



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ OBCÍ

INSTITUTE OF MUNICIPAL WATER MANAGEMENT

MONITORING STOKOVÉ SÍTĚ VE MĚSTĚ BRNĚ

MONITORING OF THE SEWERAGE SYSTEM IN THE CITY OF BRNO

DIPLOMOVÁ PRÁCE

DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Petr Dvorský

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. PETR HLUŠTÍK, Ph.D.

BRNO 2019



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. Petr Dvorský
Název	Monitoring stokové sítě ve městě Brně
Vedoucí práce	Ing. Petr Hlušík, Ph.D.
Datum zadání	31. 3. 2018
Datum odevzdání	11. 1. 2019

V Brně dne 31. 3. 2018

doc. Ing. Ladislav Tuhovčák, CSc.
Vedoucí ústavu

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

PODKLADY A LITERATURA

- [1] Pasportizační podklady pro vybranou oblast zdravotně-technické infrastruktury
- [2] LARRY W. MAYS. Stormwater collection systems design handbook. McGraw-Hill. 2001. ISBN 0-07-135471-9
- [3] Wastewater Technology Fact Sheet : Sewers, Pressure. In MEYERS, F.E. [online]. Niskayuna, NY : EPA U.S., 9/2002. <http://nepis.epa.gov/epa/832-pf-02-006>
- [4] STRÁNSKÝ, D., et al. Metodická příručka - Posouzení stokových systémů urbanizovaných povodí. In OPZP.cz [online]. 2009 [cit. 2012-11-25]. <http://opzp.cz>
- [5] ČSN EN 1671. Venkovní tlakové systémy stokových sítí. Český normalizační institut, Praha, 1998
- [6] ČSN EN 13508. Zjišťování a hodnocení stavu venkovních systémů stokových sítí a kanalizačních přípojek, Český normalizační institut, Praha, 2011 a 2013.
- [7] Související normy a legislativní podklady
- [8] Další podklady dle aktualizace vycházející z průběhu řešení dle pokynu vedoucího diplomové práce

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

Student v rámci diplomové práce provede monitoring splaškových a dešťových vod ve vybrané části města Brna, vyhodnocení dat s doporučením technického opatření pro danou lokalitu. V rešeršní části práce provede souhrnný přehled problematiky v oblasti měření a regulace odpadní vody ve stokových sítích – průtokoměry, hladinoměry, automatické vzorkovače. V praktické části práce provede měření a vyhodnocení průtoku a hladiny splaškových a dešťových vod na jednotné stokové síti ve vybraných lokalitách a měření odlehčených vod z OK. Vyhodnocení dat provede z několika hledisek: posouzení hydraulické kapacity stokové sítě, určení množství dešťových vod, kvalita dešťových vod, vnos znečištění do recipientu, posouzení poměru ředění, hydraulické posouzení odlehčovací komory, stavebně – technických stav OK.

STRUKTURA DIPLOMOVÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

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

ABSTRAKT

Tato práce se zabývá monitoringem stokové sítě ve městě Brně. V rešeršní části je proveden přehled nejpoužívanější měřicí techniky pro monitoring stokové sítě – hladinoměry, průtokoměry, automatické vzorkovače. Praktická část se věnuje samotnému monitoringu stokové sítě v Brně za účelem dílčího posouzení přínosů projektu „Rekonstrukce a dostavba kanalizace v Brně“ realizovaném v letech 2012 - 2014. Měrná kampaň probíhala od června do října roku 2017. V rámci práce byla provedena instalace měřicí techniky a sběr naměřených dat. Po skončení měrné kampaně byla data vyhodnocena z několika hledisek – počet přepadů, množství odlehčených vod, poměr ředění a množství vypouštěného znečištění. Dále bylo provedeno hydraulické a stavebně technické posouzení potrubí stokových sítí a odlehčovacích komor a posouzení množství dešťových vod. Výsledky vyhodnocení byly porovnány s výsledky předchozích monitorovacích kampaní a s daty získanými před realizací projektu. Na základě toho byla stanovena přínosnost projektu.

KLÍČOVÁ SLOVA

stoková síť, monitoring, odlehčovací komora, objekt na stokové síti, průtokoměr, hladinoměr, automatický vzorkovač

ABSTRACT

This thesis deals with the monitoring of the sewerage system in the city of Brno. In the research part, there is made an overview of the most used measuring equipment for the monitoring of the sewerage system – level meters, flowmeters, automatic samplers. The practical part is devoted to the monitoring of the sewerage system in Brno for partial evaluation of the benefits of the project „Reconstruction and completion of sewerage in Brno“, realized in 2012 – 2014. Measuring campaign has taken place from June to October 2017. In the course of the work, the instalation of measuring equipment and the collection of measured data was done. After finishing measuring campaign, the data were evaluated from different aspects – the number of overflows, the quantity of overflowing water, the dilution ratio and the quantity of discharged pollution. Then, the hydraulic and construction technical assement of the pipelines of sewer network and overflow chambers and assements of the quantity of the rainwater were made. The results of the evaluation were compared with the results of the previous monitoring campaigns and with the data obtained before the project has been realized. Based on this, the benefit of the project was determined.

KEYWORDS

sewer network, monitoring, overflow chamber, object on the sewer network, flowmeter, level meter, automatic sampler

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE VŠKP

Bc. Petr Dvorský *Monitoring stokové sítě ve městě Brně*. Brno, 2019. 87 s., Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodního hospodářství obcí. Vedoucí práce Ing. Petr Hluštík, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci s názvem Monitoring stokové sítě ve městě Brně zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 10. 1. 2019

Bc. Petr Dvorský

autor práce

PODĚKOVÁNÍ

Chtěl bych poděkovat vedoucímu své diplomové práce, panu Ing. Petru Hluštíkovi, Ph.D., za cenné rady a připomínky a všechen věnovaný čas.

Zároveň bych chtěl poděkovat panu Ing. Tomáši Macskovi za konzultace a poskytnutí odborných rad při vypracování diplomové práce.

OBSAH

1	ÚVOD	9
2	LEGISLATIVA A NORMY	10
2.1	Zákony	10
2.2	Vyhlášky	10
2.3	Nařízení vlády	11
2.4	České státní normy	11
2.5	Evropské směrnice	11
2.6	Metodické pokyny	11
3	MONITORING NA STOKOVÝCH SÍTÍCH	12
3.1	Význam monitoringu	12
3.1.1	Příklady identifikovaných jevů	14
3.2	Monitorovací kampaň	15
3.2.1	Měření srážek.....	15
3.2.2	Měření průtoků a hladin.....	15
3.2.3	Měření jakosti vod	16
3.3	Průtokoměry a hladinoměry	16
3.3.1	Měření metodou rychlost - plocha	16
3.3.2	Měření ultrazvukem	17
3.3.3	Měření s probubláváním	17
3.3.4	Měření pomocí laserového Doppleru.....	18
3.3.5	Přehled nejběžněji používaných přístrojů	18
3.4	Automatické vzorkovače	22
3.4.1	Vzorkovače přenosné.....	23
3.4.2	Vzorkovače stacionární.....	24
3.5	Používaný software	25
3.5.1	Flowlink	25
3.5.2	MOST	25
3.5.3	Další používaný software.....	26
4	MONITORING STOKOVÉ SÍTĚ VE MĚSTĚ BRNĚ	27
4.1	Cíle monitoringu, jeho provádění a vyhodnocení	27
4.1.1	Cíle monitoringu	27
4.1.2	Okrajové podmínky monitoringu.....	27
4.1.3	Provádění samotného monitoringu 2017	28
4.1.4	Vyhodnocení naměřených dat.....	29
4.2	OK Karásek - Loučky.....	31
4.2.1	Základní informace o objektu	31
4.2.2	Charakteristika měrných profilů	33

4.2.3	Výsledky monitorovací kampaně v OK Karásek - Loučky	35
4.2.4	Hydraulické a stavebně technické posouzení.....	40
4.2.5	Shrnutí vyhodnocení OK Karásek - Loučky	42
4.3	Kmenová stoka D, Auerswaldova – Kaloudova	42
4.4	OKD03 Hálkova (Bratří Mrštíků).....	44
4.4.1	Základní informace o objektu	44
4.4.2	Charakteristika měrných profilů	46
4.4.3	Výsledky monitorovací kampaně v OKD03 Hálkova	47
4.4.4	Hydraulické a stavebně technické posouzení.....	51
4.5	OKD05 Dačického.....	54
4.5.1	Základní informace o objektu	54
4.5.2	Charakteristika měrných profilů	55
4.5.3	Výsledky monitorovací kampaně v OKD05 Dačického	57
4.5.4	Hydraulické a stavebně technické posouzení.....	59
4.6	OKD06a Tišnovská, OKD06b Svitavská.....	62
4.6.1	Základní informace o objektech.....	62
4.6.2	Charakteristika měrných profilů	63
4.6.3	Výsledky monitorovací kampaně v OKD06a Tišnovská a OKD06b Svitavská	65
4.6.4	Hydraulické a stavebně technické posouzení.....	69
4.7	Souhrnné vyhodnocení kmenové stoky D	71
4.7.1	Porovnání výsledků se stavem před rekonstrukcí	71
4.7.2	Shrnutí vyhodnocení kmenové stoky D	74
4.7.3	Návrh opatření pro kmenovou stoku D	74
5	ZÁVĚR	75
6	POUŽITÁ LITERATURA.....	77
	SEZNAM TABULEK	80
	SEZNAM OBRÁZKŮ	82
	SEZNAM GRAFŮ.....	84
	SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ	85
	SUMMARY	87

1 ÚVOD

Všechny obytné, průmyslové, zemědělské, zdravotnické a jiné stavby a zařízení jsou producenty městských odpadních vod. Odpadní vody jsou vody, po jejichž použití dochází ke změně jejich jakosti ve smyslu změny teploty či změny chemického složení. Mezi městské odpadní vody patří i znečištěné srážkové vody, které odtékají z parkovišť, silničních komunikací, střech budov a zpevněných ploch pozemků. Vzhledem k ochraně podzemních a povrchových vod je nutné tyto odpadní vody bezpečně odvádět na ČOV. [1, 4]

Odvádění odpadních vod je úkolem stokových sítí a kanalizačních přípojek. Při dešťových událostech dosahují průtoky ve stokové síti mnohonásobně větších hodnot než při bezdeštném stavu. Vzhledem k omezené hydraulické kapacitě stokových sítí je nutné odpadní vody odlehčovat do recipientu. Odpadní vody vypouštěné do povrchových vod mohou být vypouštěny pouze v předem stanoveném množství a míře znečištění v závislosti na stavu vody v recipientu a dalších podmínkách. [1, 7]

Monitoring stokových sítí je způsob, jak lze získat dobrý přehled o fungování systému stokové sítě. Na základě dat získaných během měrné kampaně může provozovatel infrastruktury zjistit, jaké jsou průtočné poměry ve stokové síti v bezdeštném období a při dešťové události, kolikrát došlo k přepadu odpadní vody, údaje o množství vody odlehčené při dešťových událostech, informaci o kvalitě odváděných vod a jaké množství znečištění je vypouštěno během srážkové události do recipientu. Provozovatel si tak dle vhodného rozmístění měřících přístrojů spolehlivě ověří hydraulické poměry ve stokové síti a správnou funkci jednotlivých objektů na stokové síti. Monitoringem lze také odhalit nežádoucí jevy jako např. zpětné vzduť, výpadky čerpacích stanic nebo zvýšené množství balastních vod. [15]

Cíl práce

Cílem této práce je provedení monitoringu vybraných úseků stokové sítě ve městě Brně v roce 2017 a dílčí vyhodnocení přínosů projektu „Rekonstrukce a dostavba kanalizace v Brně“. Naměřená data budou posouzena s ohledem na počet přepadů, objem odlehčených vod, množství odstraněného znečištění, poměr ředění, hydrauliku odlehčovací komory a množství dešťových vod. Výsledky monitoringu budou porovnány s výsledky monitoringů provedených v předcházejících letech a s daty získanými před a po realizaci projektu. V teoretické části bude provedena rešerše nejpoužívanější měřící techniky pro kvalitativní i kvantitativní monitoring.

2 LEGISLATIVA A NORMY

V této kapitole budou uvedeny nejdůležitější české a evropské právní předpisy a normy týkající se nakládání s odpadními vodami, stokovými sítěmi a jejich monitorování.

2.1 ZÁKONY

Zákon č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon). Účelem tohoto zákona je chránit povrchové a podzemní vody, stanovit podmínky pro hospodárné využívání vodních zdrojů a pro zachování i zlepšení jakosti povrchových a podzemních vod, vytvořit podmínky pro snižování nepříznivých účinků povodní a sucha a zajistit bezpečnost vodních děl v souladu s právem Evropských společenství. Účelem tohoto zákona je též přispívat k zajištění zásobování obyvatelstva pitnou vodou a k ochraně vodních ekosystémů a na nich přímo závislých suchozemských ekosystémů. [1]

Zákon č. 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů (zákon o vodovodech a kanalizacích). Tento zákon upravuje některé vztahy vznikající při rozvoji, výstavbě a provozu vodovodů a kanalizací sloužících veřejné potřebě, přípojek na ně, jakož i působnost orgánů územních samosprávných celků a správních úřadů na tomto úseku. [2]

Zákon č. 186/2003 Sb., o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon). Tento zákon upravuje ve věcech územního plánování zejména cíle a úkoly územního plánování, soustavu orgánů územního plánování, nástroje územního plánování, vyhodnocování vlivů na udržitelný rozvoj území, rozhodování v území, možnosti sloučení postupů podle tohoto zákona s postupy posuzování vlivů záměrů na životní prostředí, podmínky pro výstavbu, rozvoj území a pro přípravu veřejné infrastruktury, evidenci územně plánovací činnosti a kvalifikační požadavky pro územně plánovací činnost. [3]

2.2 VYHLÁŠKY

Vyhláška č. 428/2001 Sb., kterou se provádí zákon č. 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů (zákon o vodovodech a kanalizacích). [4, 2]

Vyhláška č. 268/2009 Sb., o technických požadavcích na stavby. Tato vyhláška stanoví technické požadavky na stavby, které náleží do působnosti obecných stavebních úřadů. [5]

2.3 NAŘÍZENÍ VLÁDY

Nařízení vlády č. 401/2015 Sb., o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech. [6]

2.4 ČESKÉ STÁTNÍ NORMY

ČSN 75 6101	Stokové sítě a kanalizační přípojky [7]
ČSN 01 3463	Výkresy inženýrských staveb – Výkresy kanalizace [8]
TNV 75 6911	Provozní řád kanalizace [9]
TNV 75 6262	Odlehčovací komory a separátory [10]

2.5 EVROPSKÉ SMĚRNICE

Směrnice Rady 91/271/EHS o čištění městských odpadních vod. Tato směrnice se týká odvádění, čištění a vypouštění městských odpadních vod a čištění a vypouštění odpadních vod z určitých průmyslových odvětví. [11]

Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2000/60/ES, kterou se stanoví rámec pro činnost Společenství v oblasti vodní politiky. Účelem této směrnice je stanovit rámec pro ochranu vnitrozemských povrchových vod, brakických vod, pobřežních vod a podzemních vod. [12]

Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2006/118/ES o ochraně podzemních vod před znečištěním a zhoršováním stavu. Tato směrnice rovněž doplňuje ustanovení již obsažená ve směrnici 2000/60/ES o zamezení nebo omezení vstupu znečišťujících látek do podzemních vod a má za cíl bránit zhoršování stavu všech útvarů podzemních vod. [13]

2.6 METODICKÉ POKYNY

Posuzování dešťových oddělovačů jednotných stokových systémů v urbanizovaných územích – Metodická příručka. [14]

3 MONITORING NA STOKOVÝCH SÍTÍCH

Monitoring je způsob, jímž lze dobře poznat stav a funkci stokové sítě. Jedná se o sledování reálného chování systému stokové sítě, realizované zpravidla měřeními základních veličin, které ovlivňují srážko-odtokový proces. Provádění nezbytných měření je požadováno po provozovatelích vodohospodářské infrastruktury platnou legislativou. V praxi se však měření z velké části omezují pouze na získávání dat o kvalitě a množství odpadních vod na ČOV, zatímco monitoringu stokových sítí je neprávem přisuzován malý význam. V dnešní době je preferováno snižování vlivu městských odvodňovacích systémů na kvalitu povrchových vod. Vzhledem k pokroku ve vývoji a využití měřicí a výpočetní techniky můžeme předpokládat, že se požadavky na monitoring stokových sítí budou rozšiřovat. [14, 15]

Základním znakem monitoringu je jeho systematičnost, komplexnost a kontinuita. Monitoring na stokových sítích je realizován formou krátkodobých kampaní nebo dlouhodobých monitorovacích systémů. Převážně se jedná o kvantitativní měření tzn. měření průtoků a hladin v kanalizačních sběračích a na objektech stokových sítích. Při těchto měřeních je zároveň monitorována také intenzita srážek, neboť informace o množství srážek je nedílná součást monitoringu stokových systémů. Kvantitativní monitoring se v praxi často kombinuje s monitoringem kvalitativním, což je monitoring látkového znečištění odpadních vod. Stanovuje se kvalita vod ve stokách a kvalita odlehčovaných vod za účelem určení vnosu nebo vlivu znečištění. [14, 15]

Krátkodobé měrné kampaně mají jednoznačně definovaný rozsah a účel. V praxi jsou poměrně obvyklé. Krátkodobá měření mohou sloužit i jako příprava pro realizaci systému trvalého monitoringu. [15]

Dlouhodobé monitorovací systémy jsou soustředěny zejména na uzávěrné profily kmenových stok a vybrané objekty na stokových sítích. U takových systémů je nezbytné pečlivě připravit celý monitorovací koncept a technologickou linku tak, aby vynaložené úsilí a investice přinesly maximální efekt. Často se můžeme setkat s tím, že trvalé měření instalované na objektu stokové sítě, je používáno např. ke spínání čerpadel, avšak není vybaveno zařízením pro záznam dat. Tím dochází ke ztrátě cenných informací, které by umožnily analýzou historických dat vyhodnocovat a optimalizovat funkci tohoto objektu. [15]

3.1 VÝZNAM MONITORINGU

Význam monitoringu spočívá v ekologickém a také ekonomickém přínosu. Monitoring stokových sítí napomáhá ve snižování negativních dopadů stokové sítě na životní prostředí a pomáhá k odhalení slabých míst stokových systémů, čímž umožňuje správný návrh příslušných opatření k jejich minimalizaci nebo odstranění a tím optimalizovat investiční a provozní prostředky společnosti. Monitoring také poskytuje správci či provozovateli infrastruktury základní informace o funkci stokového systému, které jsou jinak velmi obtížně zjištělné. [15]

Z naměřených dat získaných monitorovací kampaní lze identifikovat řadu informací, které jsou užitečné a důležité pro správný provoz stokové sítě nebo je možné ověřit správnou funkci stokové sítě. Mezi hlavní oblasti využití patří především:

- ověření průtokových poměrů ve stokových sítích;
- zhodnocení správné funkce objektů na stokové síti;
- odhalení interakce mezi řekou a stokovou sítí;
- stanovení množství balastních vod;
- detekce výskytu sedimentů a jejich transportu;
- identifikace provozních problémů na objektech stokové sítě;
- ověření důsledků manipulace na síti.

[15]



Obr. 3.1 Monitoring stokových sítí [16]

Výsledky z monitorovací kampaně jsou podkladem pro správné nastavení parametrů simulačních modelů (kalibrace, verifikace) a také poskytují informace důležité pro provoz stokového systému jako např.:

- podklady pro rekonstrukce nebo návrh nových sběračů;
- podklady pro rekonstrukce nebo návrh objektů na stokové síti;
- podklady pro stanovení poplatků za vypouštění nebo čištění odpadních vod;
- podklady pro řešení škodných událostí spojených s dešťovými událostmi;
- podklady pro řízení funkce objektů na stokové síti.

[14,15]

Simulační modely musí prostřednictvím nejlepších dostupných technologií zajistit hydraulické výpočty, kterými je možno prokázat splnění předepsaných funkčních požadavků, které jsou kladeny na stokovou síť a její povodí. Jedná se hlavně o hydraulickou kapacitu stokových sítí,

jejich provozní spolehlivost a bezpečnost a zároveň o bilanci srážkového odtoku z povodí a ochranu povrchových vod v recipientech. [14]

Při konkrétním použití simulačního modelu je také nezbytné na základě monitoringu rozhodnout o případné účelnosti či nutnosti zjednodušení či schematizace reálného stokového systému. [14]

3.1.1 Příklady identifikovaných jevů

Monitoringem stokových sítí jsme schopni analyzovat řadu jevů, které ovlivňují provoz a správnou funkci stokových sítí.

