



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ OBCÍ

INSTITUTE OF MUNICIPAL WATER MANAGEMENT

**POSOUZENÍ VYBRANÉHO STOKOVÉHO SYSTÉMU
V URBANIZOVANÉM POVODÍ**

ASSESSMENT OF A SELECTED SEWER SYSTEM IN AN URBANIZED CATCHMENT AREA

DIPLOMOVÁ PRÁCE

DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Tomáš Bártík

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. JAROSLAV RACLAVSKÝ, Ph.D.

BRNO 2020



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	N3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu	Navazující magisterský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3607T027 Vodní hospodářství a vodní stavby
Pracoviště	Ústav vodního hospodářství obcí

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Student	Bc. Tomáš Bártík
Název	Posouzení vybraného stokového systému v urbanizovaném povodí
Vedoucí práce	doc. Ing. Jaroslav Raclavský, Ph.D.
Datum zadání	31. 3. 2020
Datum odevzdání	15. 1. 2021

V Brně dne 31. 3. 2020

doc. Ing. Ladislav Tuhovčák, CSc.
Vedoucí ústavu

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

PODKLADY A LITERATURA

- [1] Pasportizační údaje a dostupné údaje o stokové síti vybrané části urbanizovaného celku jako podklad pro zpracování DP.
- [2] STEIN, Dietrich a STEIN, Robert Instandhaltung von Kanalisationen, Verlag Prof. Dr.-Ing. Stein & Partner GmbH, 2014. ISBN 978-3-9810648-4-1.
- [3] STRÁNSKÝ, David et al. Metodická příručka - Posouzení stokových systémů urbanizovaných povodí. In OPZP.cz [online]. 2009 [cit. 2017-03-03]. Dostupné z WWW: http://www.opzp2007-2013.cz/soubor-ke-stazeni/17/5237-01052009_metodicka_prirucka_stokovy_system_090604.pdf.
- [4] KLEPSATEL, František a RACLAVSKÝ, Jaroslav. Bezvýkopová výstavba a obnova podzemních vedení. 1. české vyd. Bratislava: Jaga, c2007, 144 s. ISBN 978-80-8076-053-3.
- [5] Odborný časopis NODIG.
- [6] Příslušné legislativní a normativní podklady.
- [7] Další podklady dle pokynu vedoucího DP.

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

Cílem diplomové práce bude posouzení stokového systému včetně vypracování možností sanace. Diplomant provede rekognoskaci zájmové stokové sítě, zjistí a vyhodnotí stavebně-technický stav stok a kanalizačních šachet a provede hydraulické posouzení. Na základě získaných informací navrhne řešení obnovy nebo rozšíření stokové sítě.

Požadované výstupy: průvodní a technická zpráva, hydrotechnické výpočty a výkresová dokumentace dle požadavků vedoucího DP.

STRUKTURA DIPLOMOVÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

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

doc. Ing. Jaroslav Raclavský, Ph.D.
Vedoucí diplomové práce

ABSTRAKTY A KLÍČOVÁ SLOVA

Abstrakt

Cílem diplomové práce je posouzení současného stavu vybrané části stokové sítě ve Znojmě, navržení možné sanace a teoretický návrh retenční nádrže. Práce se dělí na průvodní zprávu, technickou zprávu, hydrauliku a výkresovou dokumentaci. Posouzení je složeno ze stanovení stavebně-technického stavu vybraných částí stokové sítě s návrhem sanace a ekonomického vyhodnocení. V části hydraulické je popsán hydraulický model v programu SWMM, jsou zde zpracovány hydraulické výpočty a nachází se zde 4 různé varianty návrhu retenčních nádrží.

Klíčová slova

Stoková síť, technický stav, sanace, hydraulické modelování, retenční nádrž

Abstract

The aim of the diploma thesis is to assess the current state of a selected part of the sewer network in Znojmo, design of possible remediation and theoretical design of retention tank. The work is divided into an accompanying report, technical report, hydraulics and drawing documentation. The assessment consists of the determination structural and technical condition of selected parts of the sewer network with a proposal for remediation and economic evaluation. The hydraulic part describes the hydraulic model in program SWMM, there are processed here hydraulic calculation and there are 4 different variants of the design of retention tanks.

Key words

Sewer network, technical condition, rehabilitation, hydraulic modeling, retention tank

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

Bc. Tomáš Bártík *Posouzení vybraného stokového systému v urbanizovaném povodí*. Brno, 2020. 115 s., 8 s. příl. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodního hospodářství obcí. Vedoucí práce doc. Ing. Jaroslav Raclavský, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané diplomové práce s názvem *Posouzení vybraného stokového systému v urbanizovaném povodí* je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 10. 1. 2021

Bc. Tomáš Bártík
autor práce

PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci s názvem *Posouzení vybraného stokového systému v urbanizovaném povodí* zpracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 10. 1. 2021

Bc. Tomáš Bártík
autor práce

PODĚKOVÁNÍ

Touto cestou bych chtěl velice poděkovat vedoucímu diplomové práce panu doc. Ing. Jaroslavovi Raclavskému, Ph.D. za důležité rady, poskytnuté materiály a poznatky z praxe. Dále bych rád poděkoval pracovníkům VODÁRENSKÉ AKCIOVÉ SPOLEČNOSTI, a.s., Divize Znojmo za ochotný přístup při společné práci v terénu.

OBSAH

1	ÚVOD	10
2	PRŮVODNÍ ZPRÁVA.....	11
2.1	Identifikační údaje	11
2.2	Údaje o provozovateli	11
2.3	Popis území	11
2.4	Hydrologické poměry	12
2.5	Klimatologie	13
2.6	Geologie.....	13
2.7	Geomorfologie	13
2.8	Pedologie	13
3	TECHNICKÁ ZPRÁVA	14
3.1	Popis území stavby	14
3.2	Provoz	14
3.3	Odkanalizování vybraného území	14
3.3.1	Odlehčovací komory	14
3.3.2	OKDN1.....	15
3.3.3	OK4A.....	17
3.3.4	OK8A.....	21
3.3.5	OK7A.....	24
3.3.6	Rekognoskace zájmového území.....	27
3.4	Posouzení stavebně-technického stavu stok.....	30
3.5	Metody monitoringu	31
3.5.1	Kategorické zařazení technických ukazatelů.....	34
3.6	Vyhodnocení stavebně-technického stavu vybraných úseků stokové sítě	35
3.7	Vybrané úseky	37
3.7.1	Posouzení kanalizačních šachet	46
3.8	Ceny sanace	48
4	HYDRAULIKA STOKOVÉ SÍTĚ	50
4.1	Program SWMM	51
4.1.1	Kalibrace a verifikace modelu	52

4.2	Měrná kampaň	53
4.3	Průtoky v místě návrhu retenční nádrže	57
4.4	Návrh retenční nádrže	60
4.4.1	Varianta číslo 1	60
4.4.2	Varianta číslo 2	64
4.4.3	Varianta číslo 3	70
4.4.4	Varianta číslo 4	72
4.4.5	Souhrn všech variant.....	73
ZÁVĚR		75
5	POUŽITÁ LITERATURA.....	76
SEZNAM TABULEK		79
SEZNAM OBRÁZKŮ		81
SEZNAM GRAFŮ.....		84
SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ		85
SEZNAM PŘÍLOH.....		86
PŘÍLOHA 1 – VYHODNOCENÍ KAMEROVÝCH ZÁZNAMŮ DLE ČSN EN 13508-2		87
PŘÍLOHA 2 – VYHODNOCENÍ STAVEBNĚ-TECHNICKÉHO STAVU STOKOVÉ SÍTĚ		111
PŘÍLOHA 3 – VÝPOČET PRŮTOKU V ZÁVISLOSTI NA VÝŠCE ZATOPENÍ		113
SUMMARY		115

1 ÚVOD

Cílem diplomové práce je posouzení vybraného stokového systému v urbanizovaném povodí. Pro bezchybný provoz kanalizačních systémů je jejich posuzování nezbytnou nutností. Samotné posouzení lze rozdělit do tří skupin. První skupina se zabývá posouzením stavebně-technického stavu stokových systémů. Výsledek tohoto posouzení je ukazatel reálného stavu stok, který nám říká, zda je potřeba stoku sanovat či dokonce vyměnit.

Druhá skupina se zabývá hydraulickým posouzením pomocí modelů. Tyto modely nám umožňují získat mnoho informací například o tom, jaká je kapacita stoky, zda má smysl budovat různé objekty na stokové síti a jiné. Díky modelům lze zjistit, jaký materiál bude nejefektivnější pro případnou sanaci, tedy otázka technické a ekonomické stránky. Ekonomika hraje v obnově technické infrastruktury velkou roli, proto je ekonomický pohled na danou problematiku velice důležitou součástí. Poslední skupina se zabývá dopadem na životní prostředí.

Náplní diplomové práce je posouzení stokového systému ve městě Znojmo v Jihomoravském kraji a případný návrh retenční nádrže. Diplomová práce se prakticky skládá ze tří částí. První část je průvodní zpráva, druhá část je technická zpráva, jejíž součástí je samostatné vyhodnocení vybraných úseků a kanalizačních šachet. Poslední část se zabývá hydraulikou a návrhem retenční nádrže. Průvodní zpráva nás seznámí s posuzovanou lokalitou. Nachází se zde obecné informace o území a dovíme se, že provozovatel stokové sítě je VAS Znojmo. V technické zprávě se dovíme informace z rekognoskace zájmového území, výsledky vyhodnocení stavebně-technického stavu stokové sítě a kanalizačních šachet, možnosti sanace a její finanční nacenění. Část technické zprávy je věnována řešerši z dané problematiky. Poslední částí diplomové práce jsou hydraulické výpočty a návrh retenční nádrže. Nachází se tu také informace o programu SWMM, ve kterém byl vytvořen hydraulický model.

Diplomová práce byla vytvořena ve spolupráci s VODÁRENSKOU AKCIOVOU SPOLEČNOSTÍ, a.s., Divize Znojmo, která dodala stávající situaci stokové sítě a video-záznamy z průzkumů stok kanalizačním robotem.

2 PRŮVODNÍ ZPRÁVA

2.1 IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE

Název stavby:	Znojmo – posouzení stokového systému
Kraj:	Jihomoravský
Okres:	Znojmo
Katastrální území:	Znojmo – město 793418
Ulice:	Sokolská
Účel stavby:	Posouzení a sanaci vybrané části stokového systému, návrh vybudování retenčních nádrží

2.2 ÚDAJE O PROVOZOVATELI

Provozovatel:	VODÁRENSKÁ AKCIOVÁ SPOLEČNOST, a.s., divize Znojmo
Sídlo:	Kotkova 2518/20, 670 25 Znojmo
Identifikační číslo:	49455842
Ředitel divize:	Ing. Zdeněk Jaroš [1]

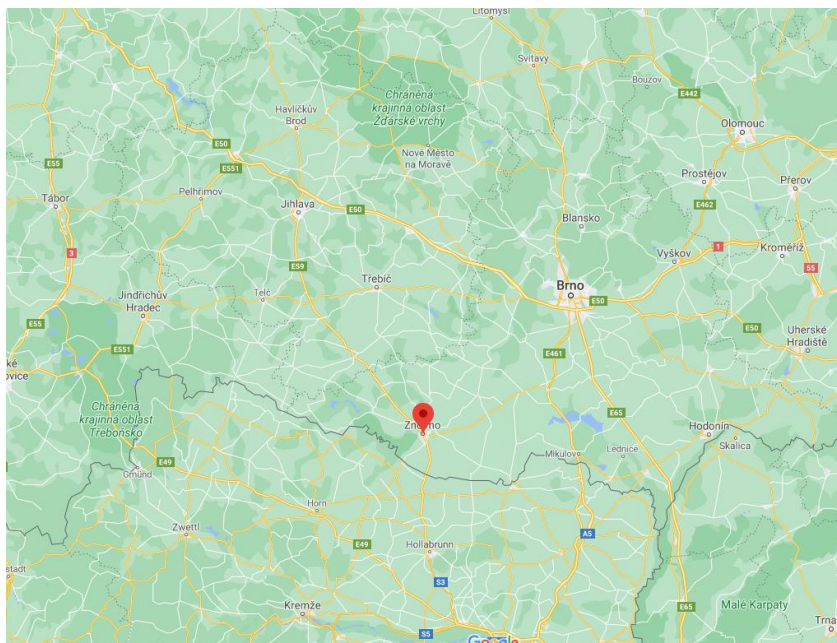
2.3 POPIS ÚZEMÍ

Vybrané území se nachází v katastrálním území Znojmo – město ve městě Znojmo, které leží v Jihomoravském kraji na levém břehu řeky Dyje. Jedná se o druhé největší město Jihomoravského kraje. Znojmo se nachází přibližně 65 km jihozápadně od Brna a 83 km severozápadně od Vídně. Větší část vybraného území je využita pro trvalé bydlení v rodinných, bytových a panelových domech. Nachází se tu ale i sportovní centra, restaurace, kavárny, obchody a jiné. Ve městě nyní žije přibližně 34 000 obyvatel. Zde můžeme vidět vývoj počtu obyvatelstva v přehledné tabulce: [2], [3].

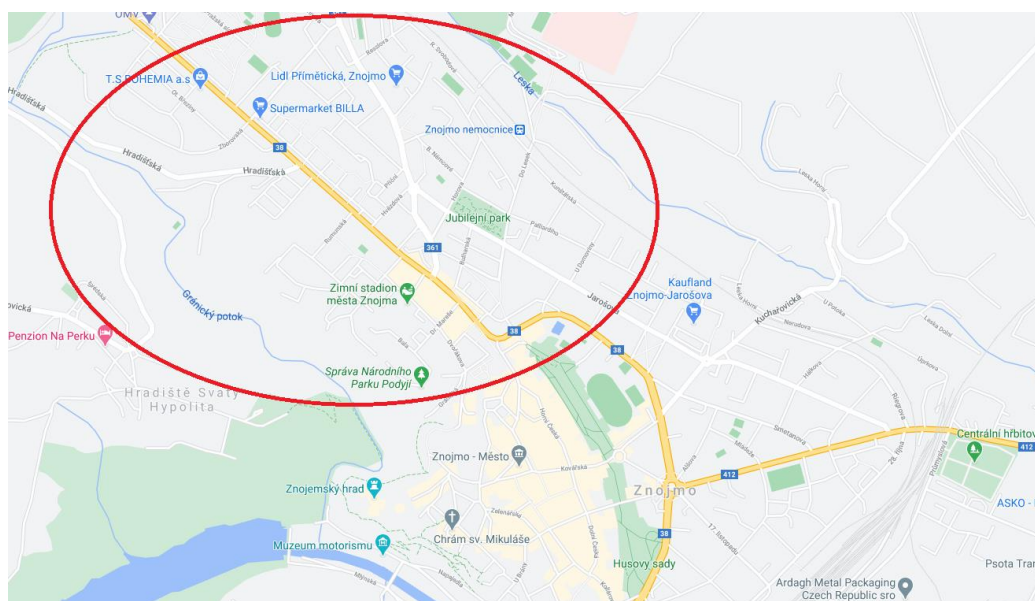
Tab. 2.3. 1 Vývoj populace

Rok	Počet obyvatel
1880	12772
1900	16988
1921	21197
1930	25855
1971	26126
1991	39949
2001	35773
2011	34078
2020	33765

Na obrázku 1 a 2 je zobrazeno vybrané zájmové území prvně v rámci širšího okolí a poté v detailnějším zobrazení.



Obr. 2.3. 1 Zájmové území v rámci širšího okolí [4]



Obr. 2.3. 2 Zájmové území detailní zobrazení [4]

2.4 HYDROLOGICKÉ POMĚRY

Vybraná lokalita se nachází v povodí řeky Dyje. Dyje vzniká ze dvou pramenů. První pramen se nazývá Moravská Dyje, pramení ve střední části Jihlavských vrchů na Českomoravské vrchovině. Druhý pramen začíná v předhůří Weinsberger Wald a nazývá se Rakouská Dyje

(Thaya). Obě větve se potkávají u města Raabs v Rakousku. Vybrané území se nachází na levém břehu řeky. Na Dyji je vybudována Vodní nádrž Znojmo, která se nachází téměř v centru města. Nádrž je brána jako protipovodňová ochrana města. Hráz dlouhá 115 m leží v nadmořské výšce 228,5 m n. m. [5]

2.5 KLIMATOLOGIE

Znojmo se z hlediska klimatologie nachází v klimatické oblasti MT-11. Jedná se o teplou oblast s vysokým počtem letních dnů, s mírným úhrnem srážek a teplejšími zimami. Průměrný roční úhrn srážek činí průměrně 500 mm/rok, průměrná červencová teplota se pohybuje okolo 18° C a průměrná lednová teplota se pohybuje okolo -3° C. Počet dní se sněhovou pokrývkou bývá 50 – 60 dnů/rok. Počet letních dnů bývá také 50 – 60 dnů/rok. V roce bývá v průměru 90 – 100 dnů se srážkami, při kterých spadne více než 1 mm. [6]

2.6 GEOLOGIE

Ve vybrané oblasti se nachází sprašové hlíny, nivní sediment, písčito-hlinitý až hlinito-písčité sediment. V případě porušení stoky nebo v místech, kde se nachází netěsnost, je třeba si u sprašových hlín dát pozor na možnost sufozního vyplavení zeminy. Z tohoto důvodu by mohly vznikat kaverny a tím riziko propadu okolního terénu. V těchto případech je nutnost dbát na správné uložení stoky a na dokonalé těsnosti spojů, aby se nestala případná havárie. [7]

2.7 GEOMORFOLOGIE

Nadmořská výška se v řešeném území pohybuje od 300 do 328 m n. m. Území je mírně svažité směrem do centra města. Největší nadmořská výška 328 m n. m. je v oblasti Pod Soudním vrchem a nejnižší 300 m n. m. je u bývalých plaveckých bazénů u náměstí Svobody. [4]

2.8 PEDOLOGIE

Ve vybrané oblasti se vyskytují tyto druhy půd:

- hnědozem modální;
- černozem modální;
- antropozem;
- ranker modální;
- kambizem dystrická rankerová. [8]

3 TECHNICKÁ ZPRÁVA

3.1 POPIS ÚZEMÍ STAVBY

V této kapitole se budu zabývat odpadními vodami z hlediska jejich odvádění z území. Dále zde uvidíme fotky z terénu, z takzvané rekognoskace území, která je součástí této práce.

3.2 PROVOZ

Jak již bylo zmíněno, provozovatelem kanalizační sítě ve Znojmě je VODÁRENSKÁ AKCIOVÁ SPOLEČNOST, a.s., divize Znojmo, jejímž ředitelem je pan Ing. Zdeněk Jaroš. Tato společnost provozuje na území Znojma krom kanalizační sítě také vodovodní síť, úpravny vody (celkem 8), čistírny odpadních vod (celkem 26). Čísla jsou udávána pro celé Znojmsko. Délka provozované kanalizační sítě činí 515 km a délka sítě vodovodní 1098 km.

[1]

3.3 ODKANALIZOVÁNÍ VYBRANÉHO ÚZEMÍ

V posuzované lokalitě jsou odpadní vody odváděny třemi různými způsoby. Stokami jednotnými, stokami dešťovými a stokami splaškovými. Nejčastěji vyskytovaným materiálem je beton, případně železobeton, dále potom PVC a kamenina. Vyskytují se zde stoky různých profilů a průměrů. Nejčastěji se jedná o trouby kruhového profilu v dimenzi od DN 200 do DN 800. Část úseků je tvořena vejčitým profilem DN 500/750 a DN 700/1050. Ve Znojmě se nachází poměrně velké množství odlehčovacích komor, které mají za úkol odlehčit stoku od přívalových dešťů. Uspořádání odlehčovacích komor je u každé z nich jiné. Na zkoumané stokové síti se vyskytuje celkem 22 odlehčovacích komor. Já osobně jsem měl možnost vstoupit do 3 z nich.

3.3.1 Odlehčovací komory

Odlehčovací komory jsou nedílnou součástí stokové sítě a dá se říci, že patří mezi nejsložitější objekty na stokové soustavě. Slouží pro převádění přívalových dešťů do vodního recipientu. Fungují na principu toho, pokud hladina odpadní vody ve stoce dosáhne výšky přelivné hrany, vtéká do odlehčovací stoky. Tím je hlavní stoka odlehčena a z odlehčovací stoky je voda vedena ve většině případů do vodního recipientu. Další možností je odvod přepadlé vody do retenční nádrže, ze které může být po přívalové srážce postupně vracena do sítě. Z odlehčovací komory pokračuje stoka takzvanou škrťací tratí, tedy zmenšeným profilem směrem na čistírnu odpadních vod. Mezi nevýhody odlehčovacích komor je z hlediska životního prostředí vnášení čerstvého fekálního znečištění do recipientu. K němu bohužel dochází i přes vysoké nařazení splaškových vod vodou dešťovou. Kvůli fekálnímu znečištění dochází k nepříznivému ovlivnění samočisticích procesů a kyslíkové bilanci v recipientu. Látky vzlínavé a plovoucí se zachycují na břehové vegetaci a tím je zhoršena estetika toku. Je velice důležité stanovit správný stupeň zředění splašků, aby byla zachována čistota vody v recipientu ve stanovených mezích. Existuje mnoho typů odlehčovacích komor. Já zde uvedu několik případů těch nejběžnějších.

- Odlehčovací komory s přepadem:

a) Přímým

Odlehčení je provedeno ve směru osy přiváděcí stoky. Rozdíl mezi každým typem záleží na orientaci přelivu vůči přítoku odpadní vody do OK. Nejčastějším typem je přepad přímý kolmý, přímý šikmý, přímý obloukový a přímý lomený.

b) Bočním

Směr přepadu je odkloněn od směru přiváděcí stoky. Oboustranný přepad umožní oproti jednostrannému zkrátit délku přelivné hrany a tím i délku OK.

- Odlehčovací komory se škrťací tratí:

Škrťací trať je myšlený úsek, který je vložen mezi OK a stoku vedenou k ČOV, jenž má menší průměr. Díky tomu se hladina v komoře vzdouvá a vtok v odtokovém potrubí se zahlcuje. Škrťací trať tedy pracuje v tlakovém režimu, ale jeho průtočná kapacita je téměř beze změn. Škrťací trať se zhotovuje s bočním nebo přímým přepadem.

- Odlehčovací komory s horizontální dělicí stěnou

Fungují na principu horizontálního dělení průtoku. V určité výšce je v OK ve vodorovné poloze umístěn břit, kterým odpadní voda podtéká až do určitého stupně nařazení. Dělení průtoku nastává při větších průtocích. Břit oddělí větší množství, než je určené ředění splašků a odvede ho do recipientu.

- Odlehčovací komory s torzní přepadovou hranou

Tyto odlehčovací komory jsou vybaveny sklopnou pohyblivou klapkou. Ta umožňuje zmenšování velikosti odlehčovacího objektu. Odpadní voda klapku přelévá, sunuté nečistoty, nacházející se na dně potrubí, nejsou proudem strhávány. Klapka funguje bez pomocné energie. Při vysoké hladině se klapka prohýbá a voda přepadá. [12], [13], [31]

- Odlehčovací komory s plastickou přelivnou hranou

Přelivná hrana se prohýbá tlakem přepadající vody, která přepadá až do vytvoření přetlaku, který je způsoben vyšší hladinou ve stoce před hranou.

- Štítové odlehčovací komory

U těchto OK je svislá deska přitlačována k bočnímu přelivu protizávažím. Deska je vodorovně posunuta a voda přepadá až do vytvoření přetlaku, který je způsoben vyšší hladinou ve stoce před deskou.

- Odlehčovací komory s mechanickým předčištěním

Vírové a vířivé separátory, typy s přelivnou hranou uprostřed nádrže, obloukové separátory, norné stěny, česle. [31]

3.3.2 OKDN1

Odlehčovací komora OKDN1 se nachází v katastrálním území Znojmo-Louka a jejím úkolem je odlehčit sběrný řad A. Odlehčená část je svedena do řeky Dyje.

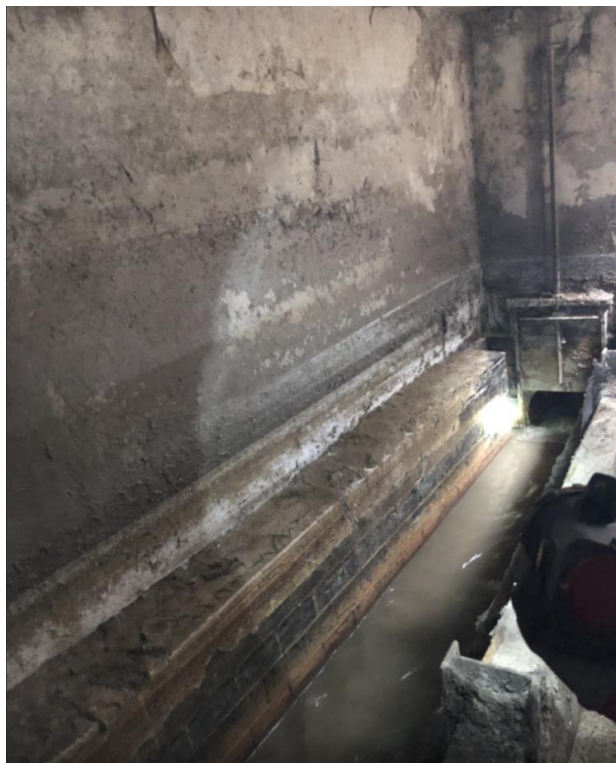


Obr. 3.3. 1 Lokace OKDN1 [10]

OKDN1 je řešena jednostranným bočním přepadem, přes který se voda při přívalové srážce přelévá a odtéká do Dyje. Stoka je železobetonová, vnitřní žlab, odvádějící vodu na ČOV, je obložen čedičem. Prítok do odlehčovací komory je DN 1600.



Obr. 3.3. 2 Prítok do OKDN1 [T. Bártík]



Obr. 3.3. 3 Odvod splaškové vody na ČOV [T. Bártík]

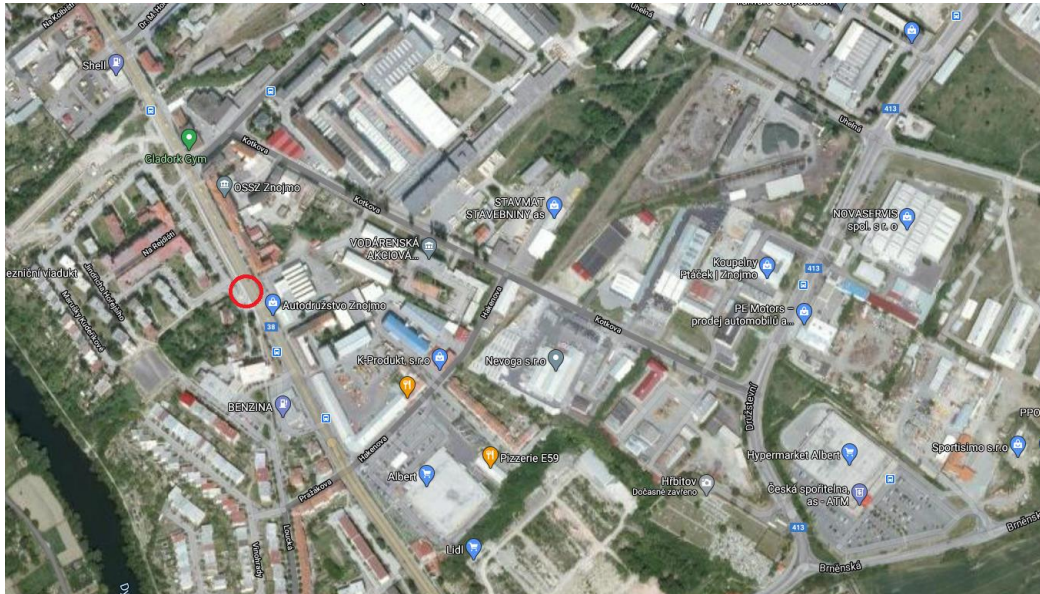
Stavebně technický stav OKDN1:

Kontrola byla provedena pochůzkou, vše bylo zdokumentováno na fotoaparát. Před zahájením pochůzky mi byla odborníky z praxe jasně sdělena BOZP. K dispozici jsem dostal detektor měření plynů, jenž v případě nebezpečí začne signalizačně pípat. Dále jsem dostal jednorázový ochranný oblek, rukavice, baterku a přilbu. Kontrola stavebně-technického stavu byla zaměřena především na stav: vstupních šachet, stupadel, vnitřních prostor, přepadové hrany a potrubí.

