**Beranění**
	OHLA ŽS a.s.	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO
	HYDROTECH-NIK PRAHA s.r.o.	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO
	ELQA HRADČANY s.r.o.	ANO	ANO	ANO	NE	NE
	Michlovský protlaky, a.s.	ANO	ANO	ANO	ANO	NE
	BC Bore s.r.o.	ANO	NE	ANO	ANO	NE
	NODIG – TEC s.r.o.	ANO	ANO	ANO	NE	ANO

*HDD = Horizontální směrové vrtání

2.1.2.1 Neřízené metody bez obsluhy na čelbě

Při těchto metodách výstavby je přesnost uložení potrubí ovlivněna délkou potrubí a vlastnostmi zeminy. [3]

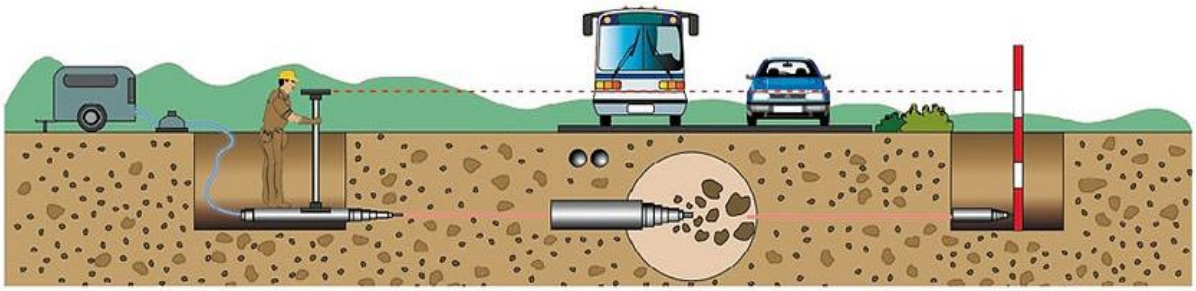


Obr. 2.4 Rozdělení neřízených metod bez obsluhy na čelbě [zdroj: Bc. K. Brychta]

Propichovací kladivo

Jedná se o pneumatický protlak, při kterém je zemina roztlačována do okolí kolem propichovacího kladiva tzv. krtka (Obr. 2.5). Kladivo je poháněno vzduchem z kompresoru a proráží otvor skrze zeminu. Potrubí stoky je připevněné přímo

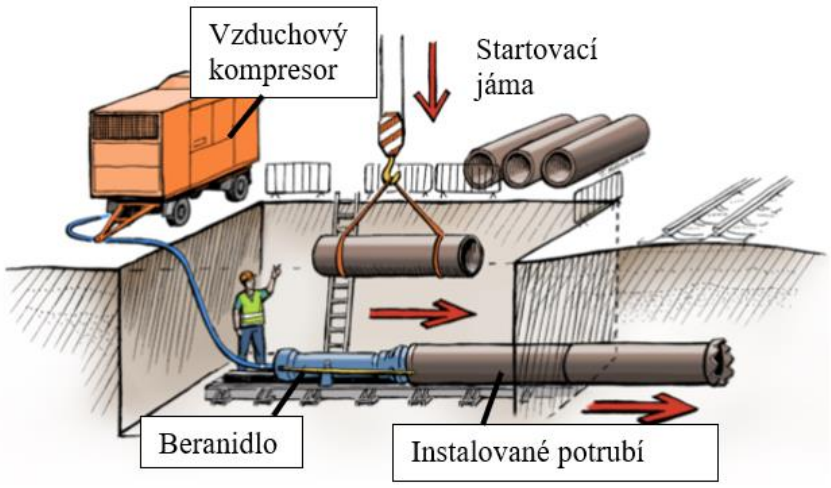
na kladivo nebo je zatahováno až po celkovém propíchnutí. Průměr vzniklého průpichu se pohybuje od 45 do 180 mm. Velikost průpichu může být zvětšena použitím rozšiřovacího pláště na průměr až 300 mm. Zatahované potrubí je vyrobeno z PE nebo PVC. Pomocí propichovacího kladiva se nejčastěji budují kanalizační přípojky s délkou do 25 m. Pro použití této metody musí být vybudována cílová a startovací jáma, ve které se optickým zařízením výškově osadí propichovací kladivo. Minimální rozměry startovací jámy jsou 2,5 x 1 m a rozměry cílové jámy určí zhotovitel. [3] [5]



Obr. 2.5 Schéma výstavby kanalizačního potrubí za pomoci propichovacího kladiva [5]

Beranění

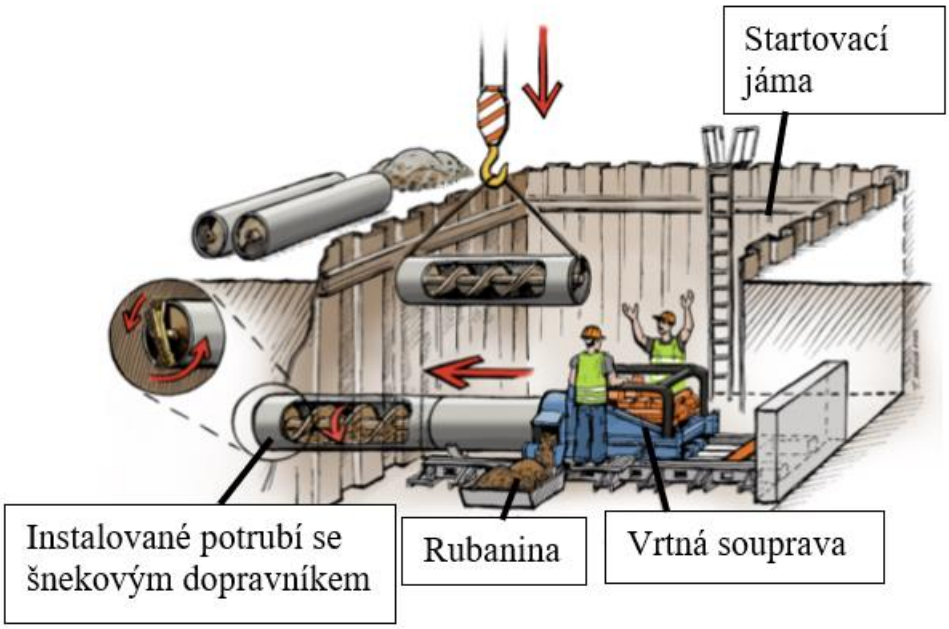
Při beranění je využíváno dynamické síly, která je přenášena z beranidla na konec ocelové trouby (Obr. 2.6). Trouby jsou svařovány a zatlačovány ze startovací jámy do cílové. Po dosažení cílové jámy se hornina uvnitř potrubí nejčastěji odstraní stlačeným vzduchem nebo vysokotlakým vodním výplachem. Do takto vyčištěných trub je posléze zataženo kanalizační potrubí. Beranění se používá pro trouby do průměru 300 mm s maximální délkou 20 m. Při beranění se musí klást důraz na svařování trub, protože při destrukci sváru na troubě v zemině již není možné pokračovat v protlaku a musí se začít od znovu. [6] [3]



Obr. 2.6 Schéma výstavby kanalizačního potrubí technologií beranění [6]

Metoda vodorovného vrtání

Prostor pro potrubí stokové sítě se získává těžením vrtnou hlavou (Obr. 2.7). Odtěžená zemina je šnekovým dopravníkem odvedena do startovací jámy odkud je odtěžována bagrem. Dopravník je chráněn chráničkou nebo nově zatahovaným potrubím připevněným na vrtné soupravě. Po dosažení cílové jámy je dopravník z chráničky vytažen a proběhne vyčištění chráničky vysokým tlakem vody nebo vzduchu. Chránička dopravníku může posléze sloužit jako chránička pro nově zatahované potrubí nebo je vytlačována a nahrazena zatahovaným potrubím. [3]



Obr. 2.7 Metoda vodorovného vrtání [7]

2.1.2.2 Řízené metody bez obsluhy na čelbě

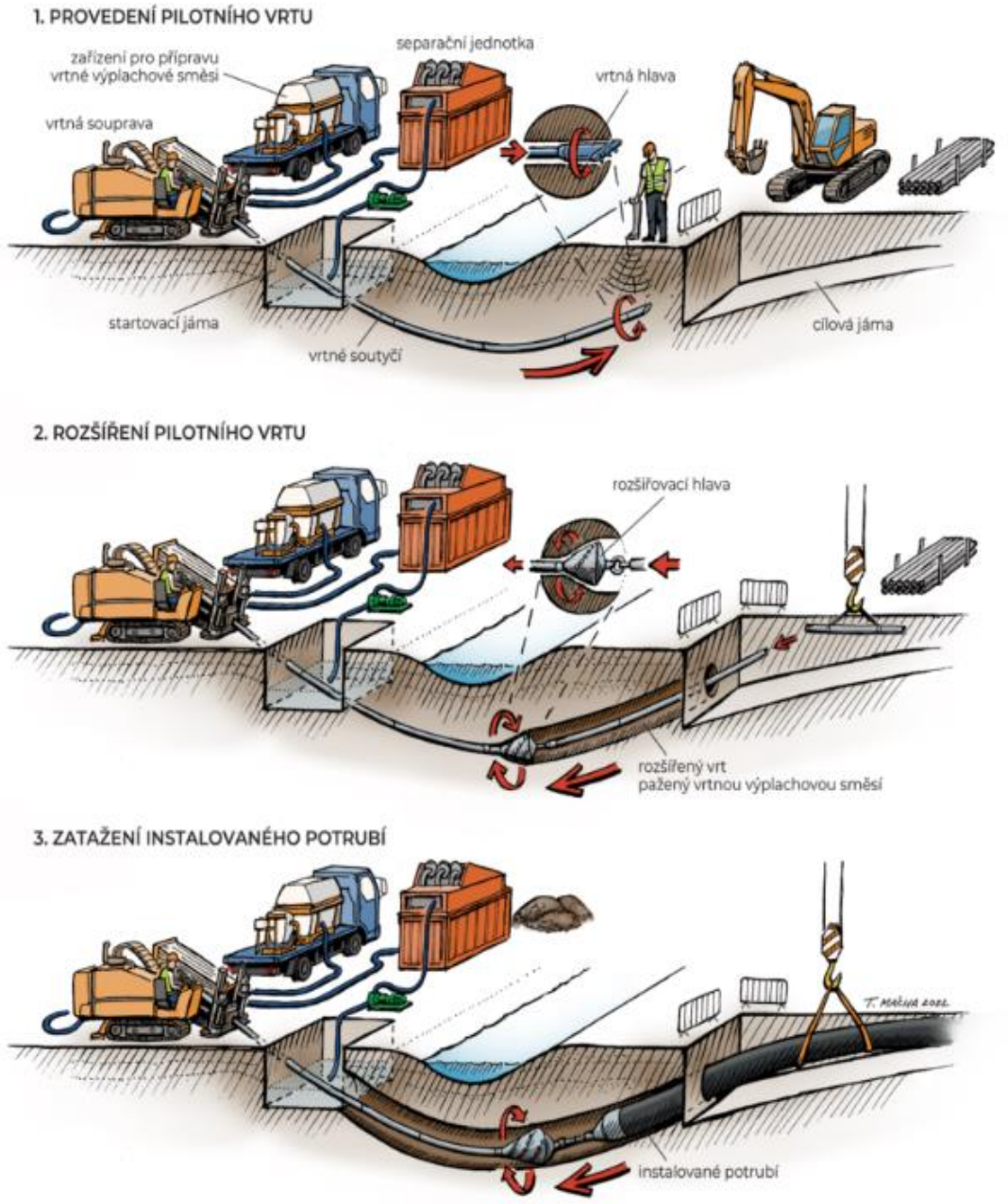
Tyto metody zahrnují zatlačování nebo vtahování potrubí do zeminy s možností regulace jeho směru během instalace. Tyto technologie se používají při pokládce úseků, které je třeba položit s výškovou a polohovou přesností, nebo při pokládce dlouhých úseků. [1] [3]

Horizontální řízené vrtání (HDD)

Technologie je založena na postupném směrovém a výškovém vedení pilotního vrtu od startovací jámy k cílové jámě s využitím vrtné hlavy. Na počátku se vyvrtá pilotní vrt, kdy je do řídící vrtné hlavy pomocí pilotních tyčí vháněna pod tlakem směs vody, bentonitu a příměsí. Tato směs pomáhá vrtným nástrojům narušovat zeminu a snižovat tření vrtné soupravy. Trasa pilotního vrtu je řízena vrtací hlavou se zkosením na přední straně. Natočením vrtací hlavy se zkosením se upravuje

vedení pilotního vrtu. O dráze vrtu předává informace obsluze měřící sonda umístěná v těle řídicí hlavy. Měřicí sonda přenáší signál do přijímače na povrchu, který signál vyhodnocuje. Po dokončení pilotního vrtu se vrtací hlava sejme a místo ní se na vrtné tyče nasadí rozšiřovací hlava. Do vrtací hlavy se přes duté vrtné tyče čerpá bentonitový výplach, který se smíchá s vyvrtanou zeminou, aby se tato zemina lépe transportovala do startovací a cílové jámy a poskytla místo pro vtahované potrubí. Volné vrtné tyče se během rozšiřování obvykle vtahují do vrtu za rozšiřovací hlavu, a jakmile je rozšiřování dokončeno a rozšiřovací hlava je odstraněna, jsou připevněny k vrtné soupravě, rozšiřovací hlava je namontována na opačné straně a rozšiřování může pokračovat dalším krokem. Vrt by se měl rozšiřovat na 1,3násobek největšího průměru zatahovaného potrubí. Po dosažení požadovaného průměru proběhne zatahování potrubí. Pro zatahování potrubí je k vrtným tyčím připojena rozšiřovací hlava s otočnou spojkou a za ní je připojena trubka vybavená zatahovací hlavou. Otočná spojka zabraňuje otáčení trubky během zatahování. Během zatahování se do vrtu průběžně čerpá bentonitový výplach, aby se minimalizovaly třecí síly a přebytečné zeminy se odvedly z vrtu. Nejčastěji se zatahuje potrubí z PP nebo PE. [1] [3]

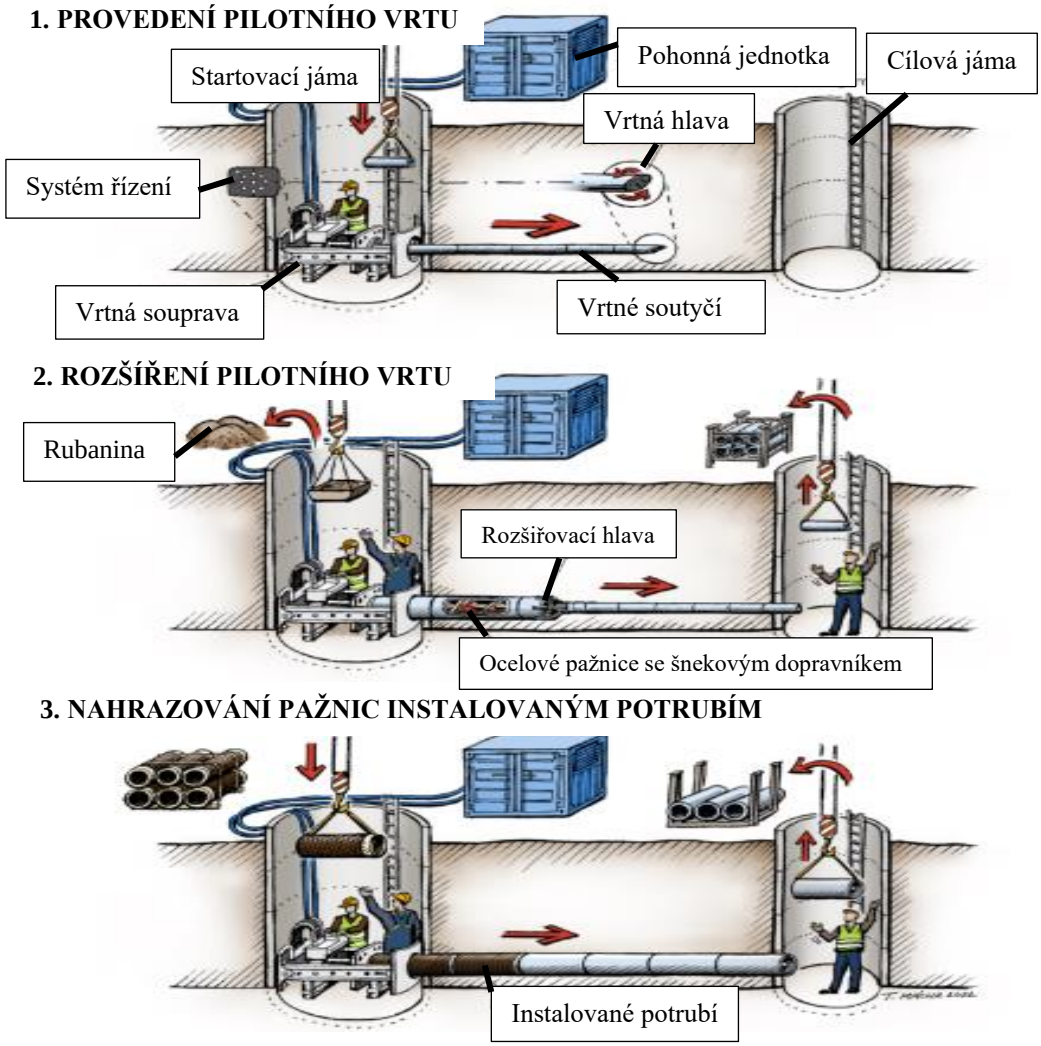
Obr. 2.8 Vrtná souprava [zdroj: Bc. K. Brychta]



Obr. 2.9 Schéma pracovního postupu metody HDD [8]

Protlak s pilotním vrtem

Při této metodě se nejprve vyvrtá pilotní vrt od startovací k cílové jámě. Tento vrt se nakonec rozšíří pomocí ocelové pažnice se šnekovými dopravníky, které dopravují odtěženou horninu do startovací jámy. Po rozšíření na požadovanou velikost je ocelová pažnice nahrazena osazovaným potrubím. Mezi nejčastěji použité materiály osazovaného potrubí patří kamenina, železobeton, ocel a za určitých podmínek také plast nebo litina se zámkovými spoji. [9]



Obr. 2.10 Postup metody protlaku s pilotním vrtem [10]

Mikrotunelování

Hlavní částí systému mikrotunelovací soupravy je razící štít, který je opatřen vrtnou hlavou, která je zhotovena pro dané horninové prostředí, pro konkrétní materiál a pro konkrétní geotechnické podmínky, ve kterých bude ražba probíhat. Po postavení a upevnění hydraulické tlakové stanice se do startovací jámy nebo šachty namontuje razicí štít a následují opakovaně potrubní prefabrikované prvky, kolony protlačovaného potrubí, které přenášejí tlakovou sílu z hydraulické tlakové stanice (Obr. 2.11). Pracoviště je rozděleno na vlastní startovací šachtu nebo jámu s tlačným rámem a opěrným blokem, jeřábový prostor a skladovací prostor s kusy trubek. Dále je zde umístěn ovládací kontejner pro obsluhu a prostor pro instalovanou hydraulickou pohonnou jednotku, zařízení pro nakládání s bentonitem a separační jednotku, která odděluje vrtnou směs od vytěžené zeminy. Pracoviště musí být napojeno na přípojku vody a elektrické energie, které

lze nahradit u menších projektů cisternou s vodou a agregátem. Potrubí kanalizační stoky je ukládáno za mikrotunelovacím strojem. V současnosti jsou mikrotunelovací soupravy kontejnerizovány a pomocí inovacích v technologii již lze protlačovat trouby se světlostí do 4 m. Jako trubní materiál se používá železobeton, kamenina, sklolaminát, polymerbeton, čedič a ocel. [2] [11]

Obr. 2.11 Pracoviště mikrotunelovací soupravy [11]

2.1.2.3 Metody bez obsluhy na čelbě

Při použití těchto technik provádí jeden nebo více pracovníků výkopové práce v podzemí. Je nutná minimální světlá výška profilu 1000 mm. Tyto techniky často odkazují na štítování, které označuje použití tunelových štítů během celého procesu hloubení. Ačkoli tomu tak není vždy, jejich průřez je obvykle kruhový. Mezi nekruhové budované profily patří podkovovité a eliptické tvary. [2] [12]

2.2 OBNOVA VE STÁVAJÍCÍ TRASE

K obnově ve stávající trase dochází, pokud je kanalizační síť narušena četnými lokálními a plošnými poruchami nebo pokud je třeba kanalizační síť zkapacitnit kvůli rostoucímu množství odpadních vod. Metody obnovy ve stávající trase jsou bezvýkopové nebo výkopové (otevřený výkop). Pro zkapacitnění se používají nejčastěji metody otevřeného výkopu nebo metody trhání starého potrubí. [2] [12]

2.2.1 Otevřený výkop

Sanované potrubí stokové sítě je vyměněno v otevřeném výkopu stávající trasy. Pokládka trub probíhá do zapažené rýhy na zhutněný podsyp (Obr. 2.12). Obsyp potrubí probíhá po zhutňovaných vrstvách.

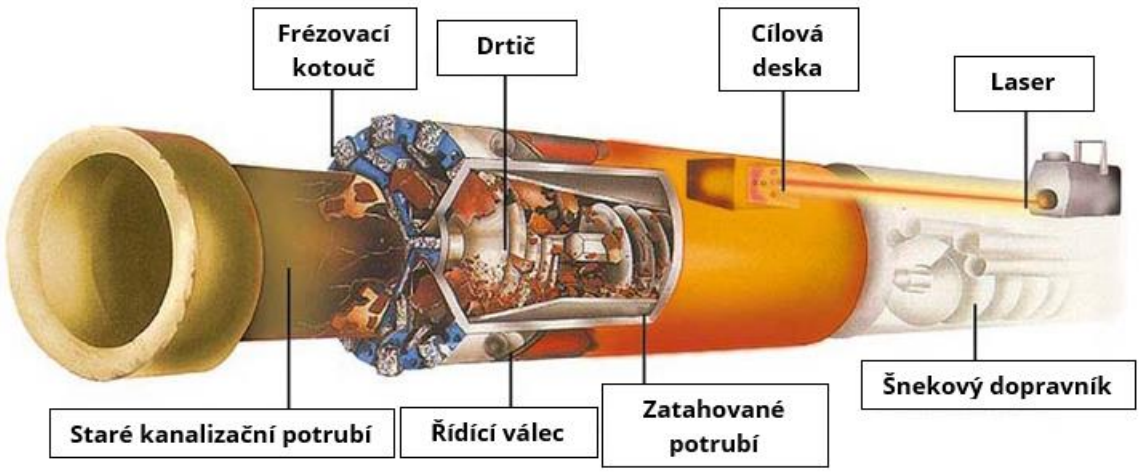
Obr. 2.12 Obnova potrubí v otevřeném výkopu [zdroj: Bc. K. Brychta]

2.2.2 Bezvýkopové technologie

U těchto metod je zapotřebí výkopových prací pro zbudování startovací a koncové jámy pro montáž a osazení techniky.

2.2.2.1 Rozrušování potrubí plnoprofilovou frézou – Pipe eating

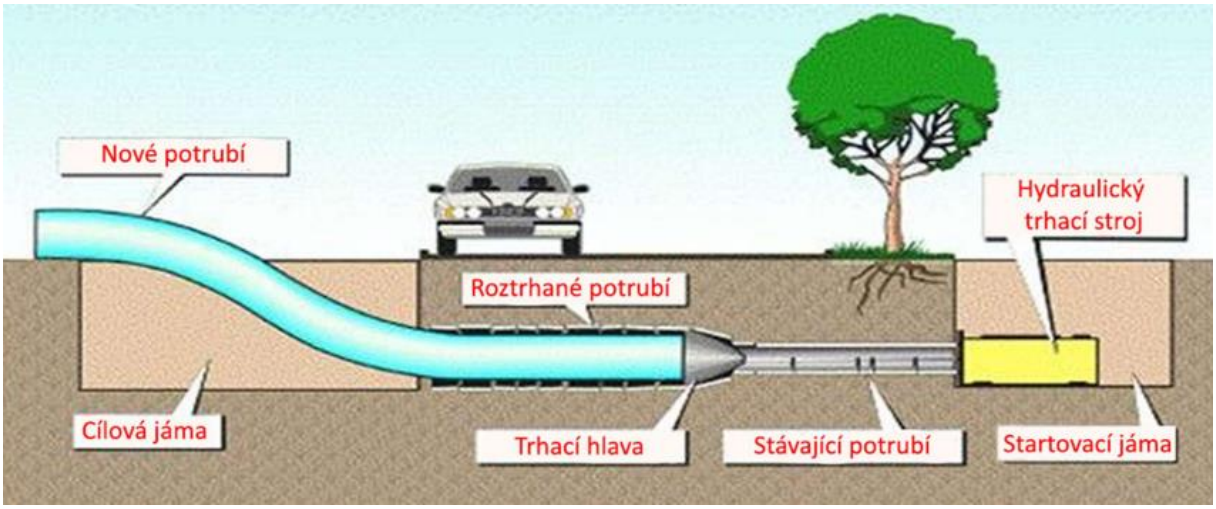
Plnoprofilová fréza drtí staré potrubí na drobné úlomky. Vzniklé úlomky jsou šnekovým dopravníkem nebo pomoci hydrodopravy dopravovány do startovací jámy, ze které jsou strojně odtěžovány. Frézou jsou drceny trouby z betonu, kameniny nebo azbestocementu. Během frézování starého potrubí probíhá zatlačování nového potrubí do uvolněného prostoru. Při této metodě dojde k úplnému odtěžení všech úlomků potrubí. Tato metoda se používá pro profily DN 250 a větší. [12] [13]



Obr. 2.13 Rozrušování potrubí plnoprofilovou frézou [13]

2.2.2.2 Trhání starého potrubí – Pipe bursting

Trhání potrubí je postup, při kterém se na místo stávajícího potrubí instaluje nové potrubí stejného nebo většího průměru. Ze startovací jámy je obnovovaným potrubím až do koncové jámy protaženo ocelové soutyčí, na které se v první fázi umístí trhací hlava, které roztrhá potrubí na úlomky. Ve druhé části se na soutyčí osadí rozšiřovací hlava s nově zatahovaným potrubím. Rozšiřovací hlava připevněná na soutyčí vytláčí vzniklé úlomky do okolní zeminy. Při rozšiřování vrtu a zatahování potrubí zároveň dochází k vytahování vodícího soutyčí. Jako materiál zatahovaného potrubí se nejčastěji volí vysokohustotní polyetylen (HDPE). [14]



Obr. 2.14 Metoda trhání potrubí [15]

2.2.2.3 Vytahování starých trub – Pipe extraction

Při vytahování starých trub dojde k úplnému odstranění stávajícího potrubí ze země bez nutnosti jeho rozbití nebo jiného porušení. Ze startovací jámy je stávajícím potrubím do koncové jámy protlačeno ocelové soutyčí. Na toto soutyčí je v koncové jámě umístěna speciální hlava, která umožňuje vytahování stávajících trub v jednom kuse. Na hlavu je adaptérem připevněno nové potrubí. Během vytahování starých trub probíhá tedy i zatahování nových. Ve startovací jámě je též umístěno vytahovací zařízení, které rozkládá a vytahuje staré trouby, které vytvoří prostor pro nově zatahované potrubí. Na speciální hlavu může být umístěn rozšiřovací adaptér, který se aplikuje při zatahování trub větší dimenze, než byla dimenze původních trub. Materiál vytahovaných trub je převážně ocel, litina nebo azbestocement. [13]

2.3 RENOVACE STOKOVÝCH SÍTÍ

Pojmem renovace se rozumí opatření ke zlepšení funkčnosti a provozních vlastností stokové sítě a kanalizačních přípojek při úplném nebo částečném

zachování jejich původní konstrukce. Podle způsobu provádění dělíme renovační metody na vystýlací nebo utěsňovací. [2] [12]

2.3.1 Vystýlací metody

U těchto metod probíhá renovace kanalizačního potrubí zatahováním souvislé vložky nebo potrubí.