Kapacitní vytížení

Nedostatečnou hydraulickou kapacitu potrubí identifikujeme pomocí naměřených dat z průběhu hladiny vody v potrubí při dešťové události. Pokud výška hladiny dosáhne výšky záklenku potrubí, je to jasný důkaz nedostatečné kapacity. Následně lze odvodit také kapacitní průtok a limity pro případné připojení dalších kanalizačních sběračů. [15]

Zpětné vzdutí

Tento nežádoucí jev se v naměřených datech projevuje jako nárůst hladiny za současného poklesu rychlosti v poměrně krátkém časovém intervalu během srážkové události. [15]

Nevyhovující funkce odlehčovacích komor

Na základě znalosti výšky přelivné hrany odlehčovací komory můžeme dle dat průběhů výšky hladiny při dešťových událostech stanovit počet přepadů. Pokud k přepadům dochází pouze při dešťových událostech, odlehčovací komora splňuje funkci. Při monitoringu v odlehčovacích tratích pak lze určit množství vod odvedených do recipientu a při použití vzorkovačů také množství vypouštěného znečištění. [15]

Vyhodnocení funkce dešťové zdrže

Z naměřených dat můžeme také analyzovat funkci dešťové zdrže, kolikrát došlo k jejímu naplnění, závislost jejího plnění na době dotoku srážkových vod z povodí apod. [15]

Zaplavení stokové sítě vodou z recipientu

Při povodních dochází k zaplavování stokových systémů vodou z recipientu. Při vyhodnocení dat získaných monitoringem identifikujeme tento jev jako náhlé zvýšení hladiny vody, aniž by byla zaznamenána v tomto období srážka. [15]

Množství balastních vod

Pro určení množství balastních vod je vhodnější využívat dlouhodobější monitorovací kampaně nebo detailní měření s cílem identifikovat bodové zdroje balastních vod, často kombinované s provozním monitoringem. Při vyhodnocení dat v rámci několika let lze vysledovat trend kolísání balastních vod. V jarních měsících bývají minimální průtoky stokovou sítí vyšší než v létě a na podzim. [15]

Další příklady identifikovaných jevů

Z naměřených dat je také možné určit přítomnost sedimentu, výpadky čerpacích stanic, provozní manipulace na stokové síti a další. [15]

3.2 MONITOROVACÍ KAMPAŇ

Před zahájením musí být zpracovány plány návrhu měrné kampaně, který stanoví druh a počet měření s ohledem na typ projektu. Poloha a počet míst monitoringu srážek, průtoků a hladin vyplývá z cílů monitoringu a také z počtu objektů na stokové síti a velikosti povodí. [14]

Monitorovací kampaně je vhodné provádět v období s nejpravděpodobnějším výskytem přívalových srážek – čili březen (duben) až říjen. Pokud není zachyceno potřebné množství událostí, je nutné monitorovací kampaň prodloužit. Časový krok měření závisí na dynamice sledovaného jevu a na tom, zda se jedná o dešťové či bezdeštné období. Důležité je přístroje synchronizovat s časem, ve kterém je měření realizováno, s přesností na 1 minutu. V ČR se typicky provádějí měření v SEČ, přičemž na letní čas se nepřechází. Díky tomu se vyhneme řadě problémů. [14]

3.2.1 Měření srážek

Návrh počtu a rozmístění srážkoměrných stanic se odvíjí od velikosti a členitosti posuzované lokality. Čím je oblast členitější, tím je potřeba instalace více srážkoměrů. V současné době se k měření srážek používají převážně elektronické překlopné srážkoměry, které musejí být předem kalibrovány. Přístroje jsou instalovány na volné plochy dostatečně vzdálené od vysokých budov nebo stromů a do závětrných míst tak, aby byly schopny zachytit srážky směřující ze všech směrů. Zároveň musí být chráněny proti vandalismu. [14]

3.2.2 Měření průtoků a hladin

Měření průtoků a hladin je základem pro většinu monitorovacích úloh. Průtokoměry se osazují dle potřeby většinou v uzavřených profilech povodí a na přítoky do posuzovaných objektů stokové sítě. Hladinoměry se instalují většinou na přelivných hranách odlehčovacích komor nebo v retenčním prostoru retenčních nádrží, v odůvodněných případech i na průběžné trati stokové sítě. Před rozhodnutím o instalaci přístroje do měrného profilu je vždy nezbytné provést řádný terénní průzkum. Výběr vhodného profilu je důležitý předpoklad úspěšného měření. Při

monitoringu za účelem detailního hydraulického popisu objektu na stokové síti nároky na měření ještě stoupají, a to v závislosti na složitosti samotného objektu. V bezdeštném období dostačuje pro měření velikost časového kroku 5 – 15 minut, avšak při dešťových událostech je potřeba detailnější časové rozlišení, typicky 1 – 2 minuty. V současné době se pro měření využívají nejčastěji přístroje založené na měření pomocí Dopplerova jevu, detailněji je měřicí technika popsána v kapitole 3.3 *Průtokoměry a hladinoměry*. [14]

3.2.3 Měření jakosti vod

Měření jakosti vod bývá většinou doplněno o měření průtoků, aby bylo možné bilancovat jednotlivé složky znečištění. Ve stokové síti se nejčastěji měří jakost vod v odlehčovacích komorách a na přítoku na ČOV. Za bezdeštného stavu se denní nerovnoměrnosti složek znečištění měří jako slévaný vzorek s časovým krokem 1 – 2 hodiny, za deště je nutno velikost časového kroku snížit na 5 minut. Největší důraz při měření jakosti odpadních vod je kladen na hodnoty CHSK, BSK₅, NH₄⁺ a NL. Pro odběr vzorků je využíváno automatických vzorkovačů. Přehled dostupných přístrojů je detailněji proveden v kapitole 3.4 *Automatické vzorkovače*. Vzhledem k možné degradaci vzorků v důsledku mikrobiologických procesů ve vzorkovnici je nutné analyzovat vzorky co nejdříve po odběru. [14]

3.3 PRŮTOKOMĚRY A HLADINOMĚRY

Průtokoměry a hladinoměry jsou přístroje, kterými se provádí kvantitativní monitoring. K měření průtoku je využíváno nejčastěji Dopplerova jevu, k měření hladiny ultrazvukový senzor nebo tlakové čidlo.

3.3.1 Měření metodou rychlost - plocha

Metoda rychlost – plocha se používá především tam, kde existuje možnost zatopení celého profilu potrubí, přetížení a zpětného toku. Senzor je instalován do dna potrubí. [16]

Při měření rychlosti je využíváno Dopplerova jevu s kontinuálním vysíláním signálu. Senzor neustále vysílá ultrazvukový signál a po odrazu od částic nebo vzduchových bublin v proudu vody měří změnu frekvence vráceného signálu. V případě, že kapalina proudí proti vysílanému signálu, mají odrazy frekvenci vyšší, než by měly při proudění kapaliny opačným směrem. Vzhledem k tomu, že je rychlost v různých částech průtočného profilu rozdílná, obsahuje i naměřený signál řadu frekvencí odrazů, kdy intenzita jednotlivých frekvencí je úměrná tomu, jaký podíl mají části profilu se stejnou rychlostí na celkovém průtočném profilu. Z naměřeného signálu pak průtokoměr automaticky vyhodnocuje vážený průměr naměřených frekvencí odrazů a určuje průměrnou rychlost proudění. [16]

Tlakové čidlo sondy pak měří výšku hladiny, aby bylo možné stanovit průtočný profil. Před zahájením měření se přístroji jen zadá tvar a dimenze potrubí. Průtok si potom přístroj dopočítá

vynásobením plochy průtočného profilu s jeho průměrnou rychlostí. Jedná se o ideální měření v prostředí, kde jsou turbulence, pára, pěna nebo nepříznivé povětrnostní podmínky. [16]



Obr. 3.2 Měření metodou rychlost – plocha [16]

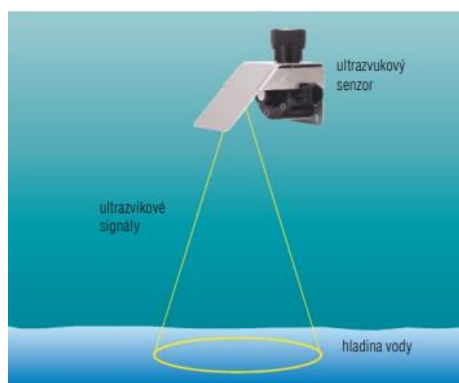
Průtokoměry využívající metodu rychlost – plocha patří mezi nejběžněji používanou techniku.

3.3.2 Měření ultrazvukem

Měření ultrazvukovým snímačem je využíván přednostně tam, kde je potřeba bezkontaktního měření. Zejména se tak používá v tocích obsahující tuky, agresivní chemikálie a velké množství nerozpuštěných látek. [16]

Ultrazvukový senzor se instaluje nad hladinu. Při měření vysílá zvukové pulzy, ty se odrážejí od hladiny vody zpět do snímače. Podle doby trvání mezi vysláním signálu a příjmem vráceného odrazu je stanovena výška hladiny. [16]

Průtok je potom kalkulován pomocí předprogramovaných propočtů, nebo pomocí uživatelem zadané Q/h charakteristiky profilu. [16]

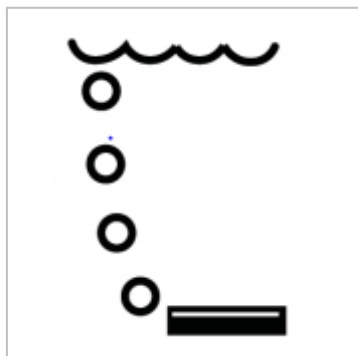


Obr. 3.3 Měření ultrazvukovou sondou [16]

3.3.3 Měření s probubláváním

Přístroje, které měří průtok probubláváním, jsou instalovány do dna potrubí a pomocí zabudovaného kompresoru tvoří ve vodním sloupci bubliny. Podle tlaku, který je potřeba pro

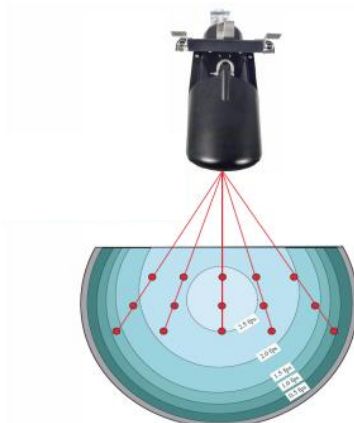
vytlačení bublin, je stanovena hloubka. Průtok je vykalkulován přístrojem pomocí naměřené hloubky a předem zadaného tvaru a dimenze potrubí. [16]



Obr. 3.4 Měření probubláváním [16]

3.3.4 Měření pomocí laserového Doppleru

Tato metoda využívá pokročilý princip měření rychlosti laserovým paprskem v jednom nebo více bodech pod hladinou za využití Dopplerova jevu. Přístroje využívající tuto metodu jsou navíc vybaveny ultrazvukovými sondami pro bezkontaktní měření hladiny. Výhodou těchto přístrojů je, že nedochází ke styku s odpadní vodou. [16]



Obr. 3.5 Měření bezkontaktním laserovým Dopplerem [16]

3.3.5 Přehled nejběžněji používaných přístrojů

V této kapitole bude proveden přehled nejběžněji používaných průtokoměrů a hladinoměrů. Mezi přední světové výrobce průtokoměrů patří společnosti Teledyne ISCO, FIEDLER, ADS nebo GREYLINE.

Průtokoměry a hladinoměry ISCO

Americká společnost Teledyne ISCO se zabývá výrobou a distribucí přístrojů pro sledování a omezování množství a znečištění odpadních vod. V České republice jejich zařízení používá,

dodává a servisuje společnost TECHNOAQUA, s.r.o. Přístroje ISCO byly použity pro monitoring v praktické části této práce. [16, 17, 24]

Moduly ISCO série 2100:

Modulární systémy ISCO 2100 je možné využívat jako přenosné průtokoměry napájené pomocí baterií nebo při stacionární instalaci mohou být napojeny přímo do sítě. Naměřené hodnoty se zapisují do paměti systému. Moduly 2100 se vyznačují stohovatelným uspořádáním, kdy jednotlivé moduly je možno skládat nad sebe, což je výhodné pro monitorovací aplikace, kdy je požadováno měření hladiny dvěma nezávislými principy. Mezi nejpoužívanější typy těchto přístrojů patří ISCO 2150, který využívá AV senzoru pro měření metodou rychlost – plocha (area – velocity). Vylepšenou verzí tohoto modulu je modul ISCO 2150 EX, který disponuje jiskrovým zabezpečením pro instalaci do prostředí s odpadními vodami, u kterých hrozí nebezpečí výbuchu. Modul ISCO 2110 je ultrazvukový modul pro bezkontaktní měření hladiny ultrazvukovým senzorem. Na základě naměřené výšky je modul schopen spočítat průtok. [16]



Obr. 3.6 ISCO 2150 (vlevo), ISCO 2150EX (uprostřed), ISCO 2110 (vpravo) [16]

Moduly ISCO série 4100:

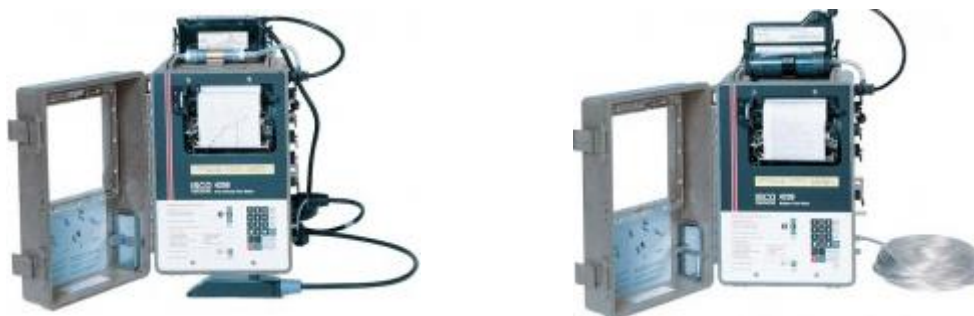
Moduly série ISCO 4100 jsou tvořeny robustní utěsněnou skříní. Jedná se o průtokoměry vhodné k instalaci do kanálů s volnou hladinou. Zaznamenaná data zapisují do velké univerzální paměti. K modulům lze připojit i automatické vzorkovače a další přístroje. V této sérii jsou všechny tři typy modulů – ISCO 4110 s ultrazvukovou sondou pro bezkontaktní měření hladiny, ISCO 4120 s tlakovou sondou pro měření hladiny pomocí tlakového čidla a ISCO 4150 s AV sondou pro měření metodou rychlost – plocha. [16]



Obr. 3.7 ISCO 4110 (vlevo), ISCO 4120 (uprostřed), ISCO 4150 (vpravo) [16]

Moduly ISCO série 4200:

Moduly série ISCO 4200 podobně jako moduly ISCO 4100 jsou vhodné pro instalaci do toků s volnou hladinou. Na rozdíl od modulů 4100 však mají vlastní klávesnici a tiskárnu pro tisk reportů v terénu. Stejně jako předešlé série se liší podle způsobu měření a připojované sondy – modul 4210 s ultrazvukovou sondou, modul 4220 s tlakovou sondou, modul 4250 s AV sondou. Zvláštním typem je modul 4230, který měří průtok metodou probublávání. Je odolný vůči chemikáliím, povětrnostním podmínkám i turbulencím a je vhodný k monitoringu jak dešťových, tak i splaškových odpadních vod. [16]



Obr. 3.8 ISCO 4250 (vlevo), ISCO 4230 Bubbler (vpravo) [16]

ISCO LaserFlow a datalogger ISCO Signature:

LaserFlow měří průtok ve stokové síti metodou bezkontaktního laserového Doppleru a výšku hladiny ultrazvukovým senzorem. LaserFlow je instalován pomocí konzoly nad hladinu toku a jedná se tak o bezkontaktní měření. ISCO LaserFlow je možné propojit s modulem 2160 nebo s dataloggerem ISCO Signature. [16]



Obr. 3.9 LaserFlow (vlevo), datalogger ISCO Signature (vpravo) [16]

ISCO Signature je multifunkční stanice určena pro sledování průtoku v otevřených kanálech. Podporuje propojení se senzory využívající všechny měřící technologie, průtok je schopen dopočítat. Přístroj má zabudovaný displej a klávesnici, což umožňuje snadnou obsluhu v terénu. [16]

Průtokoměry a hladinoměry FIEDLER

FIEDLER AMS s.r.o. je česká společnost zabývající se výrobou přístrojů pro sledování kvalitativních i kvantitativních parametrů vody. [18]

Hladinoměry FIEDLER:

Pro bezkontaktní měření hladiny v otevřených tocích firma FIEDLER nabízí ultrazvukové hladinoměry US1200 nebo US3200. Mezi hydrostatické hladinoměry vhodné pro měření v odpadní vodě patří např. LMK858 nebo LMK809. [18]



Obr. 3.10 US1200 (vlevo), LMK 809 (vpravo) [18]

Průtokoměry FIEDLER:

Průtokoměry FIEDLER fungují podobně jako průtokoměry ISCO. Typickým zástupcem přístrojů pro měření průtoku odpadních vod je model M4016-KDO. Tento průtokoměr měří metodou rychlost – plocha, a to pomocí KDO senzoru instalovaného na dno potrubí. Modul M4016 (obdobně jako ISCO Signature) funguje jako datalogger pro připojení více zařízení. Obdobně fungují další modely společnosti FIEDLER např. Q2 nebo H7. Oba tyto modely jsou vybaveny navíc vestavěnými moduly GSM/GPRS pro automatické předávání dat na server. [18]



Obr. 3.11 Modul M4016 (vlevo), modul Q2 (vpravo) [18]

Průtokoměry a hladinoměry GREYLINE

GREYLINE je celosvětový lídr v oblasti ultrazvukových přístrojů pro monitoring hladiny, ultrazvukových vysílačů a průtokoměrů. Hlavní cílovou oblastí společnosti jsou zejména systémy pro úpravu vod a systémy odvádění odpadních vod, ale vyrábí také přístroje pro měření průtoku ropy a plynu. Přístroje GREYLINE využívají pro měření stejných principů jako

přístroje předešlých výrobců. Příkladem je průtokoměr AVFM 5.0, který měří průtok pomocí metody rychlost – plocha nebo průtokoměr OCF 5.0 s ultrazvukovým senzorem. Firma GREYLINE se také zabývá výrobou přenosných průtokoměrů – např. model Stingray 2.0. [19]



Obr. 3.12 Modul AVFM 5.0 (vlevo), modul Stingray 2.0 (vpravo) [19]

Další výrobci průtokoměrů a hladinoměrů

Mezi další výrobce průtokoměrů a hladinoměrů pro monitoring stokových sítí patří britská společnost Micronics, která nabízí zejména ultrazvukové průtokoměry, často na trh uváděné pod obchodním názvem Portaflow. Firma se zabývá výrobou průtokoměrů jak na tlaková potrubí, tak na potrubí s volnou hladinou. Mezi přístroje pro monitoring stokové sítě patří např. přenosný průtokoměr PF LV550, který nápadně připomíná model Stingray 2.0 od firmy Greyline. Metodu rychlost/plocha využívá model UF AV5000 nebo upínací měřič UF D5000. [39]

Další britská společnost Detectronic se specializuje na monitorování vody. Vyrábí přístroje na monitoring jakosti vody a také průtokoměry a hladinoměry založené na využití Dopplerova jevu. MSFM series jsou upínací měřiče pro připojení více senzorů. Řada ORAKEL je modulární systém pro měření metodou rychlost/plocha, bezkontaktní měření i měření v uzavřených potrubích. [40]

Existuje celá řada dalších výrobců měřící techniky – např:

- ADS [20];
- Iflow [21];
- FLOW-TRONIC [36];
- FloWav [37];
- Nivus [38] a další.

Všichni výrobci však nabízejí podobné přístroje využívající metody zmíněné v kapitole 3.3.1 – 3.3.4.

3.4 AUTOMATICKÉ VZORKOVAČE

Automatické vzorkovače jsou přístroje, kterými je prováděn kvalitativní monitoring odpadních vod. Představují velmi chytrý a osvědčený způsob odběru vzorků. Výsledky vyhodnocení dat pořízených pomocí automatických vzorkovačů pomáhají chránit povrchové vody, neboť jsme

díky nim schopni sledovat procesy čištění odpadních vod nebo identifikovat zdroje znečištění. [22]

Vzorkovače se skládají z centrálního počítače, napájecí baterie, čerpadla, sací hadice a několika vzorkovnic.

Při monitorovací kampani se sací hadice umístí do toku ve stokové síti. Často se konec hadice opatřuje sacím košem nebo zařízením, které zabrání nasátí větších nečistot. Dle zadaných parametrů vzorkování je automaticky spouštěno objemové čerpadlo, které pomocí sací hadice odebírá jednotlivé vzorky odpadní vody do prázdných vzorkovnic ve spodní části vzorkovače. Součástí vzorkovačů může být také chladicí systém pro uchování vzorků.

Automatické vzorkovače lze využít na časově řízené vzorkování, kdy je přístroji zadán časový interval a objem jednotlivých vzorků. Dále lze vzorkovače nastavit na proporční vzorkování dle průtoku. Vzorkovač dostává signály od průtokoměrů a na základě těchto signálů je schopen vzorkování přizpůsobit aktuálnímu průtoku. Pokud je průtokoměr rozšířen o analytické senzory, je schopen detekovat zvýšené specifické zatížení odpadní vody a na základě toho aktivovat automatický odběr. Takové vzorkování v praxi poskytuje evidenci špičkových zatížení např. na nátoky na ČOV. Při monitoringu v odlehčovacích komorách pak slouží k odběru vzorků odlehčených odpadních vod při dešťových událostech. [22]

Automatické vzorkovače rozlišujeme na vzorkovače přenosné a vzorkovače stacionární. Mezi přední výrobce automatických vzorkovačů patří společnosti Teledyne ISCO, Endress+Hauser nebo HACH. Všechny přístroje pracují na podobném principu.

3.4.1 Vzorkovače přenosné

Pro přenosné vzorkovače je důležitá jejich hmotnost a skladnost vzhledem k měření v různě dostupných a stísněných prostorech. Sací výška přenosných vzorkovačů dosahuje 8 m. Pro zajištění přesného odběru vzorků mohou být vzorkovače vybaveny detektory kapaliny. [16]

Automatické vzorkovače ISCO využívají k odběru peristaltických čerpadel a mají možnost odběru směsného i děleného vzorku. Sací hadice je po odběru automaticky profouknuta. Společnost ISCO dodává ke vzorkovačům také různé varianty sacích košů, moduly pro měření teploty, pH nebo pro připojení jiných měřících sond. Pro zavěšení vzorkovače do šachet jsou vyráběny také závěsné tyče a kříže. Mezi nejpoužívanější modely patří ISCO GLS, ISCO 6712 a ISCO 3700. [16]



Obr. 3.13 Vzorkovač ISCO 6712 (vlevo), závěsný kříž (vpravo) [16]

Společnost HACH nabízí vakuové vzorkovače BÜHLER a vzorkovače SIGMA s peristaltickým čerpadlem. U vakuových vzorkovačů je potřeba nakalibrovat potřebný objem vzorku. Model BÜHLER 2000 je dostupný s chladicí základnou na vzorky. Zástupcem peristaltických přenosných vzorkovačů je model AS950. [23]



Obr. 3.14 Vzorkovač BÜHLER 2000 (vlevo), vzorkovač AS950 (vpravo) [23]

3.4.2 Vzorkovače stacionární

Stacionární vzorkovače slouží k dlouhodobé instalaci vzorkovače na určené místo. Principově se neliší od vzorkovačů přenosných, musí však být provedeny tak, aby byly odolné vůči agresivním výparům, povětrnostním podmínkám a při instalaci na otevřených místech musí být z důvodu ochrany vzorků vyhřívány případně chlazeny. Mezi přední modely společnosti ISCO patří stacionární vzorkovače ISCO 5800 a ISCO 6712FR. [16]



Obr. 3.15 Stacionární vzorkovače ISCO 5800 (vlevo) a ISCO 6712FR (vpravo) [16]

Ostatní firmy nabízejí podobné přístroje. Společnost Endress+Hauser nabízí stacionární vzorkovače Liquidstation s vakuovým nebo peristaltickým čerpadlem, společnost HECH zase stacionární vzorkovače BÜHLER. [22, 23]

Na trhu se pohybuje celá řada dalších výrobců přenosných i stacionárních vzorkovačů - např:

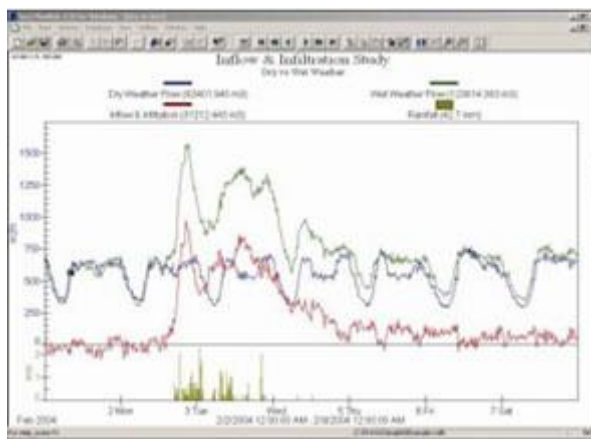
- WaterSam [41];
- ORI [42];
- Global Water [43] a další.