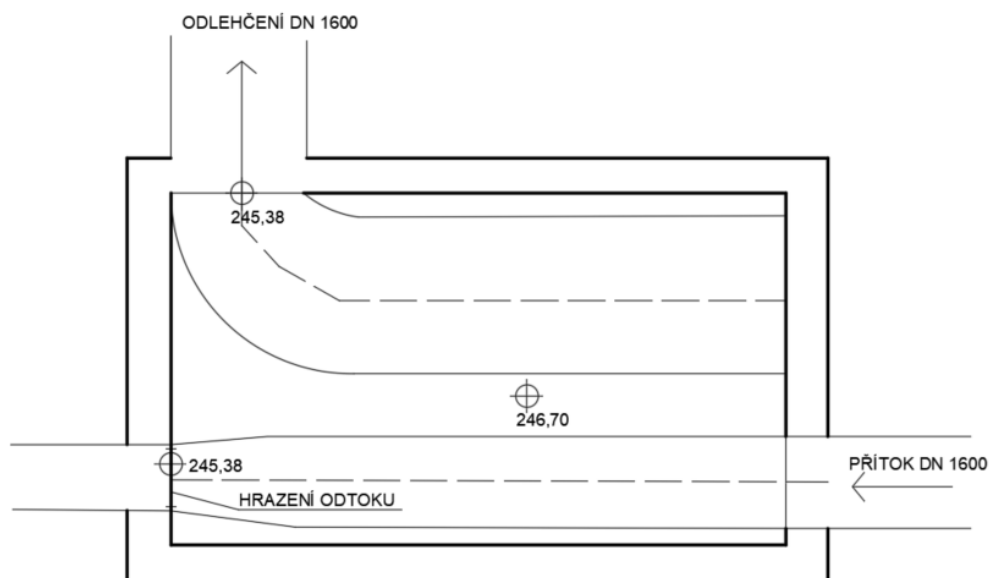
Vstup do revizní šachty je ve velmi dobrém stavu. Stupadla jsou bez opotřebení. Na ostění se vyskytuje plíseň a část omítky je místy oloupaná – viz obr. 3.3 3. Tento jev může být způsoben síranovou korozí betonu. V nátok do OK je usazený sediment. Důvodem může být malý sklon potrubí, kde voda nenabere potřebnou rychlost a některé části sedimentu se zde mohou usadit – viz obr. 3.3 2. Přepadová hrana a potrubí jsou v dobrém stavu.

3.3.3 OK4A

Odlehčovací komora OK4A se nachází v katastrálním území Znojmo-město a jejím úkolem je odlehčit sběrný řad A. Odlehčená část je svedena do řeky Dyje.



Obr. 3.3. 4 Lokace OK4A [10]



Obr. 3.3. 5 Schéma OK4A [T. Bártík]

OK4A je řešena jednostranným bočním přepadem, přes který se voda při přívalové srážce přelévá a odtéká do Dyje. Stoka i vnitřní žlab, odvádějící vodu na ČOV, jsou zděné. Přítok do odlehčovací komory je DN 1600, stejné rozměry má i odtok do Dyje.



Obr. 3.3. 6 Přítok do OK4A [T. Bártík]



Obr. 3.3. 7 Přepadový žlab OK4A [T. Bártík]

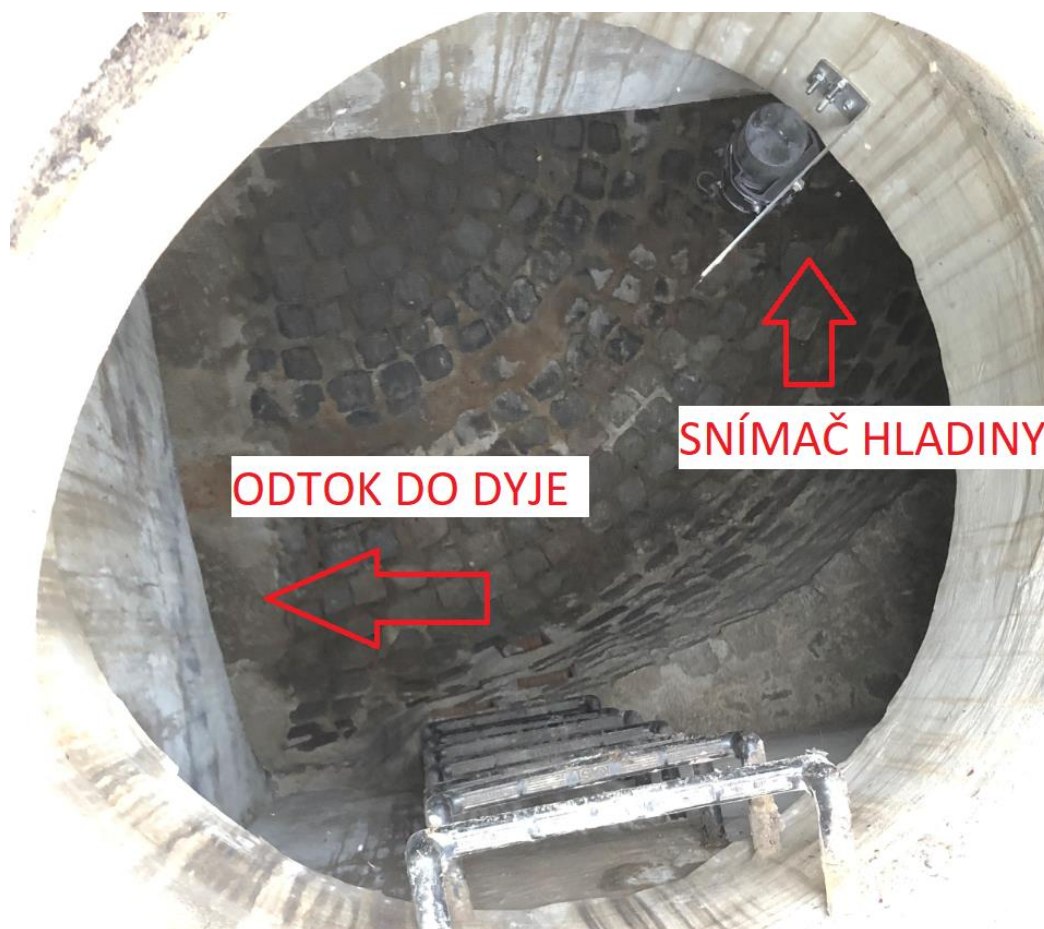


Obr. 3.3. 8 Odtok z OK4A do recipientu [T. Bártík]

Stavebně technický stav OK4A:

Kontrola stavebně-technického stavu proběhla za stejných podmínek jako u předchozí odlehčovací komory. Zkoumali se také stejné parametry, tedy vstupní šachta, stupadla, vnitřní prostory, přepadová hrana a potrubí.

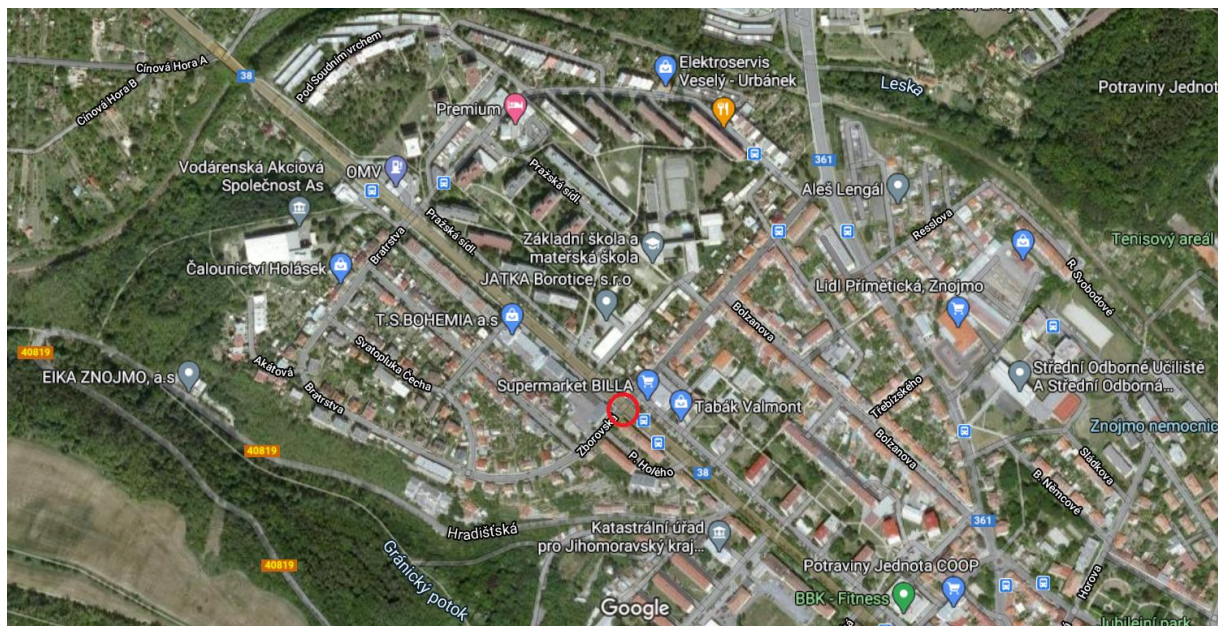
Vstup do revizní šachty je ve velmi dobrém stavu. Stupadla jsou bez opotřebení. Na zemi se nikde nenacházely žádné sedimenty, je zde tedy dostatečný sklon. Přepadová hrana nenese žádné větší známky opotřebení. Tato odlehčovací komora má vysokou přepadovou hranu, to znamená, že odlehčuje pouze při větších deštích. Pro zjištění, kdy je odlehčováno, je v revizní šachtě nainstalováno měřicí zařízení pro snímání hladiny, které měří v intervalu jedné minuty. Měřicí přístroj je zachycen na obrázku číslo 3.3 9. Potrubí je v dobrém stavu.



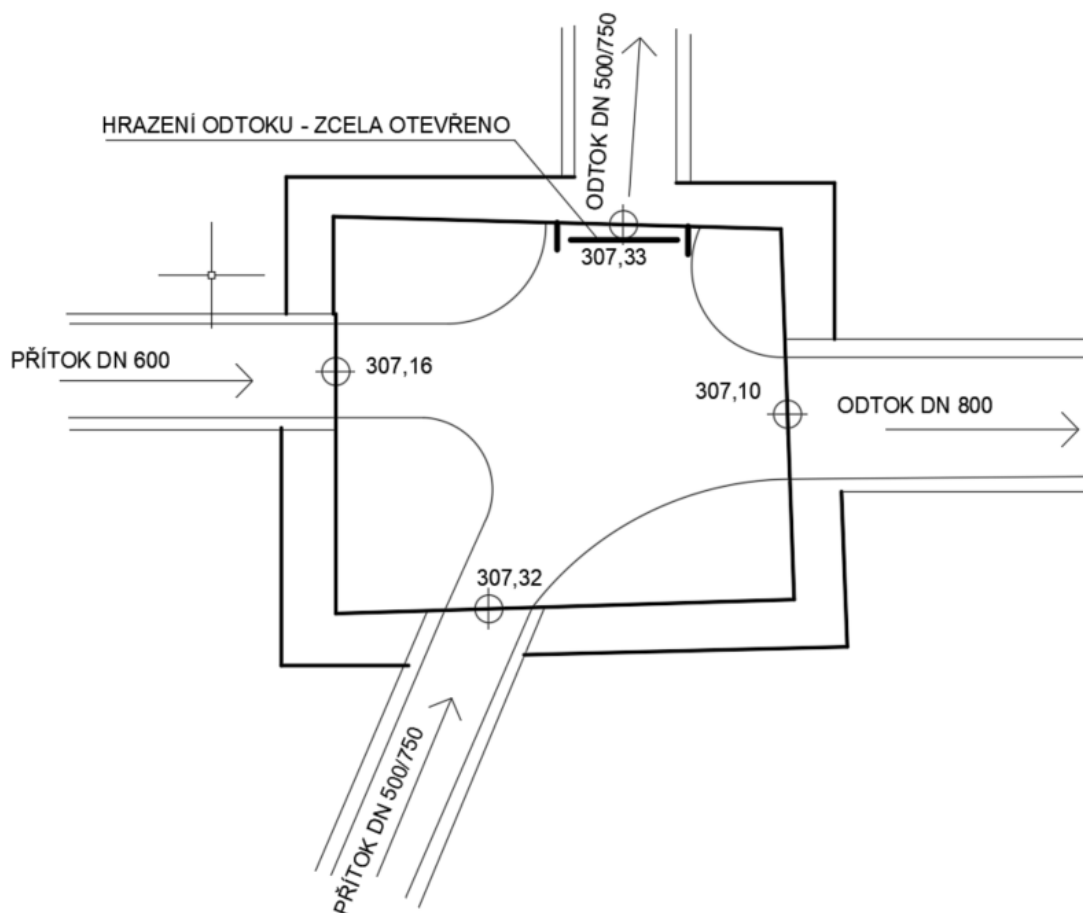
Obr. 3.3. 9 Snímač hladiny v OK4A [T. Bártík]

3.3.4 OK8A

Odlehčovací komora OK8A je vystavěna v katastrálním území Znojmo-město. Jedná se o vůbec první odlehčení, které chrání historické centrum města od přívalové vlny. Tento odlehčovací objekt má dva přítoky a dva odtoky. První přítok je stoka D, má kruhový profil o průměru 600 mm. Druhý přítok je stoka D-16, která je vejčitého profilu o rozměrech 500/750 mm. Dle měrné kampaně a hydraulického modelu obvykle odpadní voda přibližně z 65 % odtéká směrem do centra stokou D. Pokud však je přítok větší, odpadní voda přepadne přes přelivnou hranu, která zde není příliš vysoká (měří 17 cm) a je odlehčena do stoky LA. Stoka LA je vejčitého profilu 500/750 mm a stoka D kruhového profilu DN 800. Do této odlehčovací komory jsem bohužel nevstoupil osobně, protože se její poklop nachází na frekventované ulici. Proto použiji fotografie pořízené pracovníky VAS Znojmo.



Obr. 3.3. 10 Lokace OK8A [10]



Obr. 3.3. 11 Schéma OK8A [T. Bártík]



Obr. 3.3. 12 Přítok do OK8A [VAS Znojmo]



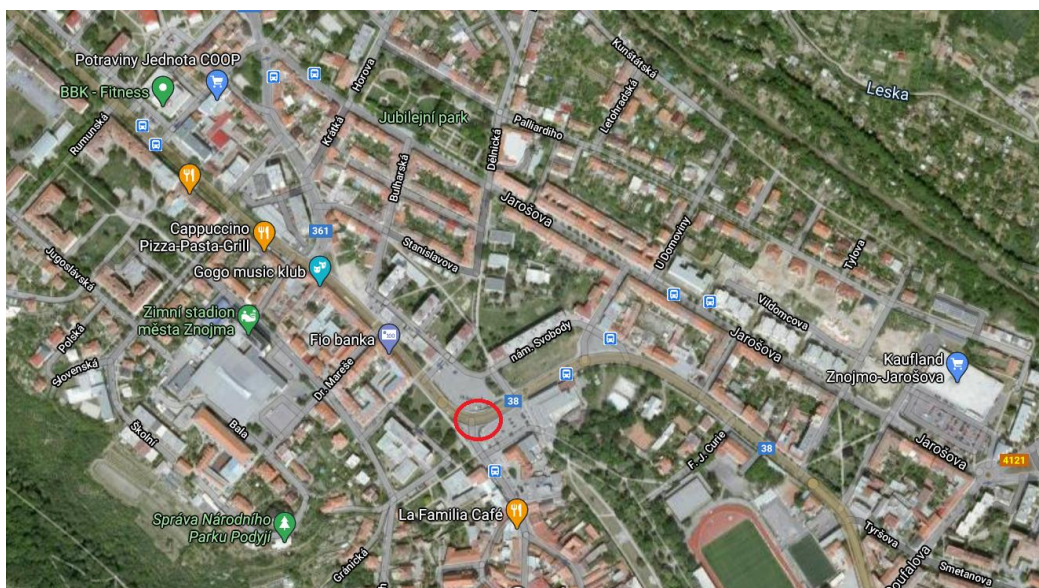
Obr. 3.3. 13 Pohled do OK8A [VAS Znojmo]

Stavebně technický stav OK8A:

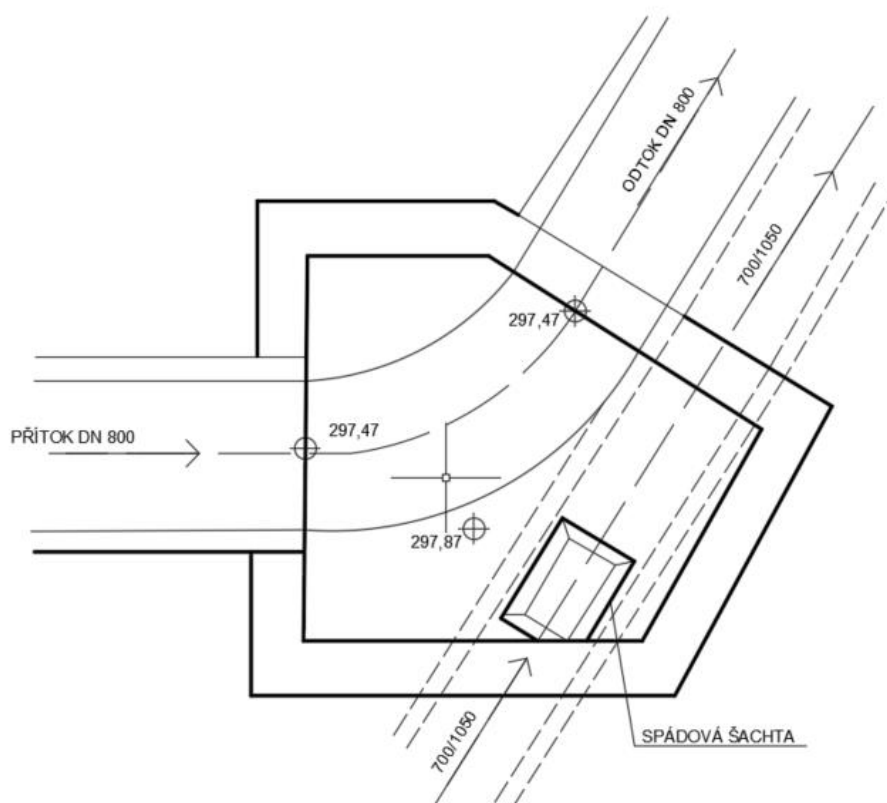
V tomto případě mohu stavebně-technický stav posoudit pouze ze záznamu z kamer. Na přítoku je možné si všimnout síranové koroze na potrubí. Odlehčovací komora je zděná a nenese příliš velké známky opotřebení. Přepadová hrana je v dobrém stavu, odtoková potrubí také. Jediný problém zde je síranová koroze a na přítoku z větve D-16 je poničená stěna od silného proudu vody. To ovšem nijak nebrání ve funkci.

3.3.5 OK7A

Odlehčovací komora OK7A je vystavěna v katastrálním území Znojmo-město. Jedná se o druhý odlehčovací objekt na stoce D, který chrání historické centrum města od přívalové vlny. Tento objekt má jeden přítok a to stoku D. Jedná se o vejčitý profil 500/750 mm. Při větším průtoku voda přepadá přes přelivnou hranu a je odlehčena do stoky D-4, která stoku D podtéká a místy se s ní kříží. Stoka D je po odlehčení jmenovité světlosti DN 800 a stoka D-4 je vejčitého profilu 700/1050. Stejně jako u odlehčovací komory OK8A jsem bohužel neměl možnost vstoupit dovnitř osobně, protože se její vstup nachází na frekventované silnici. Fotografie jsou tedy pořízeny kanalizačním robotem.



Obr. 3.3. 14 Lokace OK7A [10]



Obr. 3.3. 15 Schéma OK7A [T. Bártík]



Obr. 3.3. 16 Odtok z OK7A [VAS Znojmo]



Obr. 3.3. 17 Pohled do OK7A [VAS Znojmo]



Obr. 3.3. 18 Odlehčení do stoky D-4 [VAS Znojmo]

Stavebně technický stav OK7A:

Odlehčovací komora je zděná a jsou na ní patrné známky opotřebení. Jak si můžeme všimnout na obrázku 3.3 16, je zde vidět popraskané zdivo. Přepadová hrana je v dobrém stavu. Na stěnách se místy vyskytuje plíseň a dle kamerového průzkumu jsou na jedné stěně chybějící střepy stěny – viz obr. 3.3 19.



Obr. 3.3. 19 Chybějící střep v OK7A [VAS Znojmo]

3.3.6 Rekognoskace zájmového území

Součástí mé diplomové práce je rekognoskace, tedy jinak řečeno průzkum zájmového území. Průzkum byl uskutečněn dne 1. 10. 2020 za doprovodu vedoucího mé práce. Rekognoskace byla uskutečněna formou pochůzky, při které jsem zaznamenával patřičné informace o okolí na fotoaparát. Zajímal jsem se především o charakter zástavby, druhy povrchů a odtokových linií, směr napojení dešťových svodů ze střech budov do stokové sítě. Struktura zástavby je tvořena různými typy zástavby. Nalezneme zde zástavbu řadovou, rozvolněnou i rozptýlenou. Nachází se tu zejména 2 typy povrchů. Těmi jsou povrchy propustné a nepropustné. Tento poznatek nadále využiji v hydraulickém modelu. Většina nepropustných ploch – rozumíme zpevněných ploch, budov, silnic, chodníků je svedena do dešťových vpustí nebo rovnou do kanalizace. Na následujících snímcích vidíme výsledek rekognoskace.



Obr. 3.3. 20 Rekognoskace zájmového území [T. Bártík]



Obr. 3.3. 21 Rekognoskace zájmového území [T. Bártík]



Obr. 3.3. 22 Rekognoskace zájmového území [T. Bártík]



Obr. 3.3. 23 Rekognoskace zájmového území [T. Bártík]



Obr. 3.3. 24 Rekognoskace zájmového území [T. Bártík]



Obr. 3.3. 25 Rekognoskace zájmového území [T. Bártík]



Obr. 3.3. 26 Rekognoskace zájmového území [T. Bártík]



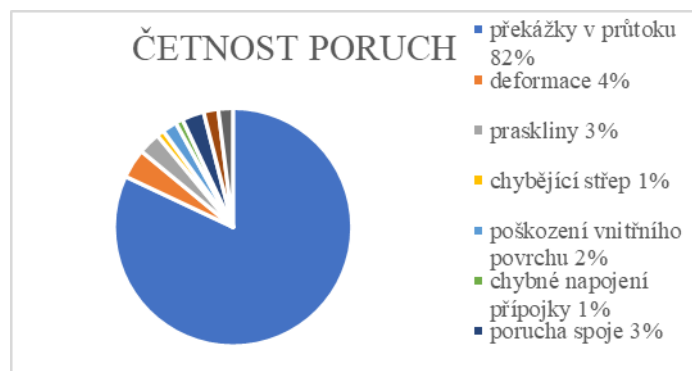
Obr. 3.3. 27 Rekognoskace zájmového území [T. Bártík]

3.4 POSOUZENÍ STAVEBNĚ-TECHNICKÉHO STAVU STOK

Než přejdu přímo na vyhodnocení stavebně-technického stavu vybraných částí stokové sítě, tak bych rád řekl něco obecně k poruchám na stokové síti, kde se nejčastěji vyskytují, jejich charakter a metody jejich monitorování.

K poruše na stokové síti může docházet z mnoha různých příčin. Patří sem stáří stoky, špatné uložení, vnější zásah, či manipulace se sítí. Díky monitoringu lze poruchu zavčas odhalit. Nyní zde uvedu krizová místa, kde k poruchám často dochází. Jsou to místa, kde hrozí zanešení kanalizace. Nejčastější problémem bývají shybky, při podchodu jiné existující inženýrské sítě, či jiné překážky, kterým se musí stoka vyhnout. Tato místa je z preventivních důvodů potřeba kontrolovat častěji než zbytek stoky. Další kritické místo může být přípojka, odlehčovací komora, nevhodně postavený soutokový objekt nebo přečerpávací stanice odpadních vod.

Řekněme si něco k charakteru poruch. Problém může být špatně napojená přípojka, která zasahuje do profilu stoky, způsobí zanášení a usazení sedimenty a tím sníží průchodnost kanalizace. Velká příčina poruch bývá způsobena stářím kanalizace, deformací potrubí nebo posunem potrubí. Porucha může být způsobena i vnějšími zásahy. Zde bych uvedl například protlačení vodovodního nebo plynového potrubí skrz stoku. [11]. Pro zajímavost přikládám graf četnosti a druhů poruch na stokových sítích v České republice za rok 2009.



Graf. 3.4 Četnost poruch [32]

3.5 METODY MONITORINGU

Metody monitoringu máme v podstatě dvojího druhu. Řadíme je na vizuální technologie a fyzikální technologie. Mezi vizuální technologie patří: Kamerové systémy CCTV, šachtové kamery a laserové skenery. Mezi technologie fyzikální patří například georadar, díky němuž lze vyhledat polohu potrubí a zkoumat dutiny a kaverny v okolí stoky. Podrobněji jsem se zabýval jednotlivými technologiemi ve své bakalářské práci.

Pro správný návrh z hlediska sanace nebo obnovy stokových systémů je posouzení stavebně-technického stavu naprosto nezbytné. Dále se využívá například pro hydraulické posuzování stokových systémů.

Pro posouzení vybraných úseků jsem využil kamerové záznamy, pořízené kanalizačním robotem pracovníky VODÁRENSKÉ AKCIOVÉ SPOLEČNOSTI, a. s., Divize Znojmo. Z těchto záznamů jsem provedl podrobné posouzení stavebně-technického stavu společně s popisem nalezených chyb. Veškeré záběry ze stok jsou nahrané na přiloženém CD v deskách mé práce.

Při posuzování stavebně-technického stavu stokových sítí je zpracováno velké množství fotografií a kamerových záznamů. Proto může být výsledek vyhodnocení od různých pracovníků odlišný. Záleží na zkušenostech pracovníka a na jeho citu pro práci s daty. Chyby tedy mohou být ovlivněny lidským faktorem. V zahraniční literatuře jsem se dočetl, že existuje systém pro automatické zpracování videozáznamů z prohlídek a klasifikace chyb metodou „hierarchial deep learning“ za pomoci neuronových sítí. [14]

V rámci vodárenských společností si může všimnout různých metod hodnocení stavebně-technického stavu stok. Uvedu zde několik příkladů jak ze světa, tak od nás. V Hamburgu mají svou vlastní metodu, která je založena na bodovém ohodnocení jednotlivých poruch [15]. Vodárny v Berlíně používají klasifikaci pěti kategorií technického stavu. Posouzení je založeno na bodovém systému [16]. V Brně je využita klasifikace 0-4, přičemž 0 je stav

nejhorší a třída 4 je potrubí bez defektů. V Holandsku-Stichting RIONED. Je zde katalog osmnácti poruch, přičemž je každá porucha zvlášť zaříděna do pěti podkategorií [17].

Já v této práci využívám metodiku hodnocení dle návrhu - TNV 75 6905 metodika hodnocení technického stavu kanalizační sítě [18]. Je to návrh a metodika ústavu vodního hospodářství obcí naší fakulty, jejímž zpracovatelem byl doc. Ing. Ladislav Tuhovčák, Csc. (část vodovody) a doc. Ing. Jaroslav Raclavský, Ph.D. (část kanalizace). Metodika byla vydána roku 2006.