2.3.1.1 Vystýlka z deformovaného potrubí – U-liner

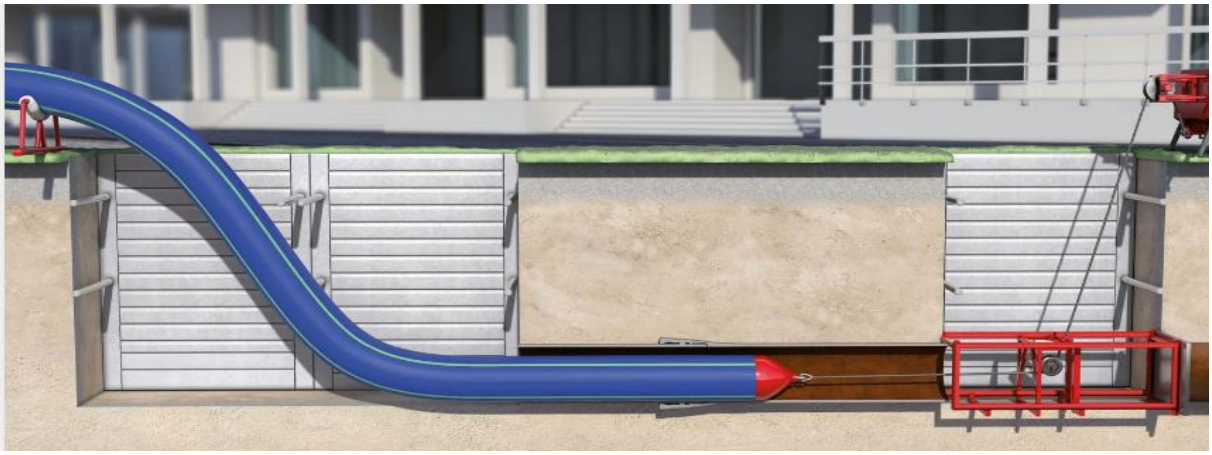
Potrubí je u této metody tepelně tvarováno do písmena U s výrazně zmenšeným průřezem (Obr. 2.15), což umožňuje jeho navíjení na buben. Zmenšený průřez se za pomoci lanového navijáku a kladek zatahuje do renovovaného úseku přes kanalizační šachty (Obr. 2.16). Po zatažení se trubka U-lineru uvede zpět do kruhového profilu zahříváním parou (tzv. paměťový efekt). Docílí se pevného přilnutí zatahovaného potrubí ke vnitřní stěna starého potrubí. Po vytvrzení dojde k zaústění kanalizačních přípojek pomocí kanalizačního robota. [17] [18]

Obr. 2.15 Detail deformovaného potrubí [19]

Obr. 2.16 Zatahování deformovaného potrubí [18]

2.3.1.2 Konvenční sliplining vystýlka – Relining

Renovace reliningem je nejjednodušší, nejlevnější a nejznámější způsob sanace. Sanační princip spočívá v zatahování potrubí (nejčastěji z PE) do starého potrubí. Nově zatahované potrubí musí mít vnější průměr menší, než je vnitřní průměr stávajícího potrubí. Při této metodě dojde ke zmenšení průtočného profilu, a proto lze relining uplatnit pouze u stok, kde je možno tuto změnu akceptovat. Před samotnou sanací musí být úsek důkladně vyčištěn a na jeho začátku, konci a v lomových bodech se musí vyhloubit pracovní jámy. Tyto jámy slouží k zatahování svařovaného potrubí. Zatahované potrubí může být na povrchu svařeno v celé délce sanovaného úseku a zatahováno přes dostatečně velkou startovací jámu do úseku nebo při nedostatku prostoru se jednotlivé kusy potrubí svařují až ve startovací jámě a zatahování tak probíhá po částech. Na čele zatahovaného potrubí je umístěna zatahovací hlava, přes kterou probíhá zatahovaní do úseku pomoci navíjecího zařízení. Vzniklé mezikruží mezi novým a starým potrubím se vyplní speciální injektážní směsí. [20] [21]

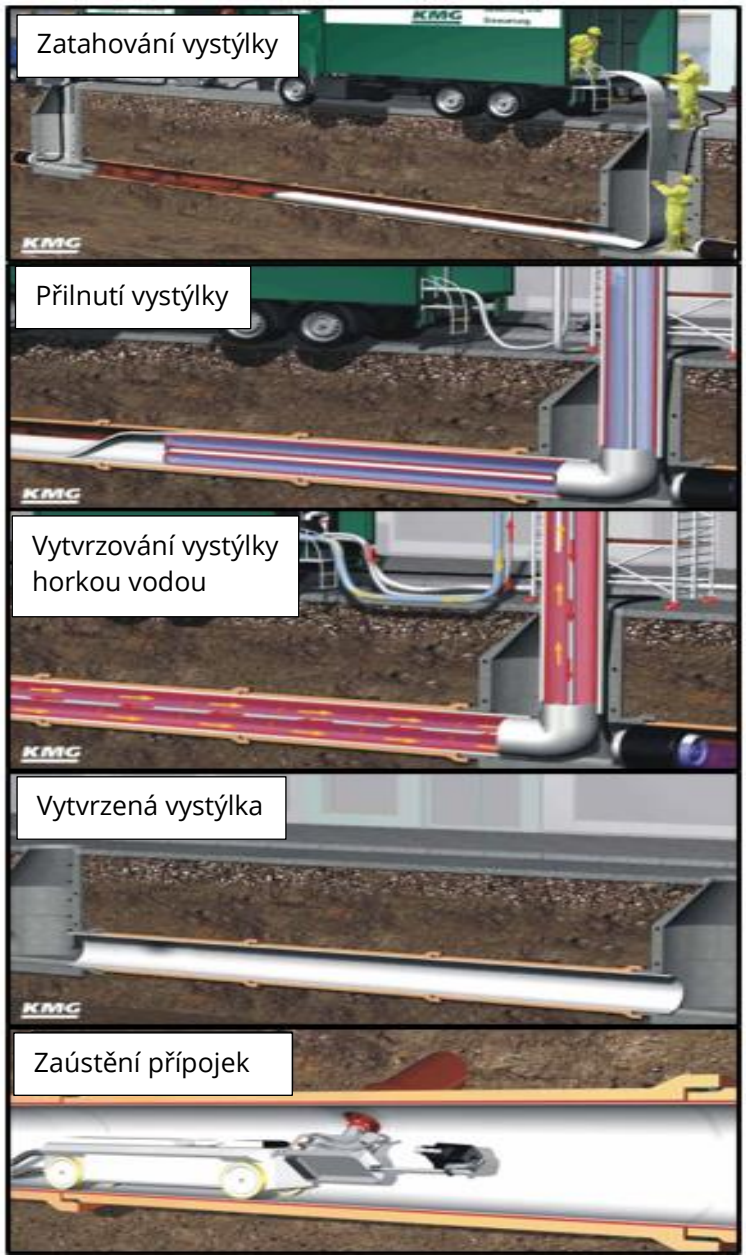


Obr. 2.17 Relining kanalizačního úseku [21]

2.3.1.3 Vystýlka vytvrzená na místě – CIPP vystýlka

Jedná se o obložení vnitřního povrchu kanalizačního potrubí vystýlkou vytvrzenou na místě. Vystýlka je vyhotovena ze sklených vláken impregnovaných pryskyřicí a z obou stran je opatřena vodotěsnou fólií. Sanační proces startuje zatažením napuštěné vystýlky pomocí navijáku do odstaveného úseku. Před zatahováním vystýlky musí proběhnout důkladné vyčištění stoky od nečistot, aby mohlo dojít ke kvalitnímu přilnutí vystýlky k vnitřní stěně potrubí stoky. Vystýlka je do sanovaného úseku zatažena přes kanalizační šachty (startovací a cílovou šachtu). Po zatažení probíhá proces přilnutí vystýlky k vnitřnímu povrchu potrubí. Přilnavost se zajistí naplněním vystýlky vodou nebo jejím nafouknutím vzduchem. Po přilnutí dochází k vytvrzení pomocí páry, horké vody nebo UV záření. Nakonec se provede kontrolní kamerový průzkum a do vytvrzené vystýlky se zaústí

kanalizační přípojky s využitím kanalizačního robota. Pokud je vše v pořádku stoka se uvede do provozu. [22] [23]



Obr. 2.18 Pracovní postup sanace vystýlkou vytvrzenou na místě [23]

2.3.1.4 Vystýlka z navíjených pásů – Rib-loc

Systém technologie vystýlky z navíjených pásů se skládá z jednoho PVC nebo PE pásu opatřeného na rubu výztužnými žebry a na okraji zámky (Rib–loc = žebro–zámek). Tento pás je spirálově navíjen navíjecím strojem ze startovací šachty přes potrubí sanovaného úseku až do cílové šachty. Vzniklý prostor mezi pásem a starým potrubím se zainjektuje speciální směsí na bázi cementu. Před uvedením do provozu se do zrenovovaného úseku zaústí kanalizační přípojky pomocí

kanalizačního robota. Průměr vzniklé trouby se pohybuje od 200 mm do 1200 mm s délkou až 140 metrů. [24] [25]

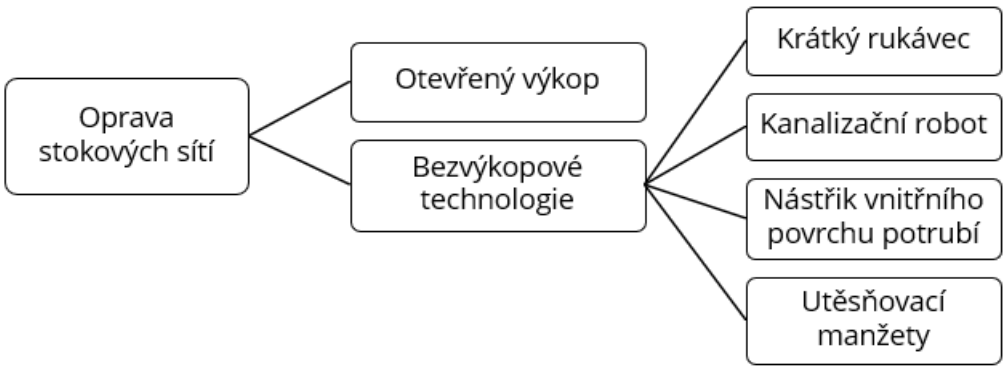
Obr. 2.19 Vystýlka z navíjených pásů místě [25]

2.3.2 Utěsňovací metody

Těmito metodami se řeší poruchy, při kterých dochází k průniku balastních vod do stoky, úniku znečištěných vod do okolí nebo při netěsnosti spojů trub. Utěsňování probíhá pomocí chemické reakce dvousložkové kapaliny a anorganického reaktiva. V první části utěsňování je do porušeného úseku a jeho počáteční a koncové šachty plně napuštěna dvousložková kapalina, která zaplní netěsnosti v úseku a prosákne do blízkého okolí potrubí. Po úplném zaplnění úseku dvousložkovou kapalinou je tato kapalina vyplavena a dochází k následnému plnění úseku anorganickým reaktivem, který chemicky reaguje s dvousložkovou kapalinou nacházející se v netěsnostech. Chemickou reakcí dochází k vytvrdnutí hmoty a vzniku chemicky odolného a vodotěsného povrchu. Mezi často používané metody patří metoda SUPERSILIC, metoda Superaqua a Kanalgel BRK. Tyto metody mají stejný sanační postup, ale liší se ve složení používaných dvousložkových směsí. [12]

2.4 OPRAVA STOKOVÝCH SÍTÍ

Opravou se rozumí opatření, které odstraní lokalizované poškození stokové sítě. Při opravách je stoková síť ponechána ve stávající trase. Oprava poruchy probíhá v bezprostřední blízkosti místa poškození. Nejčastěji řešené poruchy opravou jsou netěsnosti ve spojích, prorůstání kořenů, praskání potrubí, uvíznutí nežádoucích předmětů, podélné a příčné trhliny a odfrézování přečnívajících potrubí. [2] [12]



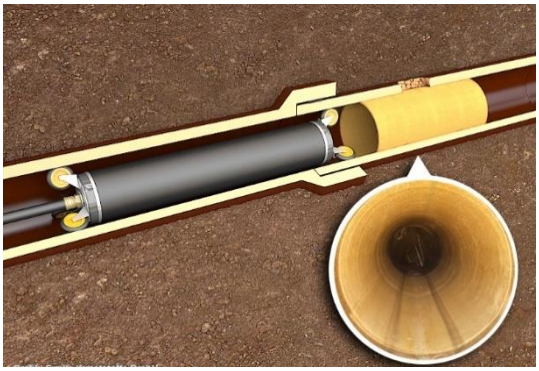
Obr. 2.20 Rozdělení metod oprav [zdroj: Bc. K. Brychta]

2.4.1 Otevřený výkop

K opravám pomocí otevřeného výkopu se přistupuje, když je kanalizační potrubí velmi silně porušeno. Nad narušeným potrubím se vytvoří zapažený výkop, ve kterém proběhne buď výměna narušeného potrubí nebo injektáž povrchu potrubí (Obr. 2.3).

2.4.2 Krátký rukávec

Mezi opravované poruchy touto metodou patří nejčastěji podélné a příčné trhliny a netěsnosti ve vychýlených spojích. Naviják zatáhne krátký rukávec ze skelných vláken napuštěných epoxidem na místo poruchy. V místě poruchy se rukávec nafoukne vzduchem nebo napustí vodou, aby bylo docíleno těsného spojení mezi stěnou potrubí a rukávcem, a následuje proces vytvrzování. Vytvrzování probíhá horkou vodou nebo parou. Touto technikou se opravují potrubí o DN 150 až 1200. [26] [27]



Obr. 2.21 Oprava pomoci krátkého rukávce [27]

2.4.3 Kanalizační robot

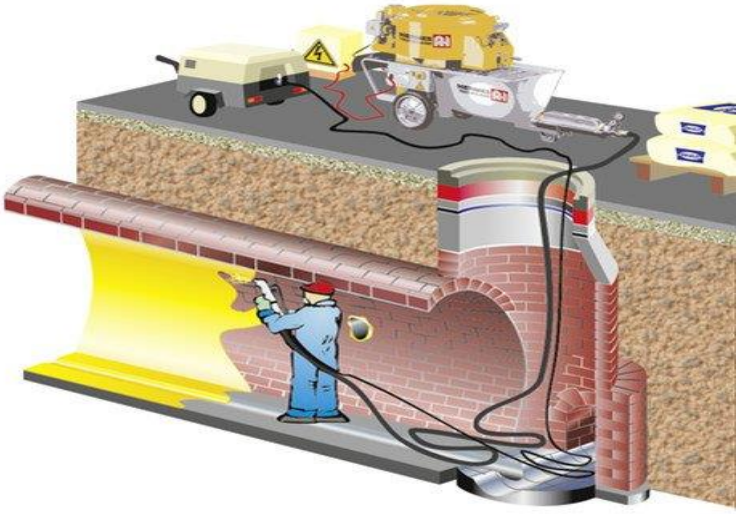
Kanalizační robot je jednoduchý, přenosný a víceúčelový robot pro sanaci kanalizačního potrubí. K tomuto robotu existuje mnoho nástavců, které umožňují frézovat, injektovat, vyplňovat praskliny, špachtlovat, zaslepovat kanalizační

přípojky před sanací a po dokončení sanačních prací znovu přípojky zprůchodnit (Obr. 2.22). Součástí kanalizačního robota je kamera, která napomáhá k navádění k místě poruchy. Pohon robota je zajištěn pomocí agregátu umístěného na povrchu. [28]

Obr. 2.22 Oprava poruch pomoci kanalizačního robota [28]

2.4.4 Nástřik vnitřního povrchu potrubí

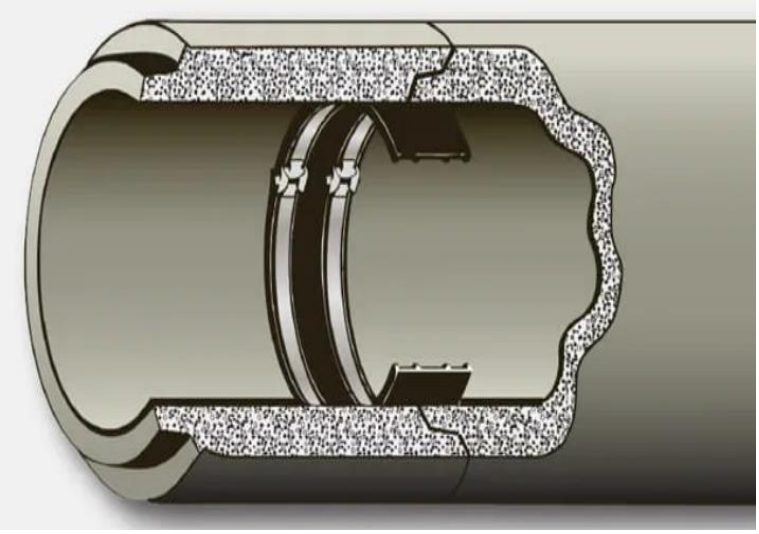
Nástřik se používá pro sanaci úseků s podélnými a příčnými trhlinami nebo při netěsnosti ve spojích mezi jednotlivými troubami. Před samotným nástřikem musí být provedeno mechanické očištění povrchu potrubí. Po vyčištění proběhne samotná nástřik, kdy je na vnitřní povrch potrubí nanášena směs založená na bázi polyesteru, epoxidu, polyuretanu, vinylesterutu, cementu nebo kombinaci těchto materiálů (Obr. 2.23). [29] [31]



Obr. 2.23 Oprava pomoci nástřiku vnitřního povrchu potrubí [30]

2.4.5 Utěsňovací manžety

Manžety se používají pro utěsnění netěsností ve spojích mezi jednotlivými troubami nebo pro těsnění prasklin v potrubí (Obr. 2.24). Před samotným umístěním manžety musí proběhnout očištění místa poruchy pro dokonalé přilnutí manžety k povrchu potrubí. U neprůlezných profilů je manžeta umístěna na místo poruchy speciálním robotem. Dokonalé přilnutí se docílí úplným rozepnutím manžety. [32]



Obr. 2.24 Utěsňovací manžeta aplikována na prasklinu v potrubí [32]

2.5 SANACE KANALIZAČNÍCH ŠACHET

I u šachet mohou nastat poruchy, které negativně ovlivňují bezpečné odvádění splaškových vod. Mezi nejčastější poruchy patří: napadení stěn šachty síranovou korozí, podélné a příčné trhliny na stěnách, rozdílné sedání šachty oproti povrchu vozovky a netěsnosti ve spojích mezi jednotlivými díly kanalizační šachty. Tyto poruchy se mohou řešit pomocí nástřiku vnitřního povrchu šachty nebo pomocí speciální šachtové vložky. [12] [35]

2.5.1 Nástřik vnitřního povrchu šachty

Na vnitřní povrch se pod tlakem odstředivou hlavou nanáší speciální nástřiková směs, která odolává agresivnímu prostředí, má nízký modul pružnosti a dokonale přilne k původnímu povrchu šachty (Obr. 2.25). Před samotným procesem sanace musí být šachta dokonale vyčištěna. Touto metodou lze opravit jak lokální poruchy (např. trhliny a netěsnosti), tak i celoplošné (např. napadení stěn síranovou korozí). Nejznámější nástřikovou směsí v ČR je maltová směs ERGELIT. [33] [34]

Obr. 2.25 Nástřik vnitřního povrchu šachty odstředivou hlavou [34]

2.5.2 Šachtová vložka

Tato vložka se používá při vysoké míře poškození stěn šachty trhlinami, prasklinami nebo síranovou korozí. Sanace šachtovou vložkou je založena na stejném principu jako opravy potrubí krátkým rukávcem. Do šachty se spustí na míru vyrobená šachtová vložka ze skelných vláken napuštěných epoxidem (Obr. 2.26). Po zapuštění se vložka natlakuje, aby přilnula ke stěnám šachty, a vytvrdí pomocí UV zářičů nebo pomocí horké vody. Po vytvrzení vzniká pevný vodotěsný sklolaminát, který prodlouží životnost šachty až o 100 let (Obr.2.26) [35]

Obr. 2.26 Spouštění vložky (vlevo), vytvrzená vložka (vpravo) [36]

Pro vybrané sanační technologie byla vypracována jednoduchá tabulka použití na stokovém systému (Tabulka 2.2)**.**

Tabulka 2.2 Použití vybraných sanačních technologií na stokový systém

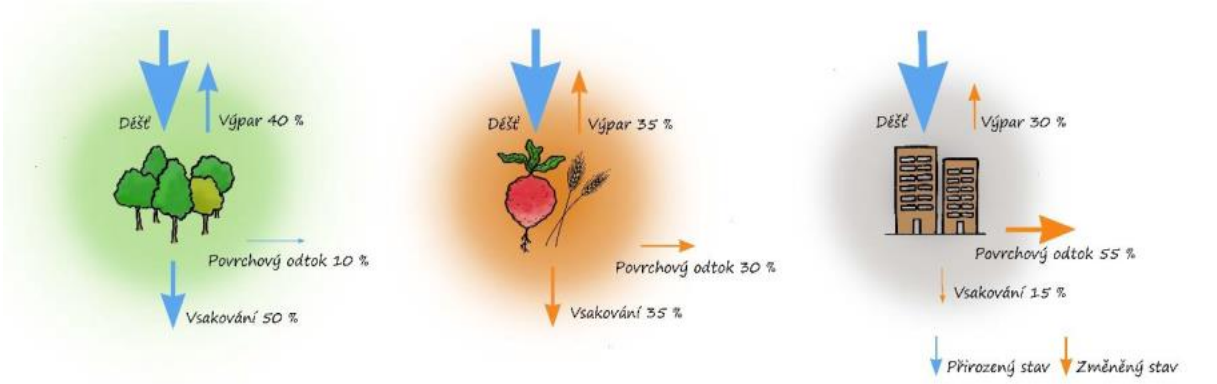
Druh sanace	Sanační technologie	Kanalizační přípojka	Kanalizační stoka
Obnova ve stávající trase	Pipe eating		
	Pipe bursting		
	Pipe extraction		
Obnova v nové trase	Propichovací kladiva		
	Beranění		
	HDD		
	Protlak s pilotním vrtem		
Renovace	U-liner		
	Relining		
	CIPP vystýlka		
	Rib-loc		
	Metoda Supersilic		
Oprava	Krátký rukávec		
	Kanalizační robot		
	Nástřik vnitřního povrchu potrubí		
	Utěsňovací manžety		
	používáno		
	nepoužíváno		

3 PRVKY PRO HOSPODAŘENÍ S DEŠŤOVOU VODOU

V této části diplomové práce se zaměříme na rozdělení prvků pro hospodaření s dešťovou vodou (HDV) v urbanizovaném území, respektive na rozdělení prvků modro-zelené infrastruktury (MZI), která se dělí na zelenou a modrou infrastrukturu.

V Zákoně č. 283/2021 Sb. je udáván pouze termín zelená infrastruktura, kterým se rozumí spojitý systém ploch a jiných prvků vegetačních, vodních a pro hospodaření s vodou, přírodního a polopřírodního charakteru, který svým cílovým stavem umožňují nebo významně podporují plnění široké škály ekosystémových služeb a funkcí. V této diplomové práci se budeme držet rozdělení na zelenou a modrou infrastrukturu.

Urbanizovaná území jsou tvořena vysokým podílem nepropustný ploch (např. střechy budov, komunikace), který v centrech měst může dosahovat 70 % i více. Velké množství nepropustných ploch brání přirozenému vsakování do půdního a horninového prostředí. Zároveň je těmito plochami ovlivněna i úroveň výparu, která je oproti přirozeným podmínkám snížena. V urbanizovaných územích se naopak zvyšuje objem a maxima povrchového odtoku. [37]



Obr. 3.1 Srovnání složek koloběhu vody v přirozeném zalesněném povodí, v zemědělském povodí a ve vysoce urbanizovaném prostředí [37]

V důsledku zpevňování ploch (zvyšování podílu nepropustných ploch) a připojování nových i stávajících zástaveb dochází ke zvyšování množství srážkových a odpadních vod odvedených do stokového systému, u kterého často dochází k překročení jeho kapacity (snížení bezpečnosti stokového systému) a k častějším lokálním záplavám a větším škodám v urbanizovaných územích. Dochází tedy ke snižování kvality života v těchto územích. [37] [4]

Výše uvedený scénář zhoršují důsledky pokračující změny klimatu, které mají vliv na srážkovou činnost. Konkrétně k těmto důsledkům patří delší intervaly bez srážek a zvýšení intenzity a periodicity srážek. [37]

Tento nepříznivý scénář se snažíme zlepšit pomocí prvků pro hospodaření s dešťovou vodou (tzv. prvky modro-zelené infrastruktury). Jedná se o prvky a systémy sídelní zeleně a vodní prvky budované za účelem hospodaření s dešťovou vodou (retence, vsakování) v urbanizovaných územích, zlepšení ovzduší a mikroklima. Tyto prvky jsou aplikovány nejen v intravilánu ale také v extravilánu. [37]

3.1 ZELENÁ INFRASTRUKTURA

Do této infrastruktury spadají vegetační střechy, zelené fasády a stěny, vertikální zeleň nebo městské parky. Vegetace snižuje negativní vlivy dopadajícího záření, zachycuje škodlivé částice, snižuje teplotu v okolí, působí protihlukově, udržuje přirozený koloběh vody a také plní estetickou funkci. [37] [38]

3.1.1 Vegetační (zelené) střechy

Jedná se o střechy plně nebo částečně pokryté vegetací, která se vysazuje do pěstebního substrátu nebo jiné vhodné propustné zeminy. Tloušťka vrstvy pro osazení vegetace se volí podle účelu a typu střechy. Souvrství střechy obsahuje dalších několik technických vrstev a instalací, které zajišťují splnění požadovaných funkčních parametrů. Složení skladby souvrství záleží na typy vegetace, která bude na střechu vysázena. Tyto střechy se budují za různými účely, včetně využití střechy pro lidské užívání, z architektonických důvodů, pro zvýšení hodnoty nemovitosti nebo pro dosažení určitých ekologických výhod. Jednou z nevýhod je náročná údržba vegetace. Tyto střechy se nejčastěji dělí na extenzivní a intenzivní. [39]

Extenzivní vegetační střecha

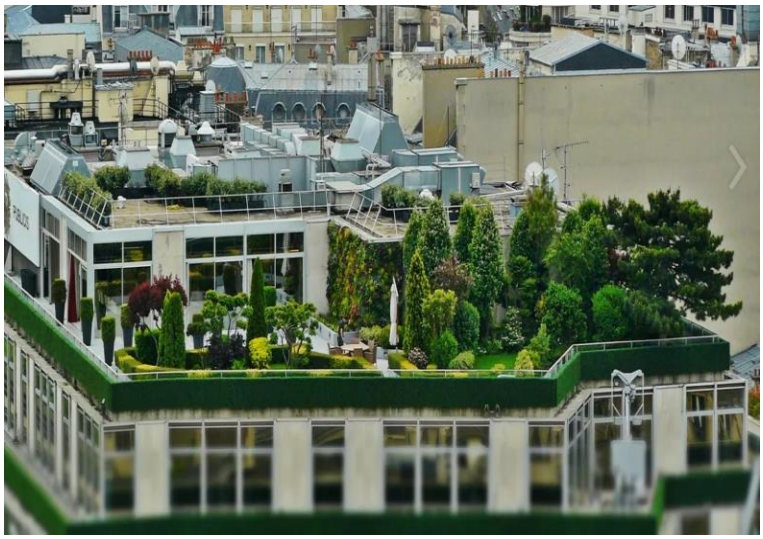
Jedná se o typ střechy, který vyžaduje méně péče o vegetaci a používá rostliny s nízkými nároky na údržbu (Obr.3.2). Její součástí je nízká vegetační vrstva půdy o tloušťce několika desítek milimetrů z lehčeného substrátu pro nízké a nenáročné rostliny nebo vybrané trávy. Tloušťka substrátu se obvykle pohybuje mezi 40 a 150 mm. Dělí se na extrémně nízké vrstvy (pod 60 mm), nízké vrstvy (60–80 mm) a středně vysoké (100–120 mm) až vysoké vrstvy (150–200 mm), které využívají trávy a byliny. [39] [40]

Intenzivní vegetační střecha

Intenzivní vegetační střecha je volnější variantou ozelenění, která má vyšší rostliny a, jak název napovídá, intenzivnější vegetaci (Obr. 3.3). Často se také buduje jako prostor pro odpočinek a pohyb lidí. V důsledku toho se jí říká střešní zahrada. Tloušťka vrstvy substrátu používaného v intenzivních střešních zahradách přesahuje 300 mm a může dosahovat jednoho metru i více, v závislosti

na požadavcích na rozvoj větších rostlin, stromů nebo na celkovém designu střešní zahrady. [39] [40]

Obr. 3.2 Extenzivní zelená střecha ve Znojmě [zdroj: Bc. K. Brychta]



Obr. 3.3 Intenzivní vegetační střecha [41]

3.1.2 Zelené fasády

Tento systém využívá popínavých rostlin, které jsou zakořeněné v zemi blízkosti budovy, nebo zavěšených rostlin, které jsou umístěny v květináčích na balkonech nebo na střechách. Popínavé rostliny se pnou přímo po budově nebo po konstrukci, která je na budovu připevněna (Obr. 3.4 a Obr. 3.5). Zelené fasády lze instalovat pouze na exteriérech budov, buď na část budovy nebo po celé ploše budově. Konstrukce, po kterých se rostliny pnou jsou různé sítě, ploty a kovové

trubkové konstrukce, které umožňují, jak vertikální růst rostlin, tak zároveň i zabraňují poškození konstrukce budovy. Jednou z nevýhod těchto fasád je, že po zasazení rostlinám dlouho trvá, než pokryjí plochu fasády. Mezi popínavé rostliny patří břečťan, přísavník, trubač nebo pnoucí hortenzie. [42] [43] [44]

Obr. 3.4 Zelená fasáda s popínavými rostlinami přímo na budově [44] [45]

Obr. 3.5 Zelená fasáda se sítí pro popínání rostlin [44] [46]

3.1.3 Zelené stěny

Zelené stěny jsou svislé konstrukce, upevněné k vnější stěně budovy nebo samostatně stojící, osazené různými druhy rostlin nebo jiné vegetace (Obr. 3.6). Zeleň je často zasazena do růstového média tvořeného půdou, kamenem nebo vodou. Protože stěny obsahují živé rostliny, jsou často vybaveny zabudovaným zavlažovacím systémem. Na rozdíl od zelených fasád je zemina, do které se rostliny sází, na povrchu nebo na konstrukci stěny. Navíc zeleným fasádám může trvat dlouho, než pokryjí celou stěnu, zatímco zelené stěny mohou být předrostlé.