3.5 POUŽÍVANÝ SOFTWARE

Pro sběr dat a práci s nimi se používají různé softwary. Bývá pravidlem, že každý výrobce má pro své přístroje svůj odpovídající software.

3.5.1 Flowlink

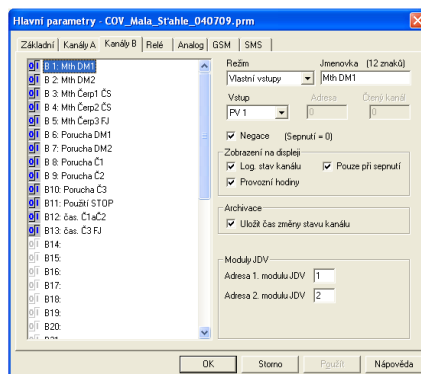
Flowlink je software pro přístroje firmy ISCO. Je kompatibilní s počítači se systémem Microsoft Windows. Pomocí přenosného počítače s tímto softwarem lze nastavit a stahovat data z dataloggerů ISCO přímo v terénu. Stažená data se zapíše do systému počítače a mohou být organizována na základě měřeného projektu nebo geografické polohy. Pomocí programu Flowlink lze generovat řadu informačních grafů a tabulek a provádět sofistikované analýzy získaných dat. Software umožňuje tisk tabulek, export obrázků nebo export tabulek do souborů podporovaných programem Microsoft Excel pro podrobnější analýzu. [16, 17]



Obr. 3.16 ISCO Flowlink [25]

3.5.2 MOST

MOST je software pro parametrizaci přístrojů FIEDLER. Jedná se o uživatelsky snadno ovladatelný program. Slouží pro zobrazení naměřených hodnot, stavů binárních vstupů a výstupů a základní vyhodnocení naměřených dat. Kromě zobrazení grafů a tabulek program nabízí také průměrování hodnot, výběr libovolného časového úseku, výpočet bilancí, vyhledávání mezních hodnot, tisk dat ve formě zprávy a další. [18]



Obr. 3.17 MOST [18]

3.5.3 Další používaný software

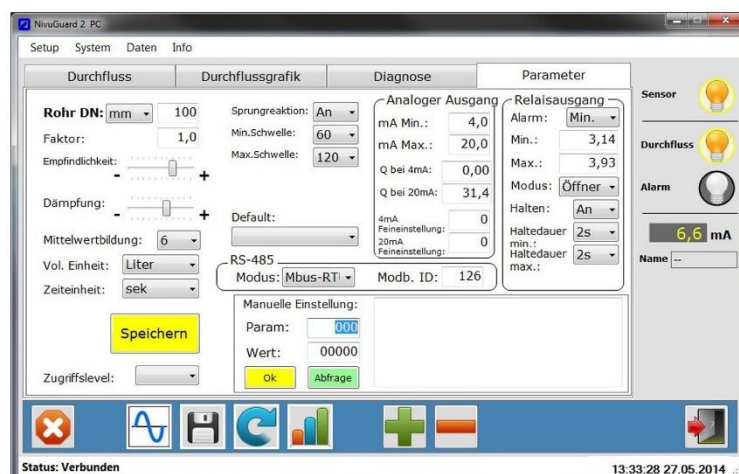
I další společnosti vyvíjejí svůj vlastní software pro obsluhu přístrojů a správu a analýzu dat.

Příkladem je společnost Nivus, která nabízí pro spravování svých přístrojů několik typů softwarů, z nichž každý je pro jiný přístroj a má jinou funkci. Patří mezi ně následující software:

- PC Software Suite;
- D2W Device Config;
- D2W xPath Client;
- PaDa;
- NivuDat;
- NivuGuard PC.

[38]

Společnost ADS obdobně jako Nivus poskytuje software pro spravování svých přístrojů. Hlavním pilířem je program Qstart, který slouží pro aktivaci a nastavení průtokoměrů. Program Profile slouží pro management dat a datovou analýzu. Pro jednoduchý přístup k datům přes webovou aplikaci slouží program FlowView. [20]



Obr. 3.18 NivuGuard 2 PC [38]



Obr. 3.19 Qstart [20]

4 MONITORING STOKOVÉ SÍTĚ VE MĚSTĚ BRNĚ

Teoretická část této práce je věnována monitoringu stokové sítě ve městě Brně, který probíhal od června do října roku 2017 pod záštitou centra AdMaS VUT.

4.1 CÍLE MONITORINGU, JEHO PROVÁDĚNÍ A VYHODNOCENÍ

4.1.1 Cíle monitoringu

Cílem monitoringu stokové sítě ve městě Brně je vyhodnocení přínosů projektu „Rekonstrukce a dostavba kanalizace v Brně“ realizovaném v letech 2012 - 2014. V rámci tohoto projektu byla provedena dostavba a rekonstrukce vybraných úseků stokové sítě, včetně odlehčovacích komor, odlehčovacích tratí a retenčních nádrží. Jedná se mj. o tyto akce:

- „Rekonstrukce kmenové stoky A, Sokolova – Dufkovo nábřeží“
- „Rekonstrukce kmenové stoky C, Karásek – Loučky“
- „Rekonstrukce kmenové stoky D, Auerswaldova - Kaloudova“
- „Rekonstrukce kmenové stoky E, Ráječek – Drážní těleso“
- „Dostavba kmenové stoky A, OK1A a RN1A, Přízřenický jez“
- „Dostavba kmenové stoky A, OK2A a RN3A, Sokolova“
- „Dostavba kmenové stoky EI, Makro - Ráječek“
- „Dostavba kmenové stoky EI, Ráječek – Hájecká“
- „Dostavba kmenové stoky E, OK6E a RN6E, Hamry“ [26, 28]

Pro vyhodnocení přínosů projektu „Rekonstrukce a dostavba kanalizace v Brně“ byl naplánován tříletý monitoring v měsících červen až říjen. Dva monitoringy proběhly již v letech 2015 a 2016. Tato práce se zabývá monitoringem v roce 2017. Následovat bude tříletý monitoring v letech 2018 – 2020 v měsících březen – říjen.

Vyhodnocení přínosů tohoto projektu spočívalo ve stanovení znečištění a objemu odlehčených vod na přepadech z odlehčovacích komor a retenčních nádrží za monitorované období. Zjištěné hodnoty pak byly porovnávány s naměřenými hodnotami před a po realizaci projektu.

4.1.2 Okrajové podmínky monitoringu

Vzhledem k tomu, že monitoring v letech 2015 – 2017 probíhal od června do října, bylo nezbytné provádět extrapolaci dat na data typického roku, tzn. období 10. 3. – 31. 10. 2004. Pro extrapolaci dat byly použity údaje naměřené na OKE19 před ČOV Modřice. Tento měrný profil byl monitorován v celém rozsahu typického roku. Objem přepadů na této odlehčovací komoře situované na nátoku na ČOV tvořil více než 60 % z celkového objemu přepadlých odpadních vod na všech měrných profilech pro monitorovaný rok 2015, pro rok 2016 pak cca 71,9 %. Na

základě rozdílu mezi celkovým objemem přepadů za monitorované období a objemem za období typického roku byl stanoven poměr navýšení, který byl tedy použit pro extrapolaci dat u ostatních měrných bodů pro monitoring 2017. Vzhledem k nepřesnostem, které vyplynuly z extrapolace dat naměřených během monitoringu v letech 2015 a 2016 k období typického roku, je nezbytné v následujících letech 2018 – 2020 provést měrnou kampaň v rozsahu typického roku, tedy březen – říjen. [26]

4.1.3 Provádění samotného monitoringu 2017

Monitoring stokové sítě ve městě Brně probíhal od 1. 6. 2017 do 31. 10. 2017. Před začátkem vlastního monitoringu byla na vybraných místech stokové sítě (odlehčovací komory, pře pady z retenčních nádrží) osazena předem kalibrovaná měřící technika (hladinoměry, průtokoměry). V průběhu samotného monitoringu bylo nezbytné provádět alespoň jednou za týden sběr dat a zároveň základní údržbu měřících přístrojů zahrnující výměnu baterií, výměnu náplně proti vlhkosti, očištění sond, vizuální kontrolu, případně kalibrace přístrojů apod. Po skončení monitoringu pak proběhla demontáž měřící techniky.

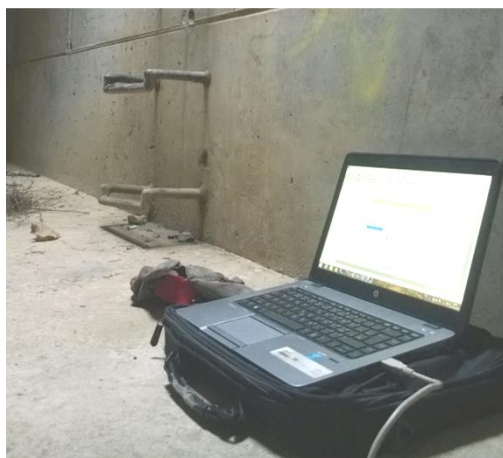
Použitá technika

Pro monitoring 2017 byla použita následující měřící technika:

- průtokoměry ISCO 2150, ISCO 2160;
- datalogery ISCO Signature;
- AV sondy, ultrazvukové sondy, ISCO LaserFlow.

Sběr dat byl prováděn pomocí programu Flowlink.

Veškerou techniku a vybavení zajistilo Centrum AdMaS VUT. Instalaci průtokoměrů a odběr vzorků zajistilo BVK, a.s.



Obr. 4.1 Sběr dat



Obr. 4.2 Instalace měřící techniky

4.1.4 Vyhodnocení naměřených dat

Pro účel vyhodnocení naměřených dat byly společností BVK a.s. poskytnuty následující podklady:

- data získaná před realizací projektu „Rekonstrukce a dostavba kanalizace v Brně“; [26]
- data získaná po realizaci projektu „Rekonstrukce a dostavba kanalizace v Brně“; [26]
- výsledky monitoringů provedených v letech 2015 a 2016 společností DHI a.s.; [26]
- data z provozního monitoringu stokové sítě; [29]
- srážkoměrná data z provozního monitoringu (22 srážkoměrných stanic v různých částech města Brna); [30]
- rozborů vzorků odebraných při dešťových událostech. [31]

Z naměřených dat bylo možné pro každý měrný profil vyhodnotit tyto parametry:

- koncentrace ukazatelů znečištění při jednotlivých událostech;
- celkové množství znečištění při jednotlivých událostech;
- vyhodnocení počtu přepadů, objemu odlehčených vod a poměru ředění;
- celkové množství vypouštěného a odstraněného znečištění, průměrné koncentrace vypouštěného znečištění za celé období.

Poměr ředění byl stanoven pomocí rovnice (4.1).

$$n = (Q_{pokr} - Q_h) / Q_h \quad (4.1) [26]$$

kde: n ... poměr ředění (1+n) [-];

Q_{pokr} ... průtok OK v okamžiku, kdy právě začíná odlehčovat [m^3];

Q_h ... max. hodinový průtok splaškových vod [m^3].

Vzhledem k povaze měření má stanovení poměru ředění pouze orientační charakter, neboť ze získaných dat je složité určit, při jakém průtoku začala zrovna OK odlehčovat. U jednotlivých OK je také možné identifikovat během různých srážkových událostí různé hodnoty průtoků, při nichž OK zrovna začínají odlehčovat. [26]

Porovnáním výstupů z monitoringu 2017, předešlých monitoringů a dat naměřených před realizací projektu „Rekonstrukce a dostavba kanalizace v Brně“ nakonec bylo možné stanovit přínosnost tohoto projektu. Jedná se však pouze o dílčí vyhodnocení. Definitivní vyhodnocení je možné provést až po plánovaném tříletém monitoringu v rozsahu typického roku.

V rámci této práce bylo z dat získaných monitoringem dále vyhodnoceno:

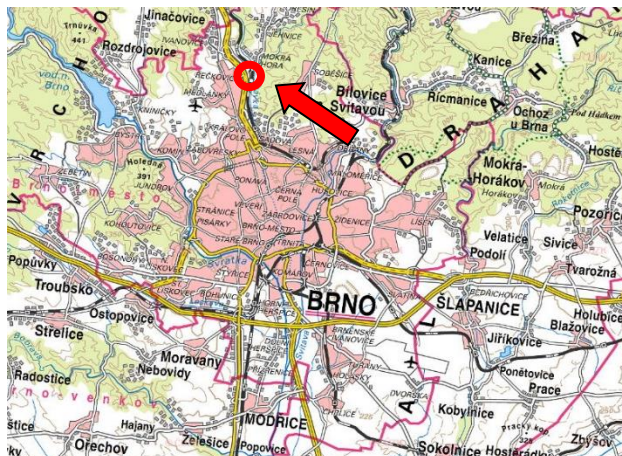
- hydraulické posouzení stokové sítě a odlehčovací komory;
- množství dešťových vod;
- stavebně technický stav odlehčovací komory.

V následujících kapitolách je rozvedena podrobná charakteristika vybraných odlehčovacích komor, na kterých byl proveden monitoring. U každé odlehčovací komory je také provedeno vyhodnocení dat a její posouzení.

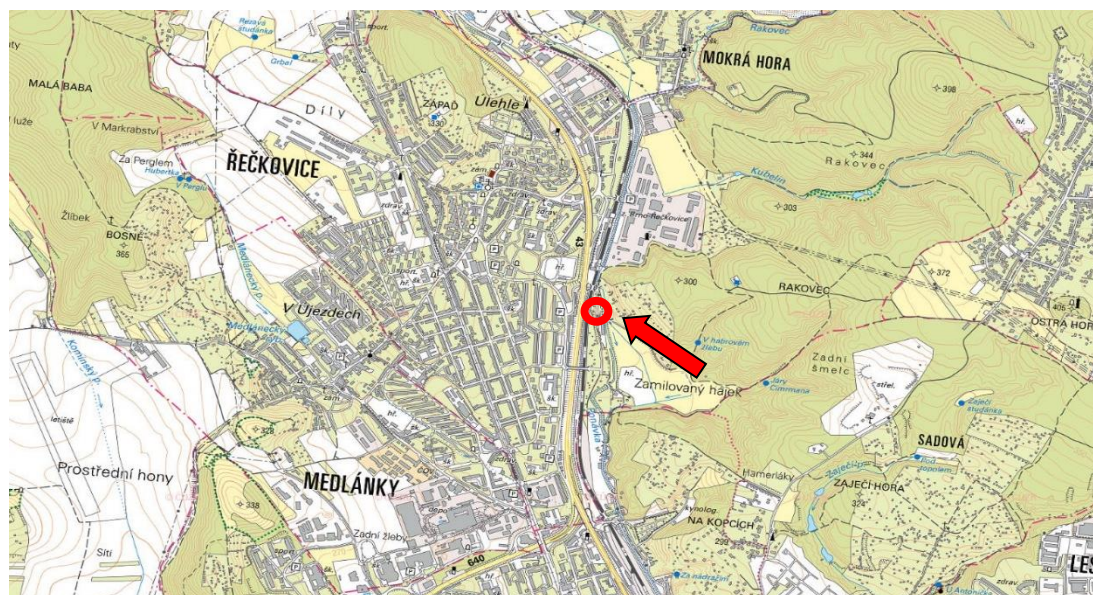
4.2 OK KARÁSEK - LOUČKY

4.2.1 Základní informace o objektu

Odlehčovací komora Karásek – Loučky se nachází na kmenové stoce C u ulice Hradecká v městské části Brno – Řečkovice. OK prošla v letech 2012 - 2014 rekonstrukcí za účelem snížení hodnot vypouštěného znečištění, jehož hodnoty vyplynuly z monitoringu realizovaného v roce 2007.



Obr. 4.3 Poloha OK Karásek – Loučky v rámci města Brna [32]



Obr. 4.4 Detailnější znázornění polohy OK Karásek – Loučky [32]

Vstupní šachta se nachází v rostlém terénu vedle silnice 43, hlavního dopravního tahu z Brna do Svitav. Přístup k šachtě je od silnice těsně před sjezdem na Řečkovice.



Obr. 4.5 Vstupní šachta do OK Karásek – Loučky [33]

Odlehčovací komorou Karásek – Loučky vede kmenová stoka C ze sklolaminátového potrubí DN 1600. Odlehčovací komora je koncipována jako OK s horizontální dělicí stěnou. Bezdeštný průtok je veden na ČOV sklolaminátovým potrubím DN 1600, při dešťové události odpadní voda přepadá do odlehčovací trati ze sklolaminátového potrubí DN 1000 a tou je vyústěna do říčky Ponávky.

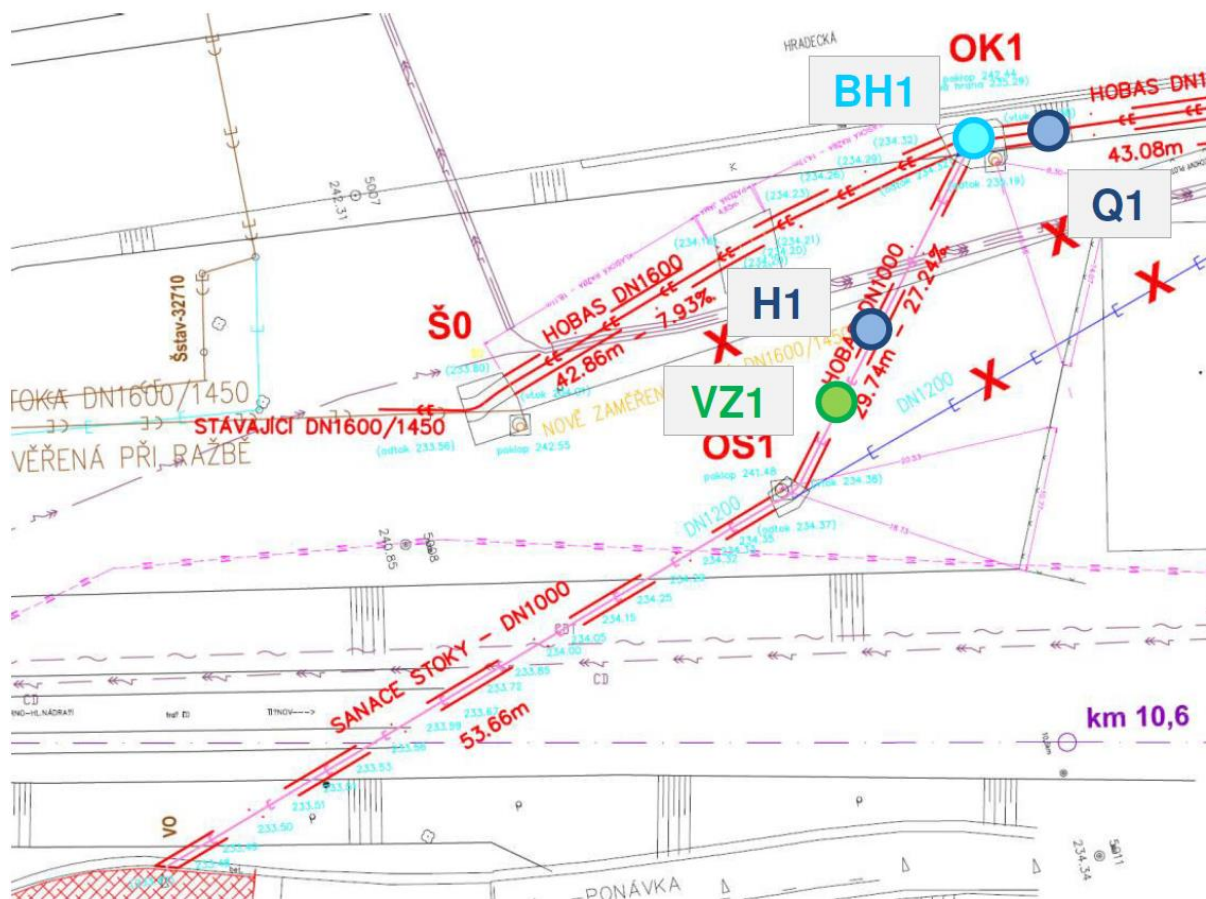
Tab. 4.1 Přehled vyhodnocovacích parametrů pro OK Karásek-Loučky

Vyhodocovaný parametr	Způsob vyhodnocení
Objem odlehčených vod do recipientu	Vyhodnocení z měření H1
Počet přepadů do recipientu	Vyhodnocení z měření H1
Poměr ředění	Vyhodnocení z měření Q1, BH1
Vypouštěné znečištění	Vyhodnocení z měření H1, VZ1



Obr. 4.6 OK Karásek – Loučky [34]

Odlehčovací komora je zachycena na obr. 4.6. Za bezdeštného průtoku protéká odpadní voda pod horizontální dělicí stěnou. Při dešti je zředěná odpadní voda rozdělena, přičemž část je odváděna pod dělicí stěnou dále směrem na ČOV a druhá část přeteče dělicí stěnu do odlehčovací trati a je vedena směrem k recipientu.