Její uplatnění je pro posouzení technického stavu venkovních stokových systémů a kanalizačních přípojek. Posuzuje se od místa opuštění odpadní vody z budovy, nebo na přítoku dešťové vody do vpusti, po vtok do ČOV nebo vodního recipientu.

Metodika využívá kódovacího systému na popis stavu, jenž byl zjištěn vizuální kontrolou zevnitř stok, kanalizačních přípojek a ve vstupních či revizních šachtách. Metoda hodnocení technického stavu kanalizační sítě je založena na bodovém hodnocení potrubí se zaříděním do pěti kategorií – viz. Tab. 3.5 1 [19]

Tab. 3.5. 1 Kategorie zařídění stavu a objektů na stokové síti [19], [20]

KATEGORIE	STAV	POPIS
K1	velmi dobrý	Optimální stav příslušného ukazatele. Nevyžadují se žádná opatření vedoucí ke změnám tohoto ukazatele. Nepředpokládá se výrazná změna hodnoty ukazatele i v delším časovém období.
K2	dobrý	Nízká míra rizika příslušného ukazatele technického stavu. Nevyžaduje se žádné technické opatření ani v blízké budoucnosti.
K3	vyhovující	Průměrné hodnoty příslušného ukazatele, které však nevyžadují okamžitá řešení, ale v budoucnosti lze předpokládat změnu hodnoty ukazatele.
K4	kritický	Kritické hodnoty příslušného ukazatele. To znamená, že by měla být realizována případně plánována opatření na řešení tohoto stavu.
K5	nevyhovující	Nežádoucí/nefunkční stav. Je požadováno dle možností provozovatele okamžité řešení, které povede k dosažení lepších hodnot příslušného ukazatele.

Tab. 3.5. 2 Časový horizont pro odstranění poruchy dle jednotlivé kategorie [19], [20]

KATEGORIE	POPIS
K1	odstranění poruchy v rámci jiných stavebních úprav
K2	odstranění poruchy v dlouhodobém časovém horizontu
K3	odstranění poruchy ve střednědobém časovém horizontu
K4	odstranění poruchy v krátkodobém časovém horizontu
K5	neprodlené/neodkladné odstranění poruchy

Tab. 3.5. 3 Technické ukazatele stokových sítí [19], [20]

Technický ukazatel	Popis poruchy	Třída poruchy 5	Třída poruchy 4	Třída poruchy 3	Třída poruchy 2	Třída poruchy 1
		K5	K4	K3	K2	K1
TU 1	prolomení/zborcení trouby	zborcení konstrukce	chybějící části trouby	neposuzuje se	neposuzuje se	neposuzuje se
TU 2	trhliny v potrubí	posunutí části stěny, deformace profilu	prasklina/trhlina > 0,5 mm, výrazný pokles trub ve spoji, chybějící střep > 10cm ²	prasklina/trhlina 0,2-0,5 mm, počáteční vznik úlomků, chybějící střep 5-10 cm ²	prasklina/trhlina < 0,2 mm, chybějící střep < 5 cm ²	bez poškození
TU 3	netěsnost	silný lokální vtok, významný zdroj balastních vod	vtékající voda-tenký/bodový vodní paprsek	průsak vody po kapkách	zřetelná vlhkost	žádná viditelná netěsnost
TU 4	přesazení trubek					
	DN<300	neurčeno	> 2 cm	1 - 2 cm	< 1 cm	žádné přesazení
	300<DN<600		> 3 cm	2 - 3 cm	1 - 2 cm	< 1 cm
	600<DN<1000		> 4 cm	3 - 4 cm	2 - 3 cm	< 2 cm
	1000<DN		> 5 cm	4 - 5 cm	3 - 4 cm	< 3 cm
TU 5	nesprávné uložení profilu výšky [%] v hrdle nebo ve spádu	neurčeno	> 50 %	25 - 50 %	10 - 25 %	< 10 %
TU 6	prorůstání kořenů	kořenové opony 25 % DN a více	kořenové opony 10 - 25 % DN	kořenové opony < 10 % DN	jednotlivé kořeny o průměru min 0,5 cm	jednotlivé vlásečnicové kořeny
TU 7	překážky v odtoku	usazeniny > 25 % výšky stoky	usazeniny 10 - 25 % výšky stoky	usazeniny 5 - 10 % výšky stoky	usazeniny < 5 % výšky stoky	bez usazenin
TU 8	obrus	plošný/vícečetný rýhový obrus o hloubce > 3 cm	plošný/vícečetný rýhový obrus o hloubce 1 - 3 cm	plošný/vícečetný rýhový obrus o hloubce < 1 cm	neposuzuje se	
TU 9	koroze	značné poškození stěny trouby přecházející do perforace stěny	projevy hloubkové koroze, zasahující do kce stěny v celé délce úseku	povrchové korozní napadení vnitřního povrchu stoky ve > 50 % délky úseku	lokální projevy povrchového korozního napadení vnitřního povrchu stoky	bez poškození
TU 10	deformace profilu	neurčeno	> 10 %	5 - 10 %	< 5 %	bez deformace

3.5.1 Kategorické zařídění technických ukazatelů

Obvykle je hodnocen úsek mezi dvěma po sobě následujícíma šachtama nebo úsek, mající stejné rozměry a je stejného stáří. Jednotlivé úseky jsou po prohlídkách ohodnoceny technickými ukazateli TU. Po vyhodnocení každého úseku je potřeba provést označení, pokud je potřeba úsek opravit. Využívá se těchto značek:

- OB – obnova po délce
- LO – lokální oprava
- BZ – není třeba zásahu

Technický stav i-tého úseku TSU_i je počítán dle vzorce:

$$TSU_i = \sum_{j=1}^n TU_j \cdot W_j$$

TU_j – hodnota třídy poruchy j-tého technického ukazatele (viz tab. 3.5 3)

W_j – váha přiřazená příslušnému ukazateli TU_j (vždy platí: $\sum W_j = 1$).

n – počet použitých technických ukazatelů

Doporučené váhové hodnoty pro každý ukazatel jsou vypsány v následující tabulce.

Tab. 3.5. 4 Doporučené váhové hodnoty W_j pro technický ukazatel TU_j [21]

	TU1	TU2	TU3	TU4	TU5	TU6	TU7	TU8	TU9	TU10
W _j pro tuhé trouby	0,3	0,2	0,1	0,1	0,05	0,05	0,05	0,05	0,1	-
w _j pro poddajné trouby	0,4	-	0,1	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,2
W _j pro částečně poddajné trouby	0,4	-	0,1	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,2

Při zpracování dlouhodobých a střednědobých plánů sanací stokových sítí se každý úsek stoky nebo přípojka hodnotí příslušnou hodnotou ukazatele TSU_i, která je přiřazena do kategorie viz. Tab. 3.5 3. Úsek, který byl vyhodnocen dle technického stavu jako nejhorší NZTSU_i má hodnotu nejhorší třídy poruchy, zjištěné na daném úseku. Hodnota NZTSU_i je využívána při krátkodobém plánování sanací stokových sítí nebo kanalizačních přípojek. [21]

Tab. 3.5. 5 Zařazení TSU do kategorie

Kategorie	TSU od-do (včetně)
K1	1-1,5
K2	1,5-2,5
K3	2,5-3,5
K4	3,5-4,5
K5	4,5-5

3.6 VYHODNOCENÍ STAVEBNĚ-TECHNICKÉHO STAVU VYBRANÝCH ÚSEKŮ STOKOVÉ SÍTĚ

Tato část práce se bude zabývat vyhodnocením stavebně-technického stavu vybraných úseků na stokové síti. Záznamy z úseků byly pořízeny televizní inspekční kamerou pracovníky vodárenské akciové společnosti Znojmo. Vodárenská akciová společnost mimo jiné dodala i potřebné mapové podklady pro lepší orientaci na stoce. Prohlížené záznamy jsou vloženy na CD, které je přílohou této diplomové práce.

Vyhodnocení stavebně-technického stavu bylo vypracováno na stokové síti města Znojmo. Toto město leží v Jihomoravském kraji nedaleko rakouských hranic. Ve městě žije necelých 34 000 obyvatel. Průměrná nadmořská výška je 290 m n. m.

K vyhodnocování jsem si vybral 2 delší úseky, které jsem si rozdělil na jednotlivé podúseky. Pojmem podúsek rozumíme část stoky mezi dvěma mezilehlými šachtami. První úsek začíná v ulici Otakara Březiny. Pokračuje do ulice Zborovské, prochází skrze ulici Pražskou do ulice Legionářské a následně zahýbá do ulice Přímětické. Tento úsek spadá pod kanalizační řad D-16. Druhý hodnocený úsek je vedený Gagarinovou ulicí a spadá pod kanalizační řad LA-1. Celková délka prvního hodnoceného úseku činí 510,56 m. Kanalizace je zde z největší části vybudována z prostého betonu s vystýlkou a má vejčitý tvar o rozměrech 500/750 mm. Celková délka druhého hodnoceného úseku činí 348 m. Kanalizace je zde vybudována z prostého betonu. Nejprve se jedná o kruhový průřez DN 400, poté kruhový průřez DN 500 a ten se rozšiřuje ve vejčitý profil o rozměrech 700/1050 mm. Stoka je v obou úsecích vedena v silnici s asfaltovým povrchem a jeden krátký podúsek v zeleném pásu. Stokovou síť provozuje Vodárenská akciová společnost.



Obr. 3.6. 1 Schéma vyhodnocovaných úseků ve městě Znojmo [T. Bártík]

3.7 VYBRANÉ ÚSEKY

Jak již bylo výše zmíněno, vyhodnocení stavebně-technického stavu stok bylo vykonáno ve Znojmě. Kamerové záznamy byly pořízeny kanalizačním robotem, na kterém byla připevněna CCTV kamera včetně osvětlení. Závady na stokové síti byly pro každý úsek zaříděny dle normy ČSN EN 13508-2 a byly patřičně okódovány. Všechny úseky mohl kanalizační robot projet, s výjimkou jednoho úseku a to číslo 117389. V tomto úseku se tvořily nánosy toaletního papíru, přes které se vozík nedostal. Žádný z vyhodnocovaných úseků nebyl v destruktivním stavu, ale v mnoha místech chybí části trub, jsou posunuté kanalizační spoje, tvoří se silná síranová koroze a jiné. Přesnější popis včetně mých návrhů na sanaci bude následovat pro každý úsek samostatně v následující části diplomové práce. Fotografie, ukazující různá poškození, jsou pořízeny VAS Znojmo. Vyhodnocení všech úseků nalezneme v tabulkách v příloze číslo 1.

Následujícím krokem bylo zařazení do kategorií. Využil jsem metodiky vedoucího mé diplomové práce doc. Ing. Jaroslava Raclavského. Stokovou síť jsem si rozdělil do jednotlivých úseků, vždy mezi dvěma po sobě jdoucími šachtami. Jednotlivé úseky byly hodnoceny dle technických ukazatelů pro tuhé trouby dle tabulky 3.5 3. V každém úseku byl spočítán technický stav a následně bylo rozhodnuto, jak by mohla být provedena sanace (LO, OB, BZ). Výsledné technické ukazatele jsou v příloze číslo 2.

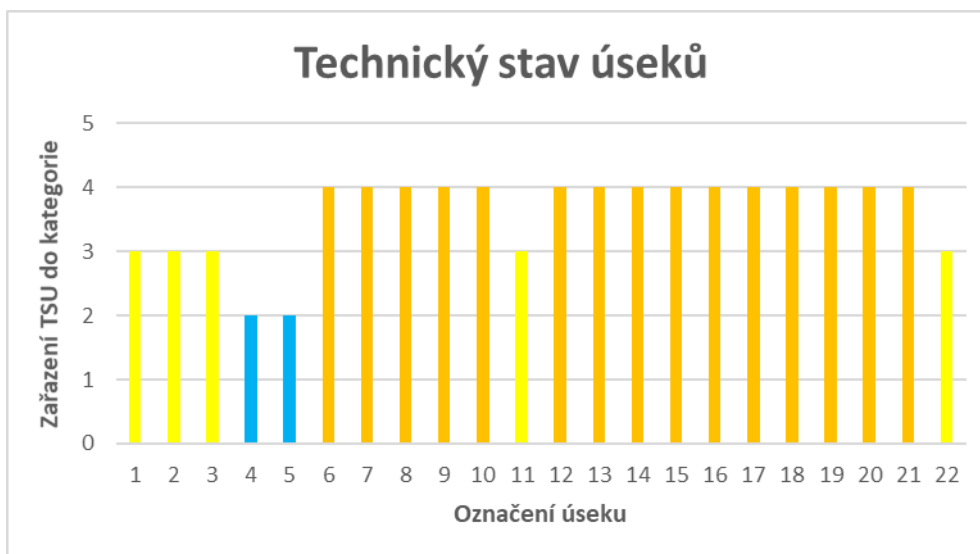
Tab. 3.7. 1 Využité technické ukazatele

Technický ukazatel	Popis poruchy
TU1	prolomení/zborcení trouby
TU2	trhliny v potrubí
TU3	netěsnost
TU5	posunutý trubní spoj
TU7	překážky v odtoku
TU9	koroze

Z celkového počtu 22 hodnocených úseků spadají svým technickým stavem 2 úseky do kategorie K2. Jedná se o dobrý stav, pro který se nevyžadují žádná technická opatření v blízké budoucnosti. Pět úseků bylo zařazeno do kategorie K3. Tento stav je hodnocen jako vyhovující. Nejsou požadována okamžitá řešení, ale do budoucna lze předpokládat změnu ukazatele k horšímu stavu, tedy bylo by dobré úseky sanovat. Zbytek úseků, tedy celkem 15, bylo zařazených do kritické kategorie K4. V těchto případech by měla být naplánována opatření pro změnu tohoto stavu. Tímto problémem se budu zabývat v další části mé práce. Technický stav jednotlivých úseků můžeme vidět v následující tabulce.

Tab. 3.7. 2 Kategorické zařazení úseků [T. Bártík]

Označení úseku	Číslo úseku	Řad	Šachty	Materiál	DN	Délka úseku	Zařazení TSU do kategorie
[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[mm]	[m]	[-]
1	117661	D-16	1434-1436	beton	500/750	58.80	K3
2	117644	D-16	1436-1435	beton	500/750	38.40	K3
3	117643	D-16	1435-1182	beton	500/750	38.00	K3
4	123318	D-16	1182-3140	beton	500/750	3.85	K2
5	116178	D-16	1321-3140	ŽB	600	3.85	K2
6	115312	D-16	1321-1322	beton s vystýlkou	500/750	61.50	K4
7	115313	D-16	1322-1323	beton s vystýlkou	500/750	4.76	K4
8	117930	D-16	1323-1765	beton s vystýlkou	500/750	95.30	K4
9	117929	D-16	1765-1764	beton s vystýlkou	500/750	29.40	K4
10	124664	D-16	1764-1763	beton s vystýlkou	500/750	99.70	K4
11	117931	D-16	1763-1327	beton s vystýlkou	500/750	77.00	K3
12	116521	LA-1	1814-1808	beton	400	30.80	K4
13	115417	LA-1	748-745	beton	500	32.00	K4
14	116962	LA-1	745-1803	beton	500	11.50	K4
15	117389	LA-1	1803-1801	beton	500	33.80	K4
16	116526	LA-1	1801-734	beton	500	35.50	K4
17	116963	LA-1	734-1799	beton	500	16.30	K4
18	116527	LA-1	1799-742	beton	500	18.00	K4
19	116528	LA-1	742-1796	beton	500	48.00	K4
20	116529	LA-1	1796-741	beton	500	33.20	K4
21	116558	LA-1	741-7573	beton	500	38.90	K4
22	119075	LA-1	1327-7573	beton s vystýlkou	700/1050	50.00	K3



Graf 3.7. 1 Kategorie zatřídění úseků [T. Bártík]

Nyní si popíšeme každý úsek samostatně a na fotografiích ukáži problematická místa.

Tab. 3.7. 3 Seznam posuzovaných úseků [T. Bártík]

číslo úseku	délka [m]	DN [mm]	materiál	druh stoky	ulice
117661	58.80	500/750	beton	jednotná	Otakara Březiny
117644	38.40	500/750	beton	jednotná	Zborovská
117643	38.00	500/750	beton	jednotná	Zborovská
123318	3.85	500/750	beton	jednotná	Pražská
116178	3.85	600	ŽB	jednotná	Pražská
115312	61.50	500/750	beton s vystýlkou	jednotná	Legionářská
115313	4.76	500/750	beton s vystýlkou	jednotná	Legionářská
117930	95.30	500/750	beton s vystýlkou	jednotná	Legionářská
117929	29.40	500/750	beton s vystýlkou	jednotná	Legionářská
124664	99.70	500/750	beton s vystýlkou	jednotná	Legionářská
117931	77.00	500/750	beton s vystýlkou	jednotná	Legionářská
116521	30.80	400	beton	jednotná	Gagarinova
115417	32.00	500	beton	jednotná	Gagarinova
116962	11.50	500	beton	jednotná	Gagarinova
117389	33.80	500	beton	jednotná	Gagarinova
116526	35.50	500	beton	jednotná	Gagarinova
116963	16.30	500	beton	jednotná	Gagarinova
116527	18.00	500	beton	jednotná	Gagarinova
116528	48.00	500	beton	jednotná	Gagarinova

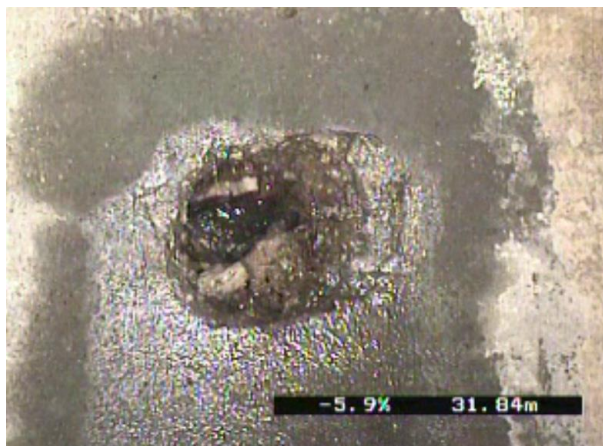
116529	33.20	500	beton	jednotná	Gagarinova
116558	38.90	500	beton	jednotná	Gagarinova
119075	50.00	700/1050	beton s vystýlkou	jednotná	Přímětická

Úsek č. 117661 – ul. Otakara Březiny

Následující úseky až na jeden jsou vejčitého profilu 500/750 mm. Tento úsek délky 58,8 m byl zařazen do kategorie K3. Nebyla zde nalezena žádná vážnější závada.

Úsek č. 117644 – ul. Zborovská

Úsek délky 38,4 m byl zařazen do kategorie K3. Na tomto úseku již byly prováděny opravy v celé délce maltovou injektáží. Podél vystýlky se tvoří síranová koroze. Nachází se tu prasklina, kterou bych řešil injektáží. Dále je zde jeden průsak, který je třeba zaslepit a poškozené zdivo kolem přípojky, které bych injektoval.



Obr. 3.7. 2 Průsak

Úsek č. 117643 – ul. Zborovská

Úsek zařazen do kategorie K3. Je zde rozlomené zdivo. Toto místo bych opravil vybetonováním. Nachází se tu průnik neznámého potrubí, který snižuje průtočnou plochu při velkých průtocích.



Obr. 3.7. 3 Rozlomené zdivo



Obr. 3.7. 4 Průnik neznámého potrubí

Úseky č. 123318, 116178 – ul. Pražská

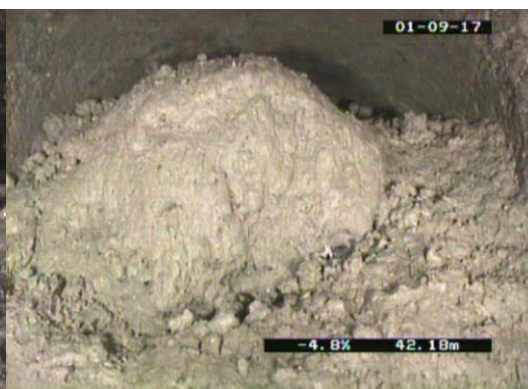
V tomto úseku nenalezeno žádné poškození. Úseky zatříděny do kategorie K2, není třeba oprav. Úsek č. 116178 je kruhového profilu DN 600.

Úsek č. 115312 – ul. Legionářská

Po celé délce úseku, tedy 61,5 m, se vyskytuje síranová koroze. Místy se vyskytují chybějící části zdiva, mohou vznikat kaverny. Je zde případ zanešené kanalizační přípojky. Přípojku navrhuji vyčistit a chybějící části zdiva injektovat. Úsek zatříděn do kategorie K4.



Obr. 3.7. 5 Chybějící část zdiva



Obr. 3.7. 6 Zanešená kan. přípojka

Úsek č. 115313 – ul. Legionářská

V tomto úseku je místy poškozené zdivo, výskyt síranové koroze. Lze sanovat injektáží. Kategorie úseku je K4.



Obr. 3.7. 7 Důsledek síranové koroze

Úsek č. 117930 – ul. Legionářská

Po celé délce úseku – 95,3 m je podél vystýlky síranová koroze. Kategorie úseku K4. Zdivo je místy poškozeno. U přípojek poškození zdiva. Úsek bych opravil injektáží.



Obr. 3.7. 8 Chybějící zdivo

Obr. 3.7. 9 Poškozené zdivo u přípojky

Úsek č. 117929 – ul. Legionářská

Poškození zdiva v celém úseku v důsledku síranové koroze. Úsek spadá do kategorie K4. Lze vyřešit injektáží celého úseku.



Obr. 3.7. 10 Poškození důsledkem síranové koroze

Úsek č. 124664 – ul. Legionářská

Na tomto úseku je chybějící zdivo ve více částech. Úsek měří bezmála 100 m, proto bych doporučil vybudování nové revizní šachty po padesáti metrech. V jednom místě je viditelný průsak splašků ze zaslepené přípojky. Sanaci bych řešil nejprve vybetonováním chybějících částí zdiva a poté bezvýkopovou technologií pomocí rukávce a to z důvodu, že se úsek vyskytuje na frekventované komunikaci. Úsek kategorizován do skupiny K4.



Obr. 3.7. 11 Průsak splašků

Obr. 3.7. 12 Chybějící zdivo

Úsek č. 117931 – ul. Legionářská

Celý úsek o délce 77 m již sanován maltovou injektáží. Po celé délce výskyt síranové koroze. Osobně bych vybudoval jednu revizní šachtu, aby bylo možné provést vstup po vzdálenosti menší než 77 m – umístil bych ji doprostřed úseku. Úsek zařazen do kategorie K3.



Obr. 3.7. 13 Oprava maltovou injektáží

Úsek č. 116521 – ul. Gagarinova

Jedná se o úsek dlouhý 30,8 m kruhového profilu DN 400, materiál beton. Dá se říci, že každé napojení trubního spoje je posunuto minimálně o 30 mm a je zde problém, že se splašková voda může infiltrovat do okolního prostředí a může dojít ke vzniku kaveren nebo kontaminaci půdy. U přípojky si můžeme všimnout trhlin v místě napojení. Úsek bych doporučil sanovat pomocí rukávce, aby se eliminovala možnost průsaku splaškových vod do okolí. Kategorie úseku K4.



Obr. 3.7. 14 Posunutý trubní spoj



Obr. 3.7. 15 Trhliny v místě napojení

Úsek č. 115417 – ul. Gagarinova

Úsek kruhového průřezu DN 500 o délce 32 m je zkorodován. Všechny trubní spoje posunuty min. o 30 mm. V místě přípojky je poškozené zdivo – řešil bych injektáží. Kategorie úseku je K4. Celý úsek bych sanoval pomocí rukávce.



Obr. 3.7. 16 Porušené ostění v místě přípojky

Úseky č. 116962, 117389 – ul. Gagarinova

Úseky jsou kruhového profilu DN 500 z betonu a mají v podstatě naprosto stejné problémy. Jsou zkorodované a každý trubní spoj je posunut o min. 30 mm. Ve druhém úseku číslo 117389 musela být prohlídka ukončena dříve, protože se ve stoce vytvořily nánosy toaletního papíru, kterými kanalizační robot nedokázal projet. Oba úseky spadají do kategorie K4. Zanešený úsek bych nejprve vyčistil a poté oba úseky sanoval pomocí rukávce, aby voda skrz mezery mezi spoji nepronikala do okolního prostředí.



Obr. 3.7. 17 Posunutý trubní spoj a koroze



Obr. 3.7. 18 Usazenina toaletního papíru

Úseky č. 116526, 116963 – ul. Gagarinova

Úseky jsou stejně jako předchozí kruhového profilu DN 500 a mají opět společné závady. Každý trubní spoj je posunut min. o 30 mm. Dále jsou to chybějící střepty ve stěnách. To by se dalo řešit lokální opravou a rukávem. Větší problém v těchto úsecích jsou protispády. Kategorie úseků je K4. Sanaci chybějících střeptů bych řešil zabetonováním a následným zatažením rukávce. V místech, která jsou v protispádu, by bylo zapotřebí otevřeného výkopu a upravení podloží, aby se protispád zrušil.



Obr. 3.7. 19 Chybějící střept



Obr. 3.7. 20 Protispád

Úseky č. 116527, 116528 – ul. Gagarinova

Všechny spoje v délce úseků 18 a 48 m posunuty min. o 30 mm. Poškozené ostění v místě napojení přípojek. Ostění u přípojek bych sanoval injektáží a následně protažení rukávce v celé délce obou úseků. Oba úseky jsou v kategorii K4.



Obr. 3.7. 21 Poškozené ostění

Úsek č. 116529 – ul. Gagarinova

Opět všechny spoje potrubí posunuty po celé délce 33,2 m. Další problém zde tvoří protispády, které se vyskytují ve třech částech úseku. Dle mého názoru nebyl podsyp správně zhutněn, a proto se zde vytvořily protispády. Kategorie K4. Doporučil bych výměnu celého úseku otevřeným výkopem.



Obr. 3.7. 22 Protispád

Úsek č. 116558 – ul. Gagarinova

V tomto úseku se vyskytuje jediný problém, a to jsou posunuté trubní spoje. Spadá do kategorie K4. Navrhuji pro sanaci bezvýkopovou technologii rukávцем.

Úsek č. 119075 – ul. Gagarinova

Úsek délky 50 m vejčitého průřezu o rozměrech 700/1050 mm již byl sanován cementovou maltou. Nevyskytují se zde žádné větší problémy. Zařadil jsem ho do kategorie K3.