Nabízených systémů zelených stěn je velice mnoho a většinou se liší nosnou konstrukcí. [47]

Obr. 3.6 Zelená stěna (vlevo) [48] a uchycení hydroponického truhlíku na stěně za pomoci lišty (vpravo) [49]

3.2 MODRÁ INFRASTRUKTURA

Jedná se o soubor opatření zadržujících vodu ve městě, ale i v krajině. Časté pojmenování pro modrou infrastrukturu je hospodaření s dešťovou vodou. Cílem je akumulovat maximum srážkových vod ve městě, aby nedocházelo pouze k odtoku veškerých vod do kanalizace. Tato infrastruktura zabraňuje přetížení kanalizace, na které tedy nemusí být budovány odlehčovací komory, které by museli převádět vyšší průtoky než maximální. [38]

3.2.1 Využití dešťových vod

V mnoha situacích lze pitnou vodu nahradit dešťovou vodou. Dešťová voda se nejčastěji používá k zavlažování, mytí aut, praní prádla, splachování toalet a v některých případech i k osobní hygieně. Voda využívaná k osobní hygieně musí splňovat kvality pitné vody dané normou. Způsob využití vody ovlivňuje systém úpravy a akumulace dešťové vody. Podle TNV 75 9011 se dělí na:

- Systémy pro využívání srážkové vody pro další činnosti (splachování, praní) se zvýšenými nároky na jakost srážkové vody
- Systémy pro využívání srážkové vody na závlahy se sníženými nároky na jakost srážkové vody

3.2.2 Předčištění dešťových vod

Předčištění srážkových vod probíhá filtrací a sedimentací. Návrh druhu filtračního a sedimentačního zařízení záleží na účelu použití vody a na druhu znečištění

obsaženého ve srážkové vodě. Vody určené pro zavlažování jsou čištěny pouze jednoduchými mechanickými způsoby čištění. Naopak vody využité pro praní prádla musí projít intenzivnějším čištěním. [50]

Pro filtrování vody se využívají interní nebo externí filtry. Externí filtry jsou samostatné filtrační šachty umístěné mezi okapový svod a akumulační jímku. Voda se v tomto filtru vyčistí a odtéká do prvku pro hospodaření s dešťovou vodou. Interní filtr je naopak umístěn přímo uvnitř nádrže nebo prvku pro hospodaření s dešťovou vodou. Proces sedimentace probíhá v samostatném usazovacím objektu umístěném před nádrží akumulační nebo přímo v akumulační nádrži. [50]

3.2.2.1 Okapový filtr

Filtr se osazuje přímo na okapový svod a má za úkol odstranit hrubší nečistoty jako je listí, větvičky, mech apod. Filtrace v letním období probíhá přes nerezové sítko a v zimním období je filtr uzavřen a voda odtéká do kanalizace. Filtry jsou samočistící a není tedy zapotřebí jejich pravidelné čištění a údržba. [50] [51]

Obr. 3.7 Okapový filtr [51]

3.2.2.2 Filtrační podokapový hrnec

Veškerou vodu, která se dostává do filtračního hrnce, odvádí jeden okapový svod. Hrnec je zasazen do země na betonové nebo štěrkové vrstvě. Filtrace probíhá přes sítko, na kterém je umístěna 50 mm vrstva filtračního materiálu (kameniva). Na vrstvě filtračního materiálu se zachytávají. nečistoty. Mezi filtrační vrstvou a sítkem je uložena vložka z netkané textílie. Samotné tělo filtru je vyhotoveno ze silnostěného polypropylene. Takto přefiltrovaná voda přes filtrační podokapový hrnec je využívána pro zavlažování nebo zasakování. [50]

Obr. 3.8 Filtrační podokapový hrnec [50]

3.2.2.3 Košíčkový filtr

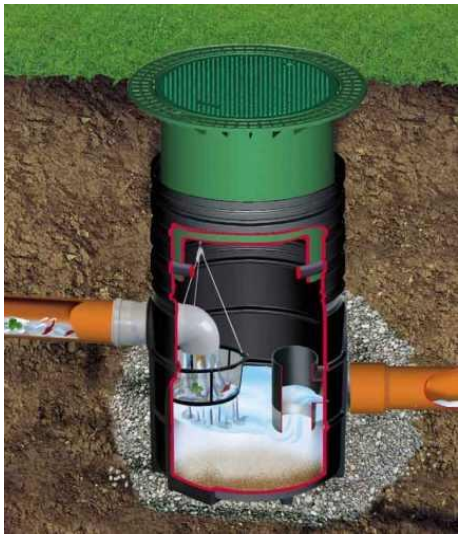
U tohoto filtru proteče veškeré množství srážkové vody přes filtr do nádrže, dosáhneme tedy 100 % vytíženosti přefiltrované vody na rozdíl od filtrů samočistících. Košíčkový filtr lze použít jako součást filtrační šachty nebo retenční nádrže. Filtrační jednotku tvoří plastové sítko s otvory o velikosti 0,35 mm doplněné o poutko pro snadnou manipulaci. Zemní filtry obsahují 3 otvory, dva nad úrovní síta a jeden při dně. Otvory nad sítem lze použít jako dva nátoky od dvou okapových svodů nebo lze jeden použít jako nátok a druhý jako přepad do kanalizace. Velkou nevýhodou tohoto filtru je jeho nutná pravidelná údržba. [52]

Obr. 3.9 Košíčkový filtr [52]

3.2.2.4 Usazovací šachta

Používá se při čištění dešťových vod s vysokým obsahem usaditelných látek. Jedná se o šachty vyhotovené z betonových prefabrikovaných skruží nebo z plastu. Šachta je vybavena filtračním košem, sedimentační zónou a odtokovým potrubím

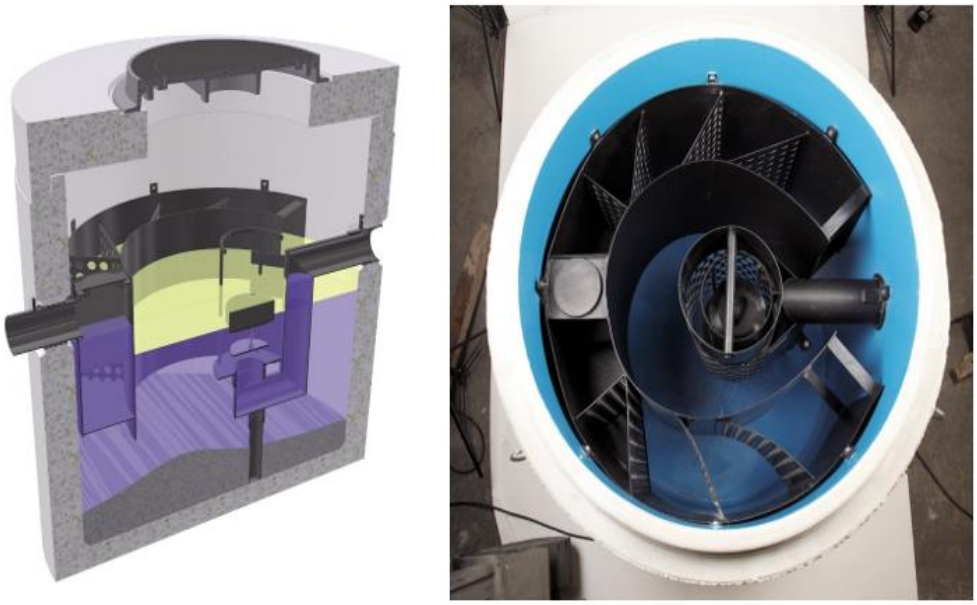
s funkcí odlučovače. Usazené látky na dně jsou vybírány ruční mechanizací. [50] [53]



Obr. 3.10 Usazovací šachta s košíčkovým filtrem [53]

3.2.2.5 Odlučovač lehkých kapalin

Odlučovače ropných látek slouží k zachycení a odloučení neemulgovaných lehkých látek (zejména ropných látek) ze znečištěných srážkových vod stékajících z parkovišť, průmyslových ploch a dalších dopravních ploch. Odlučovače fungují na principu gravitace a koalescence (splývání disperzních částic ve větší celky). [54]

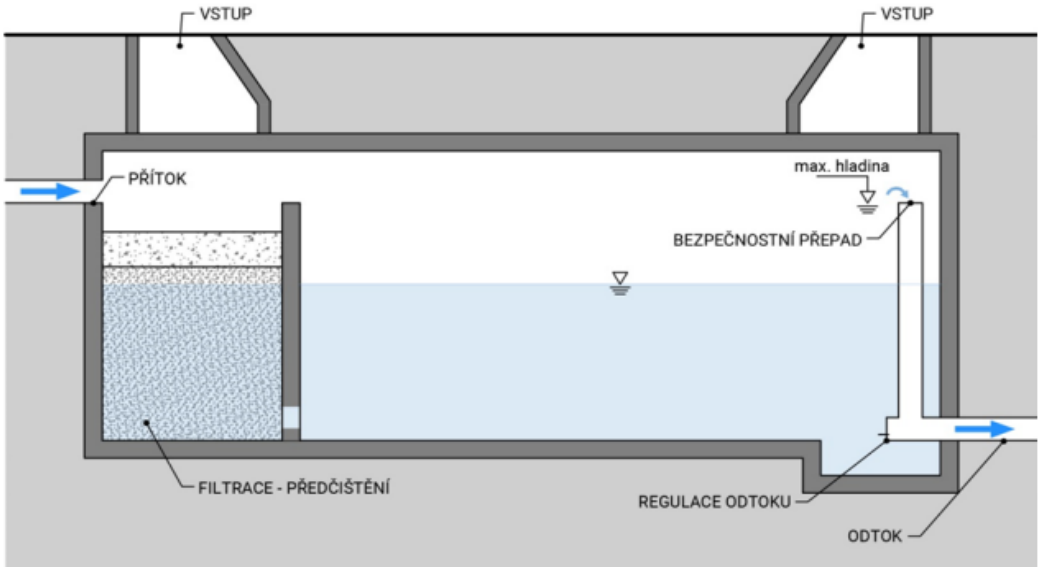


Obr. 3.11 Odlučovač lehkých kapalin [54]

3.2.3 Retence dešťových vod

3.2.3.1 Podzemní retenční nádrž

Tento objekt slouží pro dočasné zadržovaní shromážděného povrchového odtoku a k jeho následnému bezpečnému odtoku. Jedná se o podzemní objekt, který nijak nenarušuje estetiku okolí. Hlavním úkolem nádrže je zachytit co možná největší množství povrchového odtoku s co nejmenšími nároky na rozměry objektu. Retenční prostor je tvořen velkým profilem potrubí nebo jímkou, která je z betonu, plastu anebo z plastových bloků izolovaných fólií. Jediná část nádrže, která se nachází na povrchu je poklop. Podzemní nádrž může teoreticky přijímat vodu z jakéhokoli povrchu. Lze do ní přesměrovat povrchový odtok z nízko znečištěných ploch (např. chodníků nebo střech). Tyto vody neobsahují velké množství znečištění, a proto jejich vypouštění může probíhat přímo do vod povrchových. V případě napojení na znečištěné povrchy, jako jsou například vozovky, je nutné buď předčištění, nebo může být odtok z nádrže napojen například na vsakovací zařízení. Na odtoku z nádrže může být osazen regulátor a přítok vody bývá nejčastěji řešen odděleně, aby umožňoval usazování znečištění. Součástí nádrže je i bezpečnostní přeliv. U těchto nádrží musí také probíhat jejich čištění a odvzdušňování. [55] [56] [57]

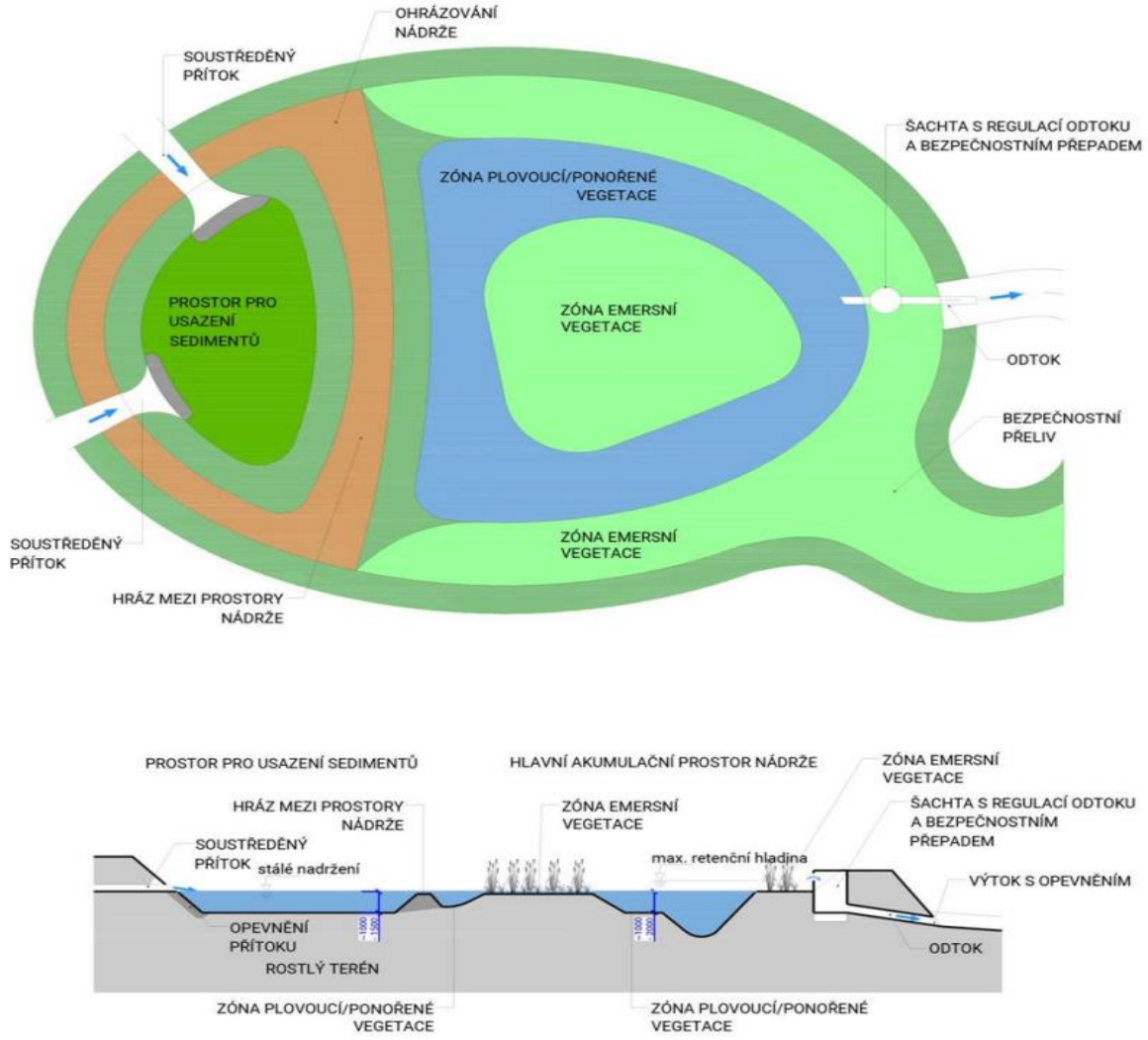


Obr. 3.12 Betonová/železobetonová podzemní retenční dešťová nádrž [55]

3.2.3.2 Umělý mokřad

Umělý mokřad je nádrž nebo prohlubeň v zemi, kde jsou pomocí modelování terénu vytvořeny prostory s různou hloubkou vody, s vodními rostlinami, které plní nejen estetickou funkci ale i funkci biologického procesu čištění vody (Obr. 3.13). Ačkoli nejsou primárně určeny k přijímání přívalových srážek

v obrovském množství (přechod povodňové vlny), mokřady přesto plní retenční funkci, podobně jako suchá nádrž nebo nádrž na dešťovou vodu. Mokřad vytváří vhodné přírodní podmínky pro pestrý život rostlin a živočichů. Pro svou určitou divokost a živost se hodí spíše na okraje rekreačních oblastí a větších krajinných parků. Existují však i současné městské oblasti, které umně začleňují umělé mokřadní prvky do zcela urbanizovaných ploch, a využívají tak jejich jedinečných vlastností. Podloží mokřadu je tvořeno nepropustným podložím pokrytým vrstvou bahna. [4] [55] [57]

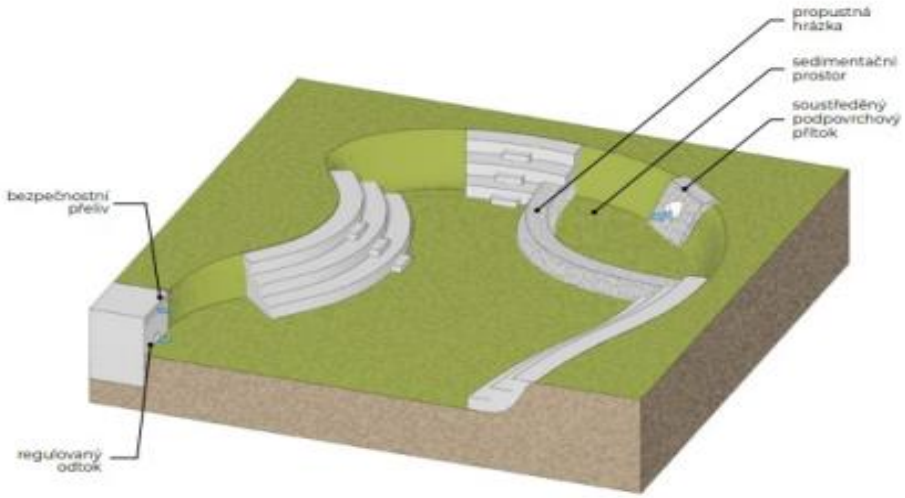


Obr. 3.13 Schéma umělého mokřadu [55]

3.2.3.3 Suchá retenční nádrž

Tyto nádrže slouží k zachycení srážkového odtoku a ke snížení kulminačního průtoku. Po převedení kulminačního průtoku bývá nádrž regulovaně vypouštěna do povrchových vod nebo do kanalizace. Nádrž je po většinu roku suchá, voda se v ní nachází pouze během dešťů a těsně po nich. Dno a svahy nádrže se nejčastěji navrhují zatravněné. Zatravněná oblast přirozeně zpomalí proudění dešťové vody

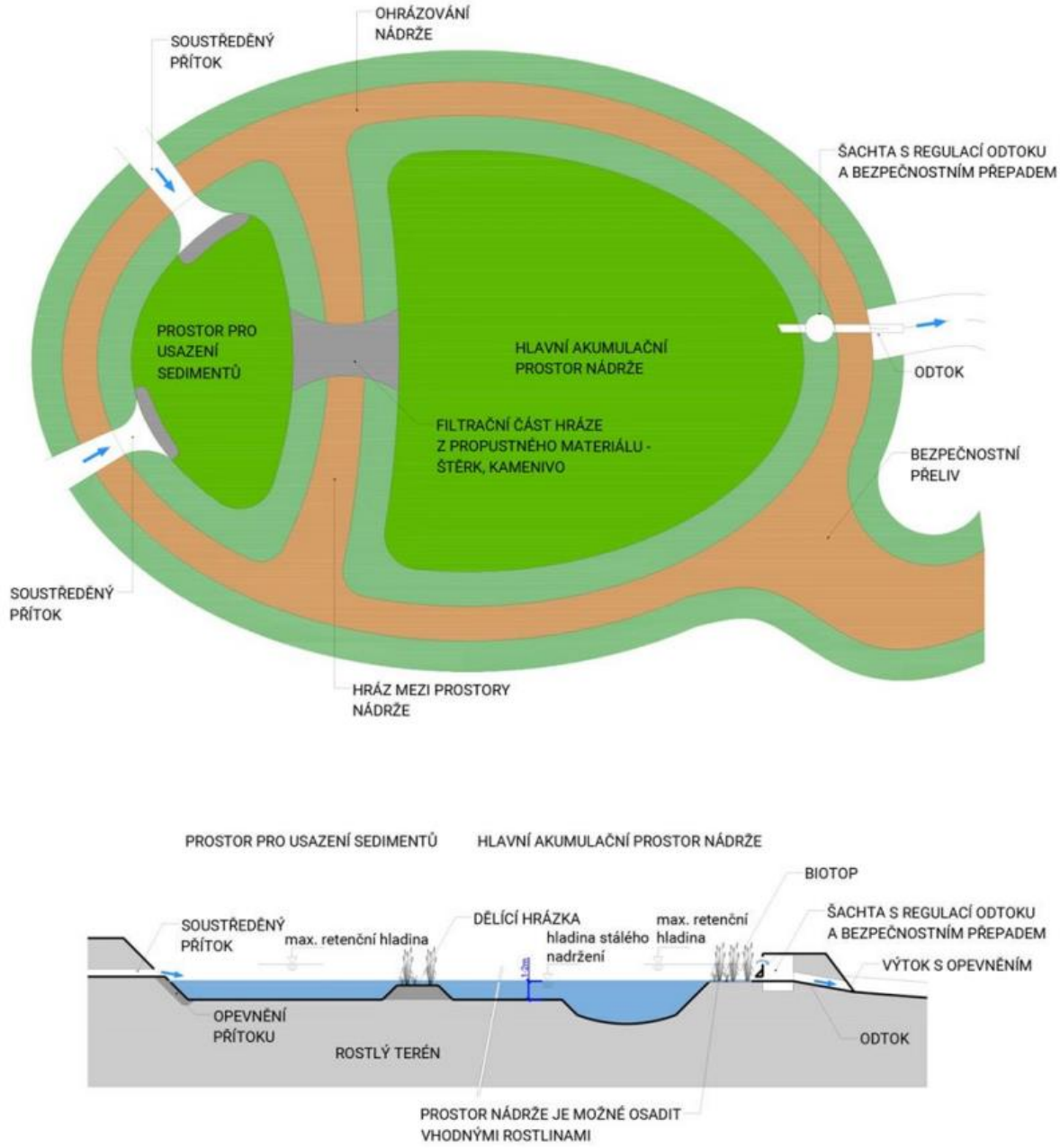
během méně intenzivních srážek a umožní vodě, aby se buď částečně vsákla do půdy, nebo se odpařila zpět do atmosféry. Mezi často užívanou variantu v dnešní době patří zatravněná retenční nádrž se zpevněnými plochami nebo nádrž tvořena pouze zpevněnými plochami (např. vodní náměstí). [4] [55] [56] [57]



Obr. 3.14 Suchá retenční nádrž [57]

3.2.3.4 Retenční nádrž se stálou hladinou

Jedná se o nádrž, jejíž hlavní funkcí je zachycení povrchového odtoku a následný regulovaný odtok (snížení kulminačního průtoku) do povrchových vod nebo kanalizace. Nicméně tento druh nádrže má část, která je trvale zatopená a slouží převážně k estetickým účelům. Protože tato nádrž vyžaduje větší prostor pro hospodaření se srážkovou vodou, lze ji využít pouze na větších veřejných prostranstvích, jako jsou dětská hřiště, městské parky nebo části větších sídlišť. Stálá vodní plocha představuje vhodný prostor pro život mnoha druhu rostlin a živočichů. Tento typ akumulace neodstraní silné znečištění vody, a z tohoto důvody musí dešťová voda pocházet z méně zatížených zpevněných ploch nebo ze střech okolních domů, případně by měla projít předčištěním. Samotná nádrž je složena ze dvou prostorů, kterými jsou prostor stálého nadržení, který se nachází pod odtokovým potrubím, a prostor retenční, který se nachází nad odtokovým potrubím a ze shora je ohraničen bezpečnostním přelivem. Na odtokovém potrubí z nádrže je osazen regulátor, který umožňuje snižování kulminačního průtoku. Přítok je nejčastěji řešen jako samostatný objekt, který je od zbytku nádrže oddělen hrázkou tak, aby umožňoval usazování nečistot. Další způsob, jak umožnit částečné biologické čištění, je výsadba vodních mokřadních rostlin pro vytvoření biotopu. [4] [55] [56] [57]



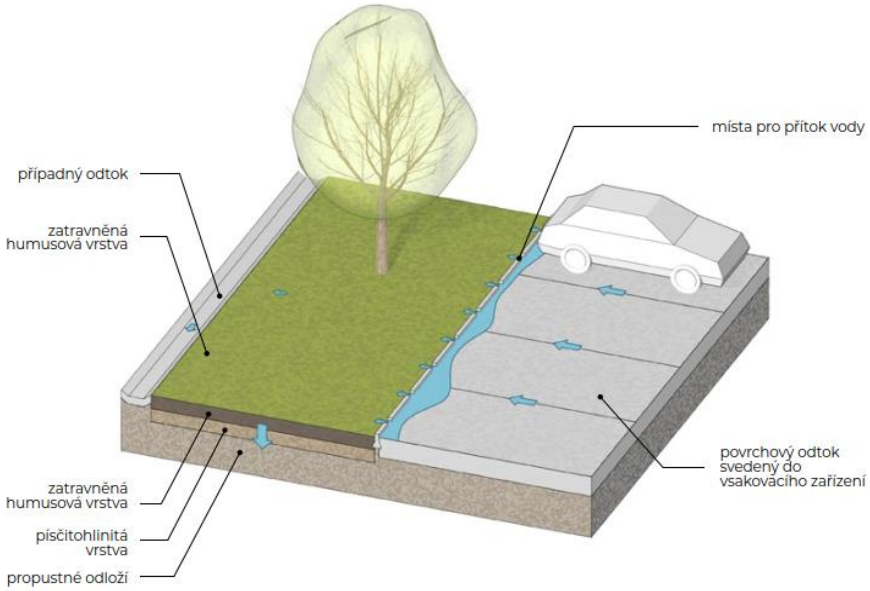
Obr. 3.15 Schéma retenční nádrže se stálou hladinou vody [55]

3.2.4 Vsakování dešťových vod

3.2.4.1 Plošný vsak

Vsak probíhá pomalým tokem dešťové vody po zatravněné humusové vrstvě (Obr. 3.16). Toto opatření zabírá velkou plochu, protože vyžaduje 20 % nebo více z rozlohy odvodňované zpevněné plochy napojené na vsak. Tento způsob vsakování je ideální pro parkoviště a liniové stavby. Sklon pozemku by neměl být větší než 1:20, s vhodnými podmínkami pro vsakování. Sklon plošného vsaku by neměl překročit 5 %. Vsakovací plocha musí být rovnoměrně zatížena přitékající

vodou. Protože opatření nemá retenční schopnost, je důležité řešit odtok vody při velkých deštích do jiného opatření (např. retenčního zařízení), povrchových vod nebo kanalizace. [55] [56] [57]



Obr. 3.16 Plošný vsak [57]

3.2.4.2 Propustné dlažby

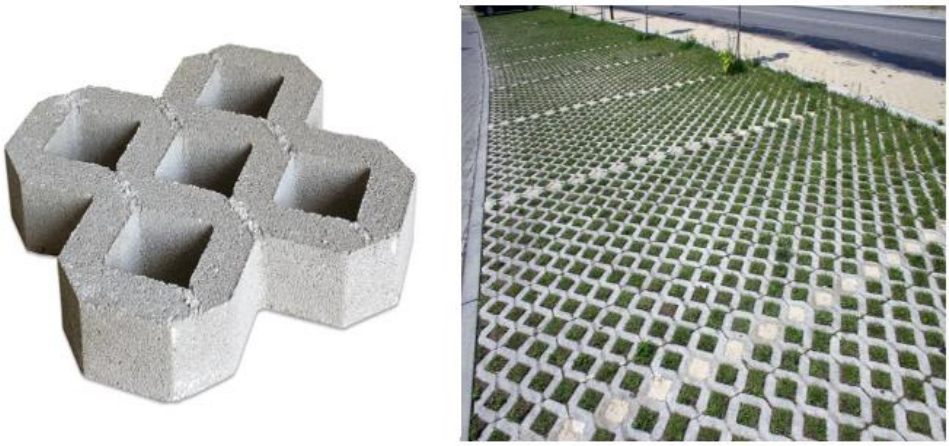
Propustné dlažby obsahují mezery mezi dlaždicemi, které umožňují průchod vody (Obr. 3.17). Vrstva štěrku pod dlažbou slouží jako zásobník dešťových srážek, které se vsakují do země. Systémy propustné dlažby jsou vhodné pro příjezdové cesty k obytným budovám, terasy a parkoviště. [58]

Obr. 3.17 Propustná dlažba [58]

3.2.4.3 Zatravňovací tvárnice

Umožnují zpevnění ploch a udržují vegetační vzhled krajiny a zároveň mají vysoký čistící účinek. Tyto tvárnice se používají pro zpevnění povrchů parkovišť,

příjezdových cest ke garážím, pro cesty mezi jednotlivými obytnými budovami a pro chodníky (Obr. 3.18). Tvárnice se vyrábí z betonu nebo z plastu. Na trhu je spousta firem zabývající se výrobou těchto tvárnic, a proto je tedy velká rozmanitost jak v tvarové, tak rozměrové variabilitě. Dokonce dnes firmy nabízí plastové tvárnice ze 100 % recyklovatelného plastu. Před začátkem samotné pokládky se odstraní vrstva půdy okolo 200–300 mm, aby se vytvořil prostor pro konstrukční vrstvy a samotnou dlažbu. Pokládka tvárnic probíhá na vrstvu štěrku, pod kterou se nachází geotextílie, která je uložena na upraveném podloží. Velkou výhodou u plastových tvárnic je jejich hmotnost, která je oproti betonovým mnohonásobně nižší. [55] [59] [60]



Obr. 3.18 Zatravňovací tvárnice (vlevo) a parkovací stání vyhotovené z těchto tvárnic (vpravo) [59]

3.2.4.4 Zatravňovací rošty

Nosnou část tvoří rošt, který tvoří únosnou robustní konstrukci, která mezerami mezi jednotlivými díly zajišťuje vsakování do podloží. Rošty jsou vyráběny stavebnicovým systémem z betonu nebo plastu. Složení podkladních vrstev umožní zachycení a rozklad znečištění obsaženého v zasakované dešťové vodě. Mezery mezi jednotlivými díly roštu mohou být vyplněny pískem, štěrkem nebo vhodnou propustnou zeminou, která je zatravněna. [61]

Obr. 3.19 Terasa před domem ze zatravňovacích roštů (vlevo) a díl zatravňovacího roštu (vpravo) [61]

3.2.4.5 Vsakovací plastové bloky

Bloky jsou umístěny pod povrch, kde vytvoří podzemní nádrž pro akumulaci a vsak dešťových vod (Obr. 3.20). Umožňují rychlé odvedení dešťové vody z povrchu do akumulačního prostoru v podzemí, kde se voda pomalu zasakuje nebo se řízeně odvádí mimo pozemky. Tento způsob zasakování je vhodný pro parkoviště, průmyslové a obchodní areály nebo pro pozemky kde voda svým divokým odtokem působí škody. Do prostoru vsakovacích bloků je voda přivedena přes drenážní potrubí, které je uloženo na geotextílii a je obsypáno štěrkem. Vrchní část bloku je opatřena vysoko propustnou geotextílií, která chrání akumulační prostor před zanesením nečistotami. [62]

Obr. 3.20 Vsakovací plastové bloky [62]

3.2.4.6 Vsakovací tunely

Obdobný princip tak i použití jako u plastových zasakovacích bloků. Voda se vsakuje jak přes dno, které je tvořeno štěrkem, tak i přes boční stěny s otvory.