Obr. 4.7 Situace OK Karásek – Loučky [26]

H1	Měření hladiny
Q1	Měření průtoku
VZ1	Měření hodnot znečištění, zajištěno BVK a.s. [31]
BH1	Provozní měření hladiny, zajištěno BVK a.s. [29]

4.2.2 Charakteristika měrných profilů

Měření průtoku Q1

Cílem měření průtoku Q1 bylo měření množství odpadních vod na nátoku do OK Karásek-Loučky. Průtokoměr byl osazen cca 2,5 m nad OK.

Tab. 4.2 Charakteristika měrného profilu Q1

Měřicí přístroj:	AV sonda, datalogger ISCO 2150
Tvar:	kruh
Velikost:	DN 1600
Materiál:	sklolaminát
Sediment:	bez sedimentu
Termín měření:	1. 6. 2017 – 31. 10. 2017



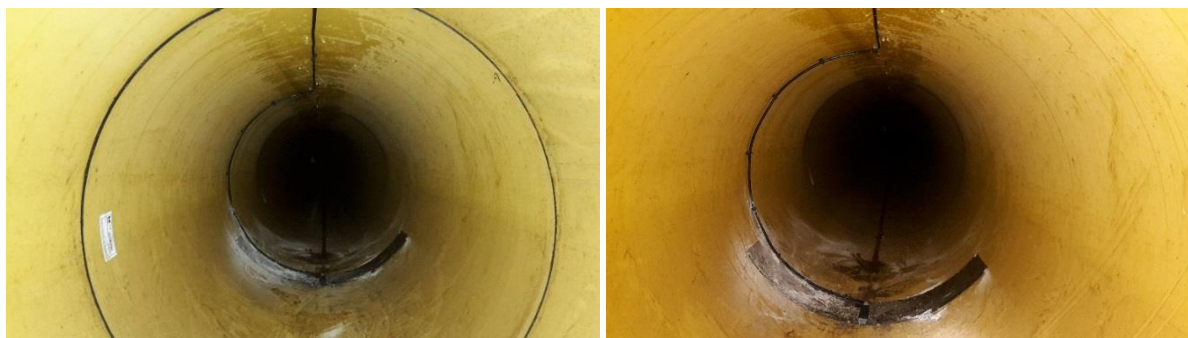
Obr. 4.8 Měrný profil Q1

Měření hladiny H1

Cílem měření hladiny H1 bylo zjištění objemu odlehčovaných odpadních vod do recipientu. Hladinoměr byl osazen v odlehčovací trati cca 7 m pod OK.

Tab. 4.3 Charakteristika měrného profilu H1

Měřicí přístroj:	AV sonda, datalogger ISCO 2150
Tvar:	kruh
Velikost:	DN 1000
Materiál:	sklolaminát
Sediment:	bez sedimentu
Termín měření:	1. 6. 2017 – 31. 10. 2017



Obr. 4.9 Měrný profil H1

Vzorkování VZ1

Cílem vzorkování VZ1 bylo zjištění koncentrací znečištění vypouštěného odlehčovací trati do recipientu. Násoska vzorkovače byla umístěna do odlehčovací trati.

Tab. 4.4 Charakteristika vzorkování VZ1

Vzorkovač:	Automatický vzorkovač ISCO 6712
Tvar:	kruh
Velikost:	DN 1000
Materiál:	sklolaminát
Sediment:	bez sedimentu
Rozbor vzorků:	BSK ₅ , CHSK _{Cr} , NL, N-NH ₄ ⁺ , N _{celk} , P _{celk}
Termín měření:	1. 6. 2017 – 31. 10. 2017



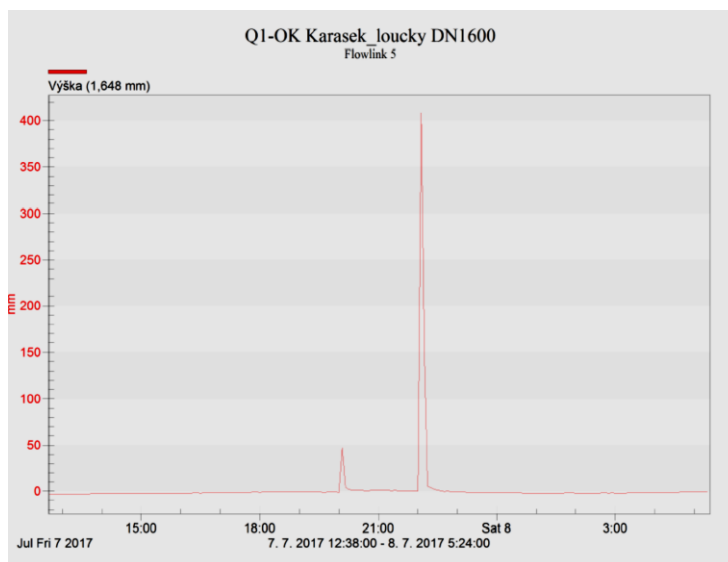
Obr. 4.10 Automatický vzorkovač VZ1 a datalogger ISCO 2150

4.2.3 Výsledky monitorovací kampaně v OK Karásek - Loučky

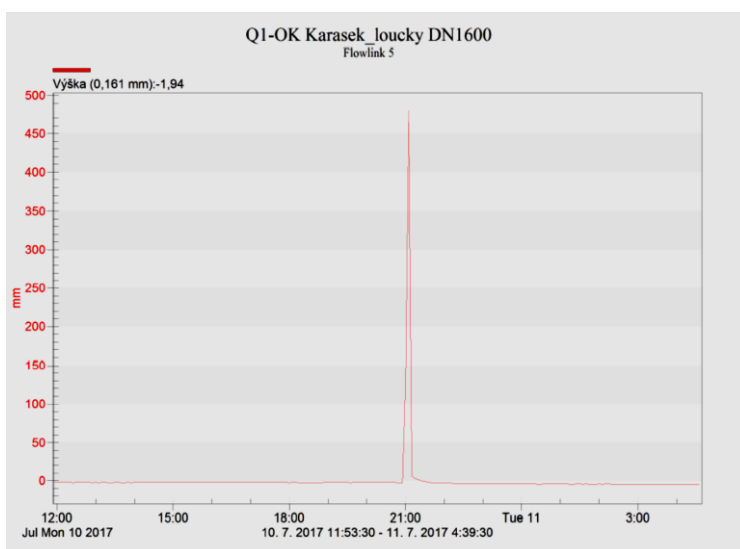
V průběhu monitorovací kampaně byly v OK Karásek-Loučky zaznamenány tři události, při kterých došlo k odlehčení a přepadu odpadní vody do odlehčovací trati a při nichž byly provedeny odběry vzorků.

Tab. 4.5 Přehled zaznamenaných událostí

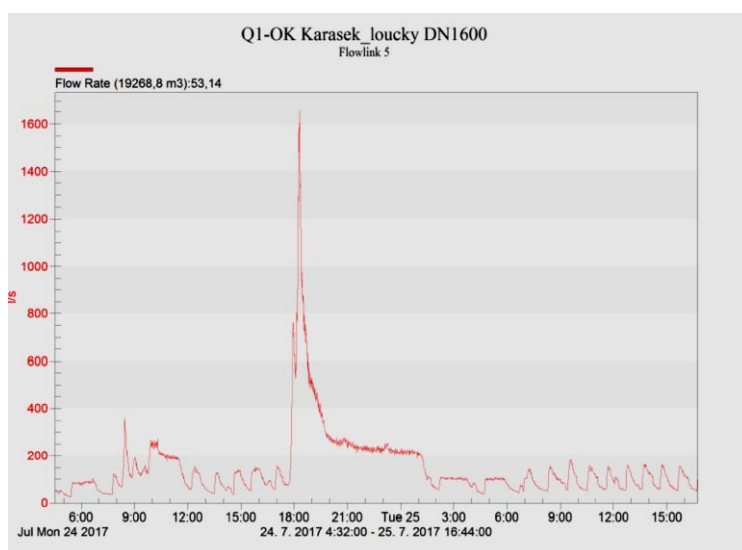
Číslo události	Datum počátku odběru	Čas počátku odběru	Datum konce odběru	Čas konce odběru	Délka události [min]	Objem události [m ³]
1	7. 7. 2017	22:10	7. 7. 2017	22:25	15	432
2	10. 7. 2017	20:58	10. 7. 2017	21:13	15	554
3	10. 8. 2017	3:22	10. 8. 2017	3:22	0	0,01



Obr. 4.11 Zaznamenaná dešťová událost v profilu H1 ze dne 7.7. 2017



Obr. 4.12 Zaznamenaná dešťová událost v profilu H1 ze dne 10.7. 2017



Obr. 4.13 Zaznamenaná událost v profilu Q1 v období 24.7. – 25.7. 2017

Stanovení množství znečištění

Laboratorním rozbořem odebraných vzorků byly zjištěny koncentrace znečištění v odlehčené odpadní vodě jednotlivých dešťových událostí. Z tabulky 4.6 je patrná zejména vysoká koncentrace amoniakálního dusíku při události č. 2.

Tab. 4.6 Koncentrace znečištění při jednotlivých událostech

Číslo události	NL [mg/l]	BSK ₅ [mg/l]	CHSK _{Cr} [mg/l]	P _{celk} [mg/l]	N-NH ₄ ⁺ [mg/l]	N _{celk} [mg/l]
1	344	100	325	2,91	5,48	13,80
2	166	95	340	2,91	17,00	32,60
3	356	94	325	3,81	3,46	16,30

Pomocí koncentrací jednotlivých ukazatelů znečištění a celkového objemu každé z událostí bylo zjištěno celkové množství znečištění v odlehčené odpadní vodě při jednotlivých událostech. Objem události č. 3 činil pouze 0,01 m³, takže jak je patrné z tabulky 4.7, při události č. 3 je množství znečištění u všech ukazatelů zanedbatelně malé.

Tab. 4.7 Celkové množství znečištění při jednotlivých událostech

Číslo události	NL [t]	BSK ₅ [t]	CHSK _{Cr} [t]	P _{celk} [t]	N-NH ₄ ⁺ [t]	N _{celk} [t]
1	0,149	0,043	0,141	0,001	0,002	0,006
2	0,092	0,053	0,188	0,002	0,009	0,018
3	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Stanovení počtu případů, poměru ředění

Celkový objem odlehčených vod činil u OK Karásek – Loučky 986 m³. Na základě výsledků monitoringu byl stanoven také poměr ředění 1 + 20. Stanoven byl pomocí rovnice (4.1).

Tab. 4.8 Vyhodnocení počtu případů, objemu odlehčených vod, poměru ředění

Parametr	OK Karásek - Loučky
Počet případů	3
Objem odlehčených OV	986 m ³
Q _h	86,92 l/s
Q _{pokr}	různé
Poměr ředění	1 + 20

Pro vyhodnocení poměru ředění byl maximální hodinový průtok splaškových vod stanoven z vybraného bezdeštného týdne v období od 29. 6. 2017 do 6. 7. 2017 a činil 86,92 l/s. U každého přepadu byl zaznamenán jiný průtok, při kterém odlehčovací komora začala odlehčovat, takže hodnota Q_{pokr} byla pro každou událost různá.

Porovnání výsledků s předchozími lety

Jak je patrné z tabulky 4.9, z dat získaných před rekonstrukcí OK bylo zaznamenáno 24 přepadů, zatímco při monitoringu 2017 byly zaznamenány pouze 3 přepady. Objem odlehčených vod za rok 2017 činil 986 m³, což je nejnižší množství od rekonstrukce. Jedná se o výrazné snížení oproti stavu před realizací projektu, kdy objem odlehčených vod činil 5 711 m³. Avšak už během předchozích monitoringů byly zaznamenány výrazně nižší objemy odlehčené OV. Během monitoringů 2015 i 2016 byly zaznamenány vždy pouze dvě události.

Tab. 4.9 Porovnání počtu přepadů, objemu odlehčených vod, poměru ředění

Parametr	Stav před rekonstrukcí [26]	2014 [26]	Monitoring 2015 [27]	Monitoring 2016 [27]	Monitoring 2017
Počet přepadů	24	11	2	2	3
Objem odlehčených OV	5 711 m ³	2 298 m ³	1 322 m ³	1 247 m ³	986 m ³
Poměr ředění	1 + 11	1 + 15,1	1 + 25	1 + 25	1 + 20

Sumarizací množství vypouštěného znečištění během všech událostí bylo možné zjistit celkové množství vypouštěného znečištění za monitorovací období 2017. Odstraněné znečištění bylo stanoveno jako rozdíl znečištění vypouštěného před realizací projektu „Rekonstrukce a dostavba kanalizace v Brně“ a znečištění vypouštěného během monitoringu 2017. Průměrné koncentrace vypouštěného znečištění byly stanoveny jako podíl množství vypouštěného znečištění a objemu odlehčených vod.

Tab. 4.10 Porovnání výsledků s původním stavem před realizací

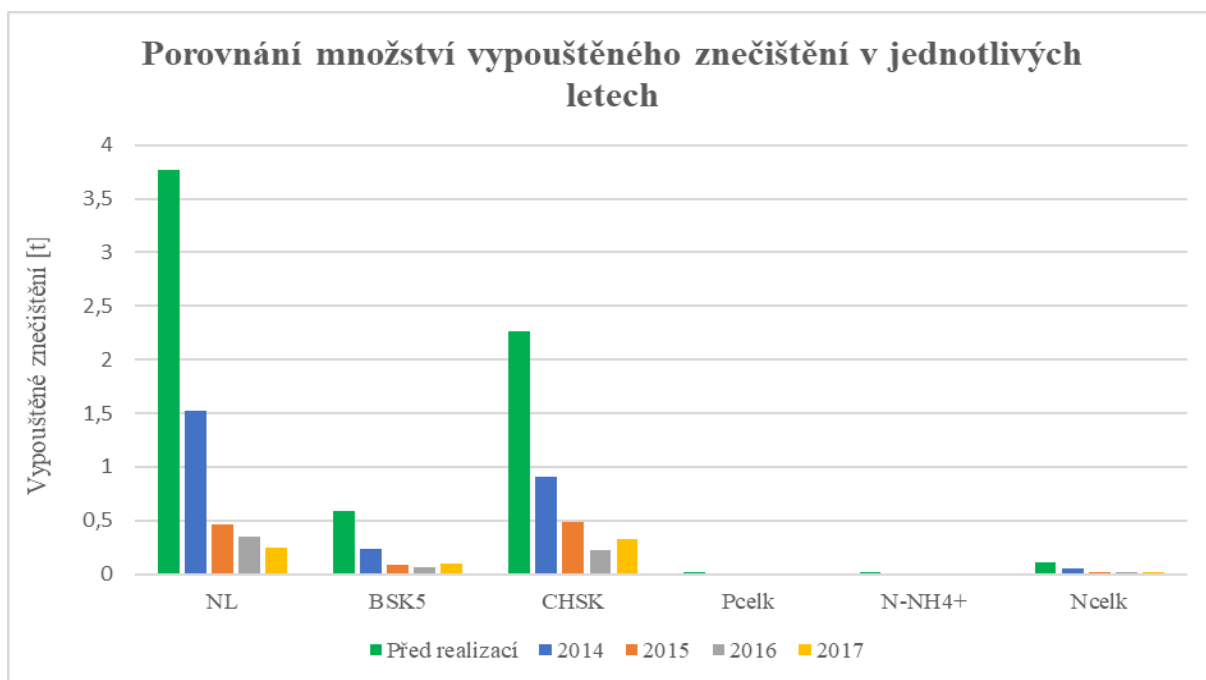
Parametr	Stav před realizací [26]		Monitoring 2017			
	Vypouštěné znečištění [t]	Průměrné koncentrace vyp. znečištění [mg/l]	Vypouštěné znečištění [t]	Odstraněné znečištění [t]	Odstraněné znečištění [%]	Průměrné koncentrace vyp. znečištění [mg/l]
NL	3,77	660,55	0,241	3,529	93,61	244,03
BSK ₅	0,59	103,84	0,096	0,494	83,73	97,19
CHSK _{Cr}	2,26	395,41	0,329	1,931	85,44	333,43
P _{celk}	0,02	2,89	0,003	0,017	85,00	2,91
N-NH ₄ ⁺	0,02	3,97	0,012	0,008	40,00	11,95
N _{celk}	0,11	19,72	0,024	0,086	78,18	24,36

Z tabulky 4.10 je patrné, že oproti stavu před rekonstrukcí, bylo množství vypouštěného znečištění během monitoringu 2017 výrazně nižší. Průměrné koncentrace vypouštěného znečištění (kromě NL a N-NH₄⁺) byly podobné jako před realizací projektu. Objem odstraněného znečištění se pohyboval u všech ukazatelů mezi 78 – 94 % původního množství vypouštěného znečištění. Výjimkou je množství odstraněného amoniakálního dusíku, které dosáhlo pouze 40 %.

Tab. 4.11 Přehled výsledků předchozích monitorovacích kampaní

Parametr	Stav před realizací [26]	2014 [26]		Monitoring 2015 [27]		Monitoring 2016 [27]	
	Vypouštěné znečištění [t]	Vypouštěné znečištění [t]	Odstraněné znečištění [t]	Vypouštěné znečištění [t]	Odstraněné znečištění [t]	Vypouštěné znečištění [t]	Odstraněné znečištění [t]
NL	3,77	1,52	2,25	0,463	3,307	0,347	3,423
BSK ₅	0,59	0,24	0,35	0,086	0,504	0,065	0,525
CHSK _{Cr}	2,26	0,91	1,35	0,489	1,771	0,227	2,033
P _{celk}	0,02	0,01	0,01	0,002	0,018	0,002	0,018
N-NH ₄ ⁺	0,02	0,01	0,01	0,004	0,016	0,006	0,014
N _{celk}	0,11	0,05	0,05	0,014	0,096	0,014	0,096

Jak je patrné z tabulek 4.10 a 4.11 a grafu 4.1., množství vypouštěného znečištění u všech ukazatelů po realizaci projektu v roce 2014 bylo zhruba o polovinu nižší než před realizací a v dalších letech ještě klesalo. Nejnižší množství vypouštěného znečištění bylo naměřeno při monitoringu v roce 2016. V rámci monitoringu 2017 bylo zjištěno vyšší množství vypouštěného znečištění než v předchozím roce 2016 s výjimkou NL.



Graf 4.1 Porovnání množství vypouštěného znečištění v jednotlivých letech

4.2.4 Hydraulické a stavebně technické posouzení

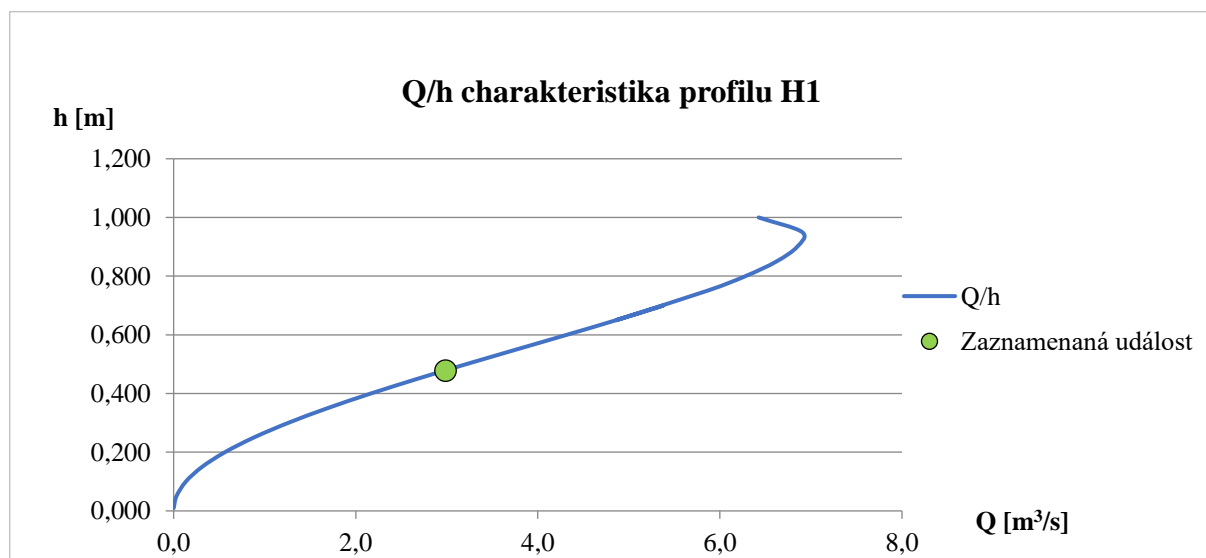
Hydraulické posouzení

V rámci této práce bylo provedeno také hydraulické posouzení odlehčovací trati OK Karásek – Loučky. Byla sestavena Q/h charakteristika profilu.

Tab. 4.12 Parametry potrubí odlehčovací trati

Parametry odlehčovací trati	
Materiál:	sklolaminát
Profil:	DN 1000
Drsnost:	$n = 0,008$ ^[35]
Sklon:	$i = 0,0272$
Max. naměřená výška hladiny:	479 mm (10.7. 2017 - 21:05)
Kapacita:	6 904 l/s

Z Q-h charakteristiky odlehčovací trati (graf 4.2) je patrné, že hydraulická kapacita potrubí odlehčovací trati je 6 904 l/s. Při neobjemnější události v monitorovaném období činil největší průtok odlehčovací trati 2 985 l/s, což je 43 % hydraulické kapacity potrubí odlehčovací trati.



Graf 4.2 Q/h charakteristika profilu H1

V daném momentě (tj. 10. 7. 2017 – 21:05) byl v úseku stoky nad odlehčovací komorou naměřen průtok 3 573,3 l/s. Tzn. že v tomto okamžiku bylo odlehčováno 83,5 % průtoku odpadní vody. Zbylý průtok odváděný stokovou sítí dále činil 588,3 l/s.

Hydraulickou kapacitu přírodního potrubí nad odlehčovací komorou nebylo možné posoudit z důvodu chybějícího údaje o sklonu potrubí.

Určení množství dešťových vod

Dle dat dostupných z nejbližší srážkoměrné stanice (VDJ Řečkovice) [30] bylo před nejobjemnější událostí za monitorovací období (tj. 10. 7. 2017 - 20:58 až 21:13) v čase od 19:44 do 20:05 naměřeno 17,9 mm srážek.

Průměrný bezdeštný průtok v tomto období a čase činil 73,85 l/s. Pro vyhodnocení průměrného bezdeštného průtoku byla použita data z časového intervalu 5. 7. 2017 – 15. 7. 2017 v časech mezi 20 – 22 hodinou. Důvodem je předpoklad nejlepšího možného určení bezdeštného splaškového průtoku v období kolem 10. 7. 2017 s přihlédnutím k menšímu osídlení města z důvodu dovolených a vyšší spotřebě vody v tomto časovém horizontu.