3.7.1 Posouzení kanalizačních šachet

Po posouzení vybraných úseků následovalo posouzení kanalizačních šachet. Šachty byly vybrány na posuzovaných úsecích a byly hodnoceny dle stejné metodiky, tedy dle metodiky doc. Ing. Jaroslava Raclavského. V posuzovaných šachtách byly nalezeny tyto závady:

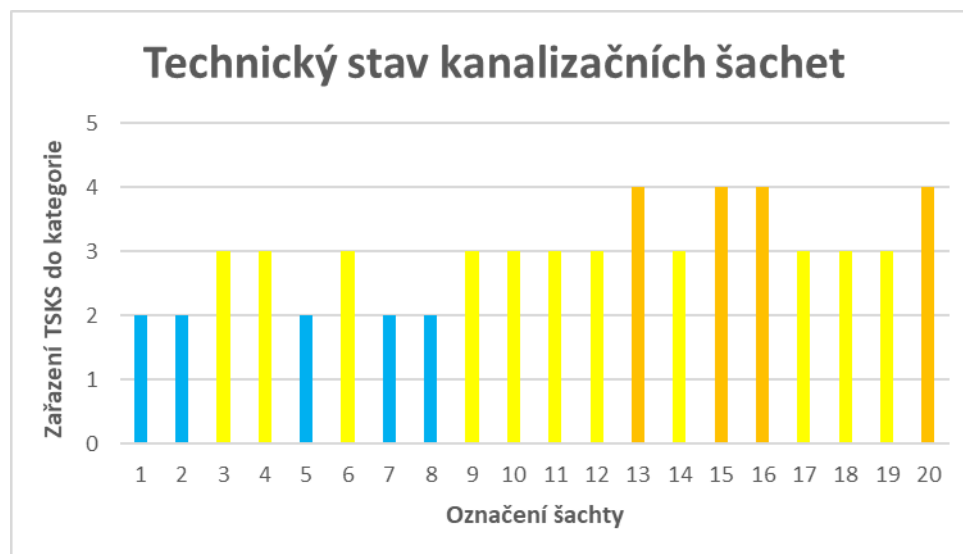
- TU1 – porušení konstrukce šachty
- TU3 – netěsnosti
- TU9 – koroze
- TU11 – poškození stupadla nebo žebříku
- TU12 – poškození poklopu nebo rámu

Vyhodnocení stavebně technického stavu kanalizačních šachet probíhalo na 20 vybraných šachtách a dopadlo následovně. Většina z nich byla zařazena do kategorie K3, což je vyhovující stav. V tomto případě navrhuji pouze lokální opravy. Například výměnu stupadel nebo dobetonování chybějícího pojiva. Pět šachet bylo zařazeno do kategorie K2, která je značena jako stav dobrý. V těchto případech není třeba nic opravovat a dle mého názoru budou šachty ještě několik let bez problému. Zbytek šachet jsem zařadil do kategorie K4, což

je stav kritický. V těchto případech byla porušena konstrukce, chyběla stupadla nebo se zde vyskytovala silná síranová koroze. Tyto šachty bych doporučil předělat. Slouží už delší dobu a je zde riziko, že se v blízké budoucnosti mohou dostat do nevyhovujícího stavu. Posouzení včetně výsledků ukazují v následující tabulce a grafu.

Tab. 3.7. 4 Posouzení stavebně-technického stavu kanalizačních šachet [T. Bártík]

Označení šachty	Číslo šachty	Wj - váha ukazatele					TSKS	Předběžné zařazení TSKS do kategorie	NZTSKS	LO/OB/BZ	Výsledné zařazení TSKS do kategorie
		TU1	TU3	TU9	TU11	TU12					
[-]	[-]	0.45	0.2	0.1	0.15	0.10	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]
1	1436	1	1	3	3	2	1.6	K2	3	LO	K2
2	1435	1	2	3	1	1	1.4	K1	3	BZ	K2
3	1182	2	3	3	4	3	2.7	K3	4	LO	K3
4	3140	2	2	4	3	2	2.35	K2	4	LO	K3
5	1322	2	2	2	2	2	2	K2	2	BZ	K2
6	1323	2	3	3	5	2	2.75	K3	5	LO	K3
7	1765	1	2	2	1	1	1.3	K1	2	BZ	K2
8	1764	1	3	3	1	2	1.7	K2	3	BZ	K2
9	1763	2	2	4	2	2	2.2	K2	4	LO	K3
10	1327	2	3	4	3	3	2.65	K3	4	LO	K3
11	1808	2	2	3	4	2	2.4	K2	4	LO	K3
12	745	2	2	3	4	2	2.4	K2	4	LO	K3
13	1803	3	4	4	4	2	3.35	K3	4	OB	K4
14	1801	3	3	4	3	3	3.1	K3	4	LO	K3
15	734	4	4	3	4	3	3.8	K4	4	OB	K4
16	1799	4	4	3	4	4	3.9	K4	4	OB	K4
17	742	3	3	3	3	3	3	K3	3	LO	K3
18	1796	3	2	3	3	4	2.9	K3	4	LO	K3
19	741	3	3	3	4	2	3.05	K3	4	LO	K3
20	7573	4	3	4	5	4	3.95	K4	5	OB	K4



Graf 3.7. 2 Technický stav kanalizačních šachet [T. Bártík]

3.8 CENY SANACE

V této kapitole nacením navržené metody sanací na hodnocených úsecích i na hodnocených šachtách. Ceny jsem si zjišťoval osobně, nebo jsem je převzal z Ústavu územního rozvoje ze souboru Průměrné ceny dopravní a technické infrastruktury obcí. Některé úseky není třeba sanovat vůbec, nebo pouze lokální opravou. Lokální opravy na těchto úsecích se vejdou finančně do 400 000 Kč. V ceně jsou zahrnuty dobetonávky a injektáž včetně práce.

Dalším navrženým typem sanace byla bezvýkopová technologie pomocí vyvložkování stoky metodou obráceného rukávce. Tato metoda funguje následovně. Zaprvé se stoka zevnitř vyčistí, což může být provedeno více způsoby. Nejběžnější způsoby jsou vysokotlakým vodním paprskem, pískováním, frézováním nebo broušením. Když je potrubí vyčištěno, je rukávec vtlačen pomocí proudu vody nebo vzduchu do potrubí. Toto se aplikuje například ze vstupní šachty. Navržené úseky pro tento typ sanace jsou tyto: číslo 124664, 116521, 115417, 116962, 117389, 116527, 116528. V cenách jsou zahrnuty náklady na vyčištění potrubí tlakovou vodou, vlastní sanace a přesun mechanizace a materiálu.

Tab. 3.8. 1 Cena sanace bezvýkopovou technologií [T. Bártík]

Položka	Měrná jednotka	Množství	Cena/měrná jednotka	Cena v Kč (bez DPH)
Aplikace rukávce vč. přípravných prací DN 400	m	30.8	8000	246400
Aplikace rukávce vč. přípravných prací DN 500	m	182.2	11650	2122630
Aplikace rukávce vč. přípravných prací DN 500/750	m	99.7	14350	1430695
Zaslepení + otevření přípojky	ks	17	4400	74800

Cena celkem 3 874 525 Kč

Posledním návrhem byla výměna celého úseku. Toto řešení jsem navrhoval v případech, kdy bylo potrubí v protispádu, nebo byl jeho stav ve velmi špatném stavu. Nové úseky by byly vybudovány z betonových trub DN 500. V ceně jsou zahrnuty náklady na řezání asfaltového krytu a podkladních vrstev vozovky v celkové tloušťce 550 mm, hloubka výkopu 3 m. Celkové náklady jsou včetně vybudování nových kanalizačních šachet (na 50 m potrubí je jedna šachta). V ceně není zahrnuta výkopová práce staré stoky, její demolice a odvoz.

Úseky navržené pro výměnu v celé délce jsou tyto: číslo 116526, 116963, 116529.

Tab. 3.8. 2 Cena výměny úseků po celé délce [T. Bártík]

Položka	Měrná jednotka	Množství	Cena/měrná jednotka	Cena v Kč (bez DPH)
Betonová trouba DN 500	m	85	17950	1525750

Cena celkem 1 525 750 Kč

Nyní se podíváme na cenový návrh sanací kanalizačních šachet. Dva úseky měřily téměř 100 m bez revizní šachty. V tomto případě bych doporučil šachty dodělat, a to uprostřed úseků. Čtyři z hodnocených šachet byly zařazeny do kategorie K4 a navrhl jsem je vyměnit. Zbytek hodnocených šachet skončil v kategorii K3, kde stačí udělat lokální opravy nebo v kategorii K2, kde není třeba sanovat nic. V uvedené ceně za novou šachtu je zahrnuta cena za zemní práce včetně skruží a litinového poklopu. Hloubka šachty je uvažována 3 m.

Tab. 3.8. 3 Cena za sanaci kanalizačních šachet [T. Bártík]

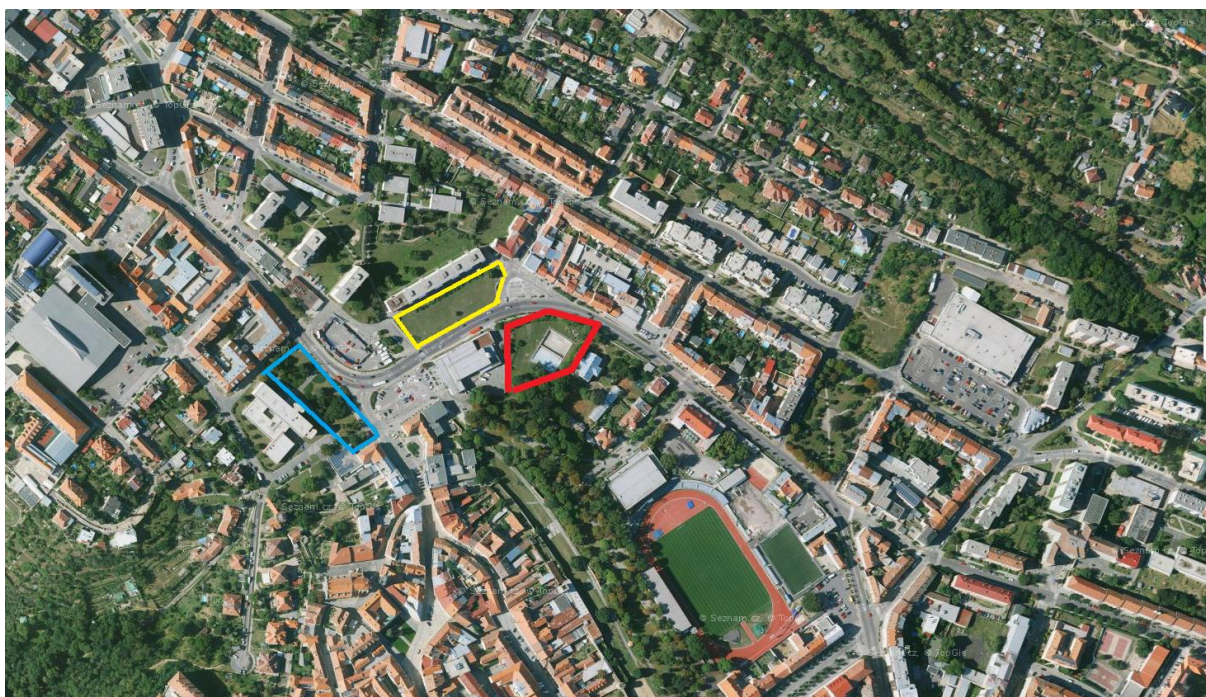
Položka	Měrná jednotka	Množství	Cena/měrná jednotka	Cena v Kč (bez DPH)
Kanalizační šachta se spodní částí z betonu prostého pro potrubí DN 250–600	ks	6	48400	290400
Lokální oprava kanalizační šachty - doplnění stupaček, injektáž stěn, oprava rámu)	ks	11	14500	159500

Cena celkem 449 900 Kč

Celková cena všech sanací, tedy bezvýkopovou technologií, výměnou tří úseků, lokálních oprav na úsecích, lokálních oprav šachet a vybudováním nových šachet, vychází dle předběžných výpočtů na **5 850 175 Kč**.

4 HYDRAULIKA STOKOVÉ SÍTĚ

Dalším krokem mé diplomové práce je zpracování hydraulického posouzení části stokové sítě ve Znojmě. Tuto část jsem se po konzultaci se svým vedoucím DP rozhodnul pojmout takovým způsobem, že jsem navrhnul retenční nádrž, která pozdrží požadované množství dešťové vody při přívalových srážkách a odlehčí tak průtok ve stávající stoce. Návrh je prováděn v hydraulickém programu SWMM a doplněn ručními výpočty. Retenční nádrž by mohla být po konzultaci s vedením VAS Znojmo umístěna na více místech. Hlavní podmínkou pro umístění nádrže je, aby byly pozemky ve vlastnictví města Znojma. První možnost je umístění do areálu, který byl v minulosti využíván jako letní koupaliště. V minulosti se zde nacházely dva letní plavecké bazény, které již několik let nefungují. Zbyla po nich pouze jejich konstrukce. Tomuto případu budu věnovat v následujících kapitolách nejvíce pozornosti. Jedná se o pozemky číslo 2168/2 a 2168/3, které mají celkem výměru 4815 m². Pozemky se nacházejí v těsné blízkosti centra města na adrese Obrokova 1/12, 66902 Znojmo a jejich vlastníkem je město Znojmo. Lokaci zobrazuji na mapě červenou barvou. Další z možností je umístění na pozemek číslo 2567/5, jehož výměra činí 3352 m² a je ve vlastnictví města. Pozemek je nyní využíván jako zeleň a na mapě je vyznačen žlutou barvou. Poslední možností je umístění na pozemek číslo 2580/1, s výměrou 6204 m², také ve vlastnictví města. Způsob momentálního využití pozemku je ostatní komunikace a na mapě je vyznačen modrou barvou. Jaký pozemek by mohl být vybrán pro realizaci retenční nádrže, záleží především na diskuzi s architektem. Informace o pozemcích jsem přebíral z portálu ČÚZK [22]



Obr. 4. 1 Lokace pro vybudování retenční nádrže [23]

4.1 PROGRAM SWMM

Model EPM Storm Water Manager Model (SWMM) je program, který se používá po celém světě pro plánování, analýzy a návrhy, týkající se odtoku dešťové vody, splaškových vod a dalších odvodňovacích systémů v městských oblastech. Samozřejmě existuje mnoho dalších programů a aplikací pro odvodňovací systémy, ale my jsme model zpracovávali v programu SWMM. Tento program byl vyvinut již v roce 1971. Od té doby samozřejmě prošel mnoha úpravami a vylepšením. Nyní lze stáhnout ve verzi 5.1.015.

Jedná se o dynamický hydrologicko-hydraulický model kvality vody. Používá se pro jednotlivé události nebo pro dlouhodobé (průběžné) simulace množství a kvality odtoku z primárně městských oblastí. Aplikace funguje na kolekci dílčích povodí, které přijímají srážky a generování odtoků a zatížení znečišťujícími látkami. Směrovací část transportuje tento odtok prostřednictvím systému potrubí, kanálů, skladovacích/čisticích zařízení, čerpadel a regulátorů.

SWMM sleduje množství a kvalitu odtoku provedeného v každém dílčím povodí. Během období simulace se sleduje průtok, hloubka toku a kvalita vody v každém úseku potrubí a stoky. Simulace se skládá z několika časových kroků. SWMM umí také modelovat hydrologický výkon konkrétního typu ovládacího prvku.

Tento program jsme zvolili primárně z důvodu, že se v něm dá namodelovat vše, co jsme do hydraulického modelu potřebovali dostat a také, že je možnost si ho stáhnout zdarma. [24]

Hydrologické vlastnosti, které lze v programu modelovat:

- povrchový výpar;
- povrchová retence;
- povrchový odtok;
- proměnné srážky v závislosti na čase;
- sněhová akumulace a tání;
- infiltrace do půdních vrstev;
- a jiné.

Hydraulické vlastnosti, které lze v programu modelovat:

- návrh neomezeně velké sítě;
- různé zatěžovací stavy;
- velká škála materiálů a velikosti potrubí, stok, přírodních koryt;
- speciální prvky – rozdělovače průtoků, nádrže, zdrže, čerpadla;
- výpočet pomocí dynamické nebo kinematické vlny;
- a jiné. [25]

Druhy výpočtu proudění vody v potrubí

Program nám při simulaci nabízí tři využívané metody výpočtu proudění.

Rovnoměrné ustálené

Toto je nejjednodušší ze tří možných typů výpočtu. Zaústění přítokového hydrogramu v horním konci je převedeno beze změny k dolnímu konci potrubí. Tato metoda nepočítá se zpětným vzduťm, ztrátami na vtoku a výtoku a retenci v potrubí. Pokud se rozhodneme využít tuto metodu, každý uzel musí mít jeden přítok a jeden odtok. Nelze ji použít u sítí, kde se vyskytují rozdělovače průtoků.

Kinematická vlna

Tato metoda se řeší pomocí rovnice kontinuity a zjednodušené rovnice hybnosti v každém úseku potrubí. Předpokládá se sklon hladiny roven sklonu potrubí. Kapacitní průtok je roven maximálnímu průtoku, který dovede potrubí převést. Při využití této metody nelze počítat s tlakovým prouděním. Všechny průtoky, které jsou větší než kapacitní, se zanedbávají, nebo je „uschován“ na povrchu. Jakmile se kapacita uvolní, je uschovaný průtok vrácen zpět do systému. Pomocí kinematické vlny lze měnit průtok a plochu v potrubí v závislosti na místě a čase, což může způsobit zpoždění průtočného hydrogramu. Tato metoda stejně jako předchozí nedokáže počítat se zpětným vzduťm, ztrátami na vtoku a výtoku a tlakovým prouděním. Metoda je stabilní, pokud se použijí středně dlouhé časové kroky v řádu 5-15 minut. Pokud pro nás uvedená omezení nejsou nijak důležitá, je tato metoda přesná a stabilní pro výpočet zejména dlouhodobých simulací.

Dynamická vlna

Řešení pomocí kompletních Saint-Venantových rovnic. Při výpočtu metodou dynamické vlny lze simulovat tlakové proudění, pokud je průtok vyšší než kapacitní. Pokud je výška vody vyšší než je hloubka šachty, voda vyteče na povrch. V tom je rozdíl proti výpočtu kinematickou vlnou. Po uvolnění kapacity se vrací voda zpět do uzlu, nebo je zanedbána. Tato metoda počítá se ztrátami na vtoku a výtoku, s potrubní retencí, zpětným vzduťm a tlakovým prouděním. Tato metoda je ideální pro stokové sítě, které obsahují odlehčovací komory, protože metoda spojuje řešení výšky hladiny v uzlech i v potrubí. Dále je vhodná pro systémy, které obsahují regulátory průtoků, jako jsou například přepady a otvory. Díky tomuto kompletnímu systému je vyžadován menší časový krok v řádu minut či sekund. [25]

4.1.1 Kalibrace a verifikace modelu

Při pracování s modelem je zapotřebí minimalizovat odchylky mezi skutečným a modelovaným stavem. Proto by měl být model kalibrován a verifikován. Pokud není model kalibrován, lze ho použít pouze pro orientační porovnání možných variant v relativních číslech. Pro posuzování je kalibrace a verifikace nezbytná. [26]

Po provedení kalibrace a verifikace, tedy kdy odchylky spadají do daných mezí, nelze stále model považovat za správný. Testování tohoto modelu zvyšuje jeho přesnost. Aby simulační model zobrazoval skutečnost, není nutné, ani možné. Jakmile je docíleno optimum mezi náklady a užitekem prováděného řešení, je model považován zpravidla za dostatečně přesný. [26]

Při provádění kalibrace a verifikace jsou srovnávány odchylky mezi vypočítanými (y_{sim}) a naměřenými (y_{mer}) hodnotami veličin. Jedná se o průtok, výšku hladiny, případně koncentrace látek, pokud model simuluje transport polutantů. Pro tyto veličiny se porovnává maximum, objemové a látkové množství, čas dosažení maxima a průběhy veličin (hydrogramy, polutogramy). [27]

Pro měřítko odchylky je nejčastěji využíváno relativní odchylky simulovaných a měřených hodnot veličin:

$$r_r = \frac{y_{sim} - y_{mer}}{y_{mer}} \times 100 \quad [\%]$$

r_r ... relativní odchylka [%],

y_{sim} ... vypočtená hodnota [m^3/h ; m; mg/l],

y_{mer} ... naměřená hodnota [m^3/h ; m; mg/l].

Kalibrace a verifikace lze považovat za úspěšnou, pokud odchylky nepřekračují hodnoty v této tabulce. [26]

Tab. 4.1. 1 Doporučené odchylky při kalibraci a verifikaci [26]

Průměrná relativní odchylka	< 10 %	< 30 %
	kalibrace	verifikace

Správné hodnoty parametrů se hledají pomocí statistických metod nebo metodou „pokus, omyl“. V mém případě měním parametry na stokové síti (hydraulický model) a na povodí (hydrologický model). Mezi ně patří:

- součinitel drsnosti n ;
- koeficient povrchového odtoku Ψ ;
- součinitel ztrát v uzlech;
- parametry povodí.

Větší přesnosti lze docílit pomocí nastavení parametrů v povodí. Zde lze měnit šířka povodí, sklon terénu, popis povrchů a jiné. Při popisu povrchu terénu lze nastavit například infiltraci, drsnosti druhů povrchu, prohlubně a záhyby pro zdržení vody a mnoho dalších.

Vstupní data pro provádění kalibrace a verifikace získáváme z měrných kampaní, kde jsou na povodí současně měřeny srážky, průtoky ve stokové síti, výšky hladin, průtočné rychlosti a další veličiny, které se pak zadávají do modelu.

4.2 MĚRNÁ KAMPAŇ

Měrná kampaň, jinak řečeno monitoring, znamená pozorování chování systému, při kterém se měří zpravidla základní veličiny, týkající se srážko-odtokového procesu v povodí. Monitorování obsahuje koncepční soustavu měření včetně pozdějšího vyhodnocování. Výsledkem monitorování jsou obvykle data časových řad, díky nimž získáváme potřebné informace pro správné sestavení simulačního modelu. Dále nám data zobrazují informace pro provoz stokové sítě. Naměřená data jsou neopakovatelná, proto je zapotřebí věnovat monitoringu náležitou pozornost. Pro měrnou kampaň jsou v povodí vybraná vhodná místa, takzvané měrné profily, na kterých se provádí měření průtoku a výšky hladiny. Lze také sledovat kvalitu a složení odpadních vod, pokud chceme mít model ještě přesnější. [27]

Obvykle se měrné kampaně provádí v období, kdy se zachytí nejvíce srážek, tedy v měsících duben až říjen. Čím déle se měří, tím více dat máme a model je přesnější. Měrná kampaň ve Znojmě probíhá již od přelomu roků 2018/2019. Model je neustále doplňován. Pro měření jsou zde nainstalovány 3 srážkoměry, 4 průtokoměry a jeden hladinoměr. Umístění srážkoměrů můžeme vidět na následujících snímcích. Jedná se o impulsivní typ srážkoměru od značky Fiedler o ploše 200 cm³.



Obr. 4.2. 1 Srážkoměr – Kotkova



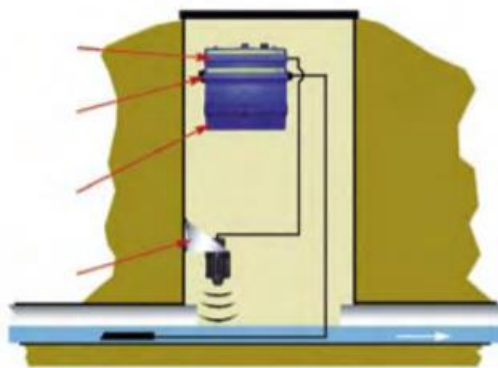
Obr. 4.2. 2 Srážkoměr – ÚV



Obr. 4.2. 3 Srážkoměr – ČOV

O měření průtoků se starají přístroje ISCO 2150 s AV senzorem. AV senzor znamená Area/Velocity, tedy Plocha/Rychlost. Senzor průtokoměru je instalován díky vhodného montážního příslušenství na stěnu nebo na dno stoky. Výška hladiny je měřena pomocí přesného tlakového čidla s teplotní kompenzací a ze zadaného tvaru stoky určí průtokoměr plochu příčného řezu. Rychlost proudění je měřena ultrazvukem na základě Dopplerova efektu. Průtokoměr může být napájen z bateriového modulu, který používá dvě alkalické baterie, nebo dva nabíjecí olověné akumulátory. Krom naměřených hodnot ukládá průtokoměr do paměti také napětí baterií, abychom věděli, kdy se mají vyměnit. [28]

Zde můžeme vidět, jak průtokoměr funguje. Na tomto obrázku je i přidán snímač hladiny. Senzor na měření průtoku je umístěn na dně kanalizace.



Obr. 4.2. 4 Průtokoměr ISCO 2150 [28]

Při mé návštěvě Znojma jsem se účastnil sběru dat ze tří průtokoměrů a asistoval jsem při instalaci jednoho nového průtokoměru. Data jsme z přístroje dostali tak, že se otevřela šachta, ve které byl přístroj umístěn, připojili jsme se k přístroji přes usb a data jsme stáhli do přenosného počítače přes program ISCO Flowling. Vyměnily se baterie v průtokoměru, který

byl následně umístěn zpět na stávající místo a šachta byla uzavřena. Sběr dat z jednoho přístroje trval se vším všudy přibližně 30 minut. Fotografie stávajících průtokoměrů a ze sběru dat z nich ilustruji na následujících snímcích. Fotografie byly pořízeny mnou na fotoaparát.



Obr. 4.2. 5 Měrná šachta



Obr. 4.2. 6 Umístění průtokoměru v měrné šachtě



Obr. 4.2. 7 Vyjmutí ze šachty



Obr. 4.2. 8 Sběr dat z průtokoměru

Při instalaci nového průtokoměru bylo zapotřebí nejprve sestavit konstrukci pro zachycení měřícího senzoru. Instalovaný měřák byl umístěn do potrubí vejčitého profilu 500/750. Nejprve se složila plechová konstrukce, která byla dodána od výrobce a na ní byl přichycen senzor. Poté byl přístroj napojen k počítači a proběhlo nastavení dat v programu. Musel se nastavit tvar potrubí, materiál, rozměr, drsnost a další. Tato práce proběhla v areálu ČOV Znojmo. Poté jsme jeli již připravenou konstrukci nainstalovat do měrné šachty. Instalaci prováděl pracovník VAS Znojmo, který vlezl do šachty, kde konstrukci přichytil do kanalizace. Šachta se nachází nedaleko úpravny vod. Poprosili jsme pracovníky z úpravny vod, aby nám pustili do kanalizace prací vodu z filtrů, abychom věděli, zda průtokoměr měří správně. Bylo nám řečeno, jaký průtok vypouští, což se podle naměřených dat potvrdilo. Na následujících fotografiích ukáží, jak složení a instalace probíhala. Fotografie jsem pořizoval sám na fotoaparát.



Obr. 4.2. 9 Konstrukce pro měřící senzor



Obr. 4.2. 10 Složená konstrukce s měřícím senzorem



Obr. 4.2. 11 Nastavení parametrů před instalací



Obr. 4.2. 12 Instalace do šachty



Obr. 4.2. 13 Zkouška měření průtoku



Obr. 4.2. 14 Přichycení přístroje do šachty

4.3 PRŮTOKY V MÍSTĚ NÁVRHU RETENČNÍ NÁDRŽE

Tato kapitola nám popíše, jaké maximální průtoky mohou nastat v místech mezi odlehčovací komorou OK7A a OK6A, tedy v místě, kde navrhují retenční nádrž. V první řadě bylo zapotřebí správné nastavení hydraulického modelu. V programu jsme vymodelovali odlehčovací komory přesně podle jejich skutečného tvaru. Jako příklad uvedu odlehčovací komoru OK7A, kde na obrázku ukáži, co vše se nastavovalo.

Orifice 1		
Property	Value	
Name	1	Jméno
Inlet Node	1_818	Vstupní uzel
Outlet Node	1_816	Výstupní uzel
Description		
Tag		
Type	BOTTOM	Typ odlehčení (boční x dnový) v našem případě dnový
Shape	RECT_CLOSED	Tvar odlehčení (kruhový x přímý zavřený) v našem případě přímý zavřený
Height	0.6	Výška plně otevřeného otvoru
Width	0.36	Šířka plně otevřeného otvoru
Inlet Offset	0.4	Výška přepadové hrany
Discharge Coeff.	0.5	Koeficient vypouštění
Flap Gate	NO	Zpětná klapka (ano x ne)
Time to Open/Close	0	

Obr. 4.3. 1 Nastavení odlehčovací komory OK7A v programu SWMM [T. Bártík]

Nejprve jsem si nastavil, o jaký typ odlehčení se jedná. Program nabízí 2 možnosti, a to odlehčení boční nebo dnové. V našem případě se jedná o odlehčení boční, protože odlehčovací otvor se nachází ve dně za přepadovou hranou. Poté jsem nastavil rozměry otvoru, který vede odpadní vodu do odlehčovací stoky. Rozměr byl změřen při pochůzce pracovníky VAS Znojmo a činí 0,36 x 0,6 m. Následně jsem určil koeficient pro vypouštění, který se dle mých zjištěných informací pohybuje v rozsahu 0,5 - 0,6. Po domluvě se svým vedoucím jsem zadal hodnotu 0,5. Jako poslední krok lze do programu nastavit, zda je umístěna zpětná klapka proti zpětnému vzdutí. V našem případě se zde žádná nenachází, proto jsem ji zanedbal.