Obr. 3.21 Vsakovací tunely od společnosti ASIO [63]

3.2.4.7 Vsakovací průleh

Průlehy jsou mělká povrchová vsakovací zařízení miskovitého tvaru se zatravněnou humusovou vrstvou. Tato vrstva zároveň vodu předčišťuje. Voda se v prohlubni na chvíli zadrží a pak se vsakuje do podloží. Svahy průlehu jsou navrhovány optimálně ve sklonu 1:3 a v maximálním sklonu 1:2, a to z důvodu, aby nebyla překročena stabilita svahu. Voda by měla být zadržována v průlehu pouze krátkou dobu. Při kratší době zdržení může dojít k úhynu rostlin a snížení schopnosti vsakovat vodu. Maximální doporučená hloubka průlehu je 30 cm. Přítok vody by měl být rozdělen rovnoměrně po celé délce. Průleh je po délce rozdělen zemními hrázkami. [4] [55] [56] [57]

Podzemní část průlehu je řešena v závislosti na vsakovacích schopnostech podloží takto:

Vsakovací průleh s retenční rýhou

Pokud má zemina v místě řešení nízkou nebo komplikovanou (nestálou) vsakovací schopnost, nabízí se toto řešení. Tento přístup je použitelný také v případě, že se pod mělce uloženou nepropustnou vrstvou nachází vrstva propustná. Pomocí rýhy vyplněné štěrkem nebo prefabrikovanými bloky (plastový box) se zvýší vsakovací schopnost a umožní se průsak vody do propustnějších nižších vrstev. V rýze se instaluje drenážní potrubí, které je vedeno do revizní šachty, kde je ukončeno bezpečnostním přepadem. Voda je z rýhy odváděna drenážním potrubím až

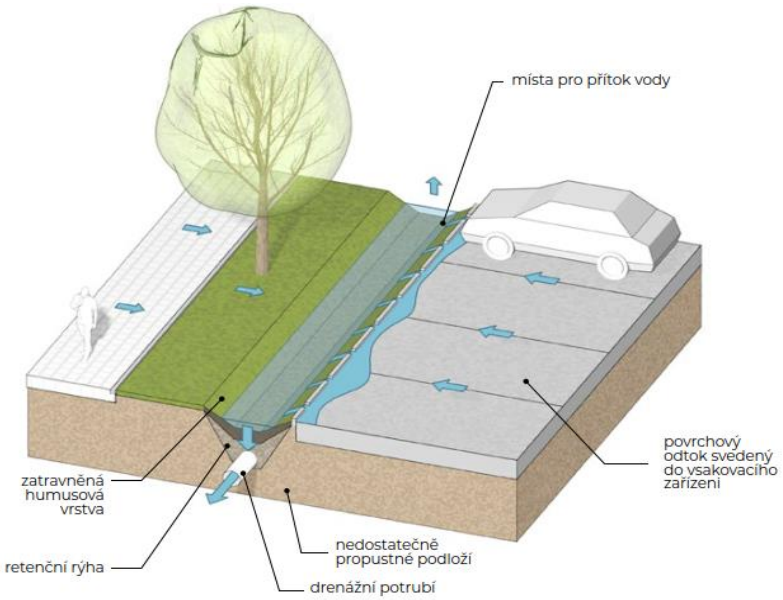
po jejím úplném zaplnění. Při překročení kapacity je tedy přebytek vody odveden přes bezpečnostní přepad. [55] [56] [57]

Vsakovací průleh s retenční rýhou a regulovaným odtokem

Užití pro horninové nebo nepropustné podloží. Voda se zde nevsakuje pouze se akumuluje v podzemní rýze a regulovaným odtokem odtéká do kanalizace nebo do povrchových vod. V revizní šachtě je na drenážním potrubí osazen odtokový regulátor, který nechává odtékat zvolený průtok. Regulátor může být řešen jako vírový ventil nebo clona. [55] [56] [57]

Vsakovací průleh

Používá se pro podloží s vhodnými vsakovacími podmínkami, kde je realizace řešena mělkým výkopem. Výkop slouží pro vysvahování průlehu a uložení humusové vrstvy pro osázení. [55] [56] [57]



Obr. 3.22 Vsakovací průleh [57]

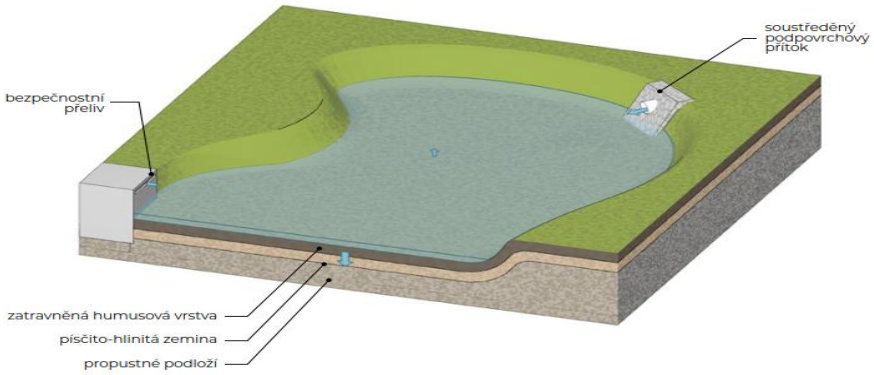
3.2.4.8 Vsakovací retenční nádrž

Jedná se o objekt s velkou retenční funkcí, která umožňuje napojení většího množství zdrojů dešťové vody. Vsakovací retenční nádrž může být nadzemní nebo podzemní. Voda se v nádrži akumuluje a postupně vsakuje. Tyto nádrže se budují na podložích s dobrými vsakovacími podmínky. Nádrž je vybavena bezpečnostním přelivem, který umožňuje bezpečný odvod přebytečné vody do recipientu nebo do kanalizace. [4]

U nadzemních nádrží probíhá vsak přes zatravněné svahy a dno (Obr. 3.23). Zatravněné svahy a dno zároveň umožňují předčištění vsakované vody. Nádrž je

zpravidla hluboká od 0,3 až do 2 m. Sklony svahů nádrže se pohybují od 1:4 až po 1:2. V místě soustředěného přítoku je obvykle nádrž opevněna. Travní porost osetý v nádrži musí odolávat opakovanému dočasnému zaplavování. [55] [56] [57]

Podzemní nádrže jsou z betonu nebo plastu (Obr. 3.24). Vsak probíhá nejčastěji přes dno nádrže, které je tvořeno původní zeminou s vhodnými vsakovacími podmínkami nebo je dno vyplněna kvalitním vsakovacím materiálem (např. štěrk). Vsak může také probíhat přes perforované stěny nádrže. [55] [56] [57]

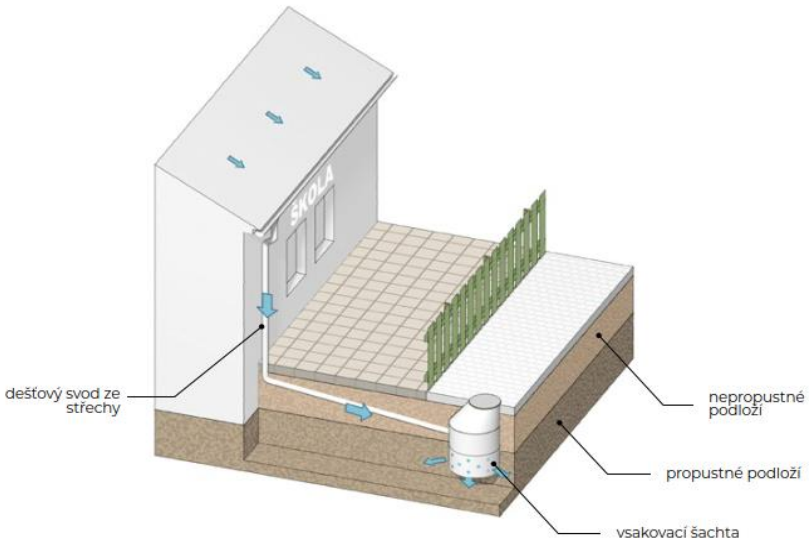


Obr. 3.23 Nadzemní vsakovací retenční nádrž [57]

Obr. 3.24 Podzemní vsakovací retenční nádrž [64]

3.2.4.9 Vsakovací šachta

Jeden z nejméně prostorově náročných objektů na vsakování. Vsakovací objekt se skládá z přívodního potrubí a samotné šachty, která má dno vyplněno propustnou vrstvou štěrku o minimální tloušťce 300 mm (Obr. 3.25). Stěny šachty jsou plné pouze ve spodní části, tam kde se nachází propustná vrstva podloží, jsou do stěn vyhotoveny otvory. Vsakování tedy probíhá jak dnem, tak i stěnou šachty ve spodní části. Šachta bývá nejčastěji z betonových skruží nebo jako plastový prefabrikát. [55] [56] [57]



Obr. 3.25 Vsakovací šachta napojená na dešťový svod [57]

3.2.4.10 Vsakovací retenční rýha

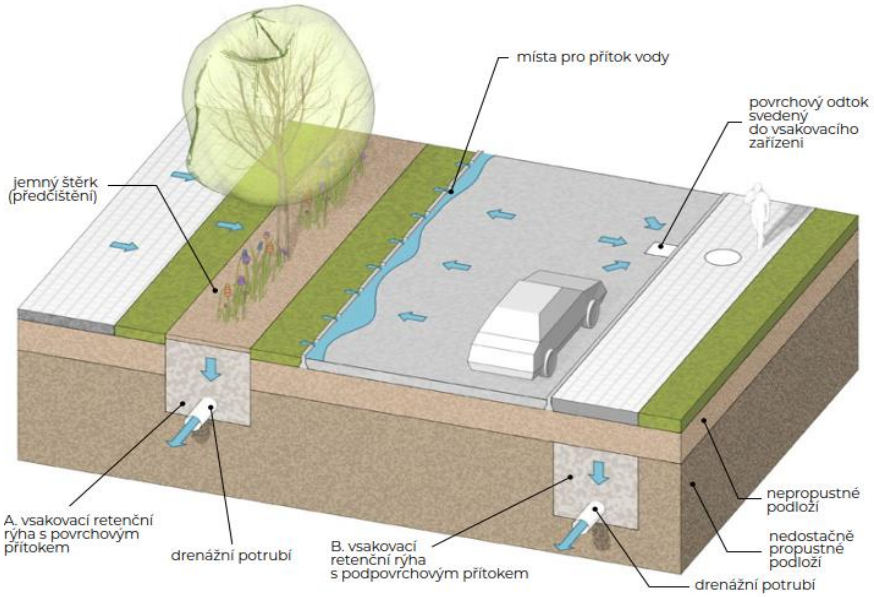
Obdobný princip jako vsakovací průleh. Rozdíl je v tom, že rýha nemá povrchový retenční prostor, nedochází tedy k dočasnému zatopení na povrchu. Vsakovací rýha je podpovrchové liniové vsakovací zařízení vytvořené z propustného štěrku nebo z plastových bloků. Do rýhy jsou sváděny dešťové vody ze zpevněných ploch. Podle způsobu přítoku je rozdělujeme na vsakovací retenční rýhu s povrchovým nebo podpovrchovým přítokem. [4] [55] [56] [57]

Vsakovací retenční rýha s povrchovým přítokem

Voda se do rýhy dostává po povrchu. Vrchní část rýhy je tvořena filtrační vrstvou z jemného štěrku a geotextílie. Vsakovaná voda bývá předčištěna pomocí zatravněného pásu mimo rýhu. [55] [56] [57]

Vsakovací retenční rýha s podpovrchovým přítokem

Do rýhy je voda vedena pomocí potrubí a po samotné rýze je rozvedena drenážním potrubím. Předčištění vody se řeší kalovou jímkou nebo podobným zařízením. Tento druh přítoku umožňuje využití povrchu nad rýhou pro další účely (např. chodník, parkoviště). [55] [56] [57]



Obr. 3.26 Vsakovací retenční rýha [57]

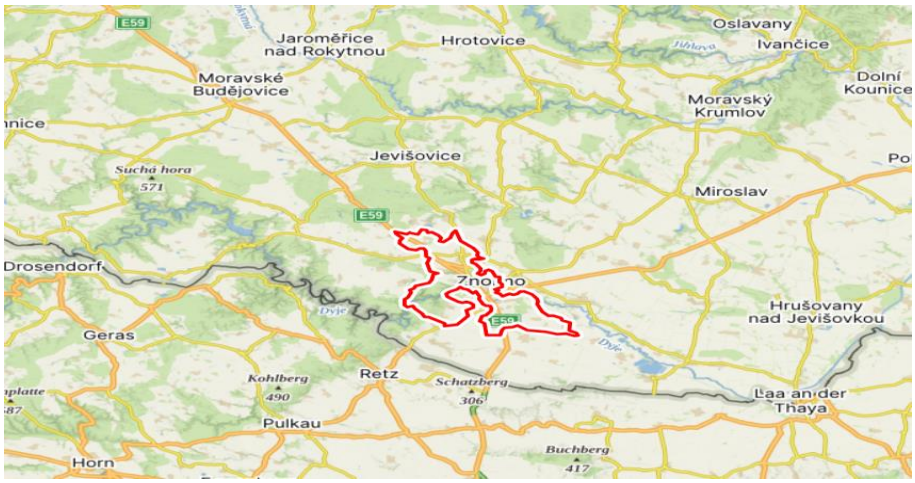
4 STUDIE SANACE ČÁSTI STOKOVÉ SÍTĚ S IMPLEMENTACÍ PRVKŮ PRO HOSPODAŘENÍ S DEŠŤOVOU VODOU

V praktické části diplomové práce budeme implementovat získané informace z první části práce na vybranou zájmovou lokalitu ve Znojmě. Jako zájmová lokalita byla zvolena ulice Pod Soudním vrchem a nezastavěná zelená plocha v okolí této lokality, která bude využita pro umístění prvků pro hospodaření s dešťovou vodou. Ve městě Znojmo se nachází jednotná stoková síť, která vykazuje v některých lokalitách vysokou poruchovost (např. naše zvolená lokalita Pod Soudním vrchem) a společně s čistírnou odpadních vod, bývá při extrémních srážkách přehlcena a neplní tak svoji funkci bez problémů. A proto se v této studii zaměříme na snížení poruchovosti stokové sítě a na snížení množství odpadních vod ze zájmové lokality. Součástí této studie bude tedy sanace vybraných kanalizačních úseků a vybudování prvků pro hospodaření s dešťovou vodou. Současná stoková síť bude tedy odlehčena o část dešťové vody a sníží se její poruchovost.

4.1 POPIS LOKALITY

Zájmová oblast se nachází v severozápadní části města Znojma. Zástavba této oblasti je tvořena z větší části rodinnými domy a garážemi, ale i bytovými domy.

Oficiální název:	Sanace části stokové sítě s implementací prvků pro hospodaření s dešťovou vodou
Kraj:	Jihomoravský
Okres:	Znojmo
Katastrální území:	Znojmo – město
Ulice:	Pod Soudním vrchem
Investor:	Vodárenská akciová společnost, a.s.
Provozovatel:	Vodárenská akciová společnost, a.s.



Obr. 4.1 Mapa lokality [65]

Obr. 4.2 Detail zájmové lokality [65]

4.1.1 Současná forma odkanalizování

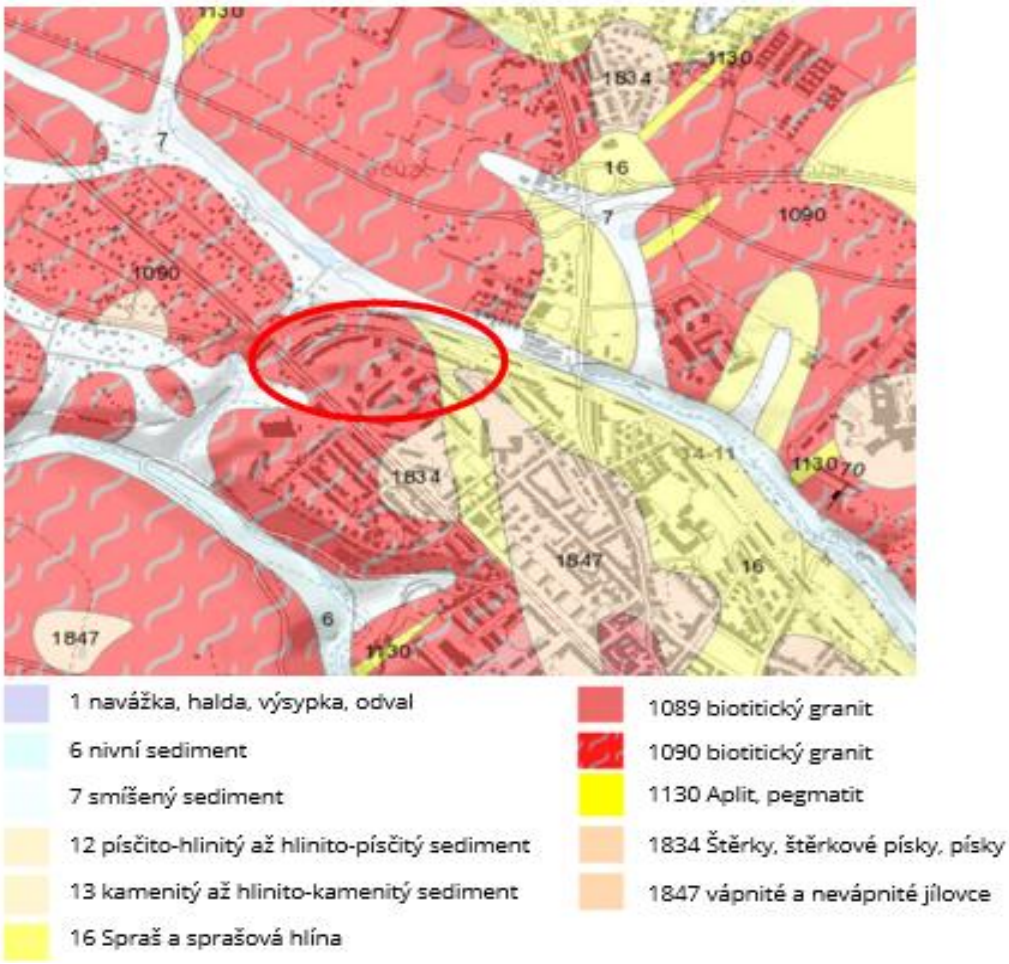
Odkanalizování celého města probíhá jednotnou stokovou sítí, která ve vybraných lokalitách vykazuje vysokou poruchovost. Poruchovost bude snížena sanací těchto lokalit pomocí výkopových a bezvýkopových technologií. Jednu tuto poruchovou lokalitu budeme řešit v praktické části této diplomové práce. Tento systém odvádí splaškové a dešťové vody na městskou čistírnu odpadních vod. Při intenzivních srážkách nastává přehlcení stokové sítě a čistírny odpadních vod. Pro odlehčení se na stokové síti nachází odlehčovací komory, které převedou extrémní průtoky přepadem do vodního recipientu. Při tomto odlehčování nám ale vypouštěné odpadní vody znečišťují vodní recipient. Tomuto vypouštění a znečišťování se budu snažit zabránit vybudováním prvků pro hospodaření s dešťovou vodou, které nám umožní snížení nebo regulaci množství odtékaných odpadních vod na ČOV. Prvky pro hospodaření s dešťovou vodou budou opatřeny bezpečnostním přepadem. Na ČOV je v současné době napojeno 26 830 obyvatel, kteří společně s dešťovou vodou produkují 1,50 mil. m^3 odpadní vody za rok. Celková délka stokové sítě je 77,5 km s 4 953 kanalizačními přípojky.

Ve vybrané lokalitě se zaměříme na sanaci 14 kanalizačních úseků (včetně jejich šachet) a na vybudování 3 prvků pro hospodaření s dešťovou vodou. Do sanovaných úseků je zaústěno několik přípojek přímo do kanalizačního potrubí nebo přes kanalizační šachty. Do úseků 116681, 116682, 116683, 120346 je v současné době zaústěna pouze dešťová voda sbírána z blízkého okolí těchto úseků pomocí uličních vpustí. Pod těmito úseky je do stokové sítě přes kanalizační šachtu Š LA93 zaústěna jednotná stoková síť, která svádí veškeré odpadní vody z nemovitostí umístěných v horní části ulice Pod Soudním vrchem. Pod šachtou Š LA93 jsou splašky a dešťové vody vedeny společně v jednotné stokové síti,

na kterou jsou napojeny kanalizačními přípojkami další nemovitosti nacházející se v zájmové oblasti. Situace stokové sítě zájmové lokality je zobrazena v příloze 1.

4.1.2 Geologické poměry

Zájmová lokalita leží na Karpatské soustavě a Českém masivu. Převážná část zájmové lokality je tvořena hlubinným magmatitem a z části nezpevněnými sedimenty. Mezi hlubinný magmatit patří biotitický granit a mezi nezpevněné sedimenty patří spraš a sprašová hlína (Obr. 4.3).



Obr. 4.3 Mapa geologických poměrů zájmové lokality + legenda [66]

4.1.3 Klimatické poměry

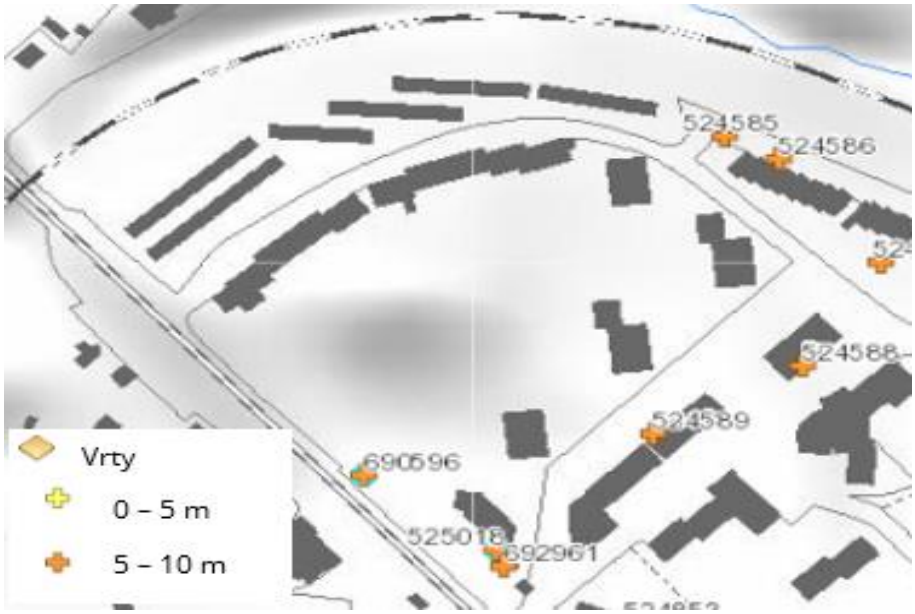
Lokalita se dle klimatického hlediska nachází v teplé oblasti T2 (určeno dle Quitta, 1971). Zima je v této oblasti krátká a suchá, podzim bývá poněkud krátký a teplý. Jaro je poměrně krátké a teplé a léto trvá dlouhou dobu, po kterou je teplé a suché (Tabulka 4.1).

Tabulka 4.1 Charakteristika oblasti T2 [67]

Charakteristika oblasti T2	
Počet letních dní	50–60
Počet dní s prům. teplotou 10 °C a více	160–170
Počet dní s mrazem	100–110
Prům. počet dní se srážkami 1 mm a více	90–100
Suma srážek celkem	550–700
Počet dní se sněhovou pokrývkou	40–50
Počet zatažených dní	120–140
Počet jasných dní	40–50

4.1.4 Hydrogeologické poměry

Dle vrtné prozkoumanosti se v zájmové lokalitě do 10 metrů pod terénem nevyskytuje podzemní voda (Obr. 4.4). Navrhované řešení nebude tedy podzemní vodou nijak ovlivněno.



Obr. 4.4 Mapa vrtné prozkoumanosti [68]

4.1.5 Mapa potencionálního vsaku

Dle mapy se lokalita nachází v místě se středním potenciálem pro vsakování dešťové vody (Obr. 4.5). Mapa potencionálního vsaku nemůže nahradit hydrologický průzkum. Mapa nabízí pouze základní poznatky nezbytné pro volbu vhodného prvku modro-zelené infrastruktury. Mapa je pro potřeby diplomové práce dostačující, ale pro vyšší stupeň dokumentace bude nutné provést odborný hydrogeologický průzkum území.

Při návrhu řešení se bude uvažovat minimální vsakovací koeficient 5.10^{-6} $m.s^{-1}$. Hodnota vsakovacího koeficientu je schválně zvolena jako minimální krajní

hodnota pro, kterou je vhodno dešťovou vodu zasakovat (ve skutečnosti bude hodnota vsakovacího koeficientu dle mapy vsakovacího potenciálu vyšší). Skutečnou hodnotu koeficientu bychom získali po provedení odborného hydrogeologického průzkumu. Pro účely této diplomové práce nám bude stačit tato odhadnutá hodnota vsakovacího koeficientu.

Obr. 4.5 Mapa potencionálního vsaku [69]

4.1.6 Návrhový déšť

Srážkové úhrny pro návrh jednotlivých prvků pro hospodaření s dešťovou vodou jsou převzaty z ČSN 75 9010 (Tabulka 4.2 a Tabulka 4.3). Hodnoty úhrnů pro naši zájmovou lokalitu byly převzaty se srážkoměrné stanice ve Znojmě. Pro dodržení normy se pro navrhované objekty bude uvažovat periodicita p= 0,2 rok^{-1}.