Při nejobjemnější dešťové události (tj. 10. 7. 2017 - 20:58 až 21:13) byl naměřen největší průtok 3 573,3 l/s. Při předpokladu, že průměrný bezdeštný průtok v tomto období činil 73,85 l/s, lze určit, že objem dešťových vod v danou chvíli činil 3 499,5 l/s. Splaškový průtok tak tvořil pouze 2,1 % celkového objemu odváděných odpadních vod.

Stavebně technický stav

Odlehčovací komora prošla v letech 2012 – 2014 rekonstrukcí a je ve velmi dobrém stavu, plně funkční, bez zjevných poruch. Na stěnách objektu nejsou zjevné praskliny, čedičový obklad je nepoškozen. Nikde není patrné narušení stěn prorůstáním kořenů rostlin. Sklolaminátové potrubí je taktéž nepoškozeno, bez prasklin a přesazených spojů, ovalita potrubí je zachována. Potrubí plní svou funkci, nehromadí se v něm sediment a nenarušuje svým technickým stavem správnou hydraulickou funkci stoky.



Obr. 4.14 Detail profilu potrubí v odlehčovací komoře [34]

4.2.5 Shrnutí vyhodnocení OK Karásek - Loučky

Z vyhodnocení naměřených dat se dá dospět k následujícím závěrům:

- objem odlehčených odpadních vod je za monitorovací období výrazně nižší, než před rekonstrukcí OK;
- počet přepadů je v rámci vyhodnocení monitoringu nižší než před rekonstrukcí OK;
- poměr ředění v OK je v rámci vyhodnocení monitoringu vyšší než před rekonstrukcí OK;
- množství vypouštěného znečištění zjištěného za monitorovací období je výrazně nižší než před rekonstrukcí OK (s výjimkou amoniakálního dusíku);
- množství odstraněného znečištění je dostačující (s výjimkou amoniakálního dusíku);
- OK je plně funkční, bez zjevných závad.

Odlehčovací komora po realizaci projektu splňuje všechny předpokládané požadované parametry. Výjimkou jsou vysoké hodnoty amoniakálního dusíku, jež ovlivnila zejména událost ze dne 10. 7. 2017, při které byly naměřeny abnormálně vysoké hodnoty amoniakálního dusíku – 17 mg/l, a při níž objem odlehčených vod činil 554 m³, což je 55 % celkového objemu odlehčených vod za monitorovací období.

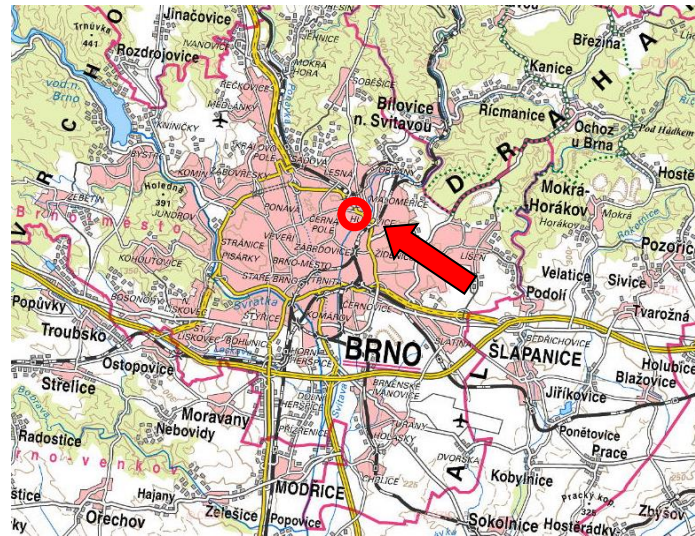
4.3 KMENOVÁ STOKA D, AUERSWALDOVA – KALOUDOVA

V rámci realizace projektu „Rekonstrukce a dostavba kanalizace v Brně“ došlo k úpravě a přemístění stávajících odlehčovacích komor. Díky tomu nemohlo proběhnout porovnání výsledků každé OK zvlášť, ale kmenová stoka D musela být posuzována jako celek. Jedná se o tyto odlehčovací komory:

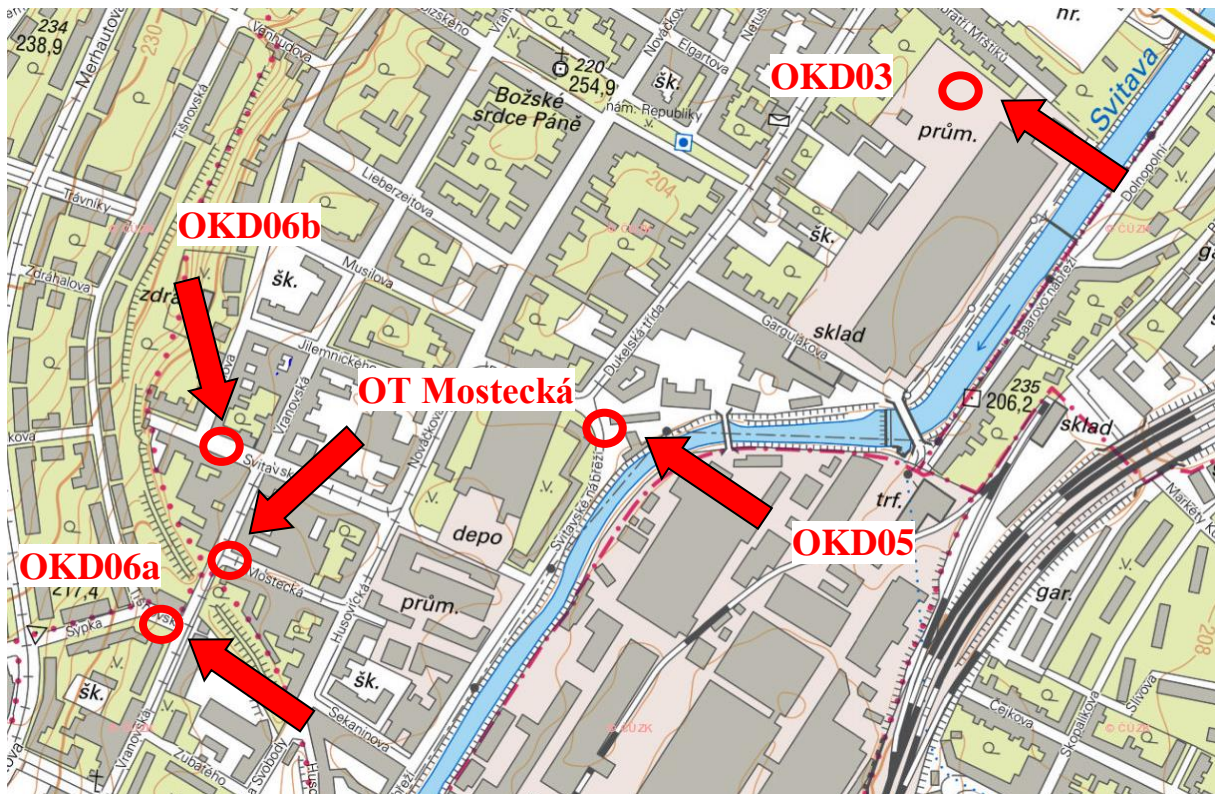
- OKD03 Hálkova;
- OKD05 Dačického;
- OKD06a Tišnovská;
- OKD06b Svitavská.

Přepad z odlehčovacích komor OKD06a Tišnovská a OKD06b Svitavská je sveden do sdružené odlehčovací trati Mostecká. Proto tyto dvě komory byly také posuzovány jako celek.

Odlehčovací komory na kmenové stoce D se nacházejí v městské části Brno – Husovice.



Obr. 4.15 Poloha zájmového území stoky D v rámci Brna [32]



Obr. 4.16 Poloha jednotlivých odlehčovacích komor [32]

Kmenová stoka D je v rámci této práce posuzována jako celek. Dílčí posouzení jednotlivých odlehčovacích komor je uvedeno v kapitolách 4.4. – 4.6., souhrnné vyhodnocení kmenové stoky D pak v kapitole 4.7.

4.4 OKD03 HÁLKOVA (BRATŘÍ MRŠTÍKŮ)

4.4.1 Základní informace o objektu

Odlehčovací komora OKD03 Hálkova se nachází na kmenové stoce D Auerswaldova – Kaloudova v areálu bývalé firmy Zetor mezi ulicemi Hálkova a Bratří Mrštíků v městské části Brno – Husovice.

Vstupní šachta do odlehčovací komory se nachází ve vyvýšeném terénu travnaté plochy v severní části opuštěného areálu firmy Zetor u panelové zdi. Vjezd do areálu je z ulice Garguláková. Pro instalaci, pravidelnou údržbu techniky a stahování dat musely být společností BVK a.s. zapůjčeny klíče od brány areálu.

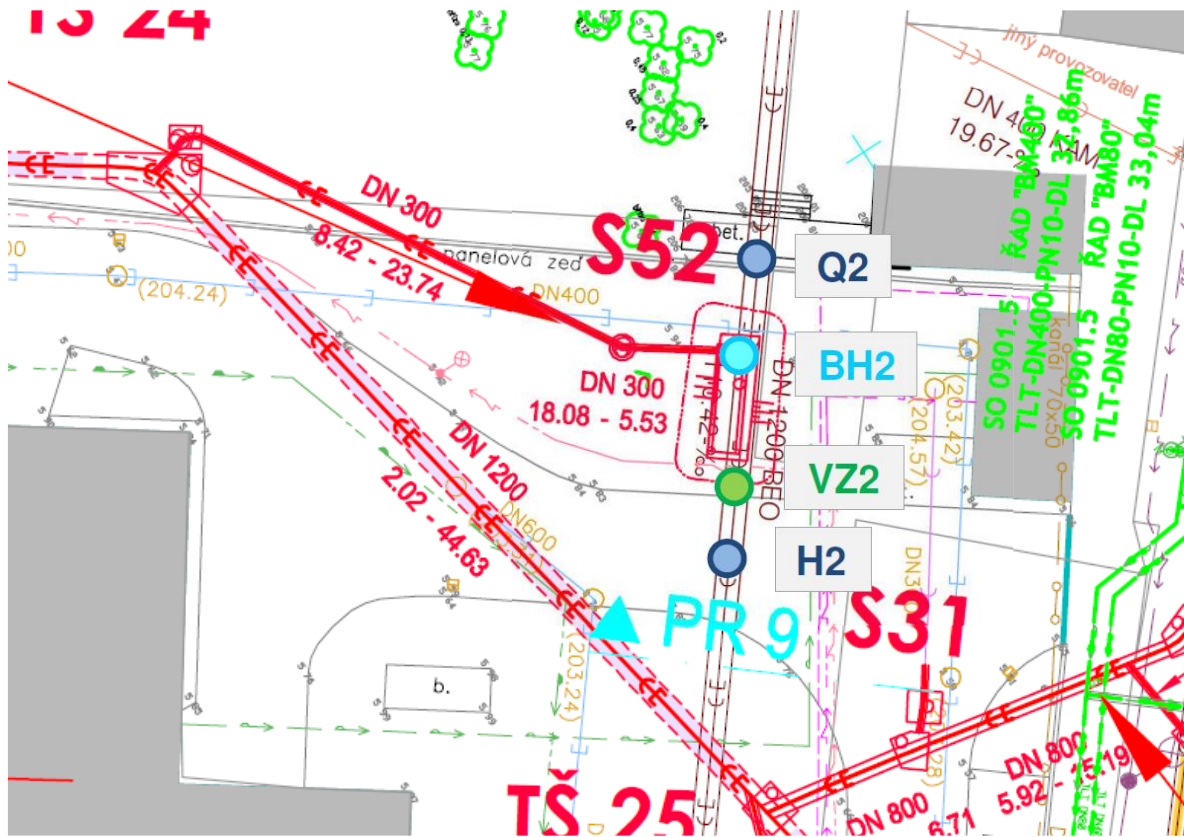


Obr. 4.17 Areál Zetor a.s. a vstupní šachta do OKD03 Hálkova [33]

Odlehčovací komorou OKD03 Hálkova vede kmenová stoka D z betonového potrubí DN 1200. Jedná se o odlehčovací komoru s přepadajícím paprskem. Při bezdeštném průtoku odpadní vody propadají příčně položeným žlabem k odtoku z potrubí DN 300 a jsou dále odváděny na ČOV Modřice. Odtokové potrubí je škrcceno hradidlem. Při události část odpadní vody přepadá přes žlab až do odlehčovací trati z betonového potrubí DN 1200 a tou jsou vyústěny do řeky Svitavy.



Obr. 4.18 OKD03 Hálkova [34]



Obr. 4.19 Situace OKD03 Hálkova [26]

H2 Měření hladiny

Q2 Měření průtoku

VZ2 Měření hodnot znečištění, zajištěno BVK a.s. [31]

BH2 Provozní měření hladiny, zajištěno BVK a.s. [29]

Tab. 4.13 Přehled vyhodnocovacích parametrů pro OKD03 Hálkova

Vyhodocovaný parametr	Způsob vyhodnocení
Objem odlehčených vod do recipientu	Vyhodnocení z měření H2
Počet přepadů do recipientu	Vyhodnocení z měření H2
Poměr ředění	Vyhodnocení z měření Q2, BH2
Vypouštěné znečištění	Vyhodnocení z měření H2, VZ2

4.4.2 Charakteristika měrných profilů

Měření průtoku Q2

Cílem měření průtoku Q2 bylo měření množství odpadních vod na nátoku do OKD03 Hálkova. Průtokoměr byl osazen cca 5 m nad OK.

Tab. 4.14 Charakteristika měrného profilu Q1

Měřicí přístroj:	AV sonda, datalogger ISCO 2150
Tvar:	kruh
Velikost:	DN 1200
Materiál:	beton
Sediment:	bez sedimentu
Termín měření:	1. 6. 2017 – 31. 10. 2017



Obr. 4.20 Měrný profil Q2 (vlevo) a datalogger ISCO 2150 (vpravo)

Měření hladiny H2

Cílem měření hladiny H2 bylo zjištění objemu odlehčovaných odpadních vod do recipientu. Hladinoměr byl osazen cca 6 m pod OK.

Tab. 4.15 Charakteristika měrného profilu H1

Měřicí přístroj:	AV sonda, datalogger ISCO 2150
Tvar:	kruh
Velikost:	DN 1200
Materiál:	beton
Sediment:	bez sedimentu
Termín měření:	1. 6. 2017 – 31. 10. 2017



Obr. 4.21 Měrný profil H2

Vzorkování VZ2

Cílem vzorkování VZ2 bylo zjištění koncentrací znečištění vypouštěného odlehčovací trati do recipientu. Násoska vzorkovače byla umístěna do odlehčovací trati.

Tab. 4.16 Charakteristika vzorkování VZ2

Vzorkovač	Automatický vzorkovač ISCO 6712
Tvar:	kruh
Velikost:	DN 1200
Materiál:	beton
Sediment:	bez sedimentu
Rozbor vzorků:	BSK ₅ , CHSK _{Cr} , NL, N-NH ₄ ⁺ , N _{celk} , P _{celk}
Termín měření:	1. 6. 2017 – 31. 10. 2017

4.4.3 Výsledky monitorovací kampaně v OKD03 Hálkova

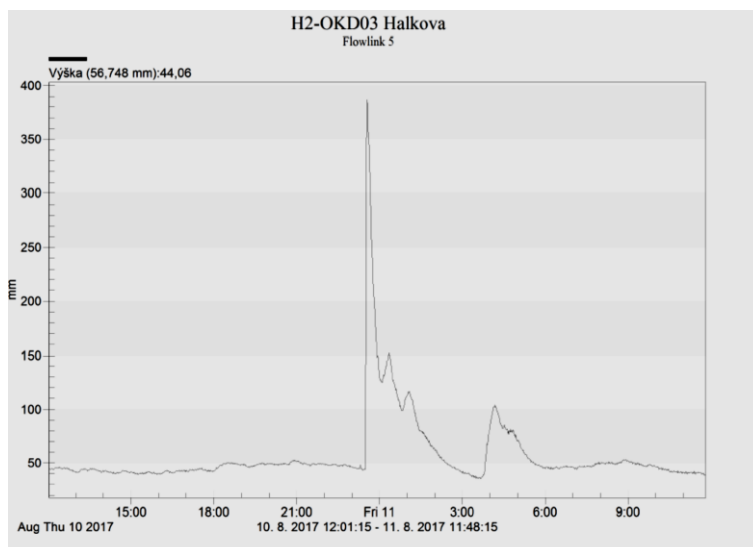
V průběhu monitorovací kampaně bylo v OKD03 Hálkova zaznamenáno čtrnáct událostí, při kterých došlo k odlehčení a přepadu odpadní vody do odlehčovací trati a při nichž byly provedeny odběry vzorků.

Tab. 4.17 Přehled zaznamenaných událostí

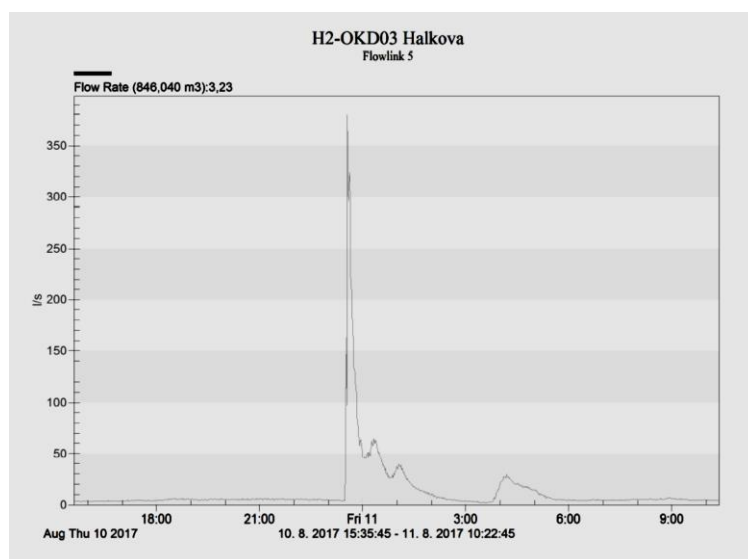
Číslo události	Datum počátku odběru	Čas počátku odběru	Datum konce odběru	Čas konce odběru	Délka události [min]	Objem události [m ³]
1	16. 6. 2017	15:22	16. 6. 2017	15:37	15	510
2	22. 6. 2017	22:26	22. 6. 2017	22:41	15	26
3	23. 6. 2017	3:45	23. 6. 2017	4:10	25	220
4	7. 7. 2017	20:10	7. 7. 2017	20:40	30	193

5	7. 7. 2017	22:10	7. 7. 2017	23:30	80	627
6	10. 7. 2017	18:22	10. 7. 2017	18:52	30	720
7	20. 7. 2017	18:04	20. 7. 2017	18:19	15	891
8	20. 7. 2017	22:34	20. 7. 2017	23:04	30	96
9	24. 7. 2017	17:36	24. 7. 2017	18:16	40	512
10	24. 7. 2017	19:25	24. 7. 2017	19:25	0	3
11	10. 8. 2017	3:21	10. 8. 2017	3:36	15	666
12	10. 8. 2017	23:30	10. 8. 2017	23:45	15	239
13	3. 10. 2017	12:05	3. 10. 2017	12:20	15	31
14	29. 10. 2017	9:00	29. 10. 2017	9:30	30	130

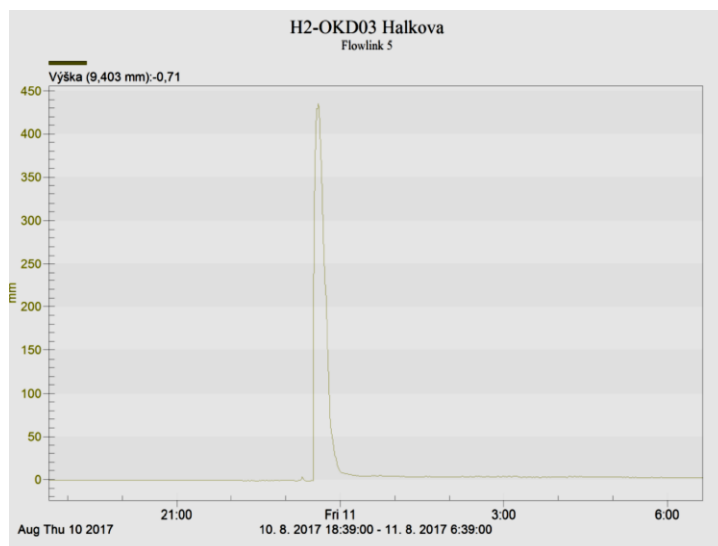
Nejobtímější událost byla zachycena 20. 7. 2017 mezi 18:04 – 18:19, při níž bylo odlehčeno 891 m³ odpadních vod.



Obr. 4.22 Zaznamenaná dešťová událost v měrném profilu Q2 ze dne 10. 8. 2017 – hladina



Obr. 4.23 Zaznamenaná dešťová událost v měrném profilu Q2 ze dne 10. 8. 2017 - průtok



Obr. 4.24 Zaznamenaná dešťová událost v odlehčovací trati H2 ze dne 10. 8. 2017 - hladina

Stanovení množství znečištění

Laboratorním rozborem odebraných vzorků byly zjištěny koncentrace znečištění v odlehčené odpadní vodě jednotlivých dešťových událostí.