Po nastavení modelu jsem spustil výpočet a zjistil výsledky průtoků. Zajímaly mě především průtoky před odlehčením a po odlehčení. Pro lepší představu jsem vytvořil Q-h křivky, tedy křivky průtoku v závislosti na výšce zatopení. Pro zajímavost a pro porovnání výsledků jsem provedl také ruční výpočet. K ručnímu výpočtu jsem využil vzorců uvedených v následující tabulce. [30]

Tab. 4.3. 1 Vzorce pro ruční výpočet průtoku v potrubí v závislosti na výšce zatopení

popis	označení	výpočet	jednotka
středový úhel pro $h < r$ pro $h > r$	ϕ	$\phi = 2 \arccos \frac{r-h}{r}$ $\phi = 2\pi - 2 \arccos \frac{h-r}{r}$	rad
průtočný průřez	A	$A = \frac{r^2}{2} (\phi - \sin \phi)$	m ²
omočený obvod	O	$O = \phi r$	m
hydraulický poloměr	R	$R = \frac{A}{O}$	m
rychlostní součinitel dle Pavlovského	C	$C = \frac{1}{n} Ry \quad y = 2,5\sqrt{n} - 0,13 - 0,75\sqrt{R}(\sqrt{n} - 0,1)$	m ^{0.5} /s
součinitel drsnosti	n	0,014	
průřezová rychlost	v	$v = C\sqrt{Ri}$	m/s
průtok	Q	$Q = vA$	m ³ /s

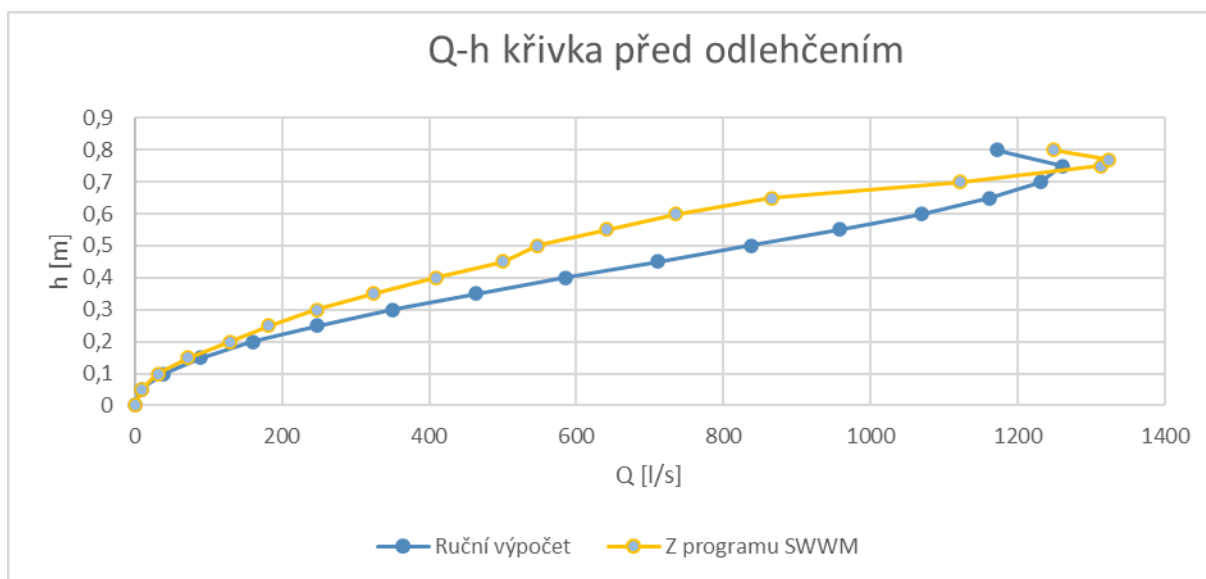
Jako měřítko při plnění potrubí jsem si zvolil 5 centimetrů. V následujících tabulkách a grafu si můžete všimnout rozdílu mezi ručním výpočtem a výsledky z programu. V prvním případě se podíváme na výsledky průtoků před vstupem do odlehčovací komory. Podrobný výpočet nalezneme v příloze číslo 3.

Tab. 4.3. 2 Výsledky – ruční výpočet

Výška hladiny h (m)	Průtok Q (l/s)
0.000	0
0.050	9.04036624
0.100	38.97920658
0.150	89.93648341
0.200	160.4164846
0.250	248.1781196
0.300	350.4823569
0.350	464.1966481
0.400	585.8372715
0.450	711.5713839
0.500	837.1798586
0.550	957.9654521
0.600	1068.561808
0.650	1162.520757
0.700	1231.273315
0.750	1260.507851
0.800	1171.674543

Tab. 4.3. 3 Výsledky – program SWMM

Výška hladiny h (m)	Průtok Q (l/s)
0.000	0
0.050	9.77
0.100	31.34
0.150	72.18
0.200	129.31
0.250	181.47
0.300	246.8
0.350	323.94
0.400	409.68
0.450	500.78
0.500	547.39
0.550	641.38
0.600	735.47
0.650	865.13
0.700	1121.25
0.750	1312.78
0.770	1323.12
0.800	1249.13



Graf 4.3. 1 Q-h křivka před odlehčením

Z výsledků si můžeme všimnout, že maximální průtoky z ručního výpočtu a pomocí programu SWMM jsou si velice podobné. Maximální průtok při ručním výpočtu činí 1260,5 l/s při výšce zatopení $h = 0,75$ m. Maximální průtok z výstupů z programu činí 1323,1 l/s při výšce zatopení $h = 0,77$ m.

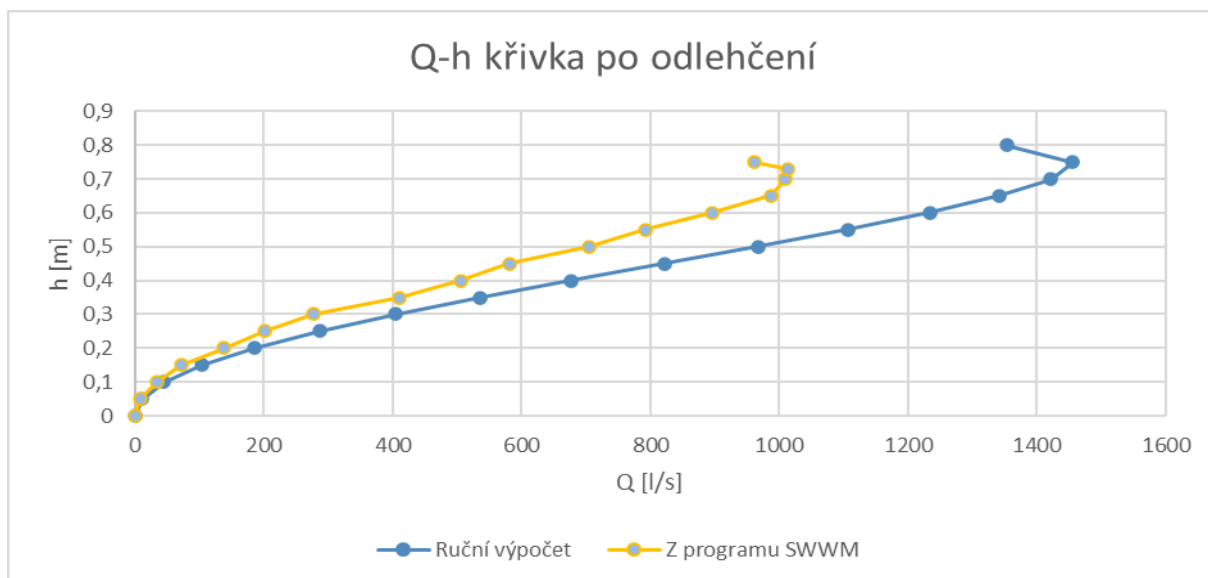
Ve druhém případě se podíváme na výsledky průtoků po odlehčení. Měřítka při plnění potrubí je stejné jako v předchozím kroku, tedy 5 centimetrů. Podrobný výpočet nalezneme rovněž v příloze číslo 3.

Tab. 4.3. 4 Výsledky – ruční výpočet

Výška hladiny h (m)	Průtok Q (l/s)
0.000	0
0.050	10.43891576
0.100	45.00931082
0.150	103.8497058
0.200	185.2330012
0.250	286.5714083
0.300	404.7021662
0.350	536.0081195
0.400	676.4666128
0.450	821.6518601
0.500	966.6920335
0.550	1106.163223
0.600	1233.868895
0.650	1342.363344
0.700	1421.75196
0.750	1455.509095
0.800	1352.933226

Tab. 4.3. 5 Výsledky – program SWMM

Výška hladiny h (m)	Průtok Q (l/s)
0.000	0
0.050	7.83
0.100	33.32
0.150	71.9
0.200	138.49
0.250	200.56
0.300	276.82
0.350	410.8
0.400	505.18
0.450	581.45
0.500	705.58
0.550	791.76
0.600	896.67
0.650	986.49
0.700	1009.56
0.730	1012.53
0.750	961.8



Graf 4.3. 2 Q-h křivka po odlehčení

Z výsledků je patrné, že maximální průtoky z ručního výpočtu a pomocí programu SWMM jsou odlišné. Maximální průtok při ručním výpočtu činí 1455,5 l/s při výšce zatopení $h = 0,75$ m. Maximální průtok z výstupů z programu činí 1012,5 l/s při výšce zatopení $h = 0,73$ m. Výsledek je odlišný z důvodu nezapočítání odlehčení při ručním výpočtu, zatímco program s odlehčením počítá.

4.4 NÁVRH RETENČNÍ NÁDRŽE

Nyní se dostáváme k samotnému návrhu retenční nádrže. Její hlavní úkol je ochrana historického centra města Znojma před přívalovou vlnou, zadržením její špičky a dále také ochrana recipientu před znečištěním z odlehčovacích komor. Při návrhu jsem pracoval se čtyřmi možnými variantami. První varianta spočívá v odlehčení stoky D do retenční nádrže o objemu 2000 m³. Druhá varianta spočívá v odlehčení stoky D i stoky A. Každá z odlehčených stok má svou vlastní nádrž o objemu 1000 m³, přičemž je zde myšlenka, že nádrže mohou být v jednom směru průtočné. Třetí varianta spočívá v odlehčení stoky A do retenční nádrže o objemu 1000 m³. Čtvrtá, tedy poslední varianta, spočívá v odlehčení stoky D do retenční nádrže o objemu 1000 m³. Velikosti objemů navržených nádrží jsem navrhoval po domluvě se zaměstnancem VODÁRENSKÉ AKCIOVÉ SPOLEČNOSTI a.s., Divize Znojmo. Pro představu zde zmíním průtoky za dobu deště, vypočtené programem SWMM. Stokou D bez odlehčení proteče 4913 m³ odpadní vody-řešeno variantou 1. Po odlehčení proteče za dobu deště 2803 m³ stokou D a stokou A 2870 m³-řešeno variantou 2. Pro vyprázdnění nádrží bude zapotřebí z důvodu nadmořských výšek čerpání. Předběžný návrh čerpadel je také součástí této kapitoly. Nyní se podíváme detailněji na všechny navržené varianty.

4.4.1 Varianta číslo 1

V tomto případě jsem navrhoval odlehčení stoky A o vnitřním průměru 800 mm. Dle hydraulického výpočtu v programu SWMM dochází při větší přívalové srážce k tlakovému proudění. Funkcí retenční nádrže je v tomto případě odříznutí špičky přívalové srážky. Po konci deště bude naplněná nádrž řízeně čerpána zpět do stoky A. Pro představu přikládám

K odlehčení dochází v šachtě Š-D22, kde odpadní voda při větším průtoku přepadá přes přepadovou hranu, která je tvořena dlužemi. Výška přepadové hrany je tedy regulovatelná, já jsem ji v mém případě nastavil do poloviny průtočného profilu, tedy do výšky 400 mm. Odlehčená část odtéká gravitačně potrubím DN 800, délky 56 m, do retenční nádrže o objemu 2000 m³. Potrubí má sklon 1,4 ‰ a nádrž je rozměrů 25x20x4 m. Kóta dna odlehčovací šachty je z důvodu vyrovnání tlaků rovna maximální hladině v retenční nádrži, tedy 295,70 m n. m. Přepadová hrana je na kótě 296,10 m n. m. Kóta maximální hladiny již byla zmíněna, dno nádrže se nachází 4 metry pod maximální hladinou, tedy na kótě 291,70 m n. m. Nátok do nádrže leží ve výšce 3,2 m nade dnem. Pro lepší pochopení přikládám jednoduché výškové schéma.

61

Po návrhu nádrže bylo zapotřebí navrhnout její vyčerpání. Z normy ČSN 75 6261 Dešťové nádrže jsem se dočetl, že retenční nádrž na stoce je zapotřebí vyprázdnit do 8 hodin po skončení odtoku dešťových vod z jednoho deště v příslušném povodí. Dále jsem se dočetl, že čerpaná rychlost by měla být v rozmezí 1-2 m/s. V tomto kroku nenavrhují přesný typ čerpadla, ale dělám návrh, v jakém rozmezí dané čerpadlo hledat. Měním pouze průměr výtlačného potrubí a čerpané množství. Návrh dělám pro potrubí o vnitřním průměru: 100, 200, 300 a 400 mm. Čerpané množství jsem zkusil měnit po 50 l/s a návrh je udělán pro tyto průtoky: 50, 100, 150, 200, 250, 300 l/s. Výpočet probíhal v bezplatném internetovém programu a zajímaly mě především 3 údaje [29].

První údaj je čas prázdnění, který by měl být dle normy menší než 8 hodin, dále rychlost odčerpávané vody v potrubí, která by se měla pohybovat v rozmezí 1-2 m/s. Poslední údaj, který mě zajímal, byla výtlačná výška. Zde můžeme vidět výpočtové tabulky s následným grafem, který ukáže, co za čerpadla je potřeba hledat.

Tab. 4.4. 1 Vnitřní průměr potrubí 100 mm [T. Bártík]

Vnitřní průměr výtlačného potrubí = 100 mm							
čerpané množství:				čas prázdnění [h]	rychlost (1-2) [m/s]	výtlačná výška [m]	
50	l/s	=	180	m³/hod	11.11	6.37	40.7
100	l/s	=	360	m³/hod	5.56	12.74	149.8
150	l/s	=	540	m³/hod	3.70	19.108	329.4
200	l/s	=	720	m³/hod	2.78	25.48	579.2
250	l/s	=	900	m³/hod	2.22	31.85	899
300	l/s	=	1080	m³/hod	1.85	38.22	1289

Tab. 4.4. 2 Vnitřní průměr potrubí 200 mm [T. Bártík]

Tab. 4.4.2 Vnitřní průměr potrubí 200 mm [1: Barták]							
Vnitřní průměr výtlačného potrubí = 200 mm							
čerpané množství:					čas prázdnění [h]	rychlost (1-2) [m/s]	výtlačná výška [m]
50	l/s	=	180	m³/hod	11.11	1.59	4.6
100	l/s	=	360	m³/hod	5.56	3.19	10
150	l/s	=	540	m³/hod	3.70	4.78	18.9
200	l/s	=	720	m³/hod	2.78	6.37	31.2
250	l/s	=	900	m³/hod	2.22	7.96	47
300	l/s	=	1080	m³/hod	1.85	9.55	66.1

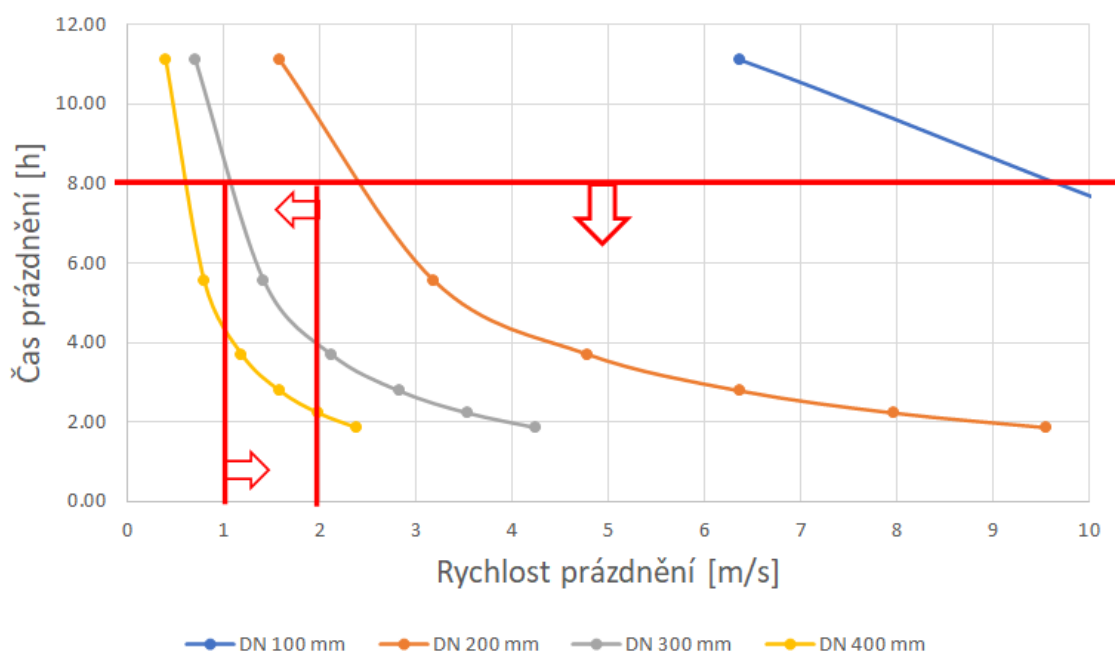
Tab. 4.4. 3 Vnitřní průměr potrubí 300 mm [T. Bártík]

Vnitřní průměr výtlačného potrubí = 300 mm						
čerpané množství:				čas prázdnění [h]	rychlost (1-2) [m/s]	výtlačná výška [m]
50	l/s =	180	m ³ /hod	11.11	0.71	3.1
100	l/s =	360	m ³ /hod	5.56	1.42	4.1
150	l/s =	540	m ³ /hod	3.70	2.12	5.7
200	l/s =	720	m ³ /hod	2.78	2.83	7.9
250	l/s =	900	m ³ /hod	2.22	3.54	10.8
300	l/s =	1080	m ³ /hod	1.85	4.25	14.3

Tab. 4.4. 4 Vnitřní průměr potrubí 400 mm [T. Bártík]

Vnitřní průměr výtlačného potrubí = 400 mm						
čerpané množství:				čas prázdnění [h]	rychlost (1-2) [m/s]	výtlačná výška [m]
50	l/s =	180	m ³ /hod	11.11	0.4	2.9
100	l/s =	360	m ³ /hod	5.56	0.8	3.2
150	l/s =	540	m ³ /hod	3.70	1.19	3.6
200	l/s =	720	m ³ /hod	2.78	1.59	4.3
250	l/s =	900	m ³ /hod	2.22	1.99	5.2
300	l/s =	1080	m ³ /hod	1.85	2.39	6.2

Prázdnění nádrže v závislosti na rozměru potrubí



Graf 4.4. 1 Prázdnění nádrže v závislosti na rozměru potrubí [T. Bártík]

V grafu jsem vytvořil 2 omezující podmínky, které jsou označeny červenými čarami. První z nich je, že doba prázdnění musí být kratší než 8 hodin. Druhá podmínka je rychlostní, tedy že rychlost čerpané vody v potrubí má být v rozsahu 1-2 m/s. Těmto podmínkám vyhovují pouze 4 možnosti, které jsou v tabulkách barevně vyznačeny:

Potrubím o vnitřním průměru 300 mm a čerpaným množstvím 100 l/s lze nádrž vyprázdnit za 5,56 hodin. Rychlost v potrubí je 1,42 m/s a výtlačná výška činí 4,1 m.

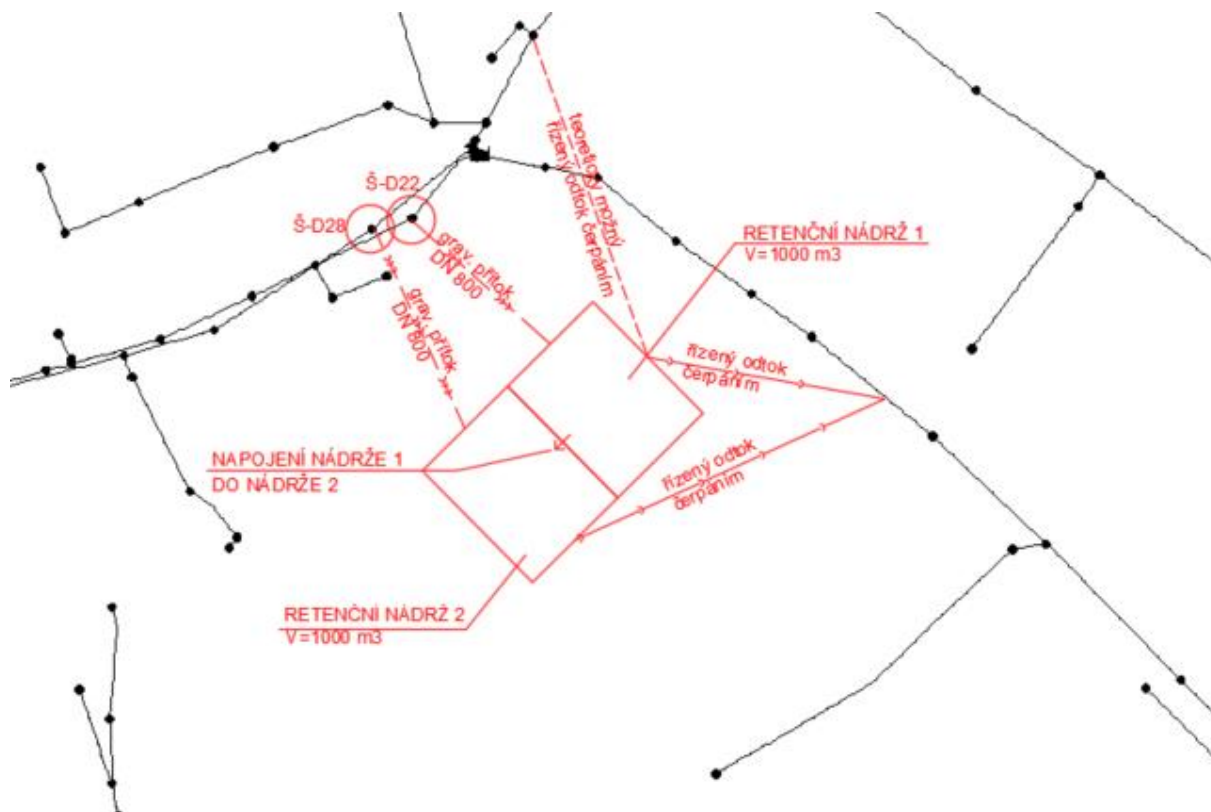
Potrubím o vnitřním průměru 400 mm a čerpaným množstvím 150 l/s lze nádrž vyprázdnit za 3,70 hodin. Rychlost v potrubí je 1,19 m/s a výtlačná výška činí 3,6 m.

Potrubím o vnitřním průměru 400 mm a čerpaným množstvím 200 l/s lze nádrž vyprázdnit za 2,78 hodin. Rychlost v potrubí je 1,59 m/s a výtlačná výška činí 4,3 m.

Potrubím o vnitřním průměru 400 mm a čerpaným množstvím 250 l/s lze nádrž vyprázdnit za 2,22 hodin. Rychlost v potrubí je 1,99 m/s a výtlačná výška činí 5,2 m.

4.4.2 Varianta číslo 2

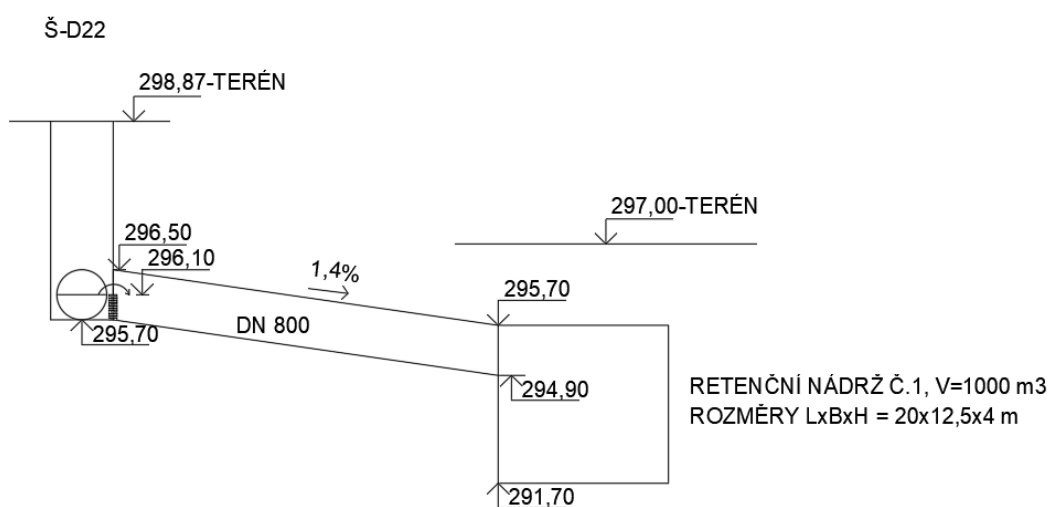
V tomto případě se jedná o odlehčení stoky A a stoky D do samostatných nádrží. Retenční nádrže mají za úkol odříznout průtokovou špičku přívalové srážky a zamezit tak tlakovému proudění ve stoce. Dalším úkolem je ochrana historického centra města a zamezení znečištění odlehčené části odpadní vody v recipientu. Po ukončení deště budou nádrže postupně čerpány do stoky A, případně je možno čerpat do stoky D. Pro porozumění přikládám půdorysné schéma. Podrobnější výkres nalezneme v příloze číslo 4 pod názvem výkresu: Navržení retenční nádrže-varianta 2.



Obr. 4.4. 3 Půdorysné schéma 2. varianty [T. Bártík]

Nádrž 1

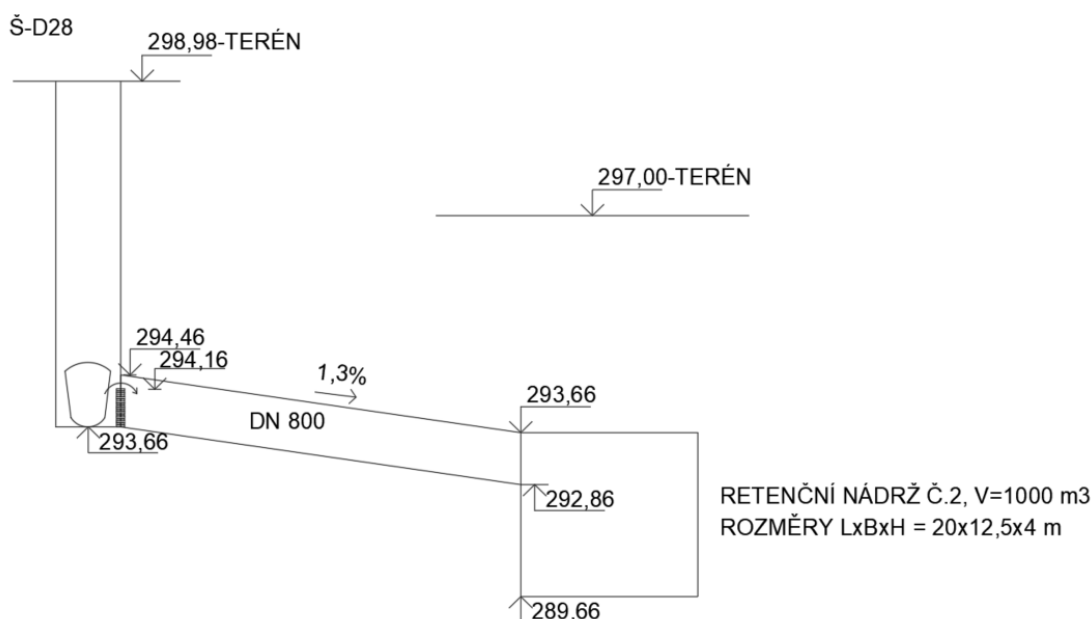
K odlehčení na stoce A, kruhového profilu DN 800 mm, dochází v šachtě Š-D22. V ní je regulovatelná přepadová hrana pomocí dluží. V tomto případě jsem ji nastavil na polovinu průtočného profilu, tedy na výšku 400 mm. Odlehčená část odpadní vody natéká do nádrže o objemu 1000 m³, gravitačně, potrubím DN 800, délky 56 m. Sklon potrubí činí 1,4 % a nádrž je rozměrů 20x12,5x4 m. Kóta dna odlehčovací šachty je rovna maximální hladině v retenční nádrži z důvodu vyrovnání tlaků a je ve výšce 295,70 m n. m. Přepadová hrana je na kótě 296,10 m n. m. Kóta maximální hladiny již byla zmíněna, dno nádrže se nachází 4 metry pod maximální hladinou, tedy na kótě 291,70 m n. m. Nátok do nádrže leží ve výšce 3,2 m nade dnem. Pro porozumění přikládám jednoduché výškové schéma.