Tabulka 4.2 Návrhové úhrny srážek s dobou trvání 5–120 minut s periodicitou p = 0,2 rok^{-1} [70]

Doba trvání srážky [min]	5	10	15	20	30	40	60	120
Úhrn [mm]	12,1	17,6	20,6	22,6	25,4	27,1	29,5	33,6

Tabulka 4.3 Návrhové úhrny srážek s dobou trvání 4–72 hodin s periodicitou p = 0,2 rok^{-1} [70]

Doba trvání srážky [h]	4	6	8	10	12	18	24	48	72
Úhrn [mm]	39,0	39,7	40,4	41,4	41,8	43,9	45,0	56,8	62,1

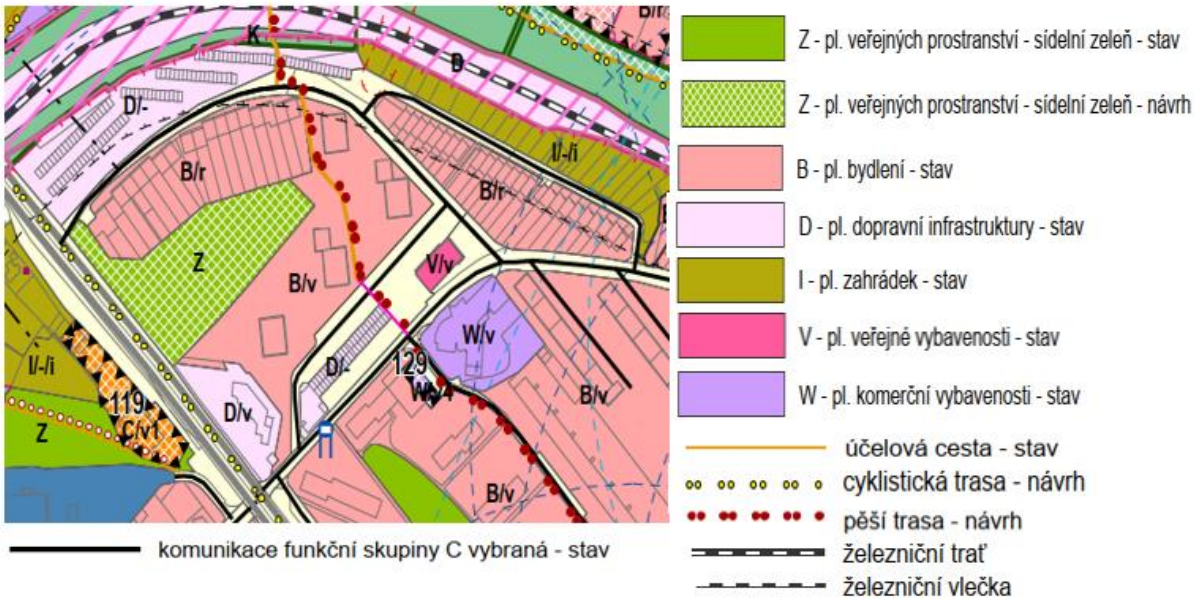
Při návrhu založených na měsíčních nebo dlouhodobých měsíčních úhrnech se uvažuje úhrn za dané časové období. Pro návrh retenčních nádrží na dešťovou vodu se uvažuje s měsíčními úhrny srážek (Tabulka 4.4).

Tabulka 4.4 Měsíční úhrny srážek ve srovnání s normálem 1991–2020 pro území města Znojmo [71]

Měsíc	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.
Úhrn [mm]	29,0	25,0	35,0	33,0	61,0	71,0	76,0	66,0	56,0	40,0	36,0	33,0

4.1.7 Územní plán pro zájmovou lokalitu

Sanace současné stokové sítě a vybudování prvků pro hospodaření s dešťovou vodou bude probíhat dle požadavků územního plánu, který nebude nijak narušen. Navrhované prvky modro-zelené infrastruktury budou umístěny na veřejných plochách pro bydlení. Zbudování prvků modro-zelené infrastruktury na ploše určené pro bydlení bylo probráno a schváleno městským úřadem města Znojmo.



Obr. 4.6 Územní plán pro zájmovou lokalitu [72]

4.2 SANACE STOKOVÉ SÍTĚ

4.2.1 Stavebně-technický stav stokové sítě

Stavebně–technický stav vybrané části stokové sítě byl určen podle kamerového průzkumu. Samotné zatřídění a zhodnocení stavebně–technického stavu jednotlivých úseků a šachet proběhlo dle metodiky Brněnských vodáren a kanalizací, a.s., která zatřiďuje úseky a šachty do 5 kategorií, jejich specifikace je uvedena v tabulce 4.5.

Pro kanalizační přípojky v zájmové lokalitě nebyl proveden kamerový průzkum, a proto se při vyhodnocování stavebně-technického stavu a návrhu sanačních technologií zaměřím pouze na hlavní úseky sanované oblasti a na šachty na těchto

úsecích. O jaké úseky a šachty se jedná je zobrazeno v příloze 2, kde je zobrazeno i zatřídění stavebně-technického stavu dle metodiky BVK.

Pro ilustraci stavu jednotlivých úseků byly zdokumentovány hlavní poruchy.

Tabulka 4.5 Kategorizace stavebně – technického stavu kanalizace dle BVK [12]

Kategorie	Závady	Stav	Opatření
4	Žádné viditelné stavební nedostatky, nepatrné předsazení hrdel	Bez závad	Sanace není potřebná
3	Vlasové trhliny, chybné přípojky, lehká poškození všech typů, inkrusty, změna nivelety dna	Funkční poškození, inkrusty, vlhkost	Sanace v dlouhodobém výhledu
2	Trhliny po obvodu, lehká koroze, předsazení nebo odsazení a netěsnost v hrdlech, protispády, občasné vrůsty kořenů, neodborně zaústěné přípojky	Statické a funkční poškození	Sanace ve střednědobém výhledu
1	Tvorba střepů, rozestupování trhlin (příčně i podélně), nebezpečí ucpání, silná koroze, četné vrůsty kořenů, exfiltrace – infiltrace	Statické a funkční poškození	Sanace nutná v co nejkratší době
0	Deformace – nebezpečí zborcení, silná koroze, chybějící střepy a části stěn, zborcená kanalizace, silná exfiltrace – infiltrace	Statické poškození	Nutná okamžitá sanace

Úsek 116681

Tento úsek měří 22,8 m a nachází se mezi šachtami Š LA97 a Š LA96. Úsek je vyhotoven z kruhových betonových trub DN 300 uložených ve sklonu 87,6 ‰. Spoje jednotlivých trub jsou netěsné a vychýlené (Obr. 4.7). Na vnitřním povrchu potrubí se nachází podélné a příčné trhliny. Vnitřní povrch je zároveň napaden mírně korozí. Vzhledem k množství poruch byla tomuto úseku přiřazena kategorie 2.

Obr. 4.7 Fotografie vychýlení kanalizační trouby v úseku 116681 [75]

Úsek 116682

Tento 36,6metrový úsek se sklonem 65,1 ‰ se nachází mezi šachtami Š LA96 a Š LA95. Úsek je tvořen kruhovými betonovými troubami DN 300. V úseku se vyskytují četné podélné a příčné trhliny, časté posuny potrubí ve spojích a značná koroze vnitřního povrchu potrubí (Obr. 4.8). Vzhledem k velkému množství vad byl úsek zařazen do kategorie 2.

Obr. 4.8 Fotografie vychýlení kanalizační trouby v úseku 116682 [75]

Úsek 116683

Úsek je ohraničen šachtami Š LA95 a Š LA94 s celkovou délkou úseku 32,8 m. Sklon úseku je 70,8 ‰. Profil úseku je kruhový o jmenovité světlosti 300 mm. Trouby úseku jsou vyhotoveny z betonu. Úsek vykazuje silnou korozi vnitřního povrchu trubek, časté posuny trubek ve spojích a velké množství podélných a příčných

trhlin (Obr. 4.9 a Obr. 4.10). Vzhledem k velkému množství poruch byla úseku přiřazena klasifikace kategorie 1.

Obr. 4.9 Fotografie vychýlení kanalizační trouby v úseku 116683 [75]

Obr. 4.10 Fotografie detailu vychýlení (netěsnosti) kanalizační trouby v úseku 116683 [75]

ÚSEK 120346

Jedná se o úsek z betonových trub, který se nachází mezi šachtami Š LA94 a Š LA93 s celkovou délkou úseku 26,8 m a sklonem 26,9 ‰. Profil stoky je kruhový DN 300. Mezi nacházející poruchy patří zejména silná koroze povrchu potrubí, četné vychýlení trub ve spojích (netěsnosti ve spojích), velké množství podélných a příčných trhlin a tvorba střepů a úlomků z odlupujícího se potrubí (Obr. 4.11 a Obr. 4.12). Úsek byl zařazen do kategorie 1.

Obr. 4.11 Fotografie vychýlení kanalizační trouby v úseku 120346 [75]

Obr. 4.12 Úlomek potrubí v úseku 120346 [75]

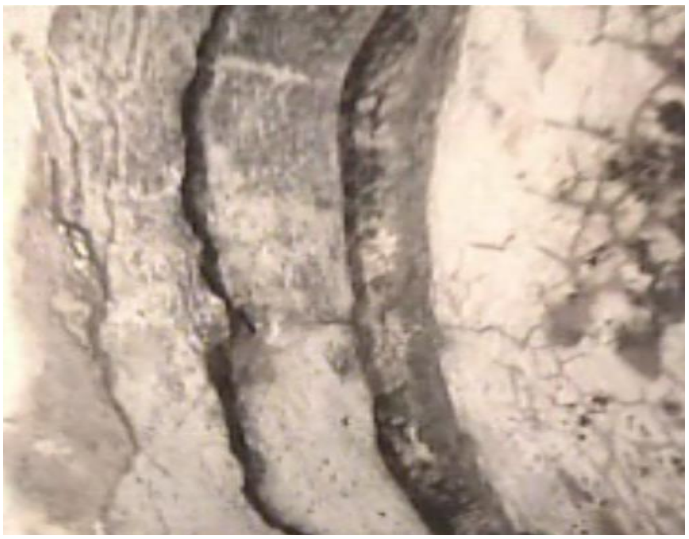
ÚSEK 116684

Délka tohoto úseku je 30,6 m s počáteční šachtou Š LA93 a koncovou šachtou Š LA91. Trouby tohoto úseku jsou uloženy ve sklonu 13,7 ‰ a jsou vyhotoveny z betonu. Trouby mají kruhový profil o jmenovité světlosti 400 mm. Na tomto úseku dochází k nadměrnému vychýlení trub ve spojích (Obr. 4.13). Vnitřní povrch potrubí je poškozen mírně korozí a velkým množstvím menších podélných a příčných trhlin. Dle množství a vážnosti poruch byl úsek zatříděn do kategorie 2.

Obr. 4.13 Fotografie detailu vychýlení (netěsnosti) kanalizační trouby v úseku 116684 [75]

ÚSEK 116514

Tento úsek měří 14,0 m a je ohraničen šachtami Š LA91 a šachtou Š LA90. Úsek je vyhotoven z betonových trub kruhového profilu DN 400. Sklon úseku je 11,5 ‰. Spoje jednotlivých trub úseku jsou netěsné a vychýlené. Vnitřní povrch potrubí je výrazně napaden síranovou korozí. Na stěnách potrubí se také nacházejí ve velkém množství podélné a příčné trhliny (Obr. 4.14). Úseku byla přidělena kategorie 1 dle vážnosti a četnosti zjištěných poruch.



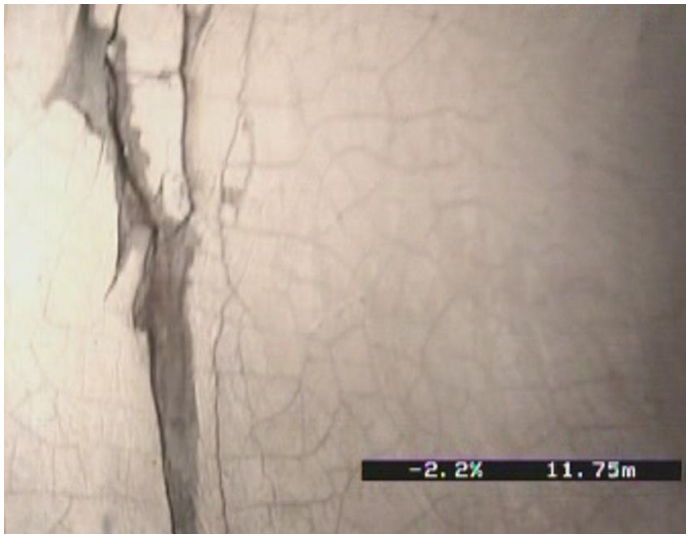
Obr. 4.14 Fotografie detailu trhliny na vnitřní stěně potrubí úseku 116514 [75]

ÚSEK 116685

Profil tohoto úseku je kruhový o jmenovité světlosti 400 mm. Úsek je vyhotoven z betonových trub uložených ve sklonu 11,9 ‰ a jeho celková délka je 29,4 m. Počáteční šachta tohoto úseku je šachta Š LA90 a šachta koncová je Š LA85.

Mezi nejzávažnější poruchy vyskytující se na tomto úseku patří časté vychýlení ve spojích, odlupování části povrchu potrubí, velké množství trhlin na povrchu potrubí, netěsnosti při napojení přípojek a v jedné části úseku se ve spoji dvou trub začínají usazovat části odpadních vod (listí, částice zemin, větvičky, toaletní papír,...). Na Obr. 4.15 a Obr. 4.16 jsou vidět vybrané poruchy na tomto úseku. Úseku byla přiřazena kategorie 1.

Obr. 4.15 Fotografie zanášení stoky ve vychýlení mezi troubami na úseku 116685 [75]



Obr. 4.16 Fotografie odlupování části potrubí na úseku 116685 [75]

Úsek 116957

Tento úsek má sklon 12,6 ‰, měří 37,4 m a nachází se mezi šachtami Š LA85 a Š LA73. Úsek je vyhotoven z kruhových betonových trub DN 400. U spojů trub na tomto úseku dochází k velkému vychýlení a vzniku netěsností ve spojích (Obr. 4.17). Na vnitřním povrchu potrubí se začínají tvořit podélné a příčné trhliny. Do tohoto úseku je neodborně zaústěna přípojka od nemovitosti č.p. 2568/4, která

brání průtoku vod (Obr. 4.18). Vzhledem k velkému množství poruch byla tomuto úseku přiřazena kategorie 1.

Obr. 4.17 Fotografie vychýlení (netěsnosti) potrubí na úseku 116957 [75]

Obr. 4.18 Fotografie neodborně zaústěné přípojky na úseku 116957 [75]

ÚSEK 122203

Jedná se o úsek z betonových kruhových trub o jmenovité světlosti 400 mm, který se nachází mezi šachtami Š LA73 a Š LA68 s celkovou délkou úseku 43,3 m. Sklon tohoto úseku je 14,6 ‰. Mezi nacházející poruchy patří zejména vychýlení a posuny trub ve spojích, velké množství podélných a příčných trhlin (Obr. 4.19). Úsek byl zařazen do kategorie 2.

Obr. 4.19 Fotografie vychýlení potrubí na úseku 122203 [75]

ÚSEK 116508

Na tomto úseku dochází k velkému počtu vychýlení trub ve spojích a stěny potrubí jsou značně napadeny korozí (Obr. 4.20 vlevo). V dolní části úseku také dochází k usazování částic odpadní vody v jednom vychýleném spoji mezi jednotlivými troubami (Obr. 4.20 vpravo). Délka tohoto úseku je 16,5 m a je ohraničen šachtami Š LA83 a Š LA82. Potrubí úseku je betonové s kruhovým profilem o světlosti 200 mm. Potrubí úseku je uloženo ve sklonu 96,1 ‰. Dle počtu a vážnosti poruch byl úsek zařazen do kategorie 1.

Obr. 4.20 Fotografie vychýlení potrubí (vlevo), usazování částic odpadní vody ve vychýleném spoji na úseku 116508 (vpravo) [75]

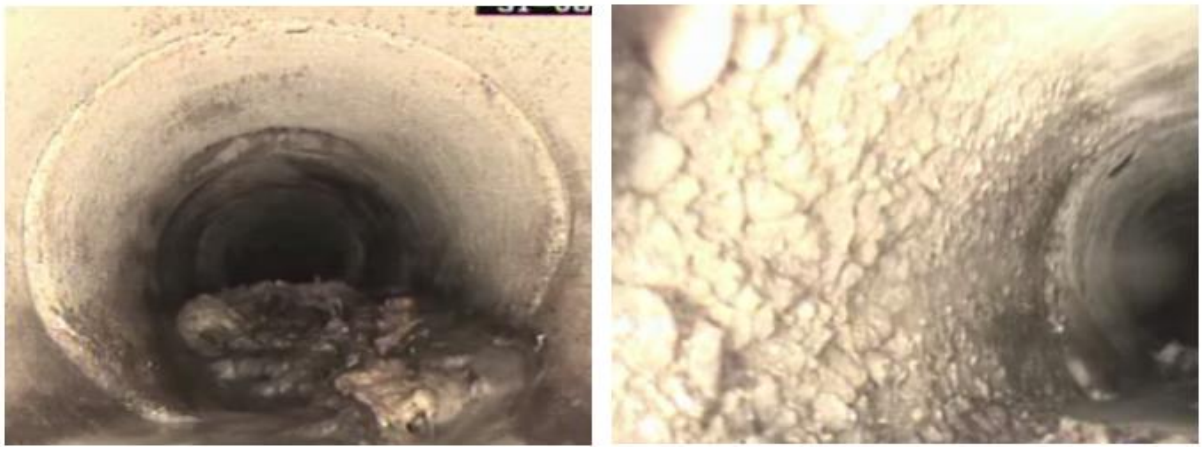
ÚSEK 116509

Profil úseku je kruhový o světlosti 200 mm. Úsek je tvořen šachtami Š LA82 a Š LA81. Vzdálenost mezi těmito šachtami je 23,2 m. Sklon potrubí úseku je 88,8 ‰. Stěny potrubí úseku jsou napadeny korozí a ve většině spojů mezi jednotlivými troubami dochází k vychýlení a vzniku netěsností (Obr. 4.21). Úsek byl dle počtu a vážnosti poruch zatříděn do kategorie 2.

Obr. 4.21 Fotografie vychýlení ve spoji na úseku 116509 [75]

ÚSEK 116510

Tento úsek má délku 16,7 m a nachází se mezi šachtami Š LA81 a Š LA80. Trouby úseku jsou kruhové betonové se jmenovitou světlostí 300 mm a jsou uloženy ve sklonu 66,0 ‰. Stěny potrubí úseku jsou z velké části napadeny síranovou korozí a jejich povrch je poškozen četnými podélnými a příčnými trhlinami (Obr. 4.22 vpravo). Mezi troubami dochází k vychýlení ve spojích. V blízkosti šachty Š LA80 v jednom z těchto vychýlených spojů dochází k usazování částic, a tedy k ucpávání stoky (Obr. 4.22 vlevo). Úseku byla přiřazena kategorie 1.

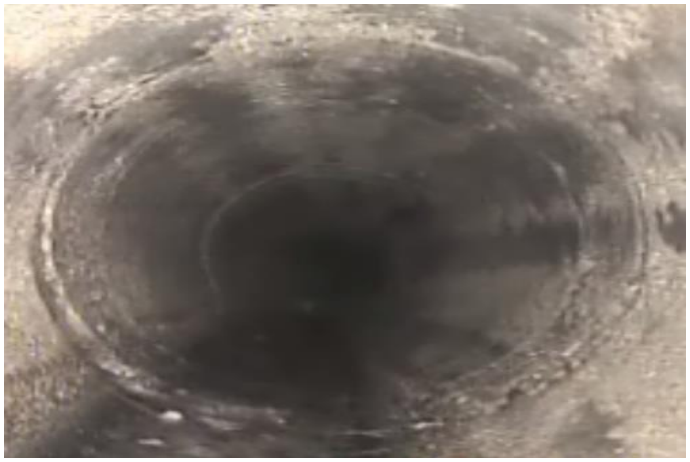


Obr. 4.22 Fotografie usazování částic odpadní vody ve vychýleném spoji, napadení vnitřní stěny potrubí úseku síranovou korozí (vpravo) [75]

ÚSEK 117412

Úsek má kruhový profil DN 300 a je zhotoven z betonových trub, které jsou položeny ve sklonu 58,2 ‰. Počáteční šachta je Š LA80 a koncová šachta nese označení Š LA79. U spojů mezi troubami úseku dochází k vychýlení a vzniku netěsností. Vnitřní povrch potrubí je napaden síranovou korozí, která v některých částech dosahuje až takové míry, že dochází k odlupování částic povrchu potrubí.

Vzhledem k velkému množství a vážnosti poruch byla tomuto úseku přiřazena kategorie 1.

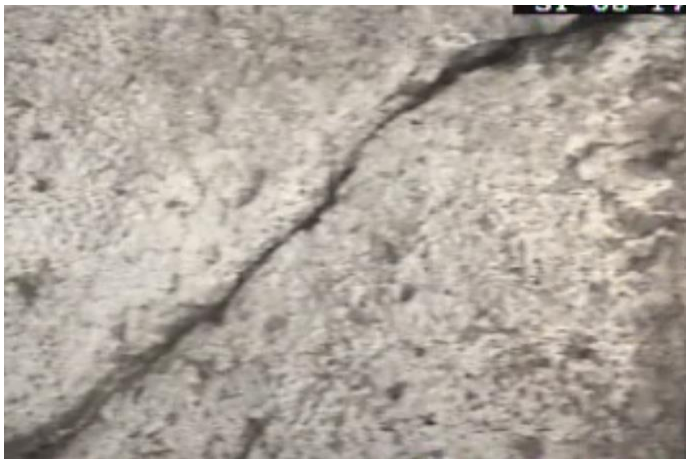


Obr. 4.23 Fotografie vychýlení ve spoji na úseku 117412 [75]

ÚSEK 116511

Úsek je tvořen betonovými kruhovými troubami DN 300 a je ohraničen šachtami Š LA79 a Š LA73. Celková délka úseku je 44,3 metrů se sklonem 80,4 ‰. Mezi nejzávažnější poruchy nacházející se na tomto úseku patří časté vychýlení ve spojích, velká podélná trhlina na potrubí na začátku úseku, napadení stěn potrubí síranovou korozí, neodborné zaústění potrubí kanalizační přípojky od nemovitosti č.p. 2567/3 (Obr. 4.24). Neodborně zaústěné potrubí přípojky přesahuje do úseku a brání průtoku odpadní vody (Obr. 4.25). Tento úsek byl zařazen do kategorie 1.

Obr. 4.24 Fotografie neodborně zaústěné přípojky do úseku 116511 [75]



Obr. 4.25 Detail podélné trhliny na potrubí úseku 116511 [75]

Dle metodiky BVK pro určení stavebně-technického stavu stokové sítě byly jednotlivé kanalizační úseky zařazeny do kategorie 1 nebo 2. Určení kategorie pro jednotlivé úseky je specifikováno v tabulce 4.6.

Tabulka 4.6 Stavebně-technický stav sanovaných kanalizačních úseků [zdroj: Bc. K. Brychta]

Ozn. úseku	Stavebně-technický stav potrubí
116681	2
116682	2
116683	1
120346	1
116684	2
116514	1
116685	1
116957	1
116508	1
116509	2
116510	1
117412	1
116511	1
122203	2

Stavebně–technický stav kanalizačních šachet

Stav šachet byl vyhodnocen dle inspekce pochůzkou, při které byly jednotlivé šachty otevřeny a zaznamenány vyskytující se poruchy. U veškerých šachet se na stěnách nacházeli podélné a příčné trhliny a zároveň byly tyto stěny napadeny síranovou korozí.

Tabulka 4.7 Stavebně–technický stav kanalizačních šachet + návrh sanační technologie [zdroj: Bc. K. Brychta]

Ozn. šachty	Materiál šachty	Poruchy	Stavebně-technický stav
Š LA97	Beton	Lehká síranová koroze, trhliny	2
Š LA96	Beton	Lehká síranová koroze, trhliny	2
Š LA95	Beton	Lehká síranová koroze, trhliny	2
Š LA94	Beton	Silná síranová koroze, velká podélná trhlina	1
Š LA93	Beton	Lehká síranová koroze, trhliny	2
Š LA91	Beton	Silná síranová koroze, trhliny	1
Š LA90	Beton	Silná síranová koroze, trhliny	1
Š LA85	Beton	Lehká síranová koroze, trhliny	2
Š LA73	Beton	Silná síranová koroze, trhliny	1
Š LA68	Beton	Silná síranová koroze, trhliny	1
Š LA83	Beton	Silná síranová koroze, trhliny	1
Š LA82	Beton	Lehká síranová koroze, trhliny	2
Š LA81	Beton	Lehká síranová koroze, trhliny	2
Š LA80	Beton	Silná síranová koroze, trhliny	1
Š LA79	Beton	Silná síranová koroze, trhliny	1

4.2.2 Navrhovaná sanační metoda

Dle stavebně–technického stavu stokové sítě a po domluvě s provozovatelem stokové sítě a společnostmi nabízející sanační technologie byla pro sanaci potrubí zvolena renovace vystýlkou vytvrzenou na místě za pomoci horké vody (CIPP vystýlka) a pro sanaci kanalizačních šachet byla zvolena metoda nástřiku vnitřního povrchu speciální maltou. Před započetím sanace budou muset být sanované úseky a šachty důkladně vyčištěny. Po dobu renovace budou úseky odstaveny.

Po konzultaci se společnostmi nabízející sanaci CIPP vystýlkou byla zvolena tloušťka rukávce 6 mm pro potrubí DN 200, 7 mm pro potrubí DN 300 a pro potrubí DN 400 byla tloušťka rukávce stanovena na 8 mm.

4.2.3 Časová organizace sanace

Celková doba sanačních prací se odhaduje na 3,5 dne a proběhne v 5 etapách. Během těchto etap bude odsanováno celkem 14 úseků (včetně šachet) s celkovou délkou 406,5 metrů. Maximální sanační rychlost je stanovena 150 $m.den^{-1}$. Jako den je uvažována denní směna trvající dobu 9 hodin.

I. Etapa

Během této etapy proběhne sanace 4 úseků a 4 šachet. Tato etapa bude trvat 1 den (9 hodin).

Tabulka 4.8 Sanace úseků během I. Etapy [zdroj: Bc. K. Brychta]

Ozn. úseku	Stavebně-technický stav potrubí	DN [mm]	Délka [m]	Počet zaústěných přípojek a úseků	Počet frézovaných přečnívajících potrubí přípojek a úseků	Sanační práce	Doba sanace [dny]
116681	2	300	22,8	1	-	Čištění, CIPP vystýlka	0,15
116682	2	300	36,6	-	-	Čištění, CIPP vystýlka	0,25
116683	1	300	32,8	1	-	Čištění, CIPP vystýlka	0,20
120346	1	300	26,8	1	-	Čištění, CIPP vystýlka	0,20
		∑	**119,0**	**3,0**	**0,0**	**-**	**0,80**

Tabulka 4.9 Sanace šachet během I. Etapy [zdroj: Bc. K. Brychta]

Ozn. šachty	Materiál šachty	Poruchy	Stavebně-technický stav	Sanační technologie	Doba sanace [dny]
Š LA97	Beton	Lehká síranová koroze, trhliny	2	Nástřik vnitřního povrchu speciální maltou + čištění	0,05
Š LA96	Beton	Lehká síranová koroze, trhliny	2	Nástřik vnitřního povrchu speciální maltou + čištění	0,05
Š LA95	Beton	Lehká síranová koroze, trhliny	2	Nástřik vnitřního povrchu speciální maltou + čištění	0,05
Š LA94	Beton	Silná síranová koroze, velká podélná trhlina	1	Nástřik vnitřního povrchu speciální maltou + čištění	0,05
				∑	**0,20**

II. Etapa

Ve druhé etapě se odsanují 4 úseky a 4 šachty. Sanace bude trvat 1 den (9 hodin).

Tabulka 4.10 Sanace úseků během II. Etapy [zdroj: Bc. K. Brychta]

Ozn. úseku	Stavebně-technický stav potrubí	DN [mm]	Délka [m]	Počet zaústěných přípojek a úseků	Počet frézovaných přečnívajících potrubí přípojek a úseků	Sanační práce	Doba sanace [dny]
116684	2	400	30,6	2	-	Čištění, CIPP vystýlka	0,20
116514	1	400	14,0	1	-	Čištění, CIPP vystýlka	0,15
116685	1	400	29,4	3	-	Čištění, CIPP vystýlka	0,20
116957	1	400	37,4	2	1	Čištění, CIPP vystýlka, Frézování	0,25
		Σ	**111,4**	**8,0**	**1,0**		**0,80**

Tabulka 4.11 Sanace šachet během II. Etapy [zdroj: Bc. K. Brychta]

Ozn. šachty	Materiál šachty	Poruchy	Stavebně-technický stav	Sanační technologie	Doba sanace [dny]
Š LA93	Beton	Lehká síranová koroze, trhliny	2	Nástřik vnitřního povrchu speciální maltou + čištění	0,05
Š LA91	Beton	Silná síranová koroze, trhliny	1	Nástřik vnitřního povrchu speciální maltou + čištění	0,05
Š LA90	Beton	Silná síranová koroze, trhliny	1	Nástřik vnitřního povrchu speciální maltou + čištění	0,05
Š LA85	Beton	Lehká síranová koroze, trhliny	2	Nástřik vnitřního povrchu speciální maltou + čištění	0,05
				Σ	**0,20**

III. Etapa

Doba trvání sanace je 0,5 dne (4,5 hodiny) a budou sanovány 3 úseky a 3 šachty.