Tab. 4.18 Koncentrace znečištění při jednotlivých událostech

Číslo události	NL [mg/l]	BSK ₅ [mg/l]	CHSK _{Cr} [mg/l]	P _{celk} [mg/l]	N-NH ₄ ⁺ [mg/l]	N _{celk} [mg/l]
1	1300,0	235,0	900,0	5,4	3,7	12,3
2	1070,0	495,0	1500,0	7,7	18,1	39,5
3	618,2	224,4	665,4	5,4	4,7	19,6
4	618,2	224,4	665,4	5,4	4,7	19,6
5	526,0	145,0	520,0	4,0	2,4	19,4
6	436,0	325,0	810,0	8,4	9,4	30,2
7	784,0	230,0	740,0	6,0	2,8	17,8
8	180,0	53,0	210,0	1,7	6,8	13,0
9	190,0	105,0	325,0	2,0	5,2	8,7
10	38,0	25,0	93,0	1,3	1,8	3,3
11	696,0	330,0	770,0	6,8	3,9	25,3
12	416,0	160,0	600,0	4,1	6,4	23,9
13	176,0	72,0	200,0	3,3	3,9	10,7
14	270,0	130,0	350,0	2,8	2,6	13,6

Jak je patrné z tabulky 4.18., zajímavou událostí z hlediska koncentrací ukazatelů znečištění je událost č. 2 ze dne 22. 6. 2017. Při této události byly naměřeny koncentrace některých ukazatelů znečištění zhruba dvojnásobně vyšší než při jiných událostech. Zároveň se jednalo o největší naměřené koncentrace znečištění za celé monitorovací období s výjimkou P_{celk} a NL. Koncentrace P_{celk} byla nejvyšší při události ze dne 10. 7. 2017 a činila 8,4 mg/l, rekordní koncentrace NL byla zaznamenána při události ze dne 16. 6. 2017 a činila 1300 mg/l, což je podstatně vyšší koncentrace oproti ostatním událostem.

Pomocí koncentrací jednotlivých ukazatelů znečištění a celkového objemu každé z událostí bylo zjištěno celkové množství znečištění v odlehčené odpadní vodě při jednotlivých událostech. Objem události č. 10 činil pouze 3 m³, takže jak je patrné z tabulky 4.19, při události č. 10 je množství znečištění u všech ukazatelů zanedbatelně malé.

Tab. 4.19 Celkové množství znečištění při jednotlivých událostech

Číslo události	NL [t]	BSK ₅ [t]	CHSK _{Cr} [t]	P_{celk} [t]	N-NH ₄ ⁺ [t]	N_{celk} [t]
1	0,663	0,120	0,459	0,003	0,002	0,006
2	0,028	0,013	0,040	0,000	0,000	0,001
3	0,136	0,049	0,146	0,001	0,001	0,004
4	0,119	0,043	0,128	0,001	0,001	0,004
5	0,330	0,091	0,326	0,002	0,001	0,012
6	0,314	0,234	0,583	0,006	0,007	0,022
7	0,699	0,205	0,659	0,005	0,002	0,016
8	0,017	0,005	0,020	0,000	0,001	0,001
9	0,097	0,054	0,166	0,001	0,003	0,004
10	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
11	0,463	0,220	0,513	0,005	0,003	0,017
12	0,099	0,038	0,143	0,001	0,002	0,006
13	0,005	0,002	0,006	0,000	0,000	0,000
14	0,035	0,017	0,046	0,000	0,000	0,002
Celkem	3,007	1,091	3,236	0,026	0,023	0,096

Z tabulky 4.19. lze vyčíst, že při žádné události nedošlo vzhledem k ostatním událostem k výraznějšímu nárůstu množství vypouštěného znečištění. Události 6, 7 a 11 se dají označit jako události, při nichž bylo vypouštěno do recipientu největší množství znečištění. Důvodem je, že tyto události byly zároveň nejobjemnější.

Stanovení počtu přepadů, poměru ředění

V rámci monitoringu 2017 bylo provedeno stanovení počtu přepadů a poměru ředění.

Tab. 4.20 Vyhodnocení počtu přepadů, objemu odlehčených vod, poměru ředění

Parametr	OKD03 Hálkova
Počet přepadů	14
Objem odlehčených OV	4 864 m ³
Q _h	8,05 l/s
Q _{pokr}	různé
Poměr ředění	1 + 20

Jak je patrné z tabulky 4.20, při monitoringu 2017 bylo zaznamenáno 14 přepadů. Objem odlehčených vod za rok 2017 činil 4 864 m³. Na základě výsledků monitoringu byl stanoven také poměr ředění 1 + 20. Stanoven byl pomocí rovnice (4.1).

Pro vyhodnocení poměru ředění byl maximální hodinový průtok splaškových vod stanoven z vybraného bezdeštného týdne v období od 25. 7. 2017 do 30. 7. 2017 a činil 8,05 l/s. Vzhledem k velkému množství dešťových událostí nemohla být přesně stanovena hodnota Q_{pokr}, neboť při každé události byl zaznamenán vždy jiný průtok, při kterém odlehčovací komora začala odlehčovat.

4.4.4 Hydraulické a stavebně technické posouzení

Hydraulické posouzení

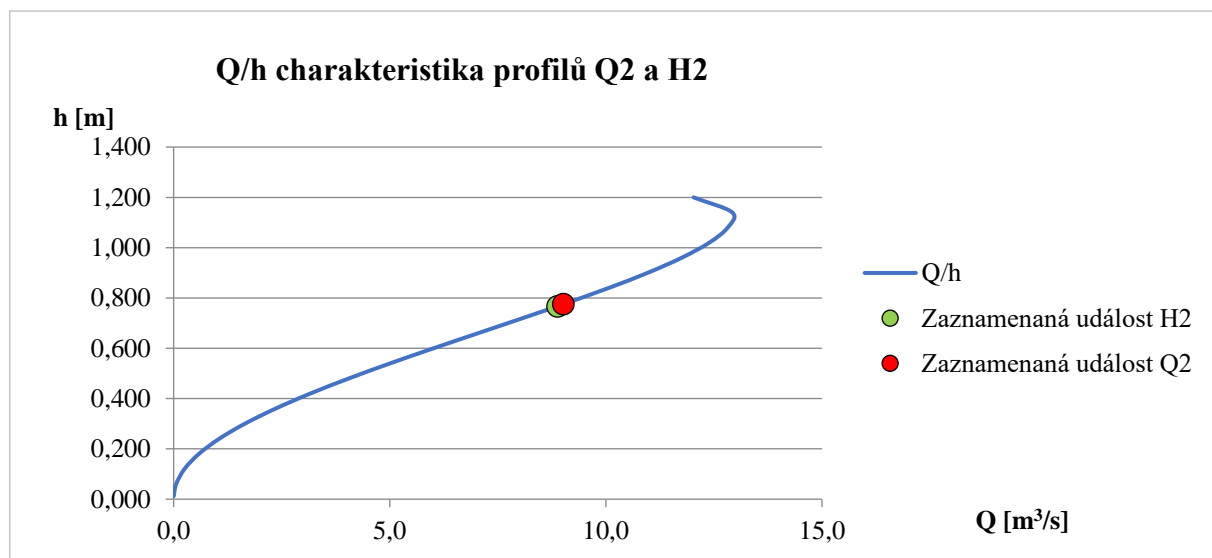
Potrubí nad OK i potrubí odlehčovací trati je z betonu DN 1200. Pro posouzení kapacity potrubí byla stanovena drsnost potrubí $n = 0,014$ (viz. tab. 4.21).

Tab. 4.21 Parametry potrubí odlehčovací trati a potrubí nad OK

	Parametry odlehčovací trati (H2)	Parametry potrubí nad OK (Q2)
Materiál:	beton	beton
Profil:	DN 1200	DN 1200
Drsnost:	$n = 0,014$ ^[35]	$n = 0,014$ ^[35]
Sklon:	$i = 0,1104$	$i = 0,1104$
Max. hladina:	767 mm (10. 8. 2017 - 3:30)	-
Max. průtok:	-	9 005 l/s (10. 8. 2017 – 3:30)
Kapacita:	12 925 l/s	12 925 l/s

Vzhledem k tomu, že potrubí nad OK i potrubí odlehčovací trati mají stejné parametry, mají stejnou i Q/h charakteristiku (graf 4.3). Z ní je patrné, že hydraulická kapacita obou trubních úseků je 12 925 l/s. Při události ze dne 10. 8. 2017, kdy byla naměřena nejvyšší hodnota max. hladiny v odlehčovací trati (767 mm), činil největší průtok odlehčovací tratí 8 881 l/s, což je 68,7 % hydraulické kapacity potrubí odlehčovací trati.

V daném momentě (tj. 10. 8. 2017 – 3:30) byl v úseku stoky nad odlehčovací komorou naměřen průtok 9 005 l/s. Tzn. že v tomto okamžiku bylo odlehčováno 98,6 % průtoku odpadní vody. Zbylý průtok odváděný stokovou sítí dále činil 124 l/s. Q/h charakteristika potrubí je zobrazena v grafu 4.3 i s vyznačením zachycených událostí.



Graf 4.3 Q/h charakteristika profilů Q2 a H2

Určení množství dešťových vod

Dle dat dostupných z nejbližší srážkoměrné stanice (OK Tkalcovská) [30] bylo před událostí 10. 8. 2017 – 3:21 až 3:36 v čase od 2:01 do 3:10 naměřeno 9,4 mm srážek.

Průměrný bezdeštný průtok v tomto období a čase činil 2,21 l/s. Pro vyhodnocení průměrného bezdeštného průtoku byla použita data z časového intervalu 5. 8. 2017 – 15. 8. 2017 v časech mezi 2 – 4 hodinou ranní. Důvodem je předpoklad nejlepšího možného určení bezdeštného splaškového průtoku v období kolem 10. 8. 2017 s přihlédnutím k výskytu události v nočních hodinách, kdy se předpokládá nejnižší průměrný průtok, a s přihlédnutím k této roční době, kdy se předpokládá nižší osídlenost města z důvodu prázdnin a dovolených.

Při dané nejobjemnější dešťové události byl naměřen největší průtok stokou 9 005 l/s. Při předpokladu, že průměrný bezdeštný průtok v tomto období činil 2,21 l/s, lze určit, že objem

dešťových vod v danou chvíli činil 9 002,78 l/s. Splaškový průtok tak tvořil pouze 0,02 % celkového objemu odváděných odpadních vod.

Stavebně technický stav

Odlehčovací komora prošla během let 2012 - 2014 rekonstrukcí a je ve velmi dobrém stavu, plně funkční, bez zjevných poruch. Platí pro ni v podstatě totéž, co pro OK Karásek-Loučky. Na stěnách objektu nejsou zjevné praskliny, čedičový obklad je nepoškozen. Nikde není patrné narušení stěn prorůstáním kořenů rostlin. Při rekonstrukci bylo využito stávající betonové potrubí DN 1200. Ani u něj ale nebyly shledány žádné zásadní závady – bez prasklin a přesazených spojů, ovalita potrubí je zachována. Potrubí plní svou funkci, nehromadí se v něm sediment a nenarušuje svým technickým stavem správnou hydraulickou funkci stoky. Potrubí DN 300 pod OK nebylo hodnoceno.

4.5 OKD05 DAČICKÉHO

4.5.1 Základní informace o objektu

Odlehčovací komora OKD05 Dačického se nachází na kmenové stoce D Auerswaldova – Kaloudova v městské části Brno – Husovice. Vstupní šachta se nachází v asfaltové silnici v ulici Svitavské nábřeží nedaleko křižovatky s ulicemi Dukelská třída a Dačického.



Obr. 4.25 Vstupní šachta do OKD05 – Dačického [33]

Odlehčovací komorou OKD05 – Dačického vede kmenová stoka D ze sklolaminátového potrubí DN 1400. Jedná se o odlehčovací komoru s jednostranným bočním přepadem. Při bezdeštném průtoku jsou odpadní vody vedeny odlehčovací komorou zakončené potrubím DN 400 ze sklolaminátu, kterým jsou odpadní vody odváděny dále směrem k ČOV. Při události vlivem menší dimenze potrubí pod OK nastoupá v OK hladina vody a při překonání výšky přelivné hrany přepadají vody do odlehčovací trati ze sklolaminátového potrubí DN 1000 a jsou vyústěny do řeky Svitavy.



Obr. 4.26 OKD05 Dačického [34]



Obr. 4.27 Situace OKD05 Dačického [26]

- H3** Měření hladiny, zajištěno AdMaS
- Q3** Měření průtoku, zajištěno AdMaS
- VZ3** Měření hodnot znečištění, zajištěno BVK a.s. [31]
- BH3** Provozní měření hladiny, zajištěno BVK a.s. [29]

Tab. 4.22 Přehled vyhodnocovacích parametrů pro OKD05 Dačického

Vyhodnocovaný parametr	Způsob vyhodnocení
Objem odlehčených vod do recipientu	Vyhodnocení z měření H3
Počet přepadů do recipientu	Vyhodnocení z měření H3
Poměr ředění	Vyhodnocení z měření Q3, BH3
Vypouštěné znečištění	Vyhodnocení z měření H3, VZ3

4.5.2 Charakteristika měrných profilů

Měření průtoku Q3

Cílem měření průtoku Q3 bylo měření množství odpadních vod na nátoku do OKD05 Dačického. Průtokoměr byl osazen přímo na nátoku do OK.

Tab. 4.23 Charakteristika měrného profilu Q3

Měřicí přístroj:	LaseFlow ISCO, datalogger ISCO Signature
Tvar:	kruh
Velikost:	DN 1400
Materiál:	sklolaminát
Sediment:	40 – 65 mm
Termín měření:	1. 6. 2017 – 31. 10. 2017



Obr. 4.28 Měrný profil Q3 a průtokoměr LaserFlow

Měření hladiny H3

Cílem měření hladiny H3 bylo zjištění objemu odlehčovaných odpadních vod do recipientu. Hladinoměr byl osazen cca 3 m pod OK.

Tab. 4.24 Charakteristika měrného profilu H3

Měřicí přístroj:	AV sonda, datalogger ISCO Signature
Tvar:	kruh
Velikost:	DN 1000
Materiál:	sklolaminát
Sediment:	bez sedimentu
Termín měření:	1. 6. 2017 – 31. 10. 2017



Obr. 4.29 Měrný profil H3 a datalogger ISCO Signature

Vzorkování VZ3

Cílem vzorkování VZ3 bylo zjištění koncentrací znečištění vypouštěného do recipientu. Násoska vzorkovače byla umístěna do odlehčovací trati.

Tab. 4.25 Charakteristika vzorkování VZ3

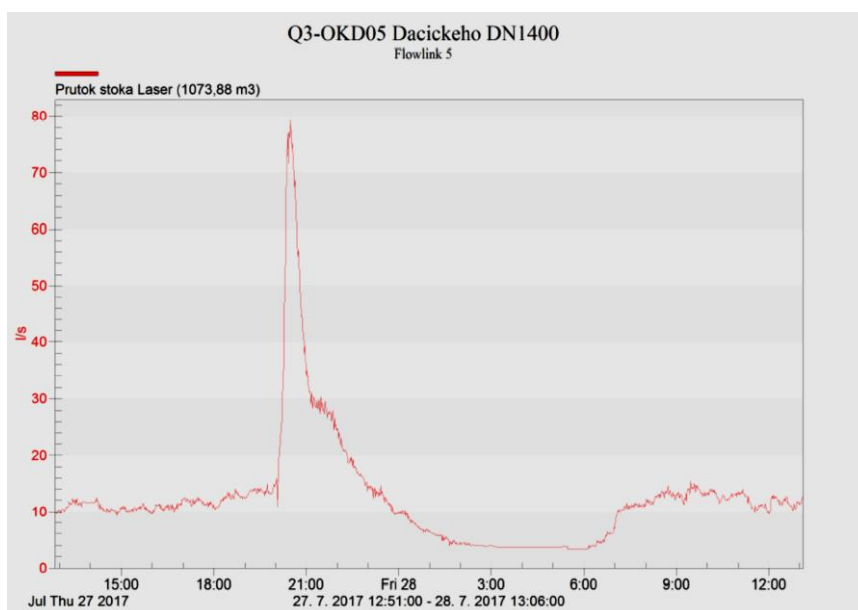
Vzorkovač	Automatický vzorkovač ISCO 6712
Tvar:	kruh
Velikost:	DN 1000
Materiál:	sklolaminát
Sediment:	bez sedimentu
Rozbor vzorků:	BSK ₅ , CHSK _{Cr} , NL, N-NH ₄ ⁺ , N _{celk} , P _{celk}
Termín měření:	1. 6. 2017 – 31. 10. 2017

4.5.3 Výsledky monitorovací kampaně v OKD05 Dačického

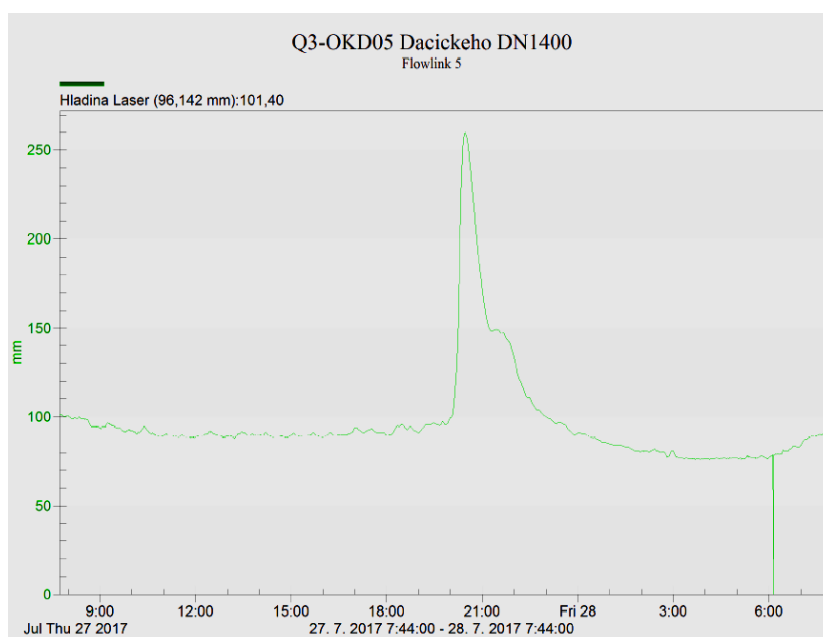
V průběhu monitorovací kampaně byly v OKD05 Dačického zaznamenány pouze dvě dešťové události, při kterých došlo k odlehčení a přepadu odpadní vody do odlehčovací trati a při nichž byly provedeny odběry vzorků. Událost č. 1 netrvala ani minutu a její objem činil pouze 4 m³. Při události č. 2 došlo k problémům s měřicí technikou a objem události se tak nepodařilo stanovit. Tato událost se tak dále do vyhodnocení nezapočítávala.

Tab. 4.26 Přehled zaznamenaných událostí

Číslo události	Datum počátku odběru	Čas počátku odběru	Datum konce odběru	Čas konce odběru	Délka události [min]	Objem události [m ³]
1	16. 6. 2017	15:30	16. 6. 2017	15:30	0	4
2	10. 7. 2017	18:40	10. 7. 2017	18:40	0	0



Obr. 4.30 Zaznamenaná dešťová událost v měrném profilu Q3 ze dne 27. 7. 2017 - průtok



Obr. 4.31 Zaznamenaná dešťová událost v měrném profilu Q3 ze dne 27. 7. 2017 - hladina

Na obrázcích 4.30 a 4.31 je zachycena další dešťová ze dne 27. 7. 2017. Výška hladiny této události dosáhla však pouze cca 260 mm, takže nedošlo k přepadu OV přes přelivnou hranu a tato událost tak nebyla započtena do vyhodnocení.

Stanovení množství znečištění

Laboratorním rozbořem odebraných vzorků byly zjištěny koncentrace znečištění v odlehčené odpadní vodě jednotlivých dešťových událostí.

Tab. 4.27 Koncentrace znečištění při jednotlivých událostech

Číslo události	NL [mg/l]	BSK ₅ [mg/l]	CHSK _{Cr} [mg/l]	P _{celk} [mg/l]	N-NH ₄ ⁺ [mg/l]	N _{celk} [mg/l]
1	760	260	690	6,62	14,20	28,90
2	234	110	365	3,58	5,94	19,80

Z tabulky 4.27 je patrné, že ani u jedné události nebyly zaznamenány žádné extrémní koncentrace ukazatelů znečištění.

Pomocí koncentrací jednotlivých ukazatelů znečištění a celkového objemu každé z událostí bylo zjištěno celkové množství znečištění v odlehčené odpadní vodě při jednotlivých událostech. Vzhledem k tomu, že objem události č. 1 byl zanedbatelný, je i množství

vypouštěného znečištění velmi malý. Objem události č. 2 nebylo možné stanovit, takže se s touto událostí dále neuvažovalo a objem vypouštěného znečištění byl uvažován jako nulový.

Tab. 4.28 Celkové množství znečištění při jednotlivých událostech

Číslo události	NL [t]	BSK ₅ [t]	CHSK _{Cr} [t]	P _{celk} [t]	N-NH ₄ [t]	N _{celk} [t]
1	0,003	0,001	0,003	0,000	0,000	0,000
2	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Stanovení počtu přepadů, poměru ředění

Jak je patrné z tabulky 4.29, v roce 2017 byly zaznamenány pouze dva přepady a celkový objem odlehčených vod za rok 2017 činil 4 m³. Na základě výsledků monitoringu byl pomocí rovnice (4.1) stanoven také poměr ředění 1 + 66.

Pro vyhodnocení poměru ředění byl maximální hodinový průtok splaškových vod Q_h stanoven z vybraného bezdeštného týdne v období od 24. 6. 2017 do 30. 6. 2017 a činil 32,52 l/s. Q_{pokr} byl odečten z naměřených dat v měrném profilu Q3 v momentě, kdy odlehčovací komora začala odlehčovat a v tom jediném případě ze dne 16. 6. byla naměřena hodnota 2 176 l/s.