Obr. 4.4. 4 Výškové schéma 2. varianty-nádrž 1 [T. Bártík]

Nádrž 2

K odlehčení na stoce D vejčitého profilu 700/1050 mm dochází v šachtě Š-D28. V ní je regulovatelná přepadová hrana pomocí dluží. V mém případě jsem nastavil přepadovou hranu přibližně na polovinu výšky profilu, tedy na výšku 500 mm. Odlehčená část odpadní vody natéká do nádrže o objemu 1000 m³, gravitačně, potrubím DN 800, délky 63 m. Sklon potrubí činí 1,3 % a nádrž je rozměrů 20x12,5x4 m. Kóta dna odlehčovací šachty je rovna maximální hladině v retenční nádrži z důvodu vyrovnání tlaků a je ve výšce 293,66 m n. m. Přepadová hrana je na kótě 294,16 m n. m. Kóta maximální hladiny již byla zmíněna, dno nádrže se nachází 4 metry pod maximální hladinou, tedy na kótě 289,66 m n. m. Nátok do nádrže leží ve výšce 3,2 m nade dnem. Pro porozumění přikládám jednoduché výškové schéma.



Obr. 4.4. 5 Výškové schéma 2. varianty-nádrž 2 [T. Bártík]

Díky výškovým rozdílům mezi nádržemi je zde možnost přepouštění vody z nádrže 1 do nádrže 2. Pokud by docházelo k rychlému naplnění první nádrže a druhá nádrž by se plnila pomalu nebo vůbec, mohla by se část objemu z první nádrže přesunout do druhé. Mohlo by se to realizovat například pomocí elektronicky řízeného šoupěte nebo pomocí hladinoměrů.

Po návrhu nádrží byla potřeba navrhnout jejich vyčerpání. Stejně jako v první variantě návrhu je dle normy ČSN 75 6261 Dešťové nádrže potřeba vyprázdnit nádrž do 8 hodin po skončení odtoku dešťových vod z jednoho deště v příslušném povodí. Čerpaná rychlost je opět navrhována v rozmezí 1-2 m/s. Opět nenavrhují přesné typy čerpadel, ale zobrazují parametry, mezi kterými čerpadla hledat. Měním průměr výtlačného potrubí a čerpané množství. Návrh dělám pro potrubí o vnitřním průměru: 100, 200, 300 a 400 mm. Čerpané množství jsem měnil po 25 l/s a návrh je vyhotoven pro tyto průtoky: 25, 50, 75, 100, 125, 150 l/s. Výpočet probíhal v bezplatném internetovém programu a zajímaly mě především 3 údaje [29].

První údaj je čas prázdnění, který by měl být dle normy menší než 8 hodin, dále rychlost odčerpávané vody v potrubí, která by se měla pohybovat v rozmezí 1-2 m/s. Poslední údaj, který mě zajímal, byla výtlačná výška. Zde můžeme vidět výpočtové tabulky s následným grafem, který ukáže, co za čerpadla je potřeba hledat. Pro každou nádrž jsem počítal prázdnění zvlášť. Doba vyprázdnění a rychlost se nemění, rozdíl je pouze ve výtlačné výšce.

Tab. 4.4. 5 Vnitřní průměr potrubí 100 mm [T. Bártík]

NÁDRŽ ČÍSLO 1						
Vnitřní průměr výtlačného potrubí = 100 mm						
čerpané množství:				čas prázdnění [h]	rychlost (1-2) [m/s]	výtlačná výška [m]
25	l/s	=	90 m ³ /hod	11.11	3.19	11.7
50	l/s	=	180 m ³ /hod	5.56	6.37	37.4
75	l/s	=	270 m ³ /hod	3.70	9.55	79.3
100	l/s	=	360 m ³ /hod	2.78	12.74	137.5
125	l/s	=	450 m ³ /hod	2.22	15.92	211.9
150	l/s	=	540 m ³ /hod	1.85	19.11	302.5

Tab. 4.4. 6 Vnitřní průměr potrubí 200 mm [T. Bártík]

NÁDRŽ ČÍSLO 1						
Vnitřní průměr výtlačného potrubí = 200 mm						
čerpané množství:				čas prázdnění [h]	rychlost (1-2) [m/s]	výtlačná výška [m]
25	l/s	=	90 m ³ /hod	11.11	0.8	3.2
50	l/s	=	180 m ³ /hod	5.56	1.59	4.5
75	l/s	=	270 m ³ /hod	3.70	2.39	6.7
100	l/s	=	360 m ³ /hod	2.78	3.19	9.6
125	l/s	=	450 m ³ /hod	2.22	3.98	13.4
150	l/s	=	540 m ³ /hod	1.85	4.78	18.1

Tab. 4.4. 7 Vnitřní průměr potrubí 300 mm [T. Bártík]

NÁDRŽ ČÍSLO 1						
Vnitřní průměr výtlačného potrubí = 300 mm						
čerpané množství:				čas prázdnění [h]	rychlost (1-2) [m/s]	výtlačná výška [m]
25	l/s	=	90 m ³ /hod	11.11	0.35	2.8
50	l/s	=	180 m ³ /hod	5.56	0.71	3.1
75	l/s	=	270 m ³ /hod	3.70	1.06	3.5
100	l/s	=	360 m ³ /hod	2.78	1.42	4
125	l/s	=	450 m ³ /hod	2.22	1.77	4.7
150	l/s	=	540 m ³ /hod	1.85	2.12	5.6

Tab. 4.4. 8 Vnitřní průměr potrubí 400 mm [T. Bártík]

NÁDRŽ ČÍSLO 1							
Vnitřní průměr výtlačného potrubí = 400 mm							
čerpané množství:					čas prázdnění [h]	rychlost (1-2) [m/s]	výtlačná výška [m]
25	l/s	=	90	m³/hod	11.11	0.2	2.8
50	l/s	=	180	m³/hod	5.56	0.4	2.9
75	l/s	=	270	m³/hod	3.70	0.6	3
100	l/s	=	360	m³/hod	2.78	0.8	3.1
125	l/s	=	450	m³/hod	2.22	1	3.4
150	l/s	=	540	m³/hod	1.85	1.19	3.6

Tab. 4.4. 9 Vnitřní průměr potrubí 100 mm [T. Bártík]

NÁDRŽ ČÍSLO 2							
Vnitřní průměr výtlačného potrubí = 100 mm							
čerpané množství:				čas prázdnění [h]	rychlost (1-2) [m/s]	výtlačná výška [m]	
25	l/s	=	90	m ³ /hod	11.11	3.19	14.6
50	l/s	=	180	m ³ /hod	5.56	6.37	42.4
75	l/s	=	270	m ³ /hod	3.70	9.55	87.8
100	l/s	=	360	m ³ /hod	2.78	12.74	150.8
125	l/s	=	450	m ³ /hod	2.22	15.92	231.2
150	l/s	=	540	m ³ /hod	1.85	19.11	329

Tab. 4.4. 10 Vnitřní průměr potrubí 200 mm [T. Bártík]

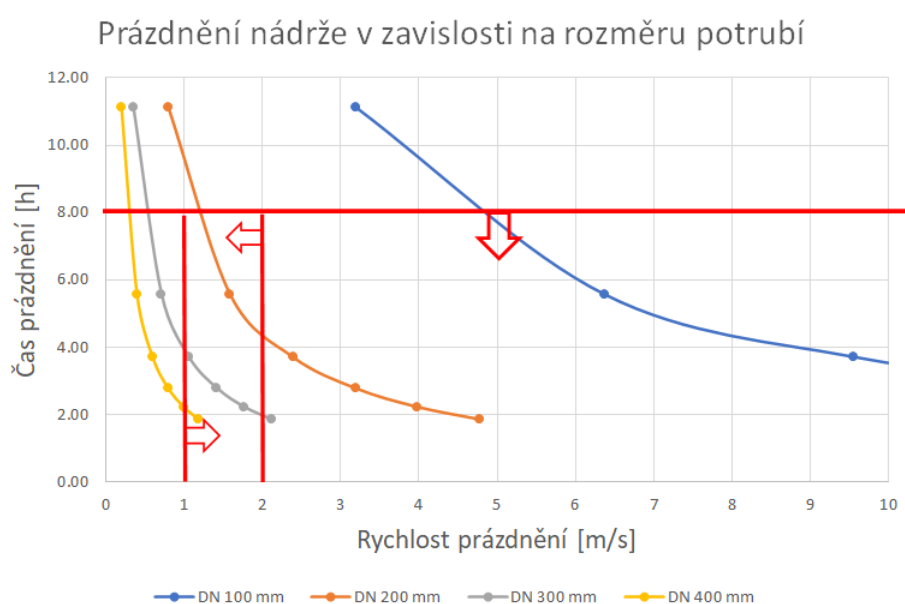
NÁDRŽ ČÍSLO 2							
Vnitřní průměr výtlačného potrubí = 200 mm							
čerpané množství:					čas prázdnění [h]	rychlost (1-2) [m/s]	výtlačná výška [m]
25	l/s	=	90	m³/hod	11.11	0.8	5.3
50	l/s	=	180	m³/hod	5.56	1.59	6.7
75	l/s	=	270	m³/hod	3.70	2.39	8.9
100	l/s	=	360	m³/hod	2.78	3.19	12
125	l/s	=	450	m³/hod	2.22	3.98	16
150	l/s	=	540	m³/hod	1.85	4.78	20.9

Tab. 4.4. 11 Vnitřní průměr potrubí 300 mm [T. Bártík]

NÁDRŽ ČÍSLO 2						
Vnitřní průměr výtlačného potrubí = 300 mm						
čerpané množství:				čas prázdnění [h]	rychlost (1-2) [m/s]	výtlačná výška [m]
25	l/s	=	90 m ³ /hod	11.11	0.35	4.9
50	l/s	=	180 m ³ /hod	5.56	0.71	5.1
75	l/s	=	270 m ³ /hod	3.70	1.06	5.5
100	l/s	=	360 m ³ /hod	2.78	1.42	6.1
125	l/s	=	450 m ³ /hod	2.22	1.77	6.8
150	l/s	=	540 m ³ /hod	1.85	2.12	7.7

Tab. 4.4. 12 Vnitřní průměr potrubí 400 mm [T. Bártík]

NÁDRŽ ČÍSLO 2						
Vnitřní průměr výtlačného potrubí = 400 mm						
čerpané množství:				čas prázdnění [h]	rychlost (1-2) [m/s]	výtlačná výška [m]
25	l/s	=	90 m ³ /hod	11.11	0.2	4.8
50	l/s	=	180 m ³ /hod	5.56	0.4	4.9
75	l/s	=	270 m ³ /hod	3.70	0.6	5
100	l/s	=	360 m ³ /hod	2.78	0.8	5.2
125	l/s	=	450 m ³ /hod	2.22	1	5.4
150	l/s	=	540 m ³ /hod	1.85	1.19	5.7



Graf 4.4. 2 Prázdnění nádrže v závislosti na rozměru potrubí [T. Bártík]

V grafu jsem vytvořil stejně jako v první variantě 2 omezující podmínky, které jsou označeny červenými čarami. První z podmínek je, že doba prázdnění musí být kratší než 8 hodin. Druhá podmínka je rychlostní, tedy že rychlost čerpané vody v potrubí má být v rozsahu 1-2 m/s. Těmto podmínkám vyhovuje 6 možností, které jsou v tabulkách barevně vyznačeny:

Potrubím o vnitřním průměru 200 mm a čerpaným množstvím 50 l/s lze nádrž vyprázdnit za 5,56 hodin. Rychlost v potrubí je 1,59 m/s a výtlačná výška činí 4,5 m u nádrže číslo 1, respektive 6,7 m u nádrže číslo 2.

Potrubím o vnitřním průměru 300 mm a čerpaným množstvím 75 l/s lze nádrž vyprázdnit za 3,70 hodin. Rychlost v potrubí je 1,06 m/s a výtlačná výška činí 3,5 m u nádrže číslo 1, respektive 5,5 m u nádrže číslo 2.

Potrubím o vnitřním průměru 300 mm a čerpaným množstvím 100 l/s lze nádrž vyprázdnit za 2,78 hodin. Rychlost v potrubí je 1,42 m/s a výtlačná výška činí 4 m u nádrže číslo 1, respektive 6,1 m u nádrže číslo 2.

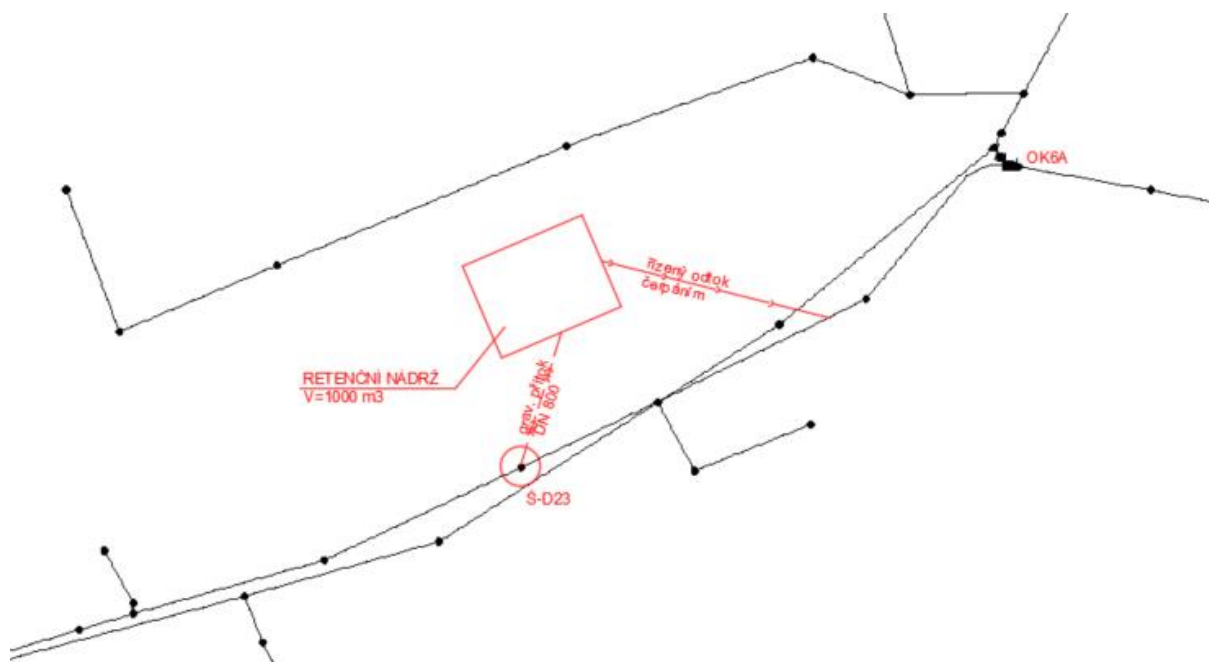
Potrubím o vnitřním průměru 300 mm a čerpaným množstvím 125 l/s lze nádrž vyprázdnit za 2,22 hodin. Rychlost v potrubí je 1,77 m/s a výtlačná výška činí 4,7 m u nádrže číslo 1, respektive 6,8 m u nádrže číslo 2.

Potrubím o vnitřním průměru 400 mm a čerpaným množstvím 125 l/s lze nádrž vyprázdnit za 2,22 hodin. Rychlost v potrubí je 1,0 m/s a výtlačná výška činí 3,4 m u nádrže číslo 1, respektive 5,4 m u nádrže číslo 2.

Potrubím o vnitřním průměru 400 mm a čerpaným množstvím 150 l/s lze nádrž vyprázdnit za 1,85 hodin. Rychlost v potrubí je 1,19 m/s a výtlačná výška činí 3,6 m u nádrže číslo 1, respektive 5,7 m u nádrže číslo 2.

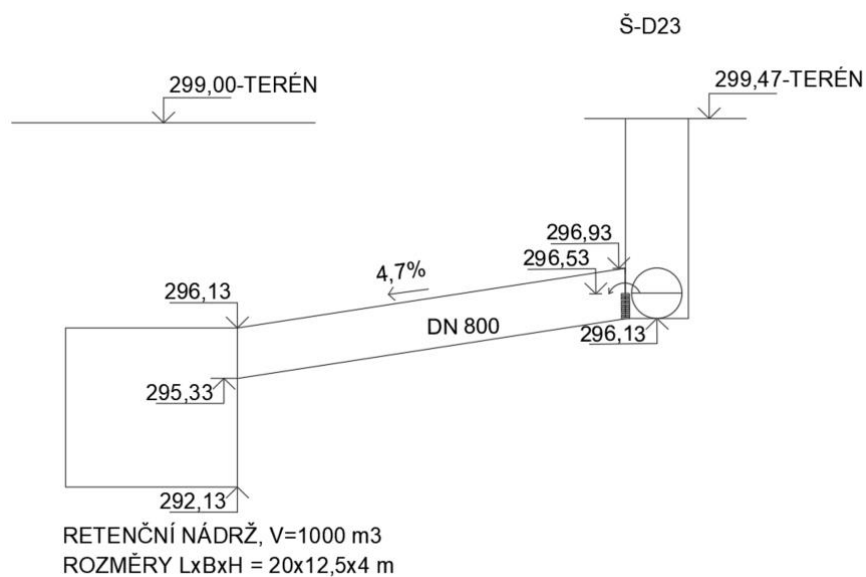
4.4.3 Varianta číslo 3

Ve třetím případě se jedná o odlehčení stoky A o vnitřním průměru 800 mm. K odlehčení dochází za odlehčovací komorou OK7A, která by byla po většinu času zaslepena. Otevřela by se pouze v případě velkých přívalových srážek, tedy v případě, když by akumulace v retenční nádrži byla nedostačující. Funkce retenční nádrže má především za úkol odříznout špičku přívalové srážky a akumulovat ji po dobu trvání deště. Poté by následovalo řízené čerpání zpět do sítě. Návrh v tomto místě je především kvůli ochraně historického centra města. Návrh simuluji tímto půdorysným schématem. Podrobnější výkres nalezneme v příloze číslo 4 pod názvem výkresu: Navržení retenční nádrže-varianta 3.



Obr. 4.4. 6 Půdorysné schéma 3. varianty [T. Bártík]

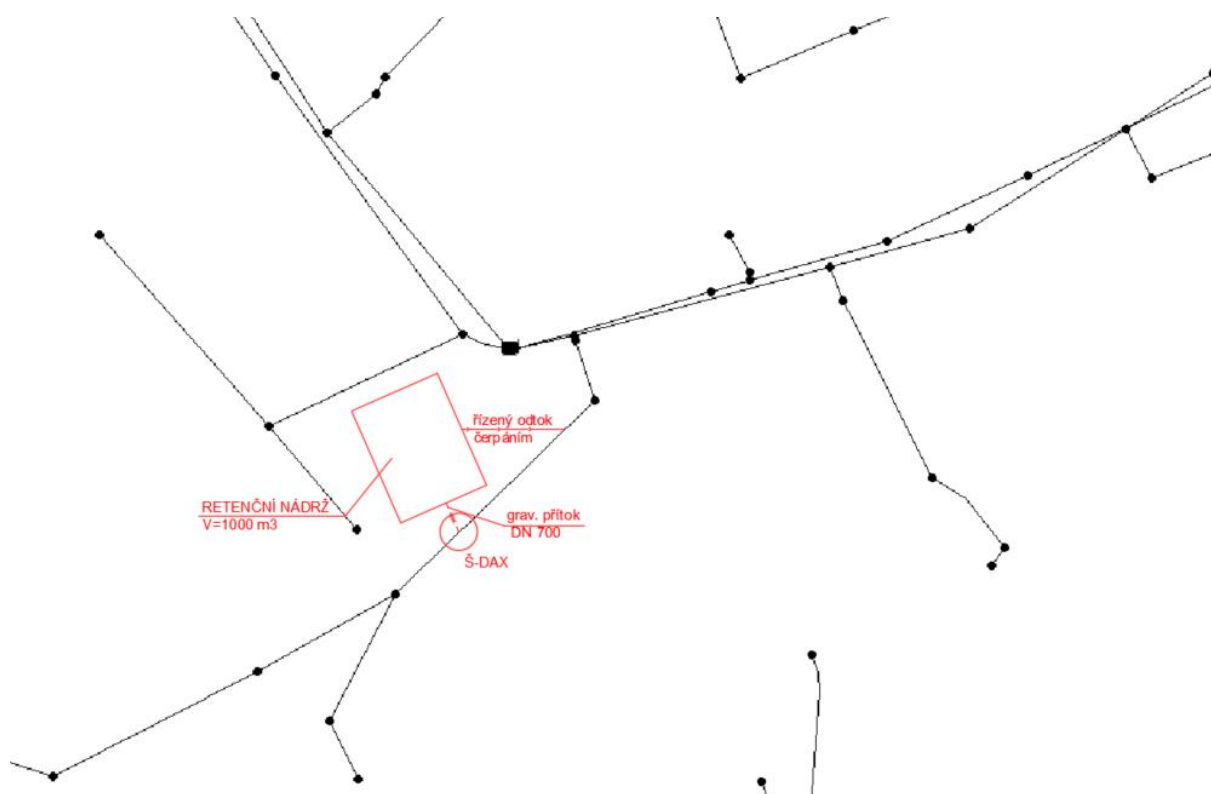
K odlehčení na stoce A kruhového profilu DN 800 dochází v šachtě Š-D23. V ní je regulovatelná přepadová hrana pomocí dluží. V tomto případě jsem nastavil přepadovou hranu na polovinu výšky profilu, tedy na výšku 400 mm. Odlehčená část odpadní vody natéká do nádrže o objemu 1000 m³ gravitačně, potrubím DN 800 délky 17 m. Sklon potrubí činí 4,7 % a nádrž je rozměrů 20x12,5x4 m. Kóta dna odlehčovací šachty je rovna maximální hladině v retenční nádrži, z důvodu vyrovnání tlaků a je ve výšce 296,13 m n. m. Přepadová hrana je na kótě 296,53 m n. m. Kóta maximální hladiny již byla zmíněna, dno nádrže se nachází 4 metry pod maximální hladinou, tedy na kótě 292,13 m n. m. Nátok do nádrže leží ve výšce 3,2 m nade dnem. Pro porozumění přikládám jednoduché výškové schéma.



Obr. 4.4. 7 Výškové schéma 3. varianty [T. Bártík]

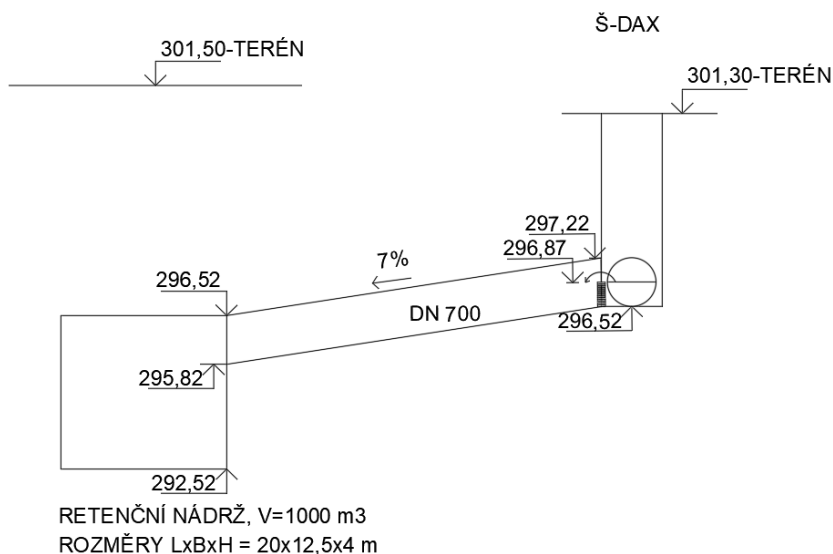
4.4.4 Varianta číslo 4

Ve čtvrtém a zároveň v posledním případě navrhuji odlehčení stoky D o vnitřním průměru 700 mm. Funkce retenční nádrže má především za úkol odříznout špičku přívalové srážky a akumulovat ji po dobu trvání deště. Hlavní úkol této nádrže je, aby nedocházelo ke znečištění recipientu při odlehčení v OK6A, protože převážná část plochy, kterou sbírá větev D, je tvořena nepropustným povrchem (asfaltem) a dochází tak ke splachu z tohoto povrchu. Po ukončení deště bude naplněná nádrž řízeně čerpána zpět do stoky D. Představení návrhu simuluji půdorysným schématem. Podrobnější výkres nalezneme v příloze číslo 4 pod názvem výkresu: Navržení retenční nádrže-varianta 4.



Obr. 4.4. 8 Půdorysné schéma 4. varianty [T. Bártík]

K odlehčení na stoce D kruhového profilu DN 700 dochází v nově vybudované šachtě Š-DAX. V ní je regulovatelná přepadová hrana pomocí dluží. V tomto případě jsem nastavil přepadovou hranu na polovinu výšky profilu, tedy na výšku 350 mm. Odlehčená část odpadní vody natéká do nádrže o objemu 1000 m³ gravitačně, potrubím DN 700 délky 10 m. Sklon potrubí činí 7 % a nádrž je rozměrů 20x12,5x4 m. Kóta dna odlehčovací šachty je rovna maximální hladině v retenční nádrži, z důvodu vyrovnání tlaků a je ve výšce 296,52 m n. m. Přepadová hrana je na kótě 296,87 m n. m. Kóta maximální hladiny již byla zmíněna, dno nádrže se nachází 4 metry pod maximální hladinou, tedy na kótě 292,52 m n. m. Nátok do nádrže leží ve výšce 3,2 m nade dnem. Pro porozumění přikládám jednoduché výškové schéma.