Tabulka 4.12 Sanace úseků během III. Etapy [zdroj: Bc. K. Brychta]

Ozn. úseku	Stavebně-technický stav potrubí	DN [mm]	Délka [m]	Počet zaústěných přípojek a úseků	Počet frézovaných přečnívajících potrubí přípojek a úseků	Sanační práce	Doba sanace [dny]
116508	1	200	16,5	1	-	Čištění, CIPP vystýlka	0,10
116509	2	200	23,2	1	-	Čištění, CIPP vystýlka	0,15
116510	1	300	16,7	2	-	Čištění, CIPP vystýlka	0,10
		∑	**56,4**	**4,0**	**0,0**	**-**	**0,35**

Tabulka 4.13 Sanace šachet během III. Etapy [zdroj: Bc. K. Brychta]

Ozn. šachty	Materiál šachty	Poruchy	Stavebně-technický stav	Sanační technologie	Doba sanace [dny]
Š LA83	Beton	Silná síranová koroze, trhliny	1	Nástřik vnitřního povrchu speciální maltou + čištění	0,05
Š LA82	Beton	Lehká síranová koroze, trhliny	2	Nástřik vnitřního povrchu speciální maltou + čištění	0,05
Š LA81	Beton	Lehká síranová koroze, trhliny	2	Nástřik vnitřního povrchu speciální maltou + čištění	0,05
				∑	**0,15**

IV. Etapa

Čtvrtá etapa sanace bude probíhat na 2 úsecích. S těmito úseky budou odsanovány i 2 šachty. Veškeré sanační práce budou trvat 0,60 dne (5,4 hodiny).

Tabulka 4.14 Sanace úseků během IV. Etapy [zdroj: Bc. K. Brychta]

Ozn. úseku	Stavebně-technický stav potrubí	DN [mm]	Délka [m]	Počet zaústěných přípojek a úseků	Počet frézovaných přečnívajících potrubí přípojek a úseků	Sanační práce	Doba sanace [dny]
117412	1	300	32,1	1	-	Čištění, CIPP vystýlka	0,20
116511	1	300	44,3	4	1	Čištění, CIPP vystýlka, Frézování	0,30
		∑	**76,4**	**5,0**	**1,0**	**-**	**0,50**

Tabulka 4.15 Sanace šachet během IV. Etapy [zdroj: Bc. K. Brychta]

Ozn. šachty	Materiál šachty	Poruchy	Stavebně-technický stav	Sanační technologie	Doba sanace [dny]
Š LA80	Beton	Silná síranová koroze, trhliny	1	Nástřik vnitřního povrchu speciální maltou + čištění	0,05
Š LA79	Beton	Silná síranová koroze, trhliny	1	Nástřik vnitřního povrchu speciální maltou + čištění	0,05
				∑	**0,10**

V. Etapa

Během této etapy proběhne sanace 1 úseku a 2 šachet. Tato etapa bude trvat 0,40 dne (3,6 hodiny).

Tabulka 4.16 Sanace úseků během V. Etapy [zdroj: Bc. K. Brychta]

Ozn. úseku	Stavebně-technický stav potrubí	DN [mm]	Délka [m]	Počet zaústěných přípojek a úseků	Počet frézovaných přečnívajících potrubí přípojek a úseků	Sanační práce	Doba sanace [dny]
122203	2	400	43,3	1	-	Čištění, CIPP vystýlka	0,30
		∑	**43,3**	**1,0**	**0,0**		**0,30**

Tabulka 4.17 Sanace šachet během V. Etapy [zdroj: Bc. K. Brychta]

Ozn. šachty	Materiál šachty	Poruchy	Stavebně-technický stav	Sanační technologie	Doba sanace [dny]
Š LA73	Beton	Silná síranová koroze, trhliny	1	Nástřik vnitřního povrchu + čištění	0,05
Š LA68	Beton	Silná síranová koroze, trhliny	1	Nástřik vnitřního povrchu speciální maltou + čištění	0,05
				Σ	**0,10**

4.2.4 Zachování provozuschopnosti stokové sítě během sanačních prací

Provozuschopnost stokové sítě bude zachována po dobu sanačních prací vlastní akumulací odstaveného potrubí nebo odčerpáváním nadbytečných splašků fekálními vozy. Sanační práce budou probíhat v bezdeštných dnech, a proto se při způsobu zachování provozuschopnosti neuvažovalo s množstvím odtékané dešťové vody. Pro úseky sanované během I. etapy odpadá nutnost odčerpávat nebo akumulovat odpadní vodu, neboť na tyto úseky jsou napojeny pouze uliční dešťové vpustě, které do stoky v bezdeštný den nepřivedou žádnou odpadní vodu.

4.2.5 Ekonomické zhodnocení sanačních prací

Jednotlivé ceny (bez DPH) sanačních technologií byly převzaty z publikace o průměrných cenách dopravní a technické infrastruktury obcí pro rok 2023, kterou vydává Ústav územního rozvoje.

Tabulka 4.18 Ceny jednotlivých sanačních prací [73]

Sanační technologie	Cena	Jednotka
Čištění potrubí DN 200	150	Kč/bm
Čištění potrubí DN 300,400	180	Kč/bm
Frézování	6 500	Kč/kus
CIPP vystýlka pro potrubí DN 200	5 700	Kč/bm
CIPP vystýlka pro potrubí DN 300	8 160	Kč/bm
CIPP vystýlka pro potrubí DN 400	9 840	Kč/bm
Cena nástřiku šachty speciální maltou + čištění	10 500	Kč/1 m výšky
Napojení přípojky	10 000	Kč/kus

I. Etapa

Tabulka 4.19 Cena sanačních prací pro jednotlivé úseky I. etapy [zdroj: Bc. K. Brychta]

Ozn. úseku	DN [mm]	Délka [m]	Cena čištění potrubí [Kč]	Cena frézování [Kč]	Cena CIPP vystýlky [Kč]	Cena napojení přípojek [Kč]	Celková cena sanace [Kč]
116681	300	22,8	4 104	-	186 048	10 000	200 152
116682	300	36,6	6 588	-	298 656	-	305 244
116683	300	32,8	5 904	-	267 648	10 000	283 552
120346	300	26,8	4 824	-	218 688	10 000	233 512
						Σ	**1 022 460**

Tabulka 4.20 Cena sanačních prací pro šachty I. etapy [zdroj: Bc. K. Brychta]

Ozn. šachty	Hloubka šachty [m]	Cena za nástřik + čištění [Kč]
Š LA97	2,73	28 665
Š LA96	3,25	34 125
Š LA95	3,24	34 020
Š LA94	2,46	25 830
	Σ	**122 640**

Celková cena za veškeré sanační technologie aplikované během I. etapy činí 1 145 100 Kč.

II. Etapa

Tabulka 4.21 Cena sanačních prací pro jednotlivé úseky II. etapy [zdroj: Bc. K. Brychta]

Ozn. úseku	DN [mm]	Délka [m]	Cena čištění potrubí [Kč]	Cena frézování [Kč]	Cena CIPP vystýlky [Kč]	Cena napojení přípojek [Kč]	Celková cena sanace [Kč]
116684	400	30,6	5 508	-	301 104	20 000	326 612
116514	400	14,0	2 520	-	137 760	10 000	150 280
116685	400	29,4	5 292	-	289 296	30 000	324 588
116957	400	37,4	6 732	6 500	368 016	20 000	401 248
						Σ	**1 202 728**

Tabulka 4.22 Cena sanačních prací pro šachty II. etapy [zdroj: Bc. K. Brychta]

Ozn. šachty	Hloubka šachty [m]	Cena za nástřik + čištění [Kč]
Š LA93	2,88	30 240
Š LA91	2,41	25 305
Š LA90	2,50	26 250
Š LA85	2,65	27 825
	Σ	**109 620**

Celková cena za sanační technologie aplikované během II. etapy činí 1 312 348 Kč.

III. Etapa

Tabulka 4.23 Cena sanačních prací pro jednotlivé úseky III. etapy [zdroj: Bc. K. Brychta]

Ozn. úseku	DN [mm]	Délka [m]	Cena čištění potrubí [Kč]	Cena frézování [Kč]	Cena CIPP vystýlky [Kč]	Cena napojení přípojek [Kč]	Celková cena sanace [Kč]
116508	200	16,5	2 475	-	94 050	10 000	106 525
116509	200	23,2	3 480	-	132 240	10 000	145 720
116510	300	16,7	3 006	-	136 272	20 000	159 278
						Σ	**411 523**

Tabulka 4.24 Cena sanačních prací pro šachty III. etapy [zdroj: Bc. K. Brychta]

Ozn. šachty	Hloubka šachty [m]	Cena za nástřik + čištění [Kč]
Š LA83	1,10	11 550
Š LA82	1,51	15 855
Š LA81	3,00	31 500
	Σ	**58 905**

Celková cena za veškeré sanační technologie aplikované během III. etapy je 470 428 Kč.

IV. Etapa

Tabulka 4.25 Cena sanačních prací pro jednotlivé úseky IV. etapy [zdroj: Bc. K. Brychta]

Ozn. úseku	DN [mm]	Délka [m]	Cena čištění potrubí [Kč]	Cena frézování [Kč]	Cena CIPP vystýlky [Kč]	Cena napojení přípojek [Kč]	Celková cena sanace [Kč]
117412	300	32,1	5 778	-	261 936	10 000	277 714
116511	300	44,3	7 974	6 500	361 488	40 000	415 962
						Σ	**693 676**

Tabulka 4.26 Cena sanačních prací pro šachty IV. etapy [zdroj: Bc. K. Brychta]

Ozn. šachty	Hloubka šachty [m]	Cena za nástřik + čištění [Kč]
Š LA80	2,56	26 880
Š LA79	3,05	32 025
	Σ	**58 905**

Celková cena za veškeré sanační technologie aplikované během IV. etapy činí 752 581 Kč.

V. Etapa

Tabulka 4.27 Cena sanačních prací pro jednotlivé úseky V. etapy [zdroj: Bc. K. Brychta]

Ozn. úseku	DN [mm]	Délka [m]	Cena čištění potrubí [Kč]	Cena frézování [Kč]	Cena CIPP vystýlky [Kč]	Cena napojení přípojek [Kč]	Celková cena sanace [Kč]
122203	400	43,3	7 794	-	426 072	10 000	443 866
						Σ	**443 866**

Tabulka 4.28 Cena sanačních prací pro šachty V. etapy [zdroj: Bc. K. Brychta]

Ozn. šachty	Hloubka šachty [m]	Cena za nástřik + čištění [Kč]
Š LA73	2,90	30 450
Š LA68	2,56	26 880
	Σ	**57 330**

Celková cena za veškeré sanační technologie aplikované během IV. etapy je 501 196 Kč.

Celková cena za sanační technologie pro všech 5 etap je 4 181 653 Kč bez DPH. V celkové cenně nejsou zahrnuty ucpávky stoky a náklady spojené s čerpáním odpadní vody během odstávky.

4.3 PRVKY PRO HOSPODAŘENÍ S DEŠŤOVOU VODOU

Jako prvky pro hospodaření s dešťovou vodou budou navrženy dvě retenční nádrže a jedna podzemní vsakovací retenční nádrž. Do těchto navržených prvků budou svedeny dešťové vody ze střech bytových domů a přilehlých kotelen. Prvky pro hospodaření s dešťovou vodou budou umístěny v zelených plochách v blízkém okolí těchto staveb. Vsakovací koeficient pro zájmovou lokalitu je stanoven na hodnotu 5.10^{-6} $m.s^{-1}$ a úroveň základové spáry navržených objektů bude minimálně 1,0 m nad maximální hladinou podzemní vody.

Během návrhu byly použity tyto normy:

- ČSN 75 9010 Vsakovací zařízení srážkových vod
- ČSN 75 6780 Využití šedých a srážkových vod v budovách a na přilehlých pozemcích
- TNV 75 9011 Hospodaření se srážkovými vodami
- ČSN 75 6101 Stokové sítě a kanalizační přípojky

4.3.1 Podzemní retenční nádrž na dešťovou vodu pro objekt č.p. 2569/5

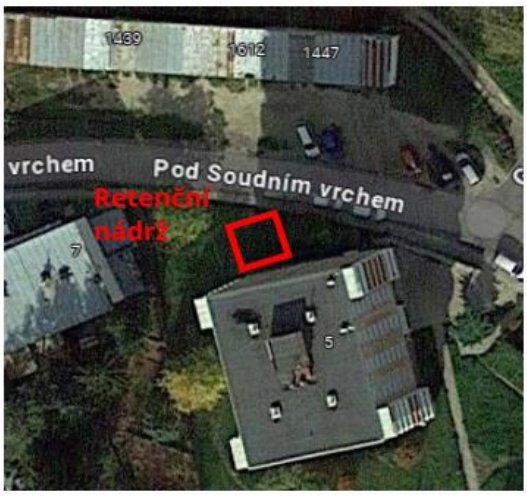
Pro objekt č.p. 2569/5 bude vybudována podzemní retenční nádrž, do které bude svedena dešťová voda ze střechy tohoto objektu. Střecha objektu má plochu 349,91 m^2 je tvořena horní nepropustnou vrstvou, která má součinitel odtoku ψ = 1,00. Akumulovaná voda bude využívána pro zavlažování trávníku během vegetačního období (od dubna do října) a bude pokrývat 60 % potřeby vody pro zavlažování. Mimo vegetační období nebude voda sloužit k žádným účelům. Plocha zavlažovaného trávníku je 750 m^2. Po naplnění retenční nádrže mimo vegetační období bude voda odváděna bezpečnostním přepadem do kanalizace. Začátkem března proběhne úplné vyprázdnění nádrže a její vyčištění.

4.3.1.1 Stávající stav odkanalizovaní nemovitosti

Pro bytový dům č.p. 2569/5 jsou zbudovány dvě kanalizační přípojky, které odvádí dešťové a odpadní vody zvlášť do jednotné stoky. Kanalizační přípojka pro odpadní vody z nemovitosti je zaústěna do šachty Š LA90 a dešťová kanalizační přípojka je zaústěna do úseku ozn. 116684.

4.3.1.2 Umístění podzemní retenční nádrže

Podle pochůzky po zájmové lokalitě a dle podkladů od provozovatele stokové sítě byla pro umístění retenční nádrže zvolena zelená plocha nacházející se v blízkosti objektu č.p. 2569/5 (Obr. 4.26 a Obr. 4.27).

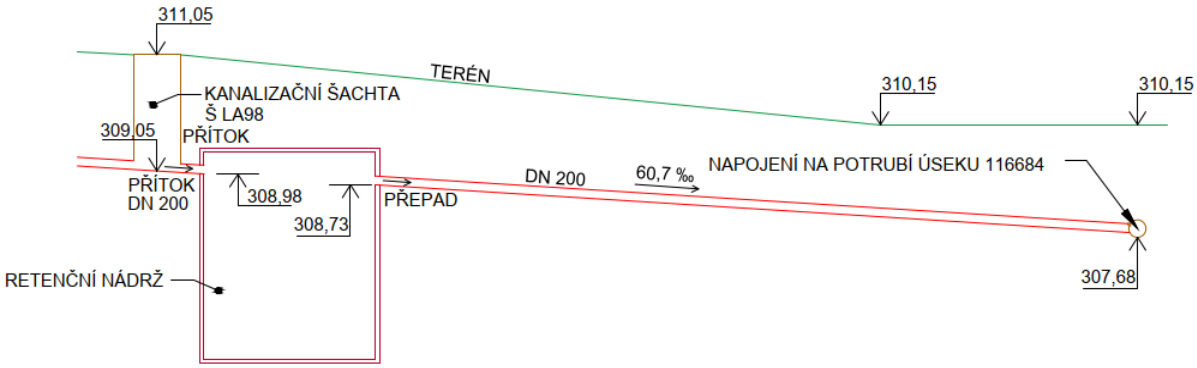


Obr. 4.26 Situace umístění podzemní retenční nádrže pro objekt č.p. 2569/5 [74]

Obr. 4.27 Fotografie místa umístění podzemní retenční nádrže pro objekt č.p. 2569/5 [zdroj: Bc. K. Brychta]

4.3.1.3 Technické řešení odkanalizování po implementaci retenční nádrže

Retenční nádrž bude implementována na současnou dešťovou kanalizační přípojku. Dešťová kanalizační přípojka bude plnit retenční nádrž vodami odváděnými ze střechy nemovitosti, které budou posléze sloužit k závlaze travnatých ploch v okolí. Po implementaci nádrže dojde tedy ke snížení množství vypouštěných odpadních vod směřujících na ČOV. Součástí retenční nádrže bude košíkový filtr a bezpečnostní přepad, který přebytečnou vodu odvede přes potrubí neregulovaným odtokem do stokové sítě.



Obr. 4.28 Zjednodušené schéma implementace podzemní retenční nádrže pro objekt č.p. 2569/5 [zdroj: Bc. K. Brychta]

4.3.1.4 Návrh podzemní retenční nádrže

Návrh retenční nádrže vychází ze vztahu mezi objemem nádrže V_A a stupněm pokrytí potřeby vody C_r.

Objem retenční nádrže V_A [m^3] se vypočte:

$$V_A = 0,09 \cdot A_{red} = 0,09 \cdot A \cdot \psi \qquad (4.1)$$

$V_A = 0,09 \cdot A \cdot \psi = 0,09 \cdot 349,91 \cdot 1,00 = 31,49\ m^3$

kde:

A_{red} ... redukovaná odvodňovaná plocha [m^2];
$A = 349,91\ m^2$ ... odvodňovaná plocha [m^2];
$\psi = 1,00$ ... odtokový součinitel [-];
0,09 ... 9 % z redukované odvodňované plochy pro dosažení 60 % pokrytí vody pro závlahu;

Množství využitelné srážkové vody pro jednotlivé měsíce $V_{přít,m}$ [m^3] se určí podle dlouhodobých měsíčních úhrnů srážek a redukované odvodňované plochy (Tabulka 4.29). Mimo vegetační období (listopad až únor) se množství využitelné vody pro tyto měsíce rovná 0 m^3. Po dobu vegetačního období se množství využitelné srážkové vody pro jednotlivé měsíce $V_{přít,m}$ stanoví takto:

$$V_{přít,m} = (h_m / 1000) \cdot A \cdot \psi \cdot \eta \qquad (4.2)$$

kde:

h_m ... měsíčný srážkový úhrn [mm] viz. Tabulka 4.4;
$A = 349,91\ m^2$ ... odvodňovaná plocha [m^2];
$\psi = 1,00$ ... odtokový součinitel [-];
$\eta = 0,9$ ... součinitel ztráty ve filtru [-];

Tabulka 4.29 Množství využitelné srážkové vody pro jednotlivé měsíce [zdroj: Bc. K. Brychta]

Měsíc	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.
$V_{přít,m}$	0,00	0,00	11,02	10,39	19,21	22,36	23,93	20,78	17,64	12,60	0,00	0,00

Potřebné množství vod pro závlahu 1 m^2 travnaté plochy v jednotlivých měsících je uvedeno v tabulce 4.30.

Tabulka 4.30 Potřebné množství vod pro závlahu 1 m^2 travnaté plochy v jednotlivých měsících [56]

Měsíc	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.
Potřeba vody [$l.m^{-2}$]	0,00	0,00	0,00	25,00	30,00	35,00	40,00	35,00	30,00	25,00	0,00	0,00

Potřeba srážkové (závlahové) vody v jednotlivých měsících $V_{potř,m}$ [m^3] se vypočte podle vztahu:

$$V_{potř,m} = V_{potř,pl,m} = \nu_{potř,pl,d} \cdot n \cdot d \qquad (4.3)$$

kde:

$\nu_{potř,pl,d}$ ... potřebné množství vody pro závlahu 1m^2 travnaté plochy na 1 den [$l.m^{-2}$];
$n = 750,00\ m^2$ ... plocha travnaté plochy pro závlahu [m^2];
$d = 30$ ... počet zavlažovaných dní v měsíci, kdy probíhá závlaha;

Výpočet vzorově proveden pro měsíc květen:

$$V_{potř,pl.květen} = \nu_{potř,pl,d} \cdot n \cdot d = ((30 / 30) \cdot 750{,}00 \cdot 30)) / 1000 = 22{,}50\ m^3$$

Tabulka 4.31 Potřebné množství vod pro závlahu travnaté plochy v jednotlivých měsících [zdroj: Bc. K. Brychta]

Měsíc	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.
$V_{potř,m}$ [m^3]	0,00	0,00	0,00	18,75	22,50	26,25	30,00	26,25	22,50	18,75	0,00	0,00

V dalším kroku návrhu se vypočte bilance mezi plněním a prázdněním nádrže na základě objemu akumulační nádrže V_A, měsíčního odběru srážkových vod z nádrže $V_{odběr,m}$ a přítoku srážkové vody do nádrže $V_{přít,m}$. V měsíci březnu se nádrž uvažuje jako prázdná.

Měsíční odběr srážkových vod z nádrže $V_{odběr,m}$ [m^3]; se stanoví takto:

$$V_{odběr,m} = \min \{ V_{potř,m} ; V_{A,(m-1)} \} \quad (4.4)$$

kde:

$V_{potř,m}$ ... potřeba srážkové (závlahové) vody v jednotlivých měsících [m^3];
$V_{A,(m-1)}$ ... objem srážkových vod v nádrži na konci předchozího měsíce [m^3];

Objem srážkových vod v retenční nádrži $V_{A,m}$ [m^3] na konci měsíce se určí dle vztahu:

$$V_{A,m} = \min \{V_{A,(m-1)} + V_{přít,m} - V_{odběr,m}; V_A - V_{odběr,m}\} \quad (4.5)$$

kde:

$V_{A,(m-1)}$ ... objem srážkových vod v nádrži na konci předchozího měsíce [m^3];
$V_{přít,m}$ ... množství využitelné srážkové vody pro jednotlivé měsíce [m^3];
$V_{odběr,m}$ ... měsíční odběr srážkových vod z nádrže [m^3];

Výpočet vzorově proveden pro měsíc červen:

$V_{odběr,m} = \min \{V_{potř,m}; V_{A,(m-1)}\} = \min \{26{,}25; 19{,}21\} = 19{,}21\ m^3$

$V_{A,m} = \min \{V_{A,(m-1)} + V_{přít,m} - V_{odběr,m}; V_A - V_{odběr,m}\} = \min \{19{,}21 + 22{,}36 - 19{,}21; 31{,}49 - 19{,}21\} = \min \{23{,}26; 12{,}28\} = 12{,}28\ m^3$

Tabulka 4.32 Odběr srážkových vod pro jednotlivé měsíce [zdroj: Bc. K. Brychta]

Měsíc	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.
$V_{odběr,m}$ [m^3]	0,00	0,00	0,00	11,02	10,39	19,21	12,28	19,21	12,28	17,64	0,00	0,00

Tabulka 4.33 Objem srážkových vod v nádrži na konci jednotlivých měsíců [zdroj: Bc. K. Brychta]

Měsíc	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.
$V_{A,m}$ [m^3]	0,00	0,00	11,02	10,39	19,21	12,28	19,21	12,28	17,64	12,60	0,00	0,00

Závěrem návrhu se posoudí **stupeň pokrytí C_r** pro zvolený objem V_A a navrhnou se rozměry nádrže. Posouzení stupně pokrytí proběhne pomocí tohoto vzorce:

$$C_r = (\sum V_{odběr,m} / \sum V_{potř,m}) \cdot 100\ \% \quad (4.6)$$

$$C_r = (102{,}03/165{,}00) \cdot 100 = 61{,}84\ \%$$

kde:

$\sum V_{odběr,m}$ = 102,03 m^3 … celková suma odběrů za celý rok [m^3];
$\sum V_{potř,m}$) = 165,00 m^3 … celková suma potřeby vody pro celý rok [m^3];

Podmínka stupně pokrytí pro zvolený objem V_A= 31,49 m^3 je splněna. Stupeň pokrytí C_r= 61,84 % > 60 %.

Navrhovaná retenční nádrže má rozměry: délka 4,0 m, šířka 2,0 m a výška 4,0 m. Výsledný retenční objem nádrže činí 32,00 m^3.

4.3.1.5 Investiční náklady

Pro stanovení investičních nákladů byla použita publikace o průměrných cenách (bez DPH) dopravní a technické infrastruktury obcí pro rok 2023, kterou vydává Ústav územního rozvoje. Publikace udává náklady na vybudování podzemní retenční nádrže ze železobetonu včetně zemních prací. Náklad na 1 m^3 objemu nádrže se pohybuje v rozmezí 18 500 až 28 500 Kč. Pro výpočet celkových investičních nákladů byla zvolena průměrná cena 23 500 Kč za 1 m^3 objemu retenční nádrže.

Stanovení investičních nákladů [Kč] proběhne podle vzorce:

$$\text{Investiční náklady} = V_A \cdot \text{Průměrná cena} \quad (4.7)$$

$$\text{Investiční náklady} = 32{,}00 \cdot 23\,500 = 752\,000\ \text{Kč}$$

kde:

V_A = 32,00 m^3 … objem navržené retenční nádrže [m^3];
Průměrná cena = 23 500 Kč … průměrná cena za 1 m^3 objemu retenční nádrže [Kč];

Celkové investiční náklady pro vybudování této retenční nádrže jsou 752 000 Kč. Součástí nákladů nejsou náklady spojené s vybudováním zavlažovacího systému.

4.3.2 Podzemní retenční nádrž na dešťovou vodu pro objekt č.p. 2568/4 a kotelnu

Pro objekt č.p. 2569/5 a kotelnu bude vybudována podzemní retenční nádrž, do které bude svedena dešťová voda ze střech těchto dvou objektů. Střechy objektu mají celkovou plochu 497,02 m^2 a jsou tvořeny horní nepropustnou vrstvou, která má součinitel odtoku ψ = 1,00. Akumulovaná voda bude využívána pro zavlažování trávníku během vegetačního období (od dubna do října) a bude

pokrývat 60 % potřeby vody pro zavlažování. Mimo vegetační období nebude voda sloužit k žádným účelům. Plocha zavlažovaného trávníku je 1050,00 m^2. Po naplnění retenční nádrže mimo vegetační období bude voda odváděna bezpečnostním přepadem do kanalizace. Začátkem března proběhne úplné vyprázdnění nádrže a její vyčištění.

4.3.2.1 Stávající stav odkanalizování nemovitostí

Pro oba objekty jsou vybudovány samostatné přípojky odvádějící odpadní vody z nemovitostí zvlášť od vod dešťových. Kanalizační přípojka kotelny je zaústěna do stoky přes šachtu Š LA85 a přípojka nemovitosti č.p. 2568/4 je zaústěna do kanalizačního úseku ozn. 116957. Pro oba objekty je vybudována sdružená dešťová přípojka, odvádějící vodu ze střech objektů a je zaústěna do úseku stoky ozn. 116685.

4.3.2.2 Umístění podzemní retenční nádrže

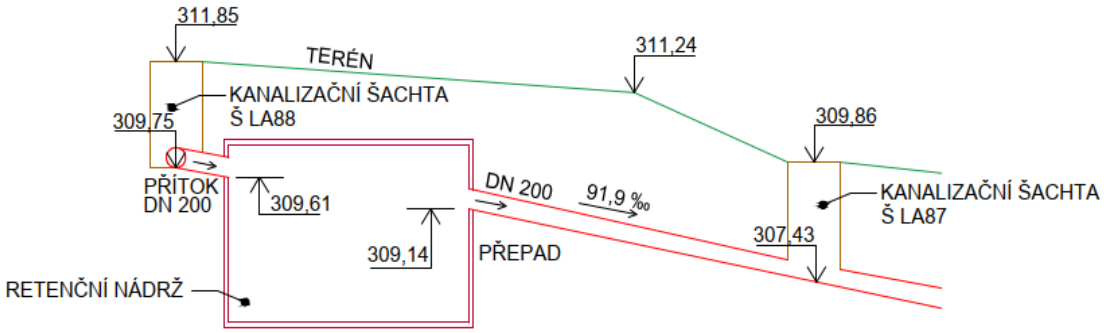
Podle pochůzky po zájmové lokalitě a dle podkladů od provozovatele stokové sítě byla pro umístění retenční nádrže zvolena zelená plocha vedle objektu kotelny (Obr. 4.29 a Obr. 4.30).

Obr. 4.29 Situace umístění retenční nádrže pro objekt č.p. 2568/4 a přilehlou kotelnu [74]

Obr. 4.30 Fotografie místa umístění podzemní retenční nádrže pro objekt č.p. 2568/4 a přilehlou kotelnu [zdroj: Bc. K. Brychta]

4.3.2.3 Technické řešení odkanalizování po implementaci podzemní retenční nádrže

Retenční nádrž bude implementována na současnou dešťovou kanalizační přípojku. Dešťová kanalizační přípojka bude plnit retenční nádrž vodami odváděnými ze střechy těchto dvou nemovitostí. Akumulovaná voda bude sloužit pro závlahu travnatých ploch v okolí. Po implementaci nádrže dojde tedy ke snížení množství vypouštěných odpadních vod směřujících na ČOV. Součástí retenční nádrže bude košíkový filtr a bezpečnostní přepad, který přebytečnou vodu odvede přes potrubí neregulovaným odtokem do stokové sítě.