Tab. 4.29 Vyhodnocení počtu přepadů, objemu odlehčených vod a poměru ředění

Parametr	Hodnota
Počet přepadů	2
Celkový objem odlehčených OV	4 m ³
Q _h	32,52 l/s
Q _{pokr}	2 176 l/s
Poměr ředění	1 + 66

4.5.4 Hydraulické a stavebně technické posouzení

Hydraulické posouzení

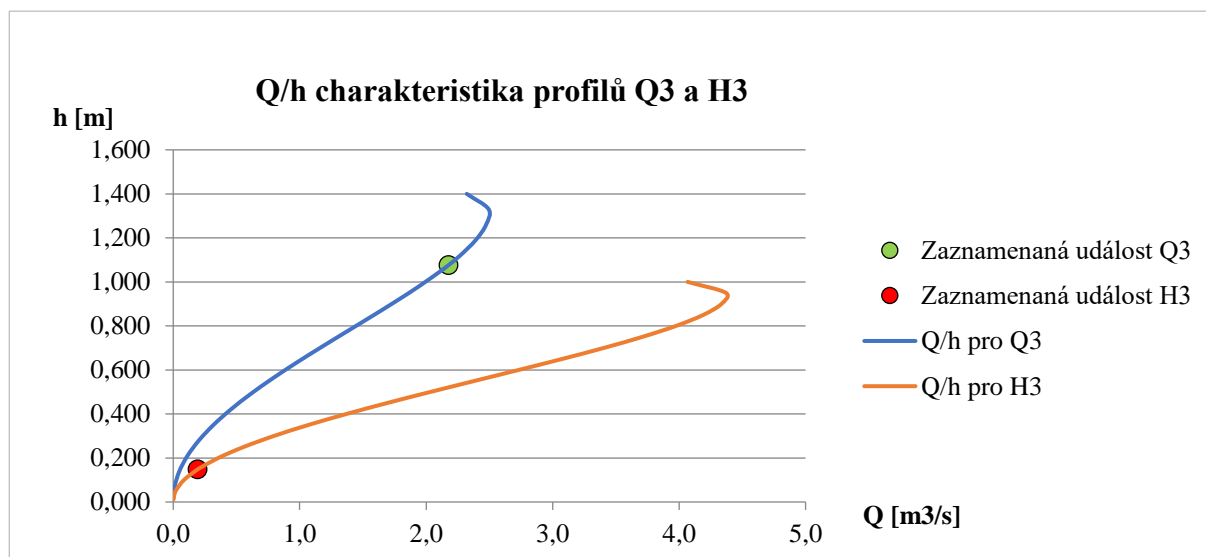
V rámci hydraulického posouzení byl proveden výpočet hydraulické kapacity potrubí a Q/h charakteristiky odlehčovací trati a potrubí nad OK. Obě potrubí jsou ze sklolaminátu a jejich drsnost byla pro výpočet hydraulické kapacity stanovena n = 0,008. Potrubí pod OK posuzováno nebylo.

Tab. 4.30 Parametry potrubí odlehčovací trati a potrubí nad OK

	Parametry odlehčovací trati (H3)	Parametry potrubí nad OK (Q3)
Materiál:	sklolaminát	sklolaminát
Profil:	DN 1000	DN 1400
Drsnost:	$n = 0,008$ [35]	$n = 0,008$ [35]
Sklon:	$i = 0,0109$	$i = 0,00059$
Naměřená h_{\max} :	148 mm	-
Naměřené Q_{\max} :	-	2 176 l/s
Kapacita:	4 371 l/s	2 494 l/s

Z Q/h charakteristiky v grafu 4.4 je patrné, že hydraulická kapacita potrubí odlehčovací trati je 4 371 l/s. Při události ze dne 16. 6. 2017, kdy byla naměřena nejvyšší hodnota max. hladiny v odlehčovací trati (148 mm) činil největší průtok odlehčovací trati 192 l/s, což je 4,39 % hydraulické kapacity potrubí odlehčovací trati.

V daném momentě (tj. 16. 6. 2017 – 15:30) byl v úseku stoky nad odlehčovací komorou naměřen průtok 2 176 l/s. Tzn. že v tomto okamžiku bylo odlehčováno 8,82 % průtoku odpadní vody. Zbylý průtok odváděný stokovou sítí dále činil 1 984 l/s. Jak je patrné z Q/h charakteristiky potrubí nad OK (graf 4.4), jeho kapacita činí 2 494 l/s, takže v tomto momentě potrubí převádělo 87,2 % kapacitního průtoku.



Graf 4.4 Q/h charakteristika profilů Q3 a H3

Určení množství dešťových vod

Dle dat dostupných z nejbližší srážkoměrné stanice (OK Tkalcovská) [30] bylo před událostí 16. 6. 2017 – 15:30 v čase od 14:19 do 14:27 naměřeno 8,8 mm srážek.

Průměrný bezdeštný průtok v tomto období a čase činil 17,2 l/s. Pro vyhodnocení průměrného bezdeštného průtoku byla použita data z časového intervalu 11. 6. 2017 – 21. 6. 2017 v časech mezi 15 – 17 hodinou. Důvodem je předpoklad nejlepšího možného určení bezdeštného splaškového průtoku v této denní době a tomto časovém období.

Při nejobjemnější dešťové události byl naměřen největší průtok stokou 2 176 l/s. Při předpokladu, že průměrný bezdeštný průtok v tomto období činil 17,2 l/s, lze určit, že objem dešťových vod v danou chvíli činil 2 158,8 l/s. Splaškový průtok tak tvořil pouze 0,8 % celkového objemu odváděných odpadních vod.

Stavebně technické posouzení

Odlehčovací komora prošla v letech 2012 – 2014 rekonstrukcí a stejně jako předchozí objekty je ve velmi dobrém technickém stavu. Čedičový obklad je neporušen, stěny nejsou poškozeny vnějšími vlivy. Potrubí je těsné, bez viditelných prasklin a jiných závad, ovalita potrubí je zachována. Přelivná hrana odlehčovací komory je také ve velmi dobrém stavu. Jediným problémem je sediment, který se tvoří v profilu nad odlehčovací komorou. V rámci monitoringu byla naměřena jeho výška 40 – 65 mm. Důvodem je nejspíše velmi malý sklon potrubí, který dle dostupných podkladů činí 0,59 ‰.

4.6 OKD06a TIŠNOVSKÁ, OKD06b SVITAVSKÁ

4.6.1 Základní informace o objektech

Odlehčovací komory OKD06a Tišnovská a OKD06b Svitavská se nachází na kmenové stoce D Auerswaldova – Kaloudova a z obou OK voda přepadá do jedné sdružené odlehčovací trati v ul. Mostecká v městské části Brno – Husovice. Vstupní šachty do obou odlehčovacích komor se nacházejí v asfaltové komunikaci ulic Svitavská a Tišnovská.



Obr. 4.32 Vstupní šachta do OKD06a Tišnovská (vlevo) a OKD06b Svitavská (vpravo) [33]

Obě odlehčovací komory jsou koncipovány jako odlehčovací komory s přepadem jednostranným šikmým. Odlehčovací komorou OKD06a Tišnovská prochází kmenová stoka D ze sklolaminátového potrubí DN 1400. Na konci odlehčovací komory jsou odpadní vody vedeny dále sklolaminátovým potrubím DN 350 na ČOV. Při události odpadní vody přepadají přelivnou hranu do odlehčovací trati ze sklolaminátového potrubí DN 1000. Odlehčovací komorou OKD06b Svitavská prochází kmenová stoka D ze sklolaminátového potrubí DN 900. Na konci odlehčovací komory jsou odpadní vody vedeny dále směrem k ČOV sklolaminátovým potrubím DN 300. Při dešťové události přepadají odpadní vody přelivnou hranu do odlehčovací trati z obdélníkového betonového potrubí 1400/700. Odlehčovací trati z obou komor se v ulici Mostecká sbíhají v jednu sdruženou odlehčovací trať z obdélníkového betonového potrubí 1800/900 vyústěného do řeky Svitavy.



Obr. 4.33 OKD06b Svitavská (vlevo) a sdružená odlehčovací trať Mostecká (vpravo)



Obr. 4.34 Situace OKD06a Tišnovská (vlevo), OKD06b Svitavská (uprostřed) a sdružená odlehčovací trať Mostecká (vpravo) [26]

- H4** Měření hladiny v odlehčovací trati, zajištěno AdMaS
- Q4** Měření průtoku v OKD06a Tišnovská, zajištěno AdMaS
- Q5** Měření průtoku v OKD06b Svitavská, zajištěno AdMaS
- VZ4** Měření hodnot znečištění v odlehčovací trati, zajištěno BVK a.s. [31]
- BH4** Provozní měření hladiny v OKD06a Tišnovská, zajištěno BVK a.s. [29]
- BH5** Provozní měření hladiny v OKD06b Svitavská, zajištěno BVK a.s. [29]

Tab. 4.31 Přehled vyhodnocovacích parametrů pro OKD06a, OKD06b

Vyhodnocovaný parametr	Způsob vyhodnocení
Objem odlehčených vod do recipientu	Vyhodnocení z měření H4
Počet přepadů do recipientu	Vyhodnocení z měření BH4, BH5
Poměr ředění	Vyhodnocení z měření Q4, Q5, BH4, BH5
Vypouštěné znečištění	Vyhodnocení z měření H4, VZ4

4.6.2 Charakteristika měrných profilů

Měření průtoků Q4, Q5

Cílem měření průtoků Q4, Q5 bylo měření množství odpadních vod na nátoku do OKD06a Tišnovská, respektive OKD06b Svitavská. V OKD06a Tišnovská byl průtokoměr osazen cca 5 m nad OK. V OKD06b Svitavská byl průtokoměr osazen přímo na nátoku do OK.

Tab. 4.32 Charakteristika měrného profilu Q4

Měřicí přístroj:	AV sonda, datalogger ISCO 2150
Tvar:	kruh
Velikost:	DN 1400
Materiál:	sklolaminát
Sediment:	bez sedimentu
Termín měření:	1. 6. 2017 – 31. 10. 2017

Tab. 4.33 Charakteristika měrného profilu Q5

Měřicí přístroj:	laserová sonda ISCO, datalogger ISCO 2160
Tvar:	kruh
Velikost:	DN 900
Materiál:	sklolaminát
Sediment:	0 – 23 mm
Termín měření:	1. 6. 2017 – 31. 10. 2017



Obr. 4.35 Měrný profil Q4 (vlevo), datalogger ISCO 2150 (vpravo)

Měření hladiny H4

Cílem měření hladiny H4 bylo zjištění objemu odlehčených odpadních vod z obou odlehčovacích komor. Hladinoměr byl osazen přímo ve sdružené odlehčovací trati Mostecká za šachtou spojující obě větve.

Tab. 4.34 Charakteristika měrného profilu H4

Měřicí přístroj:	ultrazvuková sonda, datalogger ISCO Signature
Tvar:	obdélník
Velikost:	1800/900
Materiál:	beton
Sediment:	bez sedimentu
Termín měření:	1. 6. 2017 – 31. 10. 2017

Vzorkování VZ4

Cílem vzorkování VZ4 bylo zjištění koncentrací znečištění vypouštěného sdruženou odlehčovací trati do recipientu. Násoska vzorkovače byla umístěna přímo do odlehčovací trati Mostecká.

Tab. 4.35 Charakteristika vzorkování VZ4

Vzorkovač	Automatický vzorkovač ISCO
Tvar:	obdélník
Velikost:	1800/900
Materiál:	beton
Sediment:	bez sedimentu
Rozbor vzorků:	BSK ₅ , CHSK _{Cr} , NL, N-NH ₄ ⁺ , N _{celk} , P _{celk}
Termín měření:	1. 6. 2017 – 31. 10. 2017

4.6.3 Výsledky monitorovací kampaně v OKD06a Tišnovská a OKD06b Svitavská

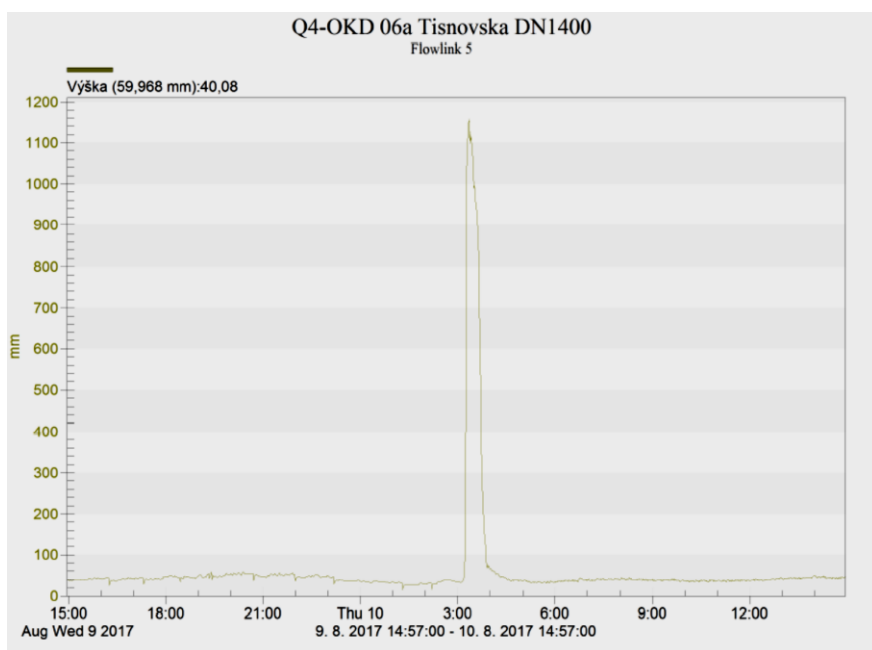
V průběhu monitorovací kampaně bylo v odlehčovací trati zaznamenáno 13 událostí, při kterých došlo k přepadu odpadní vody do sdružené odlehčovací trati a při nichž byly provedeny odběry vzorků.

Tab. 4.36 Přehled zaznamenaných událostí

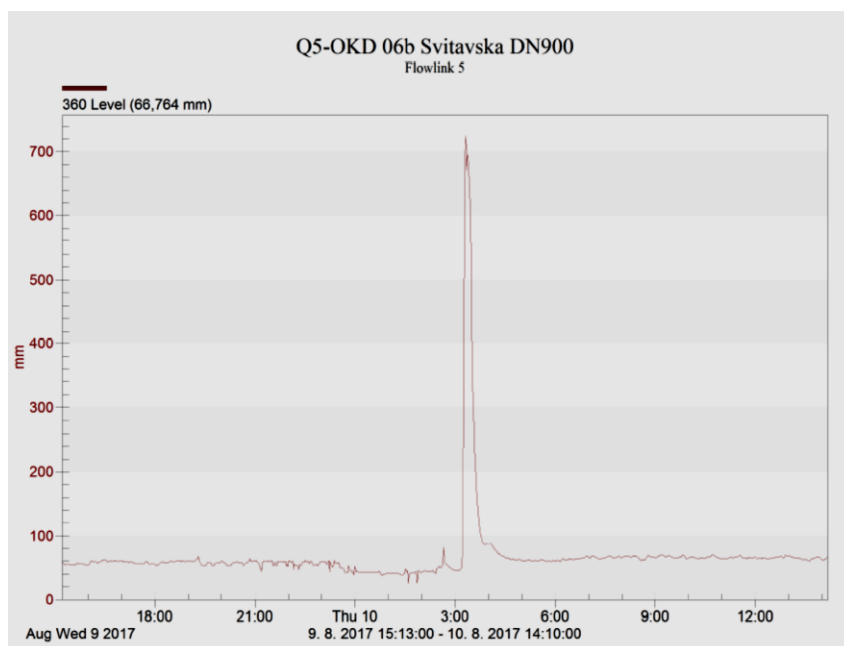
Číslo události	Datum počátku odběru	Čas počátku odběru	Datum konce odběru	Čas konce odběru	Délka události [min]	Objem události [m ³]
1	16. 6. 2017	15:30	16. 6. 2017	15:30	0	897
2	23. 6. 2017	3:40	23. 6. 2017	3:40	0	1849
3	7. 7. 2017	20:10	7. 7. 2017	20:25	15	355
4	7. 7. 2017	22:10	7. 7. 2017	22:25	15	1877
5	10. 7. 2017	18:28	10. 7. 2017	19:13	45	2086
6	15. 7. 2017	15:13	15. 7. 2017	15:48	35	274
7	20. 7. 2017	18:12	20. 7. 2017	18:27	15	1076
8	20. 7. 2017	22:45	20. 7. 2017	23:00	15	240
9	24. 7. 2017	8:20	24. 7. 2017	8:35	15	158
10	24. 7. 2017	17:42	24. 7. 2017	18:32	50	776
11	10. 8. 2017	3:26	10. 8. 2017	3:41	15	1577

12	10. 8. 2017	23:38	10. 8. 2017	23:53	15	462
13	29. 10. 2017	9:00	29. 10. 2017	9:30	30	437

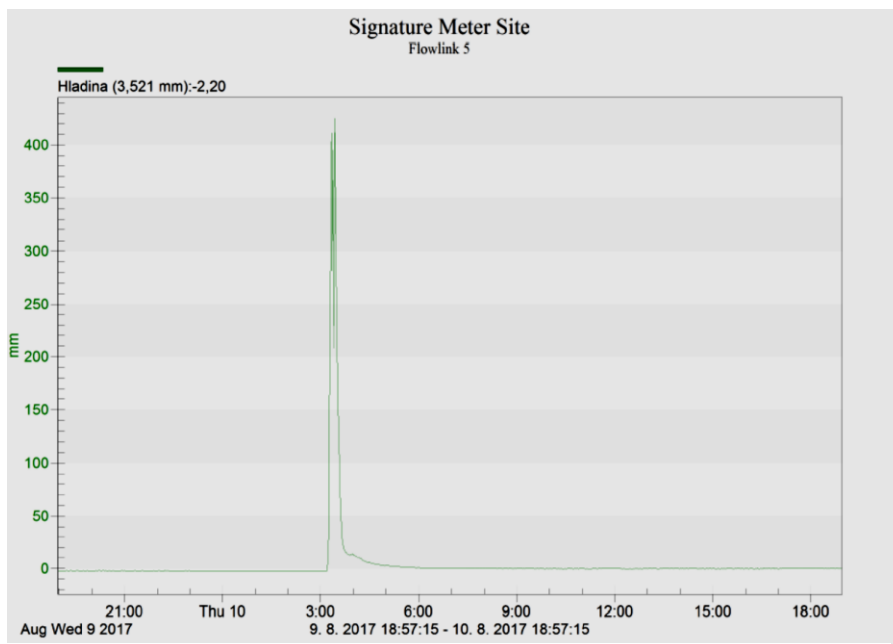
Nejobjemnější událost byla zachycena 10. 7. 2017 mezi 18:18 – 19:13, při níž bylo odlehčeno 2 086 m³ odpadních vod. Na obrázcích 4.36 – 4.38 je zachycena událost ze dne 10. 8. 2017 – 3:26, při níž bylo odlehčeno 1577 m³ odpadní vody.



Obr. 4.36 Zaznamenaná událost ze dne 10. 8. 2017 – 3:26 v profilu Q4 - hladina



Obr. 4.37 Zaznamenaná událost ze dne 10. 8. 2017 – 3:26 v profilu Q5 - hladina



Obr. 4.38 Zaznamenaná událost ze dne 10. 8. 2017 – 3:26 v profilu H4 - hladina

Stanovení množství znečištění

Laboratorním rozbořem odebraných vzorků byly zjištěny koncentrace znečištění v odlehčené odpadní vodě jednotlivých dešťových událostí.

Tab. 4.37 Koncentrace znečištění při jednotlivých událostech

Číslo události	NL [mg/l]	BSK ₅ [mg/l]	CHSK _{Cr} [mg/l]	P _{celk} [mg/l]	N-NH ₄ ⁺ [mg/l]	N _{celk} [mg/l]
1	1340,0	115,0	710,0	6,0	0,9	10,7
2	368,0	365,0	890,0	13,5	26,2	42,2
3	80,0	8,5	41,0	0,6	0,1	4,6
4	180,0	22,0	86,0	0,9	0,8	7,1
5	166,0	42,0	250,0	1,7	1,5	12,3
6	394,0	110,0	330,0	3,3	1,6	11,4
7	408,0	97,0	365,0	2,7	2,0	14,2
8	68,0	17,0	115,0	0,7	1,3	5,4
9	148,0	16,5	150,0	0,9	2,7	4,9
10	146,0	36,0	165,0	1,6	1,2	4,4
11	388,0	53,0	270,0	2,8	0,2	13,8
12	152,0	32,0	185,0	0,9	2,1	7,5
13	548,0	98,0	475,0	4,0	1,8	10,9

Jak je patrné z tabulky 4.37., zajímavými událostmi z hlediska koncentrací ukazatelů znečištění jsou události č. 1 a 2. Při těchto dvou událostech byly naměřeny největší extrémy koncentrací ukazatelů znečištění. Při události č. 1 byla zjištěna největší koncentrace NL za celé sledované období – 1340 mg/l, což byl asi trojnásobek koncentrace při ostatních událostech. Při události č. 2 pak byly kromě NL zaznamenány extrémy u všech zbývajících ukazatelů znečištění. Zásadní rozdíly oproti ostatním dešťovým událostem ve sledovaném období byly zaznamenány zejména u P_{celk} – 13,5 mg/l a dusíkatých látek ($N\text{-NH}_4^+$ a N_{celk}), u nichž byl rozdíl až několikanásobně větší než u ostatních zachycených událostí.

Pomocí koncentrací jednotlivých ukazatelů znečištění a celkového objemu každé z událostí bylo zjištěno celkové množství znečištění v odlehčené odpadní vodě při jednotlivých událostech.

Tab. 4.38 Celkové množství znečištění při jednotlivých událostech

Číslo události	NL [t]	BSK ₅ [t]	CHSK _{Cr} [t]	P_{celk} [t]	$N\text{-NH}_4^+$ [t]	N_{celk} [t]
1	1,202	0,103	0,637	0,005	0,001	0,010
2	0,680	0,675	1,646	0,025	0,048	0,078
3	0,028	0,003	0,015	0,000	0,000	0,002
4	0,338	0,041	0,161	0,002	0,001	0,013
5	0,346	0,088	0,522	0,004	0,003	0,026
6	0,108	0,030	0,090	0,001	0,000	0,003
7	0,439	0,104	0,393	0,003	0,002	0,015
8	0,016	0,004	0,028	0,000	0,000	0,001
9	0,023	0,003	0,024	0,000	0,000	0,001
10	0,113	0,028	0,128	0,001	0,001	0,003
11	0,612	0,084	0,426	0,004	0,000	0,022
12	0,070	0,015	0,085	0,000	0,001	0,003
13	0,239	0,043	0,207	0,002	0,001	0,005
Celkem	4,216	1,220	4,361	0,048	0,060	0,182

Z tabulky 4.38 je zřejmé, že při události č. 1 bylo do recipientu odlehčeno cca 1,2 tuny nerozpuštěných látek, což činilo zhruba čtvrtinu celkového odlehčeného množství NL. Přitom událost č. 1 nebyla zdaleka nejobjemnější. Důvodem je vysoká koncentrace NL zmíněná výše.

Z hlediska ostatních ukazatelů znečištění byla nejzásadnější událostí událost č. 2, při níž byla odlehčena podstatná část znečištění za celé sledované období. Např. u amoniakálního dusíku bylo při této události vypuštěno do recipientu 48 kg znečištění, což činilo 80 % z celkového

odlehčeného množství $N-NH_4^+$ za celé období. Důvodem byly zejména zjištěné vysoké koncentrace jednotlivých ukazatelů a zároveň fakt, že tato událost patřila mezi ty nejobjemnější.