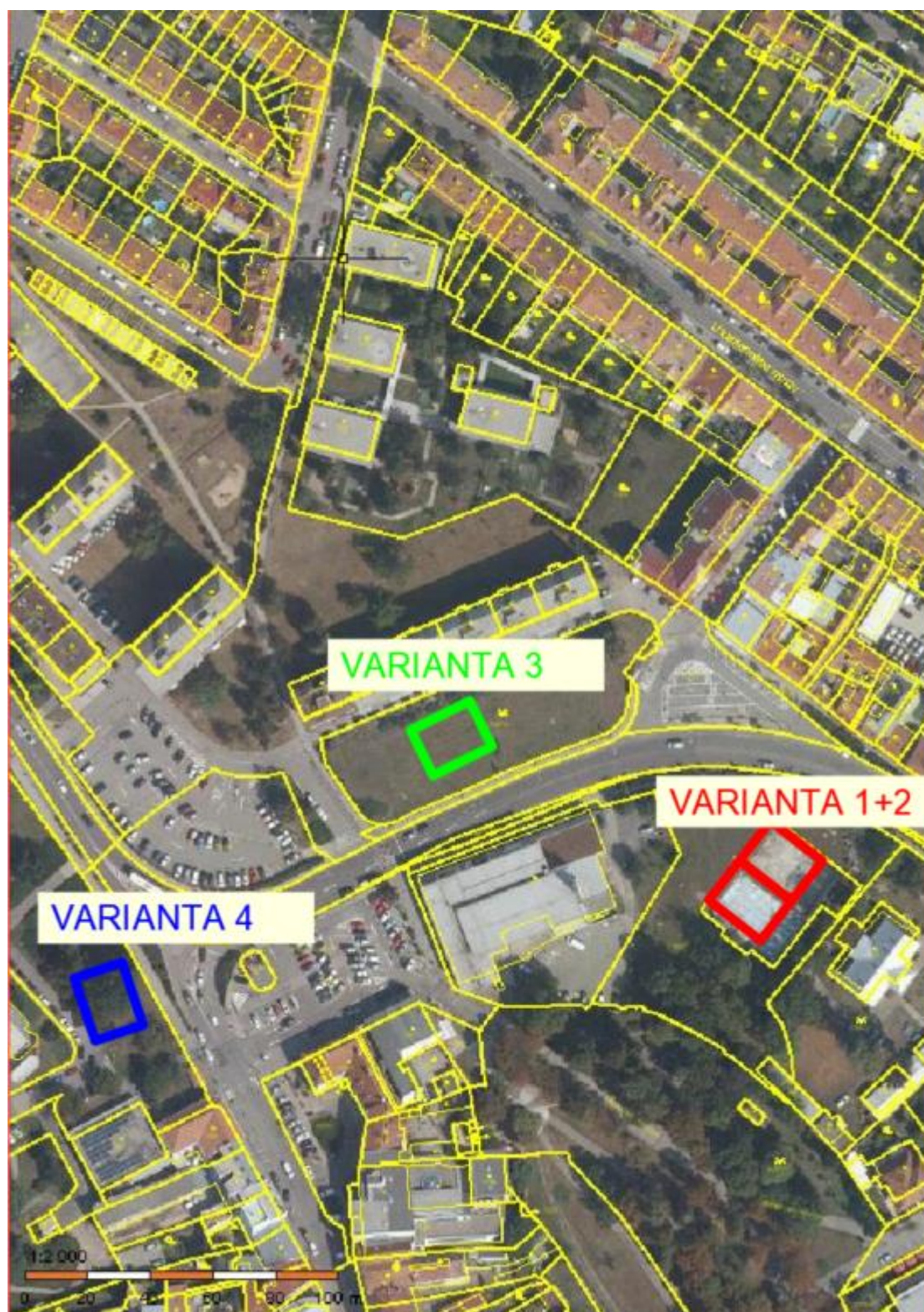
Obr. 4.4. 9 Výškové schéma 4. varianty [T. Bártík]

4.4.5 Souhrn všech variant

V této kapitole udělám stručný souhrn navržených variant míst, na kterých by se mohly retenční nádrže nacházet. Příkládám mapu pro zobrazení vybraných míst. Mapu jsem stáhl z portálu ČÚZK [22].

- První variantou je odlehčení stoky A s návrhem retenční nádrže o objemu 2000 m³. Na mapě je tato varianta vyznačena červenou barvou
- Druhou variantou je odlehčení stoky A i D. V návrhu jsou dvě retenční nádrže, každá o objemu 1000 m³. Každé z odlehčovaných stok připadá jedna nádrž. Díky uložení nádrží je zde možnost přepouštět jednosměrně gravitačně z nádrže číslo 1 do nádrže číslo 2. Na mapě je tato varianta vyznačena červenou barvou.
- Třetí variantou je odlehčení stoky A s návrhem retenční nádrže o objemu 1000 m³. Na mapě je tato varianta vyznačena zelenou barvou.
- Čtvrtou variantou je odlehčení stoky D s návrhem retenční nádrže o objemu 1000 m³. Na mapě je tato varianta vyznačena modrou barvou.

Mé doporučení je pro variantu číslo 2 z důvodu odlehčení obou stok a výskytu nádrží na jednom místě. Výhoda je také možnost přepouštění z první nádrže do druhé.



Obr. 4.4. 10 Souhrn všech variant návrhu retenčních nádrží [T. Bártík]

ZÁVĚR

Cílem diplomové práce bylo posouzení vybrané části stokové sítě ve Znojmě a teoretický návrh retenčních nádrží. Práce byla rozdělena do tří částí. První částí byla průvodní zpráva, následovala technická zpráva a poslední část se zabývala hydraulikou a návrhem retenčních nádrží. V průvodní zprávě byly vypsány především charakteristické údaje vybrané lokality a informace o provozovateli stokové sítě. Posuzování částí stokové sítě bylo složeno z vyhodnocení stavebně-technického stavu, včetně návrhu sanace s následným ekonomickým zhodnocením navrhovaných variant. Výsledky posouzení jsou sepsány v technické zprávě.

V úvodu technické zprávy jsou informace, popisující odkanalizování zájmové lokality. Pro představu je součástí technické zprávy dokumentace z osobní rekognoskace zájmového území. Jako první byl posuzován stavebně-technický stav odlehčovacích komor. Následovalo vyhodnocení stavebně-technického stavu vybraných úseků stokové sítě. V úvodu kapitoly byly popsány možné poruchy na stokové síti, metody monitoringu a metody pro posuzování stavu stok. Posouzení bylo provedeno na celkem 22 úsecích stokové sítě, vybraných vedoucím mé diplomové práce. Po nalezení jednotlivých poruch byly úseky zaříděny do kategorie stavebně-technického stavu a byl proveden návrh jejich sanace s finančním ohodnocením. U většiny úseků byla navržena sanace bezvýkopovou technologií pomocí vyvločkování stoky metodou obráceného rukávce nebo se jednalo pouze o lokální opravy. Navrhované sanace jednotlivých úseků vyšly na 5 850 000 Kč.

Poslední část diplomové práce se zabývá hydraulikou a návrhem retenčních nádrží. Úvodem kapitoly je zpracování rešerše o programu SWMM, ve kterém byl zpracován hydraulický model a jsou zde uvedeny informace o měrné kampani, která ve Znojmě probíhá již několik měsíců. Jsou zde provedeny hydraulické výpočty průtoků v místě návrhu retenčních nádrží, doplněné o grafy jejich Q-h křivek. Celkem byly vytvořeny 4 různé varianty návrhu umístění retenčních nádrží. Prvním dvěma variantám byla věnována větší pozornost, proto k nim byl vytvořen i teoretický návrh čerpadel pro jejich vypouštění. Všechny varianty jsou simulovány pomocí půdorysných a výškových schémat. Dle mého názoru je vybudování retenční nádrže správná cesta k ochraně historického centra města před přívalovými dešti a snížením znečišťování vodního recipientu.

5 POUŽITÁ LITERATURA

- [1] VODÁRENSKÁ AKCIOVÁ SPOLEČNOST, a.s. [online]. [cit. 2020-09-01]. Dostupné z: <https://vodarenska.cz/divize-znojmo/>
- [2] Znojmo [online]. [cit. 2020-09-01]. Dostupné z: <https://m.znojmocity.cz/uvodni-informace-o-znojme/d-3021>
- [3] Znojmo, Stav obyvatel - statistika [online]. [cit. 2020-09-01]. Dostupné z: <https://regiony.kurzy.cz/znojmo/stats/>
- [4] Mapy Google [online]. [cit. 2020-09-01]. Dostupné z: <https://www.google.com/maps/@48.8618555,16.0554008,14.47z>
- [5] Národní park Podyjí. Hydrologické poměry [online]. [cit. 2020-09-04]. Dostupné z: http://www.cittadella.cz/europarc/index.php?p=hydrologie&site=NP_podyji_cz
- [6] Jihomoravský kraj: Podnebí [online]. [cit. 2020-09-04]. Dostupné z: <https://m.kr-jihomoravsky.cz/Default.aspx?PubID=221841&TypeID=7>
- [7] Geovědní mapy 1:50 000: Podnebí [online]. [cit. 2020-09-04]. Dostupné z: <https://mapy.geology.cz/geocr50/?center=-643000%2C-1193700%2C102067&level=8>
- [8] Půdní mapa 1:50 000: Podnebí [online]. [cit. 2020-09-04]. Dostupné z: <https://mapy.geology.cz/pudy/>
- [9] Vodárenská akciová společnost [online]. 2017 [cit. 2020-10-05]. Dostupné z: <https://vodarenska.cz/divize/>
- [10] Mapy Google [online]. [cit. 2020-10-05]. Dostupné z: <https://www.google.cz/maps/@48.8413865,16.0831348,2535m/data=!3m1!1e3>
- [11] KOVÁČIK, Ivan. *Jaké jsou časté poruchy na kanalizační síti?* [online]. 2012 [cit. 2020-10-06]. Dostupné z: <https://voda.tzb-info.cz/kanalizacni-pripojky/9336-jake-jsou-aste-poruchy-na-kanalizacni-siti>
- [12] HLAVÍNEK, Petr, Jan MIČÍK a Petr PRAX. *Stokování a čištění odpadních vod*. Vyd. 1. Brno: CERM, 2003. ISBN 80-214-2535-0.
- [13] Čížek, Pavel, František Herel a Zdeněk Koníček. *Stokování a čištění odpadních vod*. Vyd. 1. Praha: SNTL, 1970.
- [14] XIE, Qian, Dawei LI, Jinxuan XU, Zhenghao YU a Jun WANG. Automatic Detection and Classification of Sewer Defects via Hierarchical Deep Learning. *IEEE Transactions on Automation Science and Engineering* [online]. vol. 16. 2019, 16(4), 1836-1847 [cit. 2020-10-15]. DOI: 10.1109/TASE.2019.2900170. ISSN 1545-5955. Dostupné z: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8664657/>
- [15] Ewert, G.-D.: *Bestandsaufnahme von Schäden an Kanalisationen am Beispiel von Hamburg*. Boden-/Grundwasserforum Berlin, 1988. IWS-Schriftenreihe Bd. 5, Erich Schmidt Verlag, Berlin 1988, S. 105-119 [cit. 2020-10-15].
- [16] Möhring, K.: Pawlovski, L.: *Zustandserfassung von Kanalisationen und ihre Einbindung in ein, Graphisch Technisches Informationssystem – GTIS – Kanal. Korrespondenz Abwasser (KA) 37 (1990) H. 11, S 1324-1331* [cit. 2020-10-15].
- [17] Stichting RIONED: *Rival Schade Catalogus. Voorstudie Neu 3399* [cit. 2020-10-15].

- [18] TNV 75 6905. METODIKA HODNOCENÍ TECHNICKÉHO STAVU KANALIZAČNÍ SÍTĚ. únor 2012. Praha: HYDROPROJEKT CZ a.s., návrh [cit. 2020-10-15].
- [19] HORÁK, Marek. *Průzkum a technická analýza stokových sítí* [online]. 2009 [cit. 2020-10-15]. Dostupné z: <http://www.vodohospodarske-stavby.cz/clanek/pruzkum-a-technicka-analyza-stokovych-siti/>
- [20] HORÁK Marek, Jiří KOZEL a Jaroslav RACLAVSKÝ. *PRŮZKUM A VYHODNOCENÍ TECHNICKÉHO STAVU STOKOVÝCH SÍTÍ* [online]. 2008 [cit. 2020-10-15]. Dostupné z: https://www.uur.cz/images/5-publikacni-cinnost-a-knihovna/casopis/2008/2008-04/10_pruzkum.pdf
- [21] RACLAVSKÝ, Jaroslav. *Metodika hodnocení technického stavu kanalizační sítě*. Brno: VUT v Brně, FAST, 2012 [cit. 2020-10-16].
- [22] Cuzk.cz [online]. [cit. 2020-11-01]. Dostupné z: <http://sgi-nahlizenidokn.cuzk.cz/marushka/default.aspx?themeid=3&&MarQueryId=6D2BCEB5&MarQParam0=793418&MarQParamCount=1&MarWindowName=Marushka>
- [23] Mapy.cz [online]. [cit. 2020-11-01]. Dostupné z: <https://mapy.cz/letecka?x=16.0509530&y=48.8599195&z=17>
- [24] [SWMM [online]. [cit. 2020-10-11]. Dostupné z: <https://www.pcswmm.com/Downloads/USEPASWMM>
- [25] LEWIS a ROSSMAN. Storm Water Management Model User's Manual Version 5.1 [online]. Cincinnati: U.S. Environmental Protection Agency, 2015 [cit. 2020-11-15]. Dostupné z: https://www.epa.gov/sites/production/files/2019-02/documents/epaswmm5_1_manual_master_8-2-15.pdf
- [26] KREJČÍ, Vladimír. 2002. Odvodnění urbanizovaných území - koncepční přístup. Vyd. 1. Brno: Noel 2000, 562 s. ISBN 80-860-2039-8.
- [27] ASOCIACE ČISTÍRENSKÝCH EXPERTŮ ČESKÉ REPUBLIKY. *METODICKÁ PŘÍRUČKA POSOUZENÍ STOKOVÝCH SYSTÉMŮ URBANIZOVANÝCH POVODÍ* [online]. 1. Praha, 2009 [cit. 2020-11-15]. Dostupné z: <http://www.forumochranyprirody.cz/sites/default/files/35.pdf>
- [28] Průtokoměr ISCO 2150 s AV senzorem [online]. Dolní Březany, 2006 [cit. 2020-11-16]. Dostupné z: <http://www.technoaqua.cz/underwood/download/files/isco-2150-a-2150ex.pdf>
- [29] *Výpočet dopravní výšky* [online]. [cit. 2020-12-13]. Dostupné z: <https://www.e-cerpadla.cz/vypocet-dopravni-vysky>
- [30] *Stokování a čištění odpadních vod* [online]. Brno [cit. 2020-12-21]. VUT FAST. Vedoucí práce Doc. Ing. Petr Hlušík, Ph.D.
- [31] Odlehčovací komora [online]. [cit. 2020-12-28]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Odleh%C4%8Dovac%C3%AD_komora

- [32] ŠEJNOHA, Jiří. Poruchovost stokových sítí volba stavebních materiálů, městské standardy. *SOVAK*. 2011, 20(2), 5.

SEZNAM TABULEK

Tab. 2.3. 1	Vývoj populace.....	11
Tab. 3.5. 1	Kategorie zatřídění stavu a objektů na stokové síti.....	32
Tab. 3.5. 2	Časový horizont pro odstranění poruchy dle jednotlivé kategorie.....	32
Tab. 3.5. 3	Technické ukazatele stokových sítí.....	33
Tab. 3.5. 4	Doporučené váhové hodnoty W_j pro technický ukazatel TUj.....	34
Tab. 3.5. 5	Zařazení TSU do kategorie.....	35
Tab. 3.7. 1	Využité technické ukazatele.....	37
Tab. 3.7. 2	Kategorické zatřídění úseků.....	38
Tab. 3.7. 3	Seznam posuzovaných úseků.....	39
Tab. 3.7. 4	Posouzení stavebně-technického stavu kanalizačních šachet.....	47
Tab. 3.8. 1	Cena sanace bezvýkopovou technologií.....	48
Tab. 3.8. 2	Cena výměny úseků po celé délce.....	49
Tab. 3.8. 3	Cena za sanaci kanalizačních šachet.....	49
Tab. 4.1. 1	Doporučené odchylky při kalibraci a verifikaci.....	53
Tab. 4.3. 1	Vzorce pro ruční výpočet průtoku v potrubí v závislosti na výšce zatopení.....	58
Tab. 4.3. 2	Výsledky – ruční výpočet.....	58
Tab. 4.3. 3	Výsledky – program SWMM.....	58
Tab. 4.3. 4	Výsledky – ruční výpočet.....	59
Tab. 4.3. 5	Výsledky – program SWMM.....	59
Tab. 4.4. 1	Vnitřní průměr potrubí 100 mm.....	62
Tab. 4.4. 2	Vnitřní průměr potrubí 200 mm.....	62
Tab. 4.4. 3	Vnitřní průměr potrubí 300 mm.....	63
Tab. 4.4. 4	Vnitřní průměr potrubí 400 mm.....	63
Tab. 4.4. 5	Vnitřní průměr potrubí 100 mm.....	67
Tab. 4.4. 6	Vnitřní průměr potrubí 200 mm.....	67
Tab. 4.4. 7	Vnitřní průměr potrubí 300 mm.....	67
Tab. 4.4. 8	Vnitřní průměr potrubí 400 mm.....	68
Tab. 4.4. 9	Vnitřní průměr potrubí 100 mm.....	68

Tab. 4.4. 10	Vnitřní průměr potrubí 200 mm.....	68
Tab. 4.4. 11	Vnitřní průměr potrubí 300 mm.....	69
Tab. 4.4. 12	Vnitřní průměr potrubí 400 mm.....	69
Tab. 5.1	Zatřídění dle kódů.....	87
Tab. 5.2	Zatřídění dle kódů.....	88
Tab. 5.3	Zatřídění dle kódů.....	89
Tab. 5.4	Zatřídění dle kódů.....	91
Tab. 5.5	Zatřídění dle kódů.....	91
Tab. 5.6	Zatřídění dle kódů.....	92
Tab. 5.7	Zatřídění dle kódů.....	93
Tab. 5.8	Zatřídění dle kódů.....	94
Tab. 5.9	Zatřídění dle kódů.....	96
Tab. 5.10	Zatřídění dle kódů.....	97
Tab. 5.11	Zatřídění dle kódů.....	99
Tab. 5.12	Zatřídění dle kódů.....	100
Tab. 5.13	Zatřídění dle kódů.....	101
Tab. 5.14	Zatřídění dle kódů.....	102
Tab. 5.15	Zatřídění dle kódů.....	103
Tab. 5.16	Zatřídění dle kódů.....	104
Tab. 5.17	Zatřídění dle kódů.....	105
Tab. 5.18	Zatřídění dle kódů.....	106
Tab. 5.19	Zatřídění dle kódů.....	107
Tab. 5.20	Zatřídění dle kódů.....	108
Tab. 5.21	Zatřídění dle kódů.....	109
Tab. 5.22	Zatřídění dle kódů.....	110
Tab. 5.23	Posouzení stavebně-technického stavu stokové sítě.....	111
Tab. 5.24	Výpočet průtoku v závislosti na výšce zatopení před odlehčením.....	113
Tab. 5.25	Výpočet průtoku v závislosti na výšce zatopení po odlehčení.....	114

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 2.3. 1	Zájmové území v rámci širšího okolí.....	12
Obr. 2.3. 2	Zájmové území detailní zobrazení.....	12
Obr. 3.3. 4	Lokace OKDN1.....	16
Obr. 3.3. 5	Přítok do OKDN1.....	16
Obr. 3.3. 6	Odvod splaškové vody na ČOV.....	17
Obr. 3.3. 4	Lokace OK4A.....	18
Obr. 3.3. 5	Schéma OK4A.....	18
Obr. 3.3. 6	Přítok do OK4A.....	19
Obr. 3.3. 7	Přepadový žlab OK4A.....	19
Obr. 3.3. 8	Odtok z OK4A do recipientu.....	20
Obr. 3.3. 9	Snímač hladiny v OK4A.....	21
Obr. 3.3. 10	Lokace OK8A.....	22
Obr. 3.3. 11	Schéma OK8A.....	22
Obr. 3.3. 12	Přítok do OK8A.....	23
Obr. 3.3. 13	Pohled do OK8A.....	23
Obr. 3.3. 14	Lokace OK7A.....	24
Obr. 3.3. 15	Schéma OK7A.....	25
Obr. 3.3. 16	Odtok z OK7A.....	25
Obr. 3.3. 17	Pohled do OK7A.....	26
Obr. 3.3. 18	Odlehčení do stoky D-4.....	26
Obr. 3.3. 19	Chybějící střep v OK7A.....	27
Obr. 3.3. 20	Rekognoskace zájmového území.....	28
Obr. 3.3. 21	Rekognoskace zájmového území.....	28
Obr. 3.3. 22	Rekognoskace zájmového území.....	28
Obr. 3.3. 23	Rekognoskace zájmového území.....	29
Obr. 3.3. 24	Rekognoskace zájmového území.....	29
Obr. 3.3. 25	Rekognoskace zájmového území.....	29
Obr. 3.3. 26	Rekognoskace zájmového území.....	30
Obr. 3.3. 27	Rekognoskace zájmového území.....	30
Obr. 3.6. 1	Schéma vyhodnocovaných úseků ve městě Znojmo.....	36
Obr. 3.7. 2	Průsak.....	40
Obr. 3.7. 3	Rozlomené zdivo.....	41

Obr. 3.7. 4	Průnik neznámého potrubí.....	41
Obr. 3.7. 5	Chybějící část zdiva.....	41
Obr. 3.7. 6	Zanešená kan. přípojka.....	41
Obr. 3.7. 7	Důsledek síranové koroze.....	42
Obr. 3.7. 8	Chybějící zdivo.....	42
Obr. 3.7. 9	Poškozené zdivo u přípojky.....	42
Obr. 3.7. 10	Poškození důsledkem síranové koroze.....	42
Obr. 3.7. 11	Průsak splašků.....	43
Obr. 3.7. 12	Chybějící zdivo.....	43
Obr. 3.7. 13	Oprava maltovou injektáží.....	43
Obr. 3.7. 14	Posunutý trubní spoj.....	44
Obr. 3.7. 15	Trhliny v místě napojení.....	44
Obr. 3.7. 16	Porušené ostění v místě přípojky.....	44
Obr. 3.7. 17	Posunutý trubní spoj a koroze.....	45
Obr. 3.7. 18	Usazenina toaletního papíru.....	45
Obr. 3.7. 19	Chybějící střep.....	45
Obr. 3.7. 20	Protispád.....	45
Obr. 3.7. 21	Poškozené ostění.....	45
Obr. 3.7. 22	Protispád.....	46
Obr. 4. 1	Lokace pro vybudování retenční nádrže.....	50
Obr. 4.2. 1	Srážkoměr – Kotkova.....	54
Obr. 4.2. 2	Srážkoměr – ÚV.....	54
Obr. 4.2. 3	Srážkoměr – ČOV.....	54
Obr. 4.2. 4	Průtokoměr ISCO 2150.....	54
Obr. 4.2. 5	Měrná šachta.....	55
Obr. 4.2. 6	Umístění průtokoměru v měrné šachtě.....	55
Obr. 4.2. 7	Vyjmutí ze šachty.....	55
Obr. 4.2. 8	Sběr dat z průtokoměru.....	55
Obr. 4.2. 9	Konstrukce pro měřící senzor.....	56
Obr. 4.2. 10	Složená konstrukce s měřícím senzorem.....	56
Obr. 4.2. 11	Nastavení parametrů před instalací.....	56
Obr. 4.2. 12	Instalace do šachty.....	56
Obr. 4.2. 13	Zkouška měření průtoku.....	56
Obr. 4.2. 14	Přichycení přístroje do šachty.....	56

Obr. 4.3. 1	Nastavení odlehčovací komory OK7A v programu SWMM.....	57
Obr. 4.4. 1	Půdorysné schéma 1. varianty.....	61
Obr. 4.4. 2	Výškové schéma 1. varianty.....	61
Obr. 4.4. 3	Půdorysné schéma 2. varianty.....	64
Obr. 4.4. 4	Výškové schéma 2. varianty-nádrž 1.....	65
Obr. 4.4. 5	Výškové schéma 2. varianty-nádrž 2.....	66
Obr. 4.4. 6	Půdorysné schéma 3. varianty.....	71
Obr. 4.4. 7	Výškové schéma 3. varianty.....	71
Obr. 4.4. 8	Půdorysné schéma 4. varianty.....	72
Obr. 4.4. 9	Výškové schéma 4. varianty.....	73
Obr. 4.4. 10	Souhrn všech variant návrhu retenčních nádrží.....	74

SEZNAM GRAFŮ

Graf 3.4	Četnost poruch.....	31
Graf 3.7. 1	Kategorické zatřídění úseků.....	39
Graf 3.7. 2	Technický stav kanalizačních šachet.....	48
Graf 4.3. 1	Q-h křivka před odlehčením.....	59
Graf 4.3. 2	Q-h křivka po odlehčení.....	60
Graf 4.4. 1	Prázdnění nádrže v závislosti na rozměru potrubí.....	63
Graf 4.4. 2	Prázdnění nádrže v závislosti na rozměru potrubí.....	69

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

VAS	vodárenská akciová společnost
PVC	polyvinylchlorid
DN	jmenovitá světlost potrubí (mm)
OK	odlehčovací komora
ČOV	čistírna odpadních vod
BOZP	bezpečnost a ochrana zdraví při práci
CCTV	Closed Circuit Television
CD	Compact Disc
ČSN	česká technická norma
TU	technický ukazatel
TSU	technický stav úseku
NZTSU	nejhorší zjištěný technický stav úseku
LO	lokální oprava
OB	obměna v délce
BZ	bez zásahu
SWMM	Storm Water Management Model
ŽB	železobeton
ČÚZK	Český úřad zeměměřický a katastrální
ÚV	úpravna vody

SEZNAM PŘÍLOH

1. Vyhodnocení kamerových záznamů dle ČSN EN 13508-2
2. Vyhodnocení stavebně-technického stavu stokové sítě
3. Výpočet průtoku v závislosti na výšce zatopení
4. Výkres č. 1 – Situace stávajícího stavu stokové sítě (M 1:1250)
5. Výkres č. 2 – Situace stavebně-technického stavu stokové sítě (M 1:1250)
6. Výkres č. 3 – Podélný profil kanalizace – úsek č. 1 (M 1:1000/100)
7. Výkres č. 4 – Podélný profil kanalizace – úsek č. 2 (M 1:1000/100)
8. Výkres č. 5 – Navržení retenční nádrže-varianta 1 (M 1:50)
9. Výkres č. 6 – Navržení retenční nádrže-varianta 2 (M 1:50)
10. Výkres č. 7 – Navržení retenční nádrže-varianta 3 (M 1:50)
11. Výkres č. 8 – Navržení retenční nádrže-varianta 4 (M 1:50)
12. CD s kamerovým průzkumem

PŘÍLOHA 1 – VYHODNOCENÍ KAMEROVÝCH ZÁZNAMŮ DLE ČSN EN 13508-2

Tab. 5.1 - Zatřídění dle kódů [T. Bártík]

Místo: Znojmo
Ulice: Otakara Březiny
Číslo úseku: 117661
Materiál: Beton
Profil: Vejčitý průřez
Průměr: 500/750
Směr inspekce: po směru toku

poloha v podélném směru	hlavní kód	charakterizace		kvantifikace		poloha na obvodu		odkaz na fotodoku- mentaci	odkaz na video- záznamy	poznámky
		1	2	1	2	1	2			
0.00	BCD	A		1434						
4.03	BCA	D	A	200		12			00:00:20	
9.00	BCA	D	A	200		02			00:01:09	
58.80	BCE	A		1436						

Tab. 5.2 - Zatřídění dle kódů [T. Bártík]

Místo: Znojmo
Ulice: Zborovská
Číslo úseku: 117644
Materiál: Beton
Profil: Vejčitý průřez
Průměr: 500/750
Směr inspekce: po směru toku

poloha v podélném směru	hlavní kód	charakterizace		kvantifikace		poloha na obvodu		odkaz na fotodoku- mentaci	odkaz na video- záznamy	poznámky
		1	2	1	2	1	2			
0.00	BCD	A		1436						
A,B;A-0,0;B-38.4	BCB	C				07	05			místní opravy v celé délce úseku
16.60	BAB	C	B	50		08			00:01:13	
31.80	BFF	B				12			00:02:45	
38.00	BCA	D	A	300		03			00:04:22	poškozené zdivo v místě přípojky
38.40	BCE	A	1435							

Lze konstatovat, že po celé délce podél vystýlky je silná síranová koroze
Celý úsek opravován místně maltovou injektáží

Tab. 5.3 - Zatřídění dle kódů [T. Bártík]

Místo: Znojmo
Ulice: Zborovská
Číslo úseku: 117643
Materiál: Beton
Profil: Vejčitý průřez
Průměr: 500/750
Směr inspekce: po směru toku

poloha v podélném směru	hlavní kód	charakterizace		kvantifikace		poloha na obvodu		odkaz na fotodoku- mentaci	odkaz na video- záznamy	poznámky
		1	2	1	2	1	2			
0.00	BCD	A		1435						
4.16	BAC	B		500		01	05		00:00:31	
6.40	BBE	G				11	02		00:01:08	průnik cizího potrubí
9.54	BCA	D	A	200		03			00:01:41	
38.00	BCE	A	1182							