Obr. 4.31 Zjednodušené schéma implementace podzemní retenční nádrže pro objekt č.p. 2568/4 a přilehlou kotelnu [zdroj: Bc. K. Brychta]

4.3.2.4 Návrh podzemní retenční nádrže

Návrh retenční nádrže vychází ze vztahu mezi objemem nádrže V_A a stupněm pokrytí potřeby vody C_r.

Objem retenční nádrže V_A [m³] se vypočte:

$$V_A = 0,09 \cdot A_{red} = 0,09 \cdot A \cdot \psi \qquad (4.8)$$

$$V_A = 0,09 \cdot 497,02 \cdot 1,00 = 44,73 \text{ m}^3$$

kde:

A_{red} … redukovaná odvodňovaná plocha [m²];
$A = 497,02$ m² … odvodňovaná plocha [m²];
$\psi = 1,00$ … odtokový součinitel [-];
0,09 … 9 % z redukované odvodňované plochy pro dosažení 60 % pokrytí vody pro závlahu;

Množství využitelné srážkové vody pro jednotlivé měsíce $V_{přít,m}$ [m³] se určí podle dlouhodobých měsíčních úhrnů srážek a redukované odvodňované plochy (Tabulka 4.34). Mimo vegetační období (listopad až únor) se množství využitelné vody pro tyto měsíce rovná 0 m³. Po dobu vegetačního období se množství využitelné srážkové vody pro jednotlivé měsíce $V_{přít,m}$ [m³] stanoví takto:

$$V_{přít,m} = (h_m / 1000) \cdot A \cdot \psi \cdot \eta \qquad (4.9)$$

kde:

h_m … měsíčný srážkový úhrn [mm] viz. Tabulka 4.4;
A = 497,02 m^2 … odvodňovaná plocha [m^2];
ψ = 1,00 … odtokový součinitel [-];
η = 0,9 … součinitel ztráty ve filtru [-];

Tabulka 4.34 Množství využitelné srážkové vody pro jednotlivé měsíce [zdroj: Bc. K. Brychta]

Měsíc	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.
$\mathbf{V_{přít,m}}$	0,00	0,00	15,66	14,76	27,29	31,76	34,00	29,52	25,05	17,89	0,00	0,00

Potřebné množství vod pro závlahu 1 m^2 travnaté plochy v jednotlivých měsících je uvedeno v tabulce 4.30.

Potřeba srážkové (závlahové) vody v jednotlivých měsících $V_{potř,m}$ [m^3] se vypočte podle vztahu:

$$V_{potř,m} = V_{potř,pl,m} = \nu_{potř,pl,d} \cdot n \cdot d \quad (4.10)$$

kde:

$\nu_{potř,pl,d}$ … potřebné množství vody pro závlahu 1m^2 travnaté plochy na 1 den [$l.m^{-2}$];
n = 1050,00 m^2 … plocha travnaté plochy pro závlahu [m^2];
d = 30 … počet zavlažovaných dní v měsíci, kdy probíhá závlaha;

Výpočet vzorově proveden pro měsíc květen:

$$V_{potř,pl.květen} = \nu_{potř,pl,d} \cdot n \cdot d = ((30 / 30) \cdot 1050{,}00 \cdot 30)) / 1000 = 31{,}50\ m^3$$

Tabulka 4.35 Potřebné množství vod pro závlahu travnaté plochy v jednotlivých měsících [zdroj: Bc. K. Brychta]

Měsíc	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.
$\mathbf{V_{potř,m}}$ [$\mathbf{m^3}$]	0,00	0,00	0,00	26,25	31,50	36,75	42,00	36,75	31,50	26,25	0,00	0,00

V dalším kroku návrhu se vypočte bilance mezi plněním a prázdněním nádrže na základě objemu akumulační nádrže V_A, měsíčního odběru srážkových vod z nádrže $V_{odběr,m}$ a přítoku srážkové vody do nádrže $V_{přít,m}$. V měsíci březnu se nádrž uvažuje jako prázdná.

Měsíční odběr srážkových vod z nádrže $V_{odběr,m}$ [m^3]; se stanoví takto:

$$V_{odběr,m} = \min \{ V_{potř,m} ; V_{A,(m-1)} \} \quad (4.11)$$

kde:

$V_{potř,m}$ … potřeba srážkové (závlahové) vody v jednotlivých měsících [m^3];
$V_{A,(m-1)}$ … objem srážkových vod v nádrži na konci předchozího měsíce [m^3];

Objem srážkových vod v retenční nádrži $V_{A,m}$ [m^3] na konci měsíce se určí dle vztahu:

$$V_{A,m} = \min \{V_{A,(m-1)} + V_{přít,m} - V_{odběr,m}; V_A - V_{odběr,m}\} \quad (4.12)$$

kde:

$V_{A,(m-1)}$ ... objem srážkových vod v nádrži na konci předchozího měsíce [m^3];
$V_{přít,m}$ ... množství využitelné srážkové vody pro jednotlivé měsíce [m^3];
$V_{odběr,m}$ ... měsíční odběr srážkových vod z nádrže [m^3];

Výpočet vzorově proveden pro měsíc červen:

$V_{odběr,m} = \min \{V_{potř,m}; V_{A,(m-1)}\} = \min \{36,75; 27,29\} = 27,29\ m^3$

$V_{A,m} = \min \{V_{A,(m-1)} + V_{přít,m} - V_{odběr,m}; V_A - V_{odběr,m}\} = \min \{27,29 + 31,76 - 27,29; 44,43 - 27,29\} = \min \{31,76; 17,45\} = 17,45\ m^3$

Tabulka 4.36 Odběr srážkových vod pro jednotlivé měsíce [zdroj: Bc. K. Brychta]

Měsíc	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.
$V_{odběr,m}$ [m^3]	0,00	0,00	0,00	15,66	14,76	27,29	17,45	27,29	17,45	25,05	0,00	0,00

Tabulka 4.37 Objem srážkových vod v nádrži na konci jednotlivých měsíců [zdroj: Bc. K. Brychta]

Měsíc	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.
$V_{A,m}$ [m^3]	0,00	0,00	15,66	14,76	27,29	17,45	27,29	17,45	25,05	17,89	0,00	0,00

Závěrem návrhu se posoudí **stupeň pokrytí C_r** pro zvolený objem V_A a navrhnou se rozměry nádrže. Posouzení stupně pokrytí proběhne pomocí tohoto vzorce:

$$C_r = (\sum V_{odběr,m} / \sum V_{potř,m}) \cdot 100\ \% \quad (4.13)$$

$C_r = (144,93 / 231,00) \cdot 100 = 62,74\ \%$

kde:

$\sum V_{odběr,m} = 102,03\ m^3$ ... celková suma odběrů za celý rok [m^3];
$\sum V_{potř,m}) = 165,00\ m^3$ ... celková suma potřeby vody pro celý rok [m^3];

Podmínka stupně pokrytí pro zvolený objem $V_A = 44,73\ m^3$ je splněna. Stupeň pokrytí $C_r = 62,74\ \% > 60\ \%$.

Navrhovaná retenční nádrž má rozměry: délka 5,0 m, šířka 4,5 m a výška 2,0 m. Výsledný retenční objem nádrže činí 45,00 m^3.

4.3.2.5 Investiční náklady

Pro stanovení investičních nákladů byla použita publikace o průměrných cenách (bez DPH) dopravní a technické infrastruktury obcí pro rok 2023, kterou vydává Ústav územního rozvoje. Publikace udává náklady na vybudování podzemní retenční nádrže ze železobetonu včetně zemních prací. Náklad na 1 m^3 objemu

nádrže se pohybuje v rozmezí 18 500 až 28 500 Kč. Pro výpočet celkových investičních nákladů byla zvolena průměrná cena 23 500 Kč za 1 m^3 objemu retenční nádrže.

Stanovení investičních nákladů [Kč] proběhne podle vzorce:

$$\text{Investiční náklady} = V_A \cdot \text{Průměrná cena} \quad (4.14)$$

$$\text{Investiční náklady} = 45{,}00 \cdot 23\,500 = 1\,057\,500 \text{ Kč}$$

kde:

V_A = 45,00 m^3 … objem navržené retenční nádrže [m^3];
Průměrná cena = 23 500 Kč … průměrná cena za 1 m^3 objemu retenční nádrže [Kč];

Celkové investiční náklady pro vybudování této retenční nádrže jsou 1 057 500 Kč. Součástí nákladů nejsou náklady spojené s vybudováním zavlažovacího systému.

4.3.3 Podzemní vsakovací retenční nádrž pro objekt č.p. 2566/2 a přilehlou kotelnu

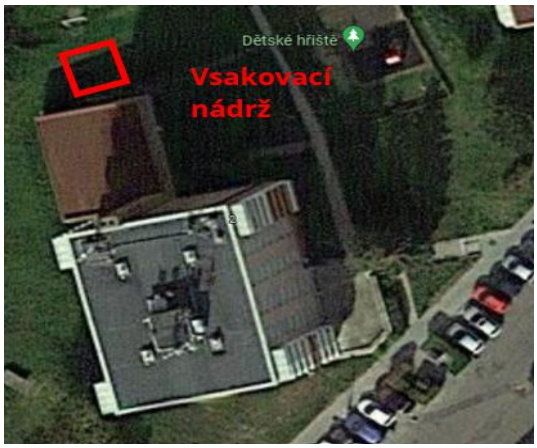
Pro objekt č.p. 2566/2 a přilehlou kotelnu bude vybudována podzemní vsakovací retenční nádrž s bezpečnostním přepadem do kanalizace. Do vsakovacího nádrže bude svedena dešťová voda ze střech dvou objektů. Střechy objektů mají celkovou plochu 472,13 m^2 a jsou tvořeny horní nepropustnou vrstvou, která má součinitel odtoku ψ = 1,00. Vsak dešťové vody bude probíhat přes dno nádrže. Hodnota vsakovacího koeficientu pro tuto oblast je 5.10^{-6} $m.s^{-1}$.

4.3.3.1 Stávající stav odkanalizování nemovitostí

Pro oba objekty jsou vybudovány samostatné přípojky odvádějící odpadní vody z nemovitostí zvlášť od vod dešťových. Kanalizační přípojka kotelny je zaústěna do stoky přes šachtu Š LA82 a přípojka nemovitosti č.p. 2566/2 je zaústěna do stoky přes šachtu Š LA81. Pro oba objekty je vybudována sdružená dešťová přípojka, odvádějící vodu ze střech objektů a je zaústěna do koncové šachty úseku 116508 a nese označení Š LA83.

4.3.3.2 Umístění podzemní vsakovací retenční nádrže

Podle pochůzky po zájmové lokalitě a dle podkladů od provozovatele stokové sítě byla pro umístění vsakovacího objektu zvolena zelená plocha nacházející se v blízkosti objektu kotelny (Obr. 4.32 a Obr 4.33).

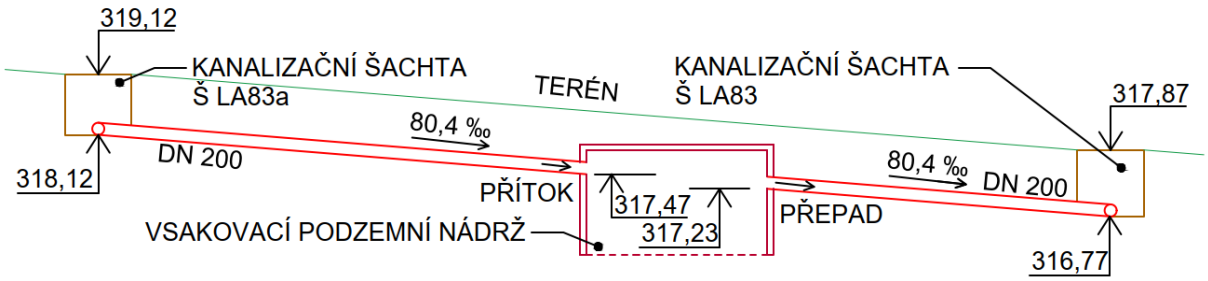


Obr. 4.32 Situace umístění podzemní vsakovací retenční nádrže pro objekt č.p. 2566/2 a přilehlou kotelnu [74]

Obr. 4.33 Fotografie místa umístění vsakovacího objektu [zdroj: Bc. K. Brychta]

4.3.3.3 Technické řešení odkanalizování po implementaci vsakovací nádrže

Vsakovací nádrž bude implementována na současnou sdruženou dešťovou kanalizační přípojku pro tyto dvě nemovitosti. Voda pro vsakování se do vsakovací nádrže bude dostávat ze střech objektů přes potrubí přípojky. Po implementaci dojde ke snížení množství vypouštěných odpadních vod směřujících na ČOV. Součástí vsakovacího nádrže bude bezpečnostní přepad, který přebytečnou vodu odvede přes potrubí neregulovaným odtokem do stokové sítě.



Obr. 4.34 Zjednodušené schéma implementace podzemní vsakovací retenční nádrže pro objekt č.p. 2566/2 a přilehlou kotelnu [zdroj: Bc. K. Brychta]

4.3.3.4 Návrh podzemní vsakovací retenční nádrže

Řešení návrhu objemu a plochy vsakovací retenční nádrže proběhne podle bilanční rovnice:

$$V_R = V_{přít} - V_{vsak} \quad (4.15)$$

kde:

V_R ... retenční objem nádrže [m^3];

$V_{přít}$ ... objem přitékané vody [m^3];

V_{vsak} ... objem zasakované vody [m^3];

Výpočet redukované odvodňované plochy A_{red} [m^2] podle vztahu:

$$A_{red} = A \cdot \psi \quad (4.16)$$

$$A_{red} = 472{,}13 \cdot 1{,}00 = 472{,}13\ m^2$$

kde:

A_{red} ... redukovaná odvodňovaná plocha [m^2];
$A = 472{,}13\ m^2$ ... odvodňovaná plocha [m^2];
$\psi = 1{,}00$ ... odtokový součinitel [-];

Odhad vsakovací plochy A_{vsak} [m^2] podle vzorce:

$$A_{red} / A_{vsak} = 20 \rightarrow A_{vsak} = A_{red} / 20 \quad (4.17)$$

$$A_{vsak} = 472{,}13 / 20 = 23{,}61\ m^2$$

kde:

$A_{red} = 472{,}13\ m^2$ ... redukovaná odvodňovaná plocha [m^2];

Z navržené vsakovací plochy se vypočte **vsakovaný průtok Q_{vsak} [$m^3.s^{-1}$]** podle vzorce:

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

$$Q_{vsak} = 1 / 2 \cdot 5.10^{-6} \cdot 59{,}02 = 0{,}000059\ m^3.s^{-1}$$

Kde:

$A_{vsak} = 23{,}61\ m^2$ ... odhadnutá vsakovací plocha [m^2];
$f = 2$ ... součinitel bezpečnosti vsaku [-];
$k_v = 5.10^{-6}\ m.s^{-1}$ ... vsakovací koeficient [$m.s^{-1}$];

Výpočet **retenčního objemu nádrže V_R [m^3]** (tabulka 4.38) se provede dle bilance pro různé doby trvání blokového deště. Bilance se provede podle těchto 3 vzorců:

$$V_{přít} = i \cdot A_{red} \cdot t / 10^7 \quad (4.18)$$

$$V_{vsak} = 1 / f \cdot k_v \cdot A_{vsak} \cdot t \quad (4.19)$$

$$V_R = V_{přít} - V_{vsak} \quad (4.20)$$

Kde:

$V_{přít}$ … objem přitékané vody [m^3];
i … intenzita blokového deště [$l.\ s^{-1}.ha^{-1}$], hodnoty převzaty z tabulky 4.2 a 4.3;
A_{red} = 472,13 m^2 … redukovaná odvodňovaná plocha [m^2];
t … doba trvání deště [s];
V_{vsak} … objem zasakované vody [m^3];
f = 2 … součinitel bezpečnosti vsaku [-];
$k_v = 5.10^{-6}$ $m.s^{-1}$ … vsakovací koeficient [$m.s^{-1}$];
A_{vsak} = 23,61 m^2 … odhadnutá vsakovací plocha [m^2];
V_{vsak} … objem zasakované vody [m^3];
V_R … retenční objem nádrže [m^3];
$V_{přít}$ … objem přitékané vody [m^3];

Výpočet proveden vzorově pro blokový déšť s dobou trvání 60 minut:

$$V_{přít} = i \cdot A_{red} \cdot t / 10^7 = 81{,}94 \cdot 472{,}13 \cdot 3600 / 10^7 = 13{,}93\ m^3$$

$$V_{vsak} = 1 / f \cdot k_v \cdot A_{vsak} \cdot t = 1 / 2 \cdot 5.10^{-6} \cdot 23{,}61 \cdot 3600 = 0{,}21\ m^3$$

$$V_R = V_{přít} - V_{vsak} = 13{,}93 - 0{,}21 = 13{,}72\ m^3$$

Nejvyšší požadavek na retenční objem V_R = 17,56 m^3 je při blokovém dešti o době trvání 240 min (viz tabulka 4.38) Rozměry nádrže budou voleny pro maximální požadovaný retenční objem.

Na závěr výpočtu se vypočte **doba prázdnění nádrže T_{pr} [hod],** která musí být menší, maximálně rovna 72 hodinám. Doba prázdnění se vypočte podle vztahu:

$$T_{pr} = (0{,}7 \cdot V_R) / (3600 \cdot Q_{vsak}) \qquad (4.21)$$

$$T_{pr} = (0{,}7 \cdot 17{,}56) / (3600 \cdot 0{,}000059) = 58\ hod \leq 72\ hod$$

kde:

V_R = 17,56 m^3 … retenční objem nádrže [m^3];
Q_{vsak} = 0,000059 $m^3.s^{-1}$ … vsakovaný průtok [$m^3.s^{-1}$];

Podmínka pro dobu prázdnění podzemní vsakovací retenční nádrže vyhovuje, a proto se odhadovaná navrhovaná plocha uvažuje jako skutečná vsakovací plocha A_{vsak} = 23,61 m^2.

Navržená vsakovací nádrž má délku 3,00 m, šířku 8,00 m a výšku 0,80 m. Výsledná vsakovací plocha nádrže je 24,00 m^2 a výsledný retenční objem vsakovací nádrže je 19,20 m^3.

Tabulka 4.38 Stanovení retenčního objemu vsakovací nádrže

Doba trvání blokového deště [min]	Úhrn h_d [mm]	Intenzita i [l. s^{-1}.ha^{-1}]	$V_{přít}$ [m^3]	V_{vsak} [m^3]	$V_R = V_{přít} - V_{vsak}$ [m^3]
5	12,1	403,33	5,71	0,02	5,70
10	17,6	293,33	8,31	0,04	8,27
15	20,6	228,89	9,73	0,05	9,67
20	22,6	188,33	10,67	0,07	10,60
30	25,4	141,11	11,99	0,11	11,89
40	27,1	112,92	12,79	0,14	12,65
60	29,5	81,94	13,93	0,21	13,72
120	33,6	46,67	15,86	0,42	15,44
240	**39,0**	**27,08**	**18,41**	**0,85**	**17,56**
360	39,7	18,38	18,74	1,27	17,47
480	40,4	14,03	19,07	1,70	17,37
600	41,4	11,50	19,55	2,12	17,42
720	41,8	9,68	19,74	2,55	17,19
1080	43,9	6,77	20,73	3,82	16,90
1440	45,0	5,21	21,25	5,10	16,15
2880	56,8	3,29	26,82	10,20	16,62
4320	62,1	2,40	29,32	15,30	14,02

Odstupová vzdálenost podzemní vsakovací retenční nádrže od budovy kotelny

Výpočet **odstupové vzdálenosti X [m]** od budovy kotelny je stanoven podle vztahu:

$$X = X_1 + X_2 \quad (4.22)$$

$$X_1 = (h + 0{,}50) / (15{,}00 \cdot k_v^{0{,}25}) + 2{,}00 \quad (4.23)$$

kde:

X_2 = 0,50 m … rozšíření dna výkopu [m];
h = 0,10 m … rozdíl výšek mezi maximální hladinou vody ve vsakovacím zařízení a úrovní podzemního podlaží [m];
$k_v = 5.10^{-6}$ m.s^{-1} … vsakovací koeficient [m.s^{-1}];

Odstupová vzdálenost:

$X_1 = (0{,}10 + 0{,}50) / (15{,}00 \cdot 0{,}000005^{0{,}25}) + 2{,}00 = 2{,}85$ m

$X = 2{,}85 + 0{,}50 = 3{,}35$ m

Odstupová vzdálenost podzemní vsakovací retenční nádrže od objektu je 3,35 m.

4.3.3.5 Investiční náklady

Pro stanovení investičních nákladů byla použita publikace o průměrných cenách (bez DPH) dopravní a technické infrastruktury obcí pro rok 2023, kterou vydává Ústav územního rozvoje. Publikace udává náklady na vybudování podzemní vsakovací retenční nádrže ze železobetonu včetně zemních prací. Náklad na 1 m^3 objemu vsakovací nádrže se pohybuje v rozmezí 20 000 až 30 000 Kč. Pro výpočet celkových investičních nákladů byla zvolena průměrná cena 25 000 Kč za 1 m^3 objemu vsakovací retenční nádrže.

Stanovení investičních nákladů [Kč] proběhne podle vzorce:

$$\text{Investiční náklady} = V_A \cdot \text{Průměrná cena} \tag{4.24}$$

$$\text{Investiční náklady} = 19{,}20 \cdot 25\,000 = 480\,000 \text{ Kč}$$

kde:

V_A = 19,20 m^3 … objem navržené vsakovací retenční nádrže [m^3];
Průměrná cena = 25 000 Kč … průměrná cena za 1 m^3 objemu vsakovací nádrže [Kč];

Celkové investiční náklady pro vybudování podzemní vsakovací retenční nádrže se rovnají 480 000 Kč.

4.3.4 Celkové investiční náklady

Celkové náklady spojené s vybudováním dvou podzemních retenčních nádrží a jedné podzemní vsakovací retenční nádrže jsou 2 289 500 Kč bez DPH.

5 ZÁVĚR

Cílem diplomové práce bylo vypracovat rešerši z problematiky zabývající se sanací stokové sítě s implementací prvků pro hospodaření s dešťovou vodou (HDV), respektive modro-zelené infrastruktury (MZI). Pro uvedení do problematiky byla práce rozdělena na dvě části.

V první části diplomové práce byla provedena rešerše nejpoužívanějších sanačních metod a byly zde popsány a rozděleny prvky pro hospodaření s dešťovou vodou, respektive prvky modro-zelené infrastruktury.

Ve druhé části se získané poznatky aplikovali při sanaci stokové sítě ve městě Znojmo na ulici Pod Soudním vrchem, kde na sanovanou stokovou síť byly zároveň implementovány prvky pro hospodaření s dešťovou vodou. Tato část je rozdělena na sanaci stokové sítě v zájmové lokalitě a na návrh a implementaci prvků pro hospodaření s dešťovou vodou na sanovanou stokovou síť.

V části o sanaci stokové sítě byla sanovaným úsekům a kanalizačním šachtám dle metodiky BVK přidělena kategorie stavebně-technického stavu. Úseky a šachty byly zařazeny do kategorie 1 nebo 2 a to z důvodu častých poruch. Mezi poruchy vyskytující se na úsecích nejčastěji patřila vychýlení ve spojích (netěsnosti ve spojích), podélné a příčné trhliny, koroze vnitřního povrchu potrubí, neodborné zaústění přípojek a vedlejších úseků a usazování nečistot ve vychýlených spojích. U kanalizačních šachet bylo nejčastěji zjištěno napadení stěn síranovou korozí a narušení stěn trhlinami. Dle stavebně–technického stavu stokové sítě a po domluvě s provozovatelem stokové sítě a společnostmi nabízející sanační technologie byla pro sanaci potrubí zvolena renovace vystýlkou vytvrzenou na místě za pomoci horké vody (CIPP vystýlka) a pro sanaci kanalizačních šachet byla zvolena metoda nástřiku vnitřního povrchu speciální maltou. Celkové náklady spojené s veškerými sanačními pracemi činí 4 181 653 Kč bez DPH. Po včasné sanaci stokové sítě v lokalitě se zvýší její životnost a sníží se její poruchovost.

V části zabývající se návrhem a implementací prvků pro hospodaření s dešťovou vodou na stokovou síť byly navrženy dvě podzemní retenční nádrže a jedna podzemní vsakovací retenční nádrž. Do těchto prvků byla voda sváděna z ploch střech přilehlých nemovitostí. Voda akumulována v retenčních nádržích bude využívána pro závlahu přilehlých zatravněných ploch a voda vsakována ve vsakovací nádrži bude navyšovat množství využívané podzemní vody. Celkové investiční náklady spojené s vybudováním prvků HDV činí 2 289 500 Kč bez DPH. Po implementaci těchto prvků dojde tedy i ke snížení množství vypouštěných odpadních vod směřujících na ČOV.

Vypracování praktické části diplomové práce proběhlo dle platné legislativy pro rok 2023.

POUŽITÁ LITERATURA

[1] STEIN, R. a STEIN, D. *Trenchless Technology for Installation of Cables and Pipelines*, 2nd Volume: Horizontal Directional Drilling (HDD), 2012. E-Book im PDF-Format. ISBN 978-3-9810648-2-7

[2] STEIN, Dietrich. *Der begehbare Leitungsgang*. Berlín: Ernst&Sohn, 2002. ISBN 3-433-01263-6.

[3] STEIN, Dietrich. *Grabenloser Leitungsbau*. Berlín: Ernst&Sohn, 2003. ISBN 3-433-01778-6.

[4] MAYS, L.W. *Stormwater collection systems design handbook*. McGraw-Hill, 2001. ISBN 0-07-135471-9.

[5] *TOPOS NEUMÁTICOS*. Online. VARQING. Dostupné z: https://www.varqing.com/servicios-especializados-1. [cit. 2023-12-30].

[6] *Beranění / Pipe Ramming*. Online. HYDROTECHNIK. Dostupné z: https://hydrotechnik.cz/sluzby-a-produkty/bezvykopove-technologie/beraneni/. [cit. 2023-12-30].

[7] *Šnekové vrtání / Auger Boring*. Online. In: HYDROTECHNIK. Dostupné z: https://hydrotechnik.cz/sluzby-a-produkty/bezvykopove-technologie/snekove-vrtani/. [cit. 2023-12-30].

[8] *Řízené vrtání / Horizontal Directional Drilling*. Online. In: HYDROTECHNIK. Dostupné z: https://hydrotechnik.cz/sluzby-a-produkty/bezvykopove-technologie/rizene-vrtani/. [cit. 2023-12-30].

[9] *ŘÍZENÉ PROTLAKY*. Online. ELQA. Dostupné z: https://www.elqa-hradcany.cz/rizene-protlaky/. [cit. 2023-12-30].

[10] *Protlačování s pilotním vrtem / Pilot Tube Guided Boring*. Online. In: HYDROTECHNIK. Dostupné z: https://hydrotechnik.cz/sluzby-a-produkty/bezvykopove-technologie/protlacovani-s-pilotnim-vrtem/. [cit. 2023-12-30].

[11] Využití mikrotunelování pro bezvýkopové instalace podzemních vedení. Online. *Časopis stavebnictví*. 2018, roč. 2018, č. 9, article 09/18, s. 34-37. Dostupné z: https://www.casopisstavebnictvi.cz/clanky-vyuziti-mikrotunelovani-pro-bezvykopove-instalace-podzemnich-vedeni.html. [cit. 2023-12-30].

[12] *Bezvýkopová výstavba a obnova podzemních vedení*. Bratislava: JAGA, 2007. ISBN 978-80-8076-053-3.

[13] *Pipe-Eating*. Online. BLECK & SÖHNE. Dostupné z: https://bleck-soehne.de/index.php/rohrvortrieb-pipe-eating/. [cit. 2023-12-30].

[14] *Pipe Bursting (PB)*. Online. SGIgenieriaen ductos. Dostupné z: https://sgingenieriaenductos.com/index.php/servicios/tecnologias-trenchless/pipe-bursting-pb. [cit. 2023-12-30].

[15] *Trhání - Pipe bursting*. Online. In: PANEMA. Dostupné z: https://www.panema.cz/files/Trhani.pdf. [cit. 2023-12-30].

[16] *Pipe Extraction*. Online. UKSTT. Dostupné z: https://www.ukstt.org.uk/pf/pipe-extraction/. [cit. 2023-12-30].

[17] *U-liner*. Online. Preuss Pipe Rehabilitation. Dostupné z: https://www.preuss.com.pl/u-liners. [cit. 2023-12-30].2

[18] *FORMPASSADE RÖR – PE*. Online. SVATEK. Dostupné z: https://svatek.se/tjanster/formpassade-ror-pe/. [cit. 2023-12-30].

[19] *U-LINER AC – NIEUW EN UNIEK*. Online. In: REHAU - Unlimited Polymer Solutions. Dostupné z: https://www.rehau.com/downloads/210380/u-liner-ac-nieuw-en-uniek.pdf. [cit. 2023-12-30].

[20] *Relining*. Online. Bez vykopu. Dostupné z: https://www.bezvykopu.cz/bezvykopova-technologie-reiling.php. [cit. 2023-12-30].