Lze konstatovat, že po celé délce podél vystýlky je silná síranová koroze

Tab. 5.4 - Zatřídění dle kódů [T. Bártík]

Místo: Znojmo
Ulice: Pražská
Číslo úseku: 123318
Materiál: Beton
Profil: Vejčitý průřez
Průměr: 500/750
Směr inspekce: po směru toku

poloha v podélném směru	hlavní kód	charakterizace		kvantifikace		poloha na obvodu		odkaz na fotodoku- mentaci	odkaz na video- záznamy	poznámky
		1	2	1	2	1	2			
0.00	BCD	A		1182						
4.80	BCC	A	B	80					00:00:44	
3.85	BCE	A		3140						

Vtok do odlehčovací komory OK8A

Tab. 5.5 - Zatřídění dle kódů [T. Bártík]

Místo: Znojmo
Ulice: Pražská
Číslo úseku: 116178
Materiál: ŽB
Profil: Kruhový průřez
Průměr: 600
Směr inspekce: po směru toku

poloha v podélném směru	hlavní kód	charakterizace		kvantifikace		poloha na obvodu		odkaz na fotodoku- mentaci	odkaz na video- záznamy	poznámky
		1	2	1	2	1	2			
0.00	BCD	A		1321						
3.85	BCE	A		3140						

Úsek je v protispádu - je to z důvodu odlehčovací komory OK8A

Tab. 5.6 - Zatřídění dle kódů [T. Bártík]

Místo: Znojmo
Ulice: Legionářská
Číslo úseku: 115312
Materiál: Beton s vystýlkou
Profil: Vejčitý průřez
Průměr: 500/750
Směr inspekce: po směru toku

poloha v podélném směru	hlavní kód	charakterizace		kvantifikace		poloha na obvodu		odkaz na fotodoku- mentaci	odkaz na video- záznamy	poznámky
		1	2	1	2	1	2			
0.00	BCD	A		1321						
22.4	BAC	B		500		09			00:01:28	
22.50	BCA	E	A	150		10			00:02:17	
26.60	BAF	D	C			04			00:03:23	
33.65	BAC	B		400		07			00:04:12	
33.95	BCA	D	A	150		10			00:04:21	
40.33	BCA	D	A	200		02			00:05:05	
42.18	BCA	D	A	200		09			00:05:32	přípojka zanešena
42.60	BAC	B		500		05			00:05:57	
43.70	BAC	B		300		07			00:06:03	
43.70	BCA	D	A	150		10			00:06:11	
57.90	BAC	B		300		08			00:07:44	
58.20	BCA	D	A	150		10			00:07:51	
58.40	BAC	B		500		07			00:08:30	
61.50	BCE	A		1322						

Lze konstatovat, že po celé délce podél vystýlky je silná síranová koroze

Tab. 5.7 - Zatřídění dle kódů [T. Bártík]

Místo: Znojmo
Ulice: Legionářská
Číslo úseku: 115313
Materiál: Beton s vystýlkou
Profil: Vejčitý průřez
Průměr: 500/750
Směr inspekce: po směru toku

poloha v podélném směru	hlavní kód	charakterizace		kvantifikace		poloha na obvodu		odkaz na fotodoku- mentaci	odkaz na video- záznamy	poznámky
		1	2	1	2	1	2			
0.00	BCD	A		1322						
2.05	BAD	B	A			05			00:00:17	
3.00	BAC	B		400		08			00:00:37	
3.23	BCA	D	A	150		10			00:01:16	
4.76	BCE	A		1323						

Tab. 5.8 - Zatřídění dle kódů [T. Bártík]

Místo: Znojmo
Ulice: Legionářská
Číslo úseku: 117930
Materiál: Beton s vystýlkou
Profil: Vejčitý průřez
Průměr: 500/750
Směr inspekce: po směru toku

poloha v podélném směru	hlavní kód	charakterizace		kvantifikace		poloha na obvodu		odkaz na fotodoku- mentaci	odkaz na video- záznamy	poznámky
		1	2	1	2	1	2			
0.00	BCD	A		1323						
7.28	BCA	D	A	300		12			00:00:33	
8.40	BCA	D	A	150		12			00:01:11	
8.71	BAC	B		300		07			00:01:32	
16.34	BCA	D	A	150		01			00:02:08	
25.15	BAC	B		800		07			00:03:11	
25.37	BCA	D	A	200		10			00:03:23	
35.90	BAC	B		600		07			00:04:40	
35.90	BCA	D	A	200		09			00:05:04	
41.70	BAC	B		400		07			00:06:08	
42.00	BCA	D	A	200		09			00:06:20	
44.00	BCA	D	A	150		02			00:07:04	
57.00	BAC	B		400		07	10		00:08:18	
57.10	BCA	D	A	150		10			00:08:20	
62.70	BAC	B		400		07	10		00:09:10	
63.20	BCA	D	A	150		11			00:09:13	

68.40	BCA	D	A	150		01			00:09:53	
79.80	BCA	D	A	100		01			00:10:53	
90.90	BCA	D	A	300		10			00:11:58	poškozené zdivo v místě přípojky
95.30	BCE	A		1765						

Lze konstatovat, že po celé délce podél vystýlky je silná síranová koroze

Tab. 5.9 - Zatřídění dle kódů [T. Bártík]

Místo: Znojmo
Ulice: Legionářská
Číslo úseku: 117929
Materiál: Beton s vystýlkou
Profil: Vejčitý průřez
Průměr: 500/750
Směr inspekce: po směru toku

poloha v podélném směru	hlavní kód	charakterizace		kvantifikace		poloha na obvodu		odkaz na fotodoku- mentaci	odkaz na video- záznamy	poznámky
		1	2	1	2	1	2			
0.00	BCD	A		1765						
A,B;A-0,0;B-29.4	BAD	B	A			05	07			poškození v celém úseku
14.25	BCA	D	A	200		12			00:01:30	
29.40	BCE	A		1764						

Tab. 5.10 - Zatřídění dle kódů [T. Bártík]

Místo: Znojmo
Ulice: Legionářská
Číslo úseku: 124664
Materiál: Beton s vystýlkou
Profil: Vejčitý průřez
Průměr: 500/750
Směr inspekce: po směru toku

poloha v podélném směru	hlavní kód	charakterizace		kvantifikace		poloha na obvodu		odkaz na fotodoku- mentaci	odkaz na video- záznamy	poznámky
		1	2	1	2	1	2			
0.00	BCD	A		1764						
15.63	BAD	B	B			05			00:01:26	
21.00	BCA	D	B	200		12			00:03:00	viditelný průsak splašků
21.00	BAD	B	A			07,05			00:03:43	chybějící zdivo po délce cca 1m
26.80	BAD	B	A			07,05			00:04:36	
48.00	BCA	D	B	200		12			00:06:50	
56.00	BCA	D	A	200		12			00:07:50	
72.70	BCA	D	A	200		11			00:09:50	
72.70	BAC	B		500		07,05			00:09:45	na obou stranách chybí části stěny, tvorba kaverny
81.10	BCA	D	A	400		03			00:11:14	
84.30	BCA	D	A	200		12			00:11:50	
89.60	BCA	D	A	150		11			00:12:33	
93.80	BCA	D	A	300		03			00:13:47	

97.20	BCA	D	A	300		10			00:14:20	
99.70	BCE	A		1763						

Lze konstatovat, že po celé délce podél vystýlky je silná síranová koroze, po celé délce nad žlábkem chybí kusy zdiva

Tab. 5.11 - Zatřídění dle kódů [T. Bártík]

Místo: Znojmo
Ulice: Legionářská
Číslo úseku: 117931
Materiál: Beton s vystýlkou
Profil: Vejčitý průřez
Průměr: 500/750
Směr inspekce: po směru toku

poloha v podélném směru	hlavní kód	charakterizace		kvantifikace		poloha na obvodu		odkaz na fotodoku- mentaci	odkaz na video- záznamy	poznámky
		1	2	1	2	1	2			
0.00	BCD	A		1763						
A,B;A-0,0;B-77	BCB	C				07	05			místní opravy v celé délce úseku
17.90	BCA	D	A	200		11			00:01:11	
23.75	BCA	D	A	200		12			00:01:56	
41.16	BCA	D	A	200		12			00:03:26	
46.53	BCA	D	A	200		12			00:04:22	
59.00	BCC	A	B	20					00:05:30	
64.50	BCC	A	B	20					00:05:55	
77.00	BCE	A		1327						

Lze konstatovat, že po celé délce podél vystýlky je silná síranová koroze
Celý úsek opravován místně maltovou injektáží

Tab. 5.12 - Zatřídění dle kódů [T. Bártík]

Místo: Znojmo
Ulice: Gagarinova
Číslo úseku: 116521
Materiál: Beton
Profil: Kruhový průřez
Průměr: 400
Směr inspekce: po směru toku

poloha v podélném směru	hlavní kód	charakterizace		kvantifikace		poloha na obvodu		odkaz na fotodoku- mentaci	odkaz na video- záznamy	poznámky
		1	2	1	2	1	2			
0.00	BCD	A		1814						
0.81	BAJ	A		30		12	12		00:00:06	
4.30	BAJ	A		35		12	12		00:00:35	
8.14	BAJ	A		30		12	12		00:00:55	
11.90	BAJ	A		30		12	12		00:01:15	
15.78	BCA	E	A	300		03			00:01:32	trhliny v místě napojení
19.13	BAJ	A		25		03	09		00:02:11	
22.68	BAJ	A		30		12	12		00:02:29	
26.41	BAJ	A		45		12	12		00:02:49	
30.80	BCE	A		1808						

Lze konstatovat, že každé napojení trubního spoje je posunuto min. o 30 mm

Tab. 5.13 - Zatřídění dle kódů [T. Bártík]

Místo: Znojmo
Ulice: Gagarinova
Číslo úseku: 115417
Materiál: Beton
Profil: Kruhový průřez
Průměr: 500
Směr inspekce: po směru toku

poloha v podélném směru	hlavní kód	charakterizace		kvantifikace		poloha na obvodu		odkaz na fotodoku- mentaci	odkaz na video- záznamy	poznámky
		1	2	1	2	1	2			
0.00	BCD	A		748						
2.65	BAJ	A		60		12	12		00:00:16	
5.00	BAB	B	A,B	10		10	02		00:00:20	
14.00	BCA	D	A	200		03			00:01:50	poškozené ostění v místě napojení
32.00	BCE	A		745						

Lze konstatovat, že každé napojení trubního spoje je posunuto min. o 30 mm

Celý úsek silně zkorodován

Tab. 5.14 - Zatřídění dle kódů [T. Bártík]

Místo: Znojmo
Ulice: Gagarinova
Číslo úseku: 116962
Materiál: Beton
Profil: Kruhový průřez
Průměr: 500
Směr inspekce: po směru toku

poloha v podélném směru	hlavní kód	charakterizace		kvantifikace		poloha na obvodu		odkaz na fotodoku- mentaci	odkaz na video- záznamy	poznámky
		1	2	1	2	1	2			
0.00	BCD	A		745						
1.20	BAJ	A		60		12	12		00:00:06	
11.50	BCE	A		1803						

Lze konstatovat, že každé napojení trubního spoje je posunuto min. o 30 mm
Celý úsek silně zkorodován

Tab. 5.15 - Zatřídění dle kódů [T. Bártík]

Místo: Znojmo
Ulice: Gagarinova
Číslo úseku: 117389
Materiál: Beton
Profil: Kruhový průřez
Průměr: 500
Směr inspekce: po směru toku

poloha v podélném směru	hlavní kód	charakterizace		kvantifikace		poloha na obvodu		odkaz na fotodoku- mentaci	odkaz na video- záznamy	poznámky
		1	2	1	2	1	2			
0.00	BCD	A		1803						
1.10	BAJ	A		40		12	12		00:00:11	
11.50	BCA	D		150		02			00:01:20	
11.50	BCA	D		150		10			00:01:20	
33.00	BBC	A		20		06			00:04:16	nánosy toalet. papíru
33.80	BDG	B								robot neprojel skrz nános

Lze konstatovat, že každé napojení trubního spoje je posunuto min. o 30 mm

Celý úsek silně zkorodován

Tab. 5.16 - Zatřídění dle kódů [T. Bártík]

Místo: Znojmo
Ulice: Gagarinova
Číslo úseku: 116526
Materiál: Beton
Profil: Kruhový průřez
Průměr: 500
Směr inspekce: po směru toku

poloha v podélném směru	hlavní kód	charakterizace		kvantifikace		poloha na obvodu		odkaz na fotodoku- mentaci	odkaz na video- záznamy	poznámky
		1	2	1	2	1	2			
0.00	BCD	A		1801						
3.34	BAJ	A		40		12	12		00:00:18	
5.46	BAJ	A		30		12	12		00:00:31	
7.31	BAJ	A		35		12	12		00:00:45	
10.20	BAJ	A		35		12	12		00:01:03	
12.04	BAF	B	C			05			00:01:21	
14.88	BCA	D	A	200		03			00:01:39	trhliny v místě napojení
16.36	BAJ	A		40		12	12		00:02:12	
18.87	BCC		A	9					00:02:26	protispád
23.04	BBE	E		30		06	09		00:02:52	
25.49	BAJ	A		45		12	12		00:03:07	
27.00	BCA	E	A	150		10			00:03:33	trhliny v místě napojení
31.91	BCC		A	14					00:04:28	průhyb potrubí- protispád
35.50	BCE	A		734						

Lze konstatovat, že každé napojení trubního spoje je posunuto min. o 30 mm

Tab. 5.17 - Zatřídění dle kódů [T. Bártík]

Místo: Znojmo
Ulice: Gagarinova
Číslo úseku: 116963
Materiál: Beton
Profil: Kruhový průřez
Průměr: 500
Směr inspekce: po směru toku

poloha v podélném směru	hlavní kód	charakterizace		kvantifikace		poloha na obvodu		odkaz na fotodoku- mentaci	odkaz na video- záznamy	poznámky
		1	2	1	2	1	2			
0.00	BCD	A		734						
0.00	BAB	B	B	10		06	12		00:00:20	
2.10	BBE	E		20		06	07		00:00:35	
4.20	BAJ	A		40		12	12		00:00:49	
11.71	BCC		A	14					00:01:42	průhyb potrubí- protispád
16.30	BCE	A		1799						

Lze konstatovat, že každé napojení trubního spoje je posunuto min. o 30 mm

Tab. 5.18 - Zatřídění dle kódů [T. Bártík]

Místo: Znojmo
Ulice: Gagarinova
Číslo úseku: 116527
Materiál: Beton
Profil: Kruhový průřez
Průměr: 500
Směr inspekce: po směru toku

poloha v podélném směru	hlavní kód	charakterizace		kvantifikace		poloha na obvodu		odkaz na fotodoku- mentaci	odkaz na video- záznamy	poznámky
		1	2	1	2	1	2			
0.00	BCD	A		1799						
2.19	BAJ	A		30		12	12		00:00:14	
6.15	BAJ	A		40		12	12		00:00:27	
12.15	BAJ	A		40		12	12		00:01:04	
18.00	BCA	D	A	200		03			00:01:35	poškozené ostění v místě napojení
18.00	BCE	A		742						

Lze konstatovat, že každé napojení trubního spoje je posunuto min. o 30 mm

Tab. 5.19 - Zatřídění dle kódů [T. Bártík]

Místo: Znojmo
Ulice: Gagarinova
Číslo úseku: 116528
Materiál: Beton
Profil: Kruhový průřez
Průměr: 500
Směr inspekce: po směru toku

poloha v podélném směru	hlavní kód	charakterizace		kvantifikace		poloha na obvodu		odkaz na fotodoku- mentaci	odkaz na video- záznamy	poznámky
		1	2	1	2	1	2			
0.00	BCD	A		742						
2.15	BAJ	A		40		12	12		00:00:11	
4.30	BAF	B	C			11			00:00:24	
12.00	BCC		A	6					00:01:12	
16.74	BCA	D	A	200		03			00:01:36	poškozené ostění v místě napojení
19.60	BCA	D	A	150		02			00:02:28	poškozené ostění v místě napojení
20.00	BAJ	A		35		12	12		00:02:35	
42.00	BBC	A		7		05	07		00:04:31	
48.00	BCE	A		1796						

Lze konstatovat, že každé napojení trubního spoje je posunuto min. o 30 mm

Tab. 5.20 - Zatřídění dle kódů [T. Bártík]

Místo: Znojmo
Ulice: Gagarinova
Číslo úseku: 116529
Materiál: Beton
Profil: Kruhový průřez
Průměr: 500
Směr inspekce: po směru toku

poloha v podélném směru	hlavní kód	charakterizace		kvantifikace		poloha na obvodu		odkaz na fotodoku- mentaci	odkaz na video- záznamy	poznámky
		1	2	1	2	1	2			
0.00	BCD	A		1796						
7.55	BCC		A	10					00:00:42	průhyb potrubí- protispád
15.30	BBE	E		20		06			00:01:21	
18.50	BCC		A	15					00:01:42	průhyb potrubí- protispád
22.60	BCA	D	A	300		03			00:02:12	trhliny v přípojce
26.80	BCC		A	20					00:02:56	průhyb potrubí- protispád
33.20	BCE	A		741						

Lze konstatovat, že každé napojení trubního spoje je posunuto min. o 30 mm

Tab. 5.21 - Zatřídění dle kódů [T. Bártík]

Místo: Znojmo
Ulice: Gagarinova
Číslo úseku: 116558
Materiál: Beton
Profil: Kruhový průřez
Průměr: 500
Směr inspekce: po směru toku

poloha v podélném směru	hlavní kód	charakterizace		kvantifikace		poloha na obvodu		odkaz na fotodoku- mentaci	odkaz na video- záznamy	poznámky
		1	2	1	2	1	2			
0.00	BCD	A		741						
26.10	BCA	E	A	200		10			00:02:30	
38.90	BCE	A		7573						

Lze konstatovat, že každé napojení trubního spoje je posunuto min. o 30 mm

Tab. 5.22 - Zatřídění dle kódů [T. Bártík]

Místo: Znojmo
Ulice: Přímětická
Číslo úseku: 119075
Materiál: Beton s vystýlkou
Profil: Vejčitý průřez
Průměr: 700/1050
Směr inspekce: po směru toku

poloha v podélném směru	hlavní kód	charakterizace		kvantifikace		poloha na obvodu		odkaz na fotodoku- mentaci	odkaz na video- záznamy	poznámky
		1	2	1	2	1	2			
0.00	BCD	A		1327						
41.00	BCC	B	B	30					00:02:30	
50.00	BCE	A		7573						

PŘÍLOHA 2 – VYHODNOCENÍ STAVEBNĚ-TECHNICKÉHO STAVU STOKOVÉ SÍTĚ

Tab. 5.23 – Posouzení stavebně-technického stavu stokové sítě [T. Bártík]

Číslo úseku	Řad	Šachty	Materiál	DN	Délka úseku	Wj - váha ukazatele						TSU	Předběžné zařazení TSU do kategorie	NZTSU	LO/OB/BZ	Výsledné zařazení TSU do kategorie
						TU1	TU2	TU3	TU5	TU7	TU9					
[-]	[-]	[-]	[-]	[mm]	[m]	0.45	0.2	0.1	0.05	0.05	0.15	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]
117661	D-16	1434-1436	beton	500/750	58.80	1	2	1	1	1	4	1.65	K2	4	LO	K3
117644	D-16	1436-1435	beton	500/750	38.40	1	2	4	1	1	4	1.95	K2	4	LO	K3
117643	D-16	1435-1182	beton	500/750	38.00	2	3	3	1	3	4	2.6	K3	4	LO	K3
123318	D-16	1182-3140	beton	500/750	3.85	1	2	1	1	1	2	1.35	K1	2	BZ	K2
116178	D-16	1321-3140	žB	600	3.85	1	1	3	3	1	1	1.3	K1	3	BZ	K2
115312	D-16	1321-1322	beton s vystýlkou	500/750	61.50	3	3	4	1	1	5	3.2	K3	5	OB	K4
115313	D-16	1322-1323	beton s vystýlkou	500/750	4.76	3	4	3	1	1	4	3.15	K3	4	OB	K4
117930	D-16	1323-1765	beton s vystýlkou	500/750	95.30	2	4	3	1	1	4	2.7	K3	4	OB	K4
117929	D-16	1765-1764	beton s vystýlkou	500/750	29.40	3	4	3	1	1	4	3.15	K3	4	OB	K4
124664	D-16	1764-1763	beton s vystýlkou	500/750	99.70	4	4	4	1	1	4	3.7	K4	4	OB	K4
117931	D-16	1763-1327	beton s vystýlkou	500/750	77.00	2	3	3	1	1	4	2.5	K2	4	LO	K3
116521	LA-1	1814-1808	beton	400	30.80	3	4	4	4	1	3	3.25	K3	4	OB	K4
115417	LA-1	748-745	beton	500	32.00	2	4	4	4	1	4	2.95	K3	4	OB	K4
116962	LA-1	745-1803	beton	500	11.50	2	4	4	4	1	4	2.95	K3	4	OB	K4
117389	LA-1	1803-1801	beton	500	33.80	2	4	4	4	3	4	3.05	K3	4	OB	K4

116526	LA-1	1801-734	beton	500	35.50	2	4	4	4	2	3	2.85	K3	4	OB	K4
116963	LA-1	734-1799	beton	500	16.30	2	3	4	4	1	3	2.6	K3	4	OB	K4
116527	LA-1	1799-742	beton	500	18.00	2	3	4	4	1	3	2.6	K3	4	OB	K4
116528	LA-1	742-1796	beton	500	48.00	3	3	4	4	1	3	3.05	K3	4	OB	K4
116529	LA-1	1796-741	beton	500	33.20	2	3	4	4	3	3	2.7	K3	4	OB	K4
116558	LA-1	741-7573	beton	500	38.90	2	3	4	4	2	4	2.8	K3	4	OB	K4
119075	LA-1	1327-7573	beton s vystýlkou	700/1050	50.00	1	2	3	1	1	3	1.7	K2	3	LO	K3

PŘÍLOHA 3 – VÝPOČET PRŮTOKU V ZÁVISLOSTI NA VÝŠCE ZATOPENÍ

Tab. 5.24 – Výpočet průtoku v závislosti na výšce zatopení před odlehčením [T. Bártík]

h [m]	Φ [rad]	A [m ²]	O [m]	R [m]	C [m ^{0.5} /s]	v [m/s]	Q [m ³ /s]
0	0	0	0	0	0	0	0
0.05	1.010721	0.01308	0.404288408	0.032354311	40.50188511	0.691134501	0.009040366
0.1	1.445468	0.036265	0.578187398	0.062721776	45.23927126	1.074845463	0.038979207
0.15	1.79133	0.065244	0.716531835	0.09105512	48.15291716	1.378465947	0.089936483
0.2	2.094395	0.09827	0.837758041	0.117300666	50.24101678	1.632412506	0.160416485
0.25	2.372799	0.134202	0.949119642	0.141396757	51.83965455	1.849281728	0.24817812
0.3	2.636232	0.172169	1.054492857	0.163271602	53.10498408	2.035691037	0.350482357
0.35	2.890937	0.211432	1.156374797	0.182840222	54.12208489	2.195490907	0.464196648
0.4	3.141593	0.251327	1.256637061	0.200000000	54.9415473	2.33097244	0.585837271
0.45	3.392248	0.291223	1.356899326	0.214623881	55.59458925	2.443390061	0.711571384
0.5	3.646953	0.330486	1.458781266	0.226549445	56.09999654	2.533177319	0.837179859
0.55	3.910386	0.368452	1.564154481	0.235560099	56.46721337	2.599970828	0.957965452
0.6	4.18879	0.404385	1.675516082	0.241349667	56.69695515	2.642435182	1.068561808
0.65	4.491856	0.437411	1.796742288	0.243446673	56.77902173	2.657731369	1.162520757
0.7	4.837717	0.46639	1.935086725	0.241017562	56.68390298	2.640008621	1.231273315
0.75	5.272464	0.489574	2.108985715	0.232137348	56.32914165	2.57470157	1.260507851
0.8	6.283185	0.502655	2.513274123	0.200000000	54.9415473	2.33097244	1.171674543

Tab. 5.25 – Výpočet průtoku v závislosti na výšce zatopení po odlehčení [T. Bártík]

h [m]	Φ [rad]	A [m ²]	O [m]	R [m]	C [m ^{0.5} /s]	v [m/s]	Q [m ³ /s]
0	0	0	0	0	0	0	0
0.05	1.010721	0.01308	0.404288408	0.032354311	40.50188511	0.79805338	0.010438916
0.1	1.445468	0.036265	0.578187398	0.062721776	45.23927126	1.241124635	0.045009311
0.15	1.79133	0.065244	0.716531835	0.09105512	48.15291716	1.591715371	0.103849706
0.2	2.094395	0.09827	0.837758041	0.117300666	50.24101678	1.884947599	0.185233001
0.25	2.372799	0.134202	0.949119642	0.141396757	51.83965455	2.135366607	0.286571408
0.3	2.636232	0.172169	1.054492857	0.163271602	53.10498408	2.350613537	0.404702166
0.35	2.890937	0.211432	1.156374797	0.182840222	54.12208489	2.535134532	0.536008119
0.4	3.141593	0.251327	1.256637061	0.200000000	54.9415473	2.691575131	0.676466613
0.45	3.392248	0.291223	1.356899326	0.214623881	55.59458925	2.821383819	0.82165186
0.5	3.646953	0.330486	1.458781266	0.226549445	56.09999654	2.925061214	0.966692033
0.55	3.910386	0.368452	1.564154481	0.235560099	56.46721337	3.002187715	1.106163223
0.6	4.18879	0.404385	1.675516082	0.241349667	56.69695515	3.051221327	1.233868895
0.65	4.491856	0.437411	1.796742288	0.243446673	56.77902173	3.068883843	1.342363344
0.7	4.837717	0.46639	1.935086725	0.241017562	56.68390298	3.048419376	1.42175196
0.75	5.272464	0.489574	2.108985715	0.232137348	56.32914165	2.973009289	1.455509095
0.8	6.283185	0.502655	2.513274123	0.200000000	54.9415473	2.691575131	1.352933226

SUMMARY

The aim of the diploma thesis was to assess a selected parts of the sewer network in Znojmo and theoretical design of retention tanks. The work was divided into three parts. The first part was the accompanying report, followed by a technical report and the last part dealt with hydraulics and design of retention tanks. In the accompanying report, the characteristic data of the selected locality and information about the sewer operator were written. The assessment of the sewer network was passed from the evaluation of the construction-technical condition, including the proposal of remediation with subsequent economic evaluation of the proposed variants. The results of the assessment are written in a technical report.

At the beginning of the technical report are information describing the sewerage of the locality of interest. For the idea is part of the technical report documentation from the personal reconnaissance of the selected locality. The construction and technical condition of the lightening chambers was assessed first. It followed evaluation of the construction and technical condition of selected sections of the sewer network. At the beginning of the chapter possible sewerage failures, monitoring methods and assessment methods have been described. The assessment was performed on a total of 22 sections of the sewer network, selected by the supervisor of my diploma thesis. After finding the individual faults, the sections were classified into category of construction and technical condition and a proposal was made for their rehabilitation with a financial rating. Rehabilitation with trenchless assistance technology was proposed for most sections lining the sewers using the inverted sleeve method or there was only a local repair.

The last part of the diploma thesis deals with hydraulics and design of retention tanks. Introduction chapter is the processing of research on the SWMM program, in which the hydraulic model was processed and there are informations about the measured campaign. There are hydraulic calculations of flows in the place of design of retention tanks, supplemented by graphs of their Q-h curves. There are 4 different variants of the place of retention tanks. The first two variants were given more attention, so there was created a theoretical design of pumps for their discharge. All variants are simulated using floor plan and height diagrams.