[21] *Pipe Train Lining with Annular Space*. Online. SIMONA. Dostupné z: https://www.simona-cz.com/aplikace/wassermanagement/trinkwasserversorgung/trinkwasserversorgungsleitungen/rohrstranglining-mit-ringraum/?L=5. [cit. 2023-12-30].

[22] *Cured in Place Pipe Lining*. Online. SEKISUI SPR Americas, LLC. Dostupné z: https://sekisui-spr.com/blog/2021/06/22/cured-in-place-piping/. [cit. 2023-12-30].

[23] *Podšívka*. Online. Technusche Betriebe Remscheid. Dostupné z: https://www.tbr-info.de/relining.html. [cit. 2023-12-30].

[24] *SWP DF*. Online. LinerTek. Dostupné z: https://linertec.com/technologies/swp-df. [cit. 2023-12-30].

[25] *Steel Reinforced Flexible Liner*. Online. SEKISUI SIGAPORE PTE. Dostupné z: https://sekisui-spr.com/asia-spr-st/. [cit. 2023-12-30].

[26] *Drain And Sewer Pipe Lining From Specialized Pipe Technologies*. Online. SPT - SPECIALIZED PIPE TECHNOLOGIES. Dostupné z: https://sptpipe.com/services/repair-rehabilitation/drain-sewer-pipe-lining/. [cit. 2023-12-30].

[27] *Private Abwasserleitungen reparieren: Kleine Schäden schnell und günstig beheben*. Online. IKT - Institut für Unterirdische Infrastruktur Weiterbildung für Fachleute aus dem Abwassersektor. 2016. Dostupné z: https://www.ikt.de/blog/private-

abwasserleitungen-reparieren-kleine-schaeden-schnell-und-guenstig-beheben/. [cit. 2023-12-30].

[28] *Sewer robot products*. Online. HOKURYO. Dostupné z: https://www.kabu-hokuryo.com/sewer-robots/rental/. [cit. 2023-12-30].

[29] *Metoda cementace*. Online. BMH. Dostupné z: https://www.bmh.cz/sluzby/metoda-cementace/. [cit. 2023-12-30].

[30] *CELOPLOŠNÝ NÁSTŘIK MALTOU*. Online. ZEPRIS. Dostupné z: https://www.zepris.cz/oblasti-cinnosti/sanace-kanalizace/celousekova-sanace-gravitacnich-potrubi/celoplosny-nastrik-maltou. [cit. 2023-12-30].

[31] *Povlakování*. Online. Brochier. Dostupné z: https://www.brochier.cz/index.php/cs/technologie/povlakovani. [cit. 2023-12-30].

[32] *Mechanical Seals for Sewer Pipes & Manholes*. Online. TRELLEBORG. Dostupné z: https://www.trelleborg.com/en/seals-and-profiles/products-and-solutions/pipe-rehabilitation/mechanical-seals-for-sewer-pipes. [cit. 2023-12-30].

[33] *PROVÁDĚNÍ VYSTÝLKY ŠACHET POMOCÍ MOTORU S ROTAČNÍ HLAVICÍ*. Online. HERMES TECHNOLOGIE. Dostupné z: https://www.hermes-technologie.com/cz/sanacni-postupy/vystavba-a-sanace-kanalizaci/sanace-reviznich-sachet-maltami-ergelit.html. [cit. 2023-12-30].

[34] *Cimentage ou projection centrifuge de mortier*. Online. Pipe consult. Dostupné z: https://www.pipeconsult.be/fr/services/rehabilitation-de-chambre-de-visite/rehabilitation-de-cv-par-cimentage/. [cit. 2023-12-30].

[35] *OVAK otestoval novou technologii sanace kanalizačních šachet*. Online. Naše voda. 2021. Dostupné z: https://www.nase-voda.cz/ovak-otestoval-novou-technologii-sanace-kanalizacnich-sachet/. [cit. 2023-12-30].

[36] *VERTILINER - Innovative Schachtauskleidung für hohe Ansprüche*. Online. Rabmer. Dostupné z: https://www.rabmer.at/produkte-leistungen/umwelttechnik/vertiliner-schachtauskleidung/. [cit. 2023-12-30].

[37] *Studie hospodaření se srážkovými vodami v urbanizovaných územích*. Online. STRÁNSKÝ, David a kol. MŽP. 2019. Dostupné z: https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/modrozelena_infrastruktura/$FILE/OOV-studie_HDV-20191220.pdf. [cit. 2024-01-01].

[38] *Víte, co je modro-zelená infrastruktura?* Online. Ekolist. 2022. Dostupné z: https://ekolist.cz/cz/publicistika/priroda/vite-co-je-modro-zelena-infrastruktura. [cit. 2024-01-01].

[39] Vegetační střechy a jejich statické požadavky. *Časopis stavebnictví*. 2022, roč. 2022, č. 4, s. 38-43.

[40] *Odborná metodika zelené střechy*. Online. Ekodotace Brno. 2019. Dostupné z: https://ekodotace.brno.cz/wp-content/uploads/2019/05/Odborn%C3%A1-metodika-zelen%C3%A9-st%C5%99echy.pdf. [cit. 2024-01-01].

[41] *Intenzivní zelené střechy*. Online. In: Greenvia. Dostupné z: https://www.greenvia.cz/cs/intenzivni-zelene-strechy/. [cit. 2024-01-01].

[42] *What is a Green Facade? – Types, Benefits, Costs*. Online. Smart CRE. 2021. Dostupné z: https://smart-cre.com/green-facade-definition-and-examples/. [cit. 2024-01-01].

[43] *Zelená fasáda tvoří živý dům – vertikální zelené fasády zažívají boom*. Online. STAVÍM BYDLÍM. 2020. Dostupné z: https://stavimbydlim.cz/zelena-fasada-tvori-zivy-dum-vertikalni-zelene-fasady-zazivaji-boom/. [cit. 2024-01-01].

[44] *Green facades*. Online. Urban green-blue grids. Dostupné z: https://urbangreenbluegrids.com/measures/green-facades/. [cit. 2024-01-01].

[45] *Zelená fasáda - popínavky na zdi*. Online. In: Garten. 2012. Dostupné z: https://www.garten.cz/a/cz/7507-zelen%C3%A1-fas%C3%A1da-pop%C3%ADnavky-na-zdi/. [cit. 2024-01-01].

[46] *Druhy zelených fasád*. Online. EKO BOX. Dostupné z: https://www.eko-box.cz/druhy-zelenych-fasad/. [cit. 2024-01-01].

[47] *Definition of green wall*. Online. Naava. 2017. Dostupné z: https://www.naava.io/editorial/what-are-green-walls#definition. [cit. 2024-01-01].

[48] *Vertikalni-zahrada-venkovni*. Online. In: Produkter. 2020. Dostupné z: https://www.produkter.cz/jak-prinest-do-mest-vice-zelene/vertikalni-zahrada-venkovni/. [cit. 2024-01-01].

[49] *Vertikální zahrady*. Online. Graseko. Dostupné z: https://www.graseko.cz/co-nabizime/vertikalni-zahrady/. [cit. 2024-01-01].

[50] *Využívání dešťové vody (I) - kvalita a čištění*. Online. Tzb info. 2007. Dostupné z: https://m.tzb-info.cz/destova-voda/3902-vyuzivani-destove-vody-i-kvalita-a-cisteni. [cit. 2024-01-01].

[51] *Vulsysteem Expert*. Online. Kunststofregenton. Dostupné z: https://www.kunststofregenton.nl/vulsysteem-expert.html. [cit. 2024-01-01].

[52] *Universální košíkový filtr*. Online. Belis. Dostupné z: https://www.belis.cz/cti-externi-filtracni-sachty?id=222021232855706. [cit. 2024-01-01].

[53] *Dosedací (sedimentační - odlučovací) šachty*. Online. Belis. Dostupné z: https://zaloha.belis.cz/externi-filtracni-sachty.html#Dosedac_. [cit. 2024-01-01].

[54] *Odlučovače ropných látek*. Online. Dubar. Dostupné z: https://www.dubar.cz/nas-sortiment/odlucovace-ropnych-latek-a-tuku/odlucovace-ropnych-latek. [cit. 2024-01-01].

[55] *Hospodaření se srážkovými vodami – cesta k modrozelené infrastruktuře*. Online. STATUTÁRNÍ MĚSTO OLOMOUC. 2018. Dostupné z: https://www.olomouc.eu/administrace/repository/gallery/articles/23_/23422/hdv_cesta_k_mzi.cs.pdf. [cit. 2024-01-01].

[56] *HOSPODAŘENÍ S DEŠŤOVOU VODOU V ČR*. Praha: ZO ČSOP Koniklec, 2015. ISBN 978-80-260-7815-9.

[57] *VODA VE MĚSTĚ - Metodika pro hospodaření s dešťovou vodou ve vazbě na zelenou infrastrukturu*. Typos, 2021. ISBN 978-80-01-06817-5.

[58] *Permeable Paver Systems*. Online. Portland. Dostupné z: https://www.portland.gov/bes/stormwater/managing-rain-your-property/permeable-pavement. [cit. 2024-01-01].

[59] *Masselli filtranti / Drenanti erbosi*. Online. Lecablock. Dostupné z: https://www.lecablock.com/pavimentazioni-autobloccanti/masselli-filtranti-drenanti-erbosi/. [cit. 2024-01-01].

[60] *Zatravňovací tvárnice Guttagarden*. Online. GEOmall. Dostupné z: https://www.geomall.cz/zatravnovaci-tvarnice-guttagarden#:~:text=Zatrav%C5%88ovac%C3%AD%20tv%C3%A1rnicese%20vyu%C5%BE%C3%ADvaj%C3%AD%20pro%20zpevn%C4%9Bn%C3%AD%20a%20zatravn%C4%9Bn%C3%AD%20p%C5%99%C3%ADjezdov%C3%BDch,pod%20vegetac%C3%AD%20a%20nenaru%C5%A1uj%C3%AD%20estetick%C3%BD%20dojem%20z%C2%A0venkovn%C3%ADch%20prostor.. [cit. 2024-01-01].

[61] *Zasakovací rošty*. Online. Asio. Dostupné z: https://www.asio.cz/cz/p/95.zasakovaci-rosty-zatravnovaci-dlazba-pro-zpevnene-propustne-povrchy-as-tte-rost. [cit. 2024-01-01].

[62] *Vsakovací blok AS-NIDAPLAST*. Online. Asio. Dostupné z: https://www.asio.cz/cz/p/100.vsakovaci-blok-as-nidaplast. [cit. 2024-01-01].

[63] *Vsakovací tunel AS-KRECHT*. Online. Asio. Dostupné z: https://www.asio.cz/cz/p/98.vsakovaci-tunel-as-krecht. [cit. 2024-01-01].

[64] *Vsakovací jímky/nádrž*. Online. In: Česká nádrž. Dostupné z: https://www.ceskanadrz.cz/vsakovaci-jimky/. [cit. 2024-01-01].

[65] *Mapa*. Online. Mapy.cz. Dostupné z: https://mapy.cz/zakladni?q=Znijmo&source=muni&id=5998&ds=2&x=16.0633226&y=48.8621211&z=11. [cit. 2024-01-01].

[66] *Geovědní mapy 1 : 50 000*. Online. ČESKÁ GEOLOGICKÁ SLUŽBA. Dostupné z: https://mapy.geology.cz/geocr50/. [cit. 2024-01-01].

[67] *Klimatické oblasti dle Evžena Quitta (1971)*. Online. Moravské-Karpaty. 2019. Dostupné z: http://moravske-karpaty.cz/prirodni-pomery/klima/klimaticke-oblasti-dle-e-quitta-1971/. [cit. 2024-01-01].

[68] *Vrtná prozkoumanost*. Online. ČESKÁ GEOLOGICKÁ SLUŽBA. Dostupné z: https://mapy.geology.cz/vrtna_prozkoumanost/. [cit. 2024-01-01].

[69] *Povodňový informační systém - Mapa potenciálního vsaku*. Online. POVIS. Dostupné z: https://webmap.dppcr.cz/dpp_cr/povis.dll?MAP=vsak_vod&lon=15.9984266&lat=48.9032353&scale=60480. [cit. 2024-01-01].

[70] ÚŘAD PRO TECHNICKOU NORMALIZACI, METROLOGII A STÁTNÍ ZKUŠEBNICTVÍ. ČSN 75 9010, *Vsakovací zařízení srážkových vod*. Praha, 2012.

[71] *Územní srážky v roce 2022*. Online. Český hydrometerologický ústav. Dostupné z: https://www.chmi.cz/historicka-data/pocasi/uzemni-srazky#. [cit. 2024-01-01].

[72] *ÚZEMNÍ PLÁN ZNOJMO*. Online. Znojmo. 2023. Dostupné z: https://mapy.muznojmo.cz/mapserv/znojmo/vyhlasky/02_HLAVNI_zm2D_1_celek_UZ.pdf. [cit. 2024-01-01].

[73] *PRŮMĚRNÉ CENY DOPRAVNÍ A TECHNICKÉ INFRASTRUKTURY OBCÍ*. Brno: Ústav územního rozvoje, 2023. ISBN 978-80-7663-047-5.

[74] *Mapa*. Online. Google Maps. Dostupné z: https://www.google.cz/maps/place/Pod+Soudn%C3%ADm+vrchem,+669+02+Znojmo+2/@48.8696631,16.0335424,151m/data=!3m1!1e3!4m6!3m5!1s0x476d556eb02a765d:0x22b76545c6d12770!8m2!3d48.8698949!4d16.0325231!16s%2Fg%2F119tnmfp6?entry=ttu. [cit. 2024-01-01].

[75] *Vodárenská akciová společnost a*.s. *divize Znojmo,* Kamerový průzkum [cit. 2024-01-01].

SEZNAM TABULEK

Tabulka 2.1 Výběr firem nabízející bezvýkopovou pokládku kanalizačního potrubí v ČR [zdroj: Bc. K. Brychta]..... 14

Tabulka 2.2 Použití vybraných sanačních technologií na stokový systém..... 31

Tabulka 4.1 Charakteristika oblasti T2 [67]..... 55

Tabulka 4.2 Návrhové úhrny srážek s dobou trvání 5–120 minut s periodicitou p = 0,2 rok^{-1} [70]..... 56

Tabulka 4.3 Návrhové úhrny srážek s dobou trvání 4–72 hodin s periodicitou p = 0,2 rok^{-1} [70]..... 56

Tabulka 4.4 Měsíční úhrny srážek ve srovnání s normálem 1991–2020 pro území města Znojmo [71]..... 57

Tabulka 4.5 Kategorizace stavebně – technického stavu kanalizace dle BVK [12] 58

Tabulka 4.6 Stavebně-technický stav sanovaných kanalizačních úseků [zdroj: Bc. K. Brychta]..... 68

Tabulka 4.7 Stavebně–technický stav kanalizačních šachet + návrh sanační technologie [zdroj: Bc. K. Brychta]..... 69

Tabulka 4.8 Sanace úseků během I. Etapy [zdroj: Bc. K. Brychta]..... 70

Tabulka 4.9 Sanace šachet během I. Etapy [zdroj: Bc. K. Brychta]..... 70

Tabulka 4.10 Sanace úseků během II. Etapy [zdroj: Bc. K. Brychta] 71

Tabulka 4.11 Sanace šachet během II. Etapy [zdroj: Bc. K. Brychta] 71

Tabulka 4.12 Sanace úseků během III. Etapy [zdroj: Bc. K. Brychta] 72

Tabulka 4.13 Sanace šachet během III. Etapy [zdroj: Bc. K. Brychta] 72

Tabulka 4.14 Sanace úseků během IV. Etapy [zdroj: Bc. K. Brychta] 73

Tabulka 4.15 Sanace šachet během IV. Etapy [zdroj: Bc. K. Brychta] 73

Tabulka 4.16 Sanace úseků během V. Etapy [zdroj: Bc. K. Brychta] 73

Tabulka 4.17 Sanace šachet během V. Etapy [zdroj: Bc. K. Brychta] 74

Tabulka 4.18 Ceny jednotlivých sanačních prací [73] 74

Tabulka 4.19 Cena sanačních prací pro jednotlivé úseky I. etapy [zdroj: Bc. K. Brychta] 75

Tabulka 4.20 Cena sanačních prací pro šachty I. etapy [zdroj: Bc. K. Brychta]..... 75

Tabulka 4.21 Cena sanačních prací pro jednotlivé úseky II. etapy [zdroj: Bc. K. Brychta] 75

Tabulka 4.22 Cena sanačních prací pro šachty II. etapy [zdroj: Bc. K. Brychta].....75
Tabulka 4.23 Cena sanačních prací pro jednotlivé úseky III. etapy [zdroj: Bc. K. Brychta].....76
Tabulka 4.24 Cena sanačních prací pro šachty III. etapy [zdroj: Bc. K. Brychta].....76
Tabulka 4.25 Cena sanačních prací pro jednotlivé úseky IV. etapy [zdroj: Bc. K. Brychta].....76
Tabulka 4.26 Cena sanačních prací pro šachty IV. etapy [zdroj: Bc. K. Brychta].....76
Tabulka 4.27 Cena sanačních prací pro jednotlivé úseky V. etapy [zdroj: Bc. K. Brychta].....77
Tabulka 4.28 Cena sanačních prací pro šachty V. etapy [zdroj: Bc. K. Brychta].....77
Tabulka 4.29 Množství využitelné srážkové vody pro jednotlivé měsíce [zdroj: Bc. K. Brychta].....80
Tabulka 4.30 Potřebné množství vod pro závlahu 1 m^2 travnaté plochy v jednotlivých měsících [56].....80
Tabulka 4.31 Potřebné množství vod pro závlahu travnaté plochy v jednotlivých měsících [zdroj: Bc. K. Brychta].....81
Tabulka 4.32 Odběr srážkových vod pro jednotlivé měsíce [zdroj: Bc. K. Brychta].....81
Tabulka 4.33 Objem srážkových vod v nádrži na konci jednotlivých měsíců [zdroj: Bc. K. Brychta].....81
Tabulka 4.34 Množství využitelné srážkové vody pro jednotlivé měsíce [zdroj: Bc. K. Brychta].....85
Tabulka 4.35 Potřebné množství vod pro závlahu travnaté plochy v jednotlivých měsících [zdroj: Bc. K. Brychta].....85
Tabulka 4.36 Odběr srážkových vod pro jednotlivé měsíce [zdroj: Bc. K. Brychta].....86
Tabulka 4.37 Objem srážkových vod v nádrži na konci jednotlivých měsíců [zdroj: Bc. K. Brychta].....86
Tabulka 4.38 Stanovení retenčního objemu vsakovací nádrže.....91

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 2.1 Rozdělení sanace stokových sítí [zdroj: Bc. K. Brychta] 12
Obr. 2.2 Rozdělení obnovy (výstavby) v nové trase [zdroj: Bc. K. Brychta] 13
Obr. 2.3 Pokládka potrubí v zapaženém otevřeném výkopu [zdroj: Bc. K. Brychta] 13
Obr. 2.4 Rozdělení neřízených metod bez obsluhy na čelbě [zdroj: Bc. K. Brychta] 14
Obr. 2.5 Schéma výstavby kanalizačního potrubí za pomoci propichovacího kladiva [5] 15
Obr. 2.6 Schéma výstavby kanalizačního potrubí technologií beranění [6] 15
Obr. 2.7 Metoda vodorovného vrtání [7] 16
Obr. 2.8 Vrtná souprava [zdroj: Bc. K. Brychta] 17
Obr. 2.9 Schéma pracovního postupu metody HDD [8] 18
Obr. 2.10 Postup metody protlaku s pilotním vrtem [10] 19
Obr. 2.11 Pracoviště mikrotunelovací soupravy [11] 20
Obr. 2.12 Obnova potrubí v otevřeném výkopu [zdroj: Bc. K. Brychta] 21
Obr. 2.13 Rozrušování potrubí plnoprofilovou frézou [13] 21
Obr. 2.14 Metoda trhání potrubí [15] 22
Obr. 2.15 Detail deformovaného potrubí [19] 23
Obr. 2.16 Zatahování deformovaného potrubí [18] 23
Obr. 2.17 Relining kanalizačního úseku [21] 24
Obr. 2.18 Pracovní postup sanace vystýlkou vytvrzenou na místě [23] 25
Obr. 2.19 Vystýlka z navíjených pásů místě [25] 26
Obr. 2.20 Rozdělení metod oprav [zdroj: Bc. K. Brychta] 27
Obr. 2.21 Oprava pomoci krátkého rukávce [27] 27
Obr. 2.22 Oprava poruch pomoci kanalizačního robota [28] 28
Obr. 2.23 Oprava pomoci nástřiku vnitřního povrchu potrubí [30] 28
Obr. 2.24 Utěsňovací manžeta aplikována na prasklinu v potrubí [32] 29
Obr. 2.25 Nástřik vnitřního povrchu šachty odstředivou hlavou [34] 30
Obr. 2.26 Spouštění vložky (vlevo), vytvrzená vložka (vpravo) [36] 30
Obr. 3.1 Srovnání složek koloběhu vody v přirozeném zalesněném povodí, v zemědělském povodí a ve vysoce urbanizovaném prostředí [37] 32

Obr. 3.2 Extenzivní zelená střecha ve Znojmě [zdroj: Bc. K. Brychta] 34
Obr. 3.3 Intenzivní vegetační střecha [41] 34
Obr. 3.4 Zelená fasáda s popínavými rostlinami přímo na budově [44] [45] 35
Obr. 3.5 Zelená fasáda se sítí pro popínání rostlin [44] [46] 35
Obr. 3.6 Zelená stěna (vlevo) [48] a uchycení hydroponického truhlíku na stěně za pomoci lišty (vpravo) [49] 36
Obr. 3.7 Okapový filtr [51] 37
Obr. 3.8 Filtrační podokapový hrnec [50] 38
Obr. 3.9 Košíčkový filtr [52] 38
Obr. 3.10 Usazovací šachta s košíčkovým filtrem [53] 39
Obr. 3.11 Odlučovač lehkých kapalin [54] 39
Obr. 3.12 Betonová/železobetonová podzemní retenční dešťová nádrž [55] 40
Obr. 3.13 Schéma umělého mokřadu [55] 41
Obr. 3.14 Suchá retenční nádrž [57] 42
Obr. 3.15 Schéma retenční nádrže se stálou hladinou vody [55] 43
Obr. 3.16 Plošný vsak [57] 44
Obr. 3.17 Propustná dlažba [58] 44
Obr. 3.18 Zatravňovací tvárnice (vlevo) a parkovací stání vyhotovené z těchto tvárnic (vpravo) [59] 45
Obr. 3.19 Terasa před domem ze zatravňovacích roštů (vlevo) a díl zatravňovacího roštu (vpravo) [61] 46
Obr. 3.20 Vsakovací plastové bloky [62] 46
Obr. 3.21 Vsakovací tunely od společnosti ASIO [63] 47
Obr. 3.22 Vsakovací průleh [57] 48
Obr. 3.23 Nadzemní vsakovací retenční nádrž [57] 49
Obr. 3.24 Podzemní vsakovací retenční nádrž [64] 49
Obr. 3.25 Vsakovací šachta napojená na dešťový svod [57] 50
Obr. 3.26 Vsakovací retenční rýha [57] 51
Obr. 4.1 Mapa lokality [65] 52
Obr. 4.2 Detail zájmové lokality [65] 53
Obr. 4.3 Mapa geologických poměrů zájmové lokality + legenda [66] 54

Obr. 4.4 Mapa vrtné prozkoumanosti [68] 55
Obr. 4.5 Mapa potencionálního vsaku [69] 56
Obr. 4.6 Územní plán pro zájmovou lokalitu [72] 57
Obr. 4.7 Fotografie vychýlení kanalizační trouby v úseku 116681 [75] 59
Obr. 4.8 Fotografie vychýlení kanalizační trouby v úseku 116682 [75] 59
Obr. 4.9 Fotografie vychýlení kanalizační trouby v úseku 116683 [75] 60
Obr. 4.10 Fotografie detailu vychýlení (netěsnosti) kanalizační trouby v úseku 116683 [75] 60
Obr. 4.11 Fotografie vychýlení kanalizační trouby v úseku 120346 [75] 61
Obr. 4.12 Úlomek potrubí v úseku 120346 [75] 61
Obr. 4.13 Fotografie detailu vychýlení (netěsnosti) kanalizační trouby v úseku 116684 [75] 62
Obr. 4.14 Fotografie detailu trhliny na vnitřní stěně potrubí úseku 116514 [75] 62
Obr. 4.15 Fotografie zanášení stoky ve vychýlení mezi troubami na úseku 116685 [75] 63
Obr. 4.16 Fotografie odlupování části potrubí na úseku 116685 [75] 63
Obr. 4.17 Fotografie vychýlení (netěsnosti) potrubí na úseku 116957 [75] 64
Obr. 4.18 Fotografie neodborně zaústěné přípojky na úseku 116957 [75] 64
Obr. 4.19 Fotografie vychýlení potrubí na úseku 122203 [75] 65
Obr. 4.20 Fotografie vychýlení potrubí (vlevo), usazování částic odpadní vody ve vychýleném spoji na úseku 116508 (vpravo) [75] 65
Obr. 4.21 Fotografie vychýlení ve spoji na úseku 116509 [75] 66
Obr. 4.22 Fotografie usazování částic odpadní vody ve vychýleném spoji, napadení vnitřní stěny potrubí úseku síranovou korozí (vpravo) [75] 66
Obr. 4.23 Fotografie vychýlení ve spoji na úseku 117412 [75] 67
Obr. 4.24 Fotografie neodborně zaústěné přípojky do úseku 116511 [75] 67
Obr. 4.25 Detail podélné trhliny na potrubí úseku 116511 [75] 68
Obr. 4.26 Situace umístění podzemní retenční nádrže pro objekt č.p. 2569/5 [74] 78
Obr. 4.27 Fotografie místa umístění podzemní retenční nádrže pro objekt č.p. 2569/5 [zdroj: Bc. K. Brychta] 79
Obr. 4.28 Zjednodušené schéma implementace podzemní retenční nádrže pro objekt č.p. 2569/5 [zdroj: Bc. K. Brychta] 79

Obr. 4.29 Situace umístění retenční nádrže pro objekt č.p. 2568/4 a přilehlou kotelnu [74] 83

Obr. 4.30 Fotografie místa umístění podzemní retenční nádrže pro objekt č.p. 2568/4 a přilehlou kotelnu [zdroj: Bc. K. Brychta] 83

Obr. 4.31 Zjednodušené schéma implementace podzemní retenční nádrže pro objekt č.p. 2568/4 a přilehlou kotelnu [zdroj: Bc. K. Brychta] 84

Obr. 4.32 Situace umístění podzemní vsakovací retenční nádrže pro objekt č.p. 2566/2 a přilehlou kotelnu [74] 88

Obr. 4.33 Fotografie místa umístění vsakovacího objektu [zdroj: Bc. K. Brychta] 88

Obr. 4.34 Zjednodušené schéma implementace podzemní vsakovací retenční nádrže pro objekt č.p. 2566/2 a přilehlou kotelnu [zdroj: Bc. K. Brychta] 88

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

HDV	hospodaření s dešťovou vodou
MZI	modro-zelená infrastruktura
HDD	horizontálně řízené vrtání
tzv.	tak zvaný
mm	milimetr
m	metr
DN	jmenovitá světlost [mm]
PP	polypropylen
PE	polyethylen
HDPE	vysokohustotní polyethylen
CIPP	na místě vytvrzované vystýlky
Rib – loc	žebro – zámek
PVC	polyvinylchlorid
ČR	Česká republika
UV	ultrafialové záření
TNV	technická norma vodního hospodářství
např.	například
BVK	Brněnské vodárny a kanalizace, a.s.
a.s.	akciová společnost
mil.	milion
ČOV	čistírna odpadních vod
km	kilometr
prům.	průměrná
p	periodicita [rok^{-1}]
min	minuta
ČSN	česká technická norma
VAS	Vodárenská akciová společnost
Š	kanalizační šachta
ozn.	označení

∑	suma
bm	běžný metr
Kč	Koruna česká
č.p.	číslo popisné
V	objem [m^3]
C_r	stupeň pokrytí potřeby vody [%]
A	plocha [m^2]
h_m	měsíčný srážkový úhrn [mm]
ψ	odtokový součinitel [-]
η	součinitel ztráty ve filtru [-]
n	plocha travnaté plochy pro závlahu [m^2]
d	počet zavlažovaných dní v měsíci, kdy probíhá závlaha
Q	průtok [$m^3.s^{-1}$]
T_{pr}	doba prázdnění [hod]
I	intenzita deště [l/s/ha]
f	součinitel bezpečnosti vsaku [-]
k_v	vsakovací koeficient [$m.s^{-1}$]
t	doba trvání deště [s]
X	odstupová vzdálenost [m]
DPH	daň z přidané hodnoty

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1 – Situace stokové sítě zájmové lokality

Příloha 2 – Situace stavebně-technického stavu stokové sítě

Příloha 3 – Situace stokové sítě s implementovanými prvky pro hospodaření s dešťovou vodou