Stanovení počtu přepadů, poměru ředění

V rámci diplomové práce byl stanoven také počet přepadů a poměr ředění obou odlehčovacích komor.

Tab. 4.39 Stanovení počtu přepadů a poměru ředění

Parametr	OKD06a Tišnovská	OKD06b Svitavská
Počet přepadů	13	9
Objem odlehčených OV	12 063 m ³	
Q_h	17,65 l/s	7,67 l/s
Q_{pokr}	různé	různé
Poměr ředění	1 + 26	1 + 33

Jak je patrné v tabulce 4.39, celkový objem odlehčených vod z obou odlehčovacích komor činil 12 063 m³. Počet přepadů z jednotlivých OK byl stanoven na základě výšky přepadových hran obou odlehčovacích komor. Na OKD06a Tišnovská bylo zaznamenáno 13 přepadů, na OKD06b Svitavská bylo zaznamenáno 9 přepadů. Q_h bylo určeno z bezdeštného týdne v období od 28. 7. – 3. 8. 2017, pro OKD06a Tišnovská činil 17,65 l/s, pro OKD06b Svitavská činil 7,67 l/s. Q_{pokr} bylo u obou odlehčovacích komor při všech přepadech různé.

4.6.4 Hydraulické a stavebně technické posouzení

Hydraulické posouzení

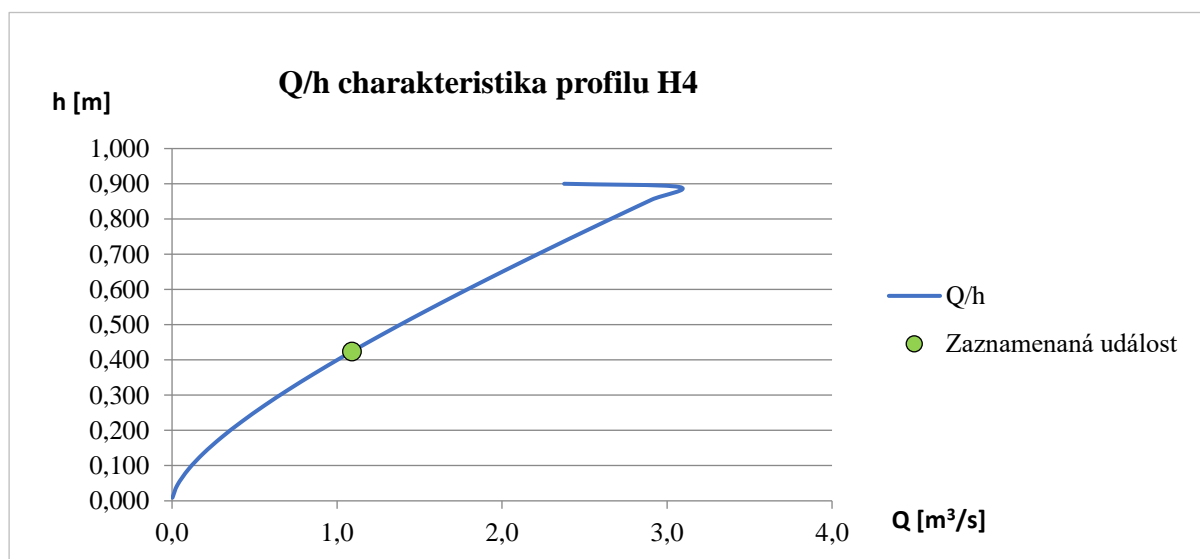
V rámci hydraulického posouzení byl proveden výpočet kapacity potrubí a byla provedena Q/h charakteristika odlehčovací trati a potrubí nad oběma OK.

Tab. 4.40 Parametry profilů odlehčovací trati a potrubí nad oběma OK

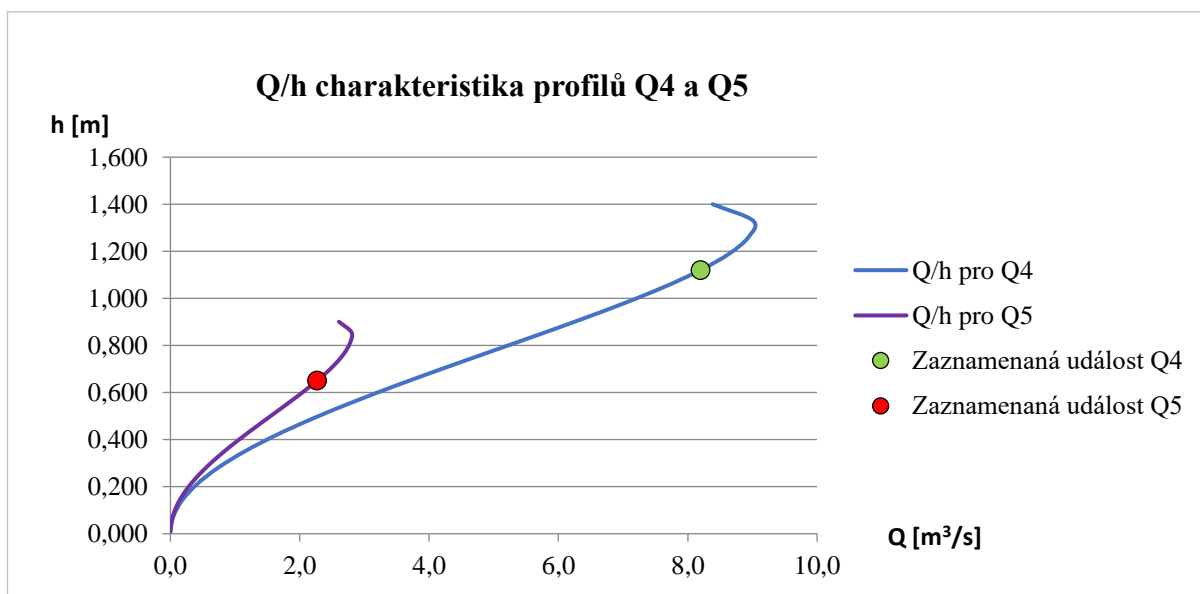
	Parametry odlehčovací trati (H4)	Parametry potrubí nad OK Tišnovská (Q4)	Parametry potrubí nad OK Svitavská (Q5)
Materiál:	beton	sklolaminát	sklolaminát
Profil:	1800/900	DN 1400	DN 900
Drsnost:	$n = 0,014$	$n = 0,008$	$n = 0,008$
Sklon:	$i = 0,0021$	$i = 0,0077$	$i = 0,0078$
Naměřená h_{max} :	424 mm	-	-
Naměřené Q_{max} :	-	8 197 l/s	2 253 l/s
Kapacita:	3 072 l/s	9 011 l/s	2 800 l/s

Z Q/h charakteristiky odlehčovací trati v grafu. 4.5 je patrné, že hydraulická kapacita potrubí odlehčovací trati je 3 072 l/s. Při události ze dne 10. 8. 2017, kdy byla naměřena nejvyšší hodnota max. hladiny v odlehčovací trati (424 mm), činil největší průtok 1 090 l/s, což je 35,5 % hydraulické kapacity potrubí odlehčovací trati. Profil potrubí tak byl pro tuto událost dostačující.

V daném momentě (tj. 10. 8. 2017 – 3:26) byl v úsecích stoky nad odlehčovacími komorami naměřen celkový průtok 10 450 l/s. Tzn. že v tomto okamžiku bylo odlehčováno 10,4 % průtoku odpadní vody. Zbýlý průtok odváděný stokovou sítí dále činil 9 360 l/s. Potrubím v profilu Q4 v tom momentě protékalo 8 197 l/s, což je 91 % kapacitního průtoku, potrubím Q5 v tom momentě protékalo 2 253 l/s, což je 80,5 % kapacitního průtoku.



Graf 4.5 Q/h charakteristika profilu H4



Graf 4.6 Q/h charakteristika profilů Q4 a Q5

Určení množství dešťových vod

Dle dat dostupných z nejbližší srážkoměrné stanice (OK Tkalcovská) [30] bylo před událostí 10. 8. 2017 – 3:26 až 3:41 v čase od 2:01 do 3:10 naměřeno 9,4 mm srážek.

Průměrný bezdeštný průtok v tomto období a čase činil 1,0 l/s u OKD06a Tišnovská a 3,77 l/s u OKD06b Svitavská – dohromady tedy 4,77 l/s. Pro vyhodnocení průměrného bezdeštného průtoku byla použita data z časového intervalu 5. 8. 2017 – 15. 8. 2017 v časech mezi 2 – 4 hodinou ranní. Důvodem je předpoklad nejlepšího možného určení bezdeštného splaškového průtoku v období kolem 10. 8. 2017 s přihlédnutím k výskytu události v nočních hodinách, kdy se předpokládá nejnižší průměrný průtok, a s přihlédnutím k této roční době, kdy se předpokládá nižší osídlenost města z důvodu prázdnin a dovolených.

Při dané dešťové události byl naměřen největší průtok oběma větvemi 10 450 l/s. Při předpokladu, že průměrný bezdeštný průtok v tomto období činil 4,77 l/s, lze určit, že objem dešťových vod v danou chvíli činil 10 445,23 l/s. Splaškový průtok tak tvořil pouze 0,05 % celkového objemu odváděných odpadních vod.

Stavebně technický stav

Pro odlehčovací komory OKD06a Tišnovská a OKD06b Svitavská platí totéž, co pro předchozí OK v této práci. Objekty jsou v dobrém technickém stavu, plně funkční, bez zjevných závad. Čedičové obklady komor jsou v pořádku, neporušeny. Na stěnách objektu nejsou patrné praskliny, přelivná hrana je nepoškozena. Potrubí ze sklolaminátu je taktéž v dobrém technickém stavu, nejsou zjevné přesazené spoje, praskliny ani poškození prorůstáním kořenů rostlin. Ovalita trub je zachována. Pouze v profilu Q5 (potrubí nad OKD06b Svitavská) byl zaznamenán sediment o mocnosti 0 – 23 mm.

4.7 SOUHRNNÉ VYHODNOCENÍ KMENOVÉ STOKY D

Jak bylo uvedeno v kapitole 4.3, vzhledem k přemístění některých odlehčovacích komor nelze porovnávat data z jednotlivých OK, ale musí se posuzovat data z odlehčovacích komor na kmenové stoce D jako celek.

4.7.1 Porovnání výsledků se stavem před rekonstrukcí

Jak je patrné z tabulky 4.41, během monitoringu 2017 došlo na všech odlehčovacích komorách v rámci kmenové stoky D (Hálkova, Dačického, Tišnovská, Svitavská) ke stejnému počtu přeпадů jako před realizací projektu. Avšak poměr přeпадlých vod byl zhruba čtyřnásobný a součtem za všechny odlehčovací komory činí 16 931 m³. Původní poměr ředění před rekonstrukcí byl 1+15. Nový poměr ředění pro rok 2017 nebylo možné jednoznačně určit, neboť každá odlehčovací komora měla jiný poměr ředění. Jednotlivé poměry ředění jsou uvedeny v předcházejících kapitolách. Během let, kdy probíhal na kmenové stoce D

monitoring, bylo zaznamenáno nejmenší množství odlehčených vod těsně po realizaci akce v roce 2014 – 4 240 m³. Naopak při monitoringu v roce 2015 bylo při nejmenším počtu případů zaznamenán nejvyšší objem odlehčených vod – 33 279 m³, což znamená, že v roce 2015 musely nad povodím stoky D proběhnout extrémní přívalové srážky.

Tab. 4.41 Porovnání počtu případů, objemu odlehčených vod, poměru ředění

Parametr	Stav před rekonstrukcí [26]	2014 [26]	Monitoring 2015 [27]	Monitoring 2016 [27]	Monitoring 2017
Počet případů	29	21	21	22	29
Objem odlehčených OV	4 775 m ³	4 240 m ³	33 279 m ³	11 895 m ³	16 931 m ³
Poměr ředění	1 + 15	1 + 22	různé	různé	různé

Sumarizací množství znečištění vypuštěného během všech událostí na všech odlehčovacích komorách bylo možné zjistit celkové množství vypuštěného znečištění za monitorovací období 2017 na kmenové stoce D. Odstraněné znečištění bylo stanoveno jako rozdíl znečištění vypuštěného před realizací projektu „Rekonstrukce a dostavba kanalizace v Brně“ a znečištění vypuštěného během monitoringu 2017. Průměrné koncentrace vypuštěného znečištění byly stanoveny jako podíl množství vypuštěného znečištění a objemu odlehčených vod.

Tab. 4.42 Porovnání výsledků s původním stavem před realizací

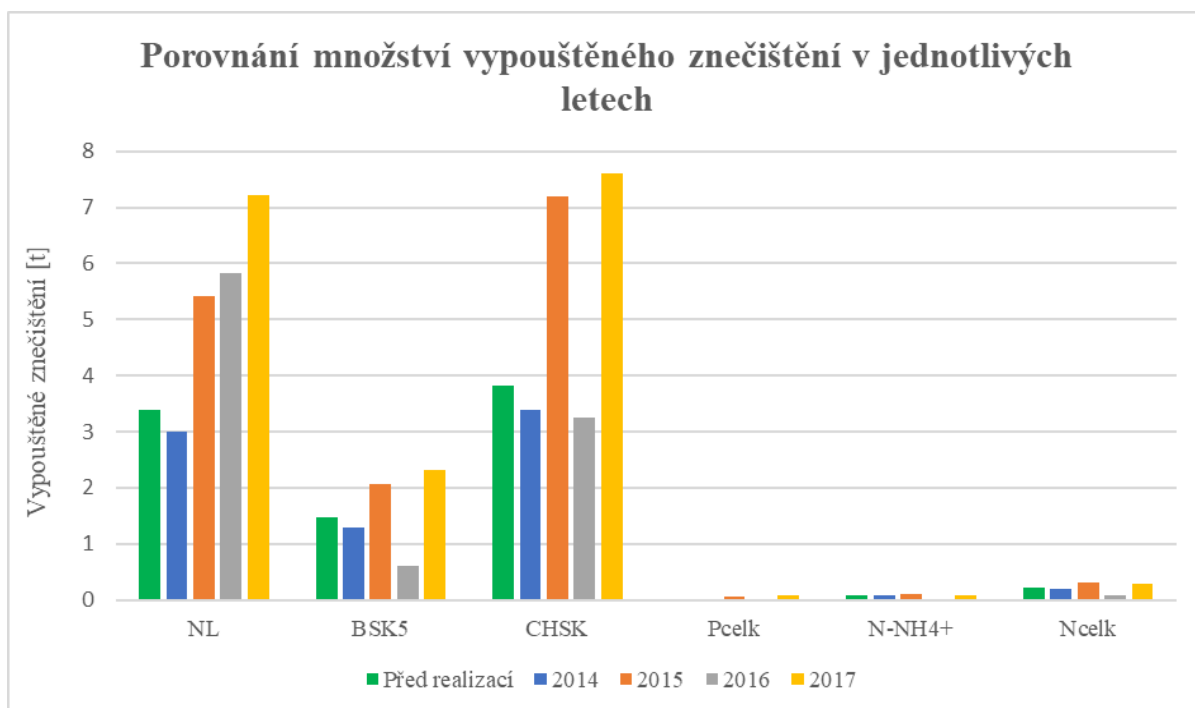
Parametr	Stav před realizací [26]		Monitoring 2017			
	Vypouštěné znečištění [t]	Průměrné koncentrace vyp. znečištění [mg/l]	Vypouštěné znečištění [t]	Odstraněné znečištění [t]	Odstraněné znečištění [%]	Průměrné koncentrace vyp. znečištění [mg/l]
NL	3,39	709,75	7,226	-3,836	-113,16	426,80
BSK ₅	1,47	307,58	2,313	-0,843	-57,35	136,60
CHSK _{Cr}	3,83	802,51	7,601	-3,771	-98,46	448,91
P _{celk}	0,02	3,77	0,074	-0,054	-270,00	4,38
N-NH ₄ ⁺	0,09	18,50	0,083	0,007	7,78	4,91
N _{celk}	0,22	45,50	0,278	-0,058	-26,36	16,40

Jak je patrné z tabulky 4.42, celkové množství vypuštěného znečištění v rámci kmenové stoky D je u všech ukazatelů s výjimkou amoniakálního dusíku mnohem vyšší než před realizací akce. Vzhledem k tomu, že průměrné koncentrace znečištění během monitoringu 2017 jsou menší (s výjimkou P_{celk}) než průměrné koncentrace před realizací akce, můžeme říci, že hlavním důvodem je čtyřnásobně větší celkový objem odlehčených vod za monitorovací období 2017. Z tohoto důvodu je procentuální vyjádření odstraněného znečištění v záporných hodnotách.

Pouze u zmiňovaného amoniakálního dusíku byla zjištěna účinnost odlehčovací komory 7,78 %.

Tab. 4.43 Přehled výsledků předchozích monitorovacích kampaní

Parametr	Stav před realizací ^[26]	Monitoring 2014 ^[26]		Monitoring 2015 ^[27]		Monitoring 2016 ^[27]	
	Vypouštěné znečištění [t]	Vypouštěné znečištění [t]	Odstraněné znečištění [t]	Vypouštěné znečištění [t]	Odstraněné znečištění [t]	Vypouštěné znečištění [t]	Odstraněné znečištění [t]
NL	3,39	3,01	0,38	5,419	-2,029	5,836	-2,446
BSK ₅	1,47	1,30	0,17	2,066	-0,596	0,600	0,870
CHSK _{Cr}	3,83	3,40	0,43	7,189	-3,359	3,242	0,588
P _{celk}	0,02	0,02	0	0,062	-0,042	0,024	-0,004
N-NH ₄ ⁺	0,09	0,08	0,01	0,109	-0,019	0,019	0,071
N _{celk}	0,22	0,19	0,03	0,317	-0,097	0,081	0,139



Graf 4.7 Porovnání množství vypouštěného znečištění v jednotlivých letech.

Z výše uvedených tabulek 4.42 a 4.43 a grafu 4.7 se dá vyčíst, že množství vypouštěného znečištění bylo během monitoringu 2017 rekordní u všech ukazatelů kromě dusíkatých látek N_{celk} a N-NH₄⁺, u nichž bylo rekordní množství zaznamenáno v roce 2015. Nejlépe z hodnocení vyšel rok 2016, díky nejnižšímu objemu odlehčených vod za tříleté monitorované období. Pouze množství nerozpuštěných látek byl v roce 2016 druhý nejvyšší.

4.7.2 Shrnutí vyhodnocení kmenové stoky D

Z vyhodnocení naměřených dat se dá dospět k těmto závěrům:

- objem odlehčených odpadních vod je za monitorované období výrazně vyšší, než před rekonstrukcí odlehčovacích komor;
- počet přepadů je v rámci monitoringu vyšší než před rekonstrukcí odlehčovacích komor;
- poměr ředění v jednotlivých OK je v rámci vyhodnocení monitoringu vyšší než před rekonstrukcí odlehčovacích komor;
- množství vypouštěného znečištění je v rámci monitoringu vyšší než před rekonstrukcí odlehčovacích komor.

Na základě tohoto průběžného vyhodnocení monitoringů 2015, 2016 a 2017, lze říct, že realizací akce „Rekonstrukce a dostavba kanalizace v Brně“ nedošlo k naplnění cílů akce – tedy snížení počtu přepadů a snížení množství vypouštěné odpadní vody a vypouštěného znečištění do řeky. Od roku 2014 naopak došlo k výraznému nárůstu objemu vypouštěných vod a vypouštěného znečištění.

4.7.3 Návrh opatření pro kmenovou stoku D

Vzhledem k tomu, že v průběhu let 2018 – 2020 bude pokračovat plánovaný tříletý monitoring v rozsahu typického roku (březen – říjen), ze kterého by měla vzejít kvalitnější data pro posouzení přínosů projektu, není třeba zatím navrhnout žádná opatření.

Aktuální data jsou zatížena nepřesnostmi vyplývajícími z extrapolace dat a také výpadky měřicí techniky během měření. Proto je nutné v dalších letech provést měrnou kampaň v rozsahu typického roku.

Pokud by však vyhodnocení za celé monitorovací období 2015 – 2020 potvrdilo zvýšené množství odlehčených odpadních vod a zvýšené množství vypouštěného znečištění, pak by mělo proběhnout ve spolupráci s BVK a.s. a s Magistrátem města Brna zjištění a eliminace příčin nežádoucího stavu.

Jednou z možností je provedení podrobné kontroly stavebně-technického stavu potrubí kanalizačním robotem, kterým by se mohly odhalit případné netěsnosti potrubí nebo nekvalitní provedení při výstavbě.

Vhodné by také bylo detailně posoudit hydrauliku odlehčovací komory a zvážit změnu stávajícího stavu odlehčovací komory. Zároveň by mělo být provedeno detailní měření srážek nad povodím stoky D a pomocí modelů potom zjistit dopad těchto srážek na průtočné poměry ve stoce. Samozřejmostí je vyloučení nežádoucích jevů, jako je zpětné vzduť z recipientu za extrémní srážky, vnikání balastních vod apod.

5 ZÁVĚR

Tato diplomová práce se věnuje monitoringu stokových sítí a jeho významu. Monitoring stokových sítí je prostředek, kterým lze důkladně poznat provozní stav systému stokové sítě. Provozovatelé vodohospodářské infrastruktury by měli provádět pravidelné monitorovací kampaně, díky kterým by si mohli vytvořit přehled o funkčnosti systému stokových sítí. Často se však monitoring omezuje pouze na měření množství a kvality odpadních vod na ČOV. Proto by měla být monitoringu věnována výrazně větší pozornost.

Monitoring stokových sítí lze rozdělit na monitoring kvantitativní a monitoring kvalitativní. Kvantitativním monitoringem rozumíme měření průtoků a výšky hladiny odpadních vod v kanalizačních sběračích a na objektech stokové sítě. Kvalitativní monitoring je zaměřen na monitoring látkového znečištění v odpadní vodě.

V teoretické části této práce je proveden stručný přehled dostupné měřicí techniky pro monitoring stokových sítí – průtokoměrů, hladinoměrů a vzorkovačů. Průtokoměry jsou většinou koncipované tak, že zároveň měří průtok i hladinu. V dnešní době jsou na trhu nejběžněji průtokoměry využívající Dopplerova jevu pro měření rychlosti a tlakové nebo ultrazvukové sondy pro měření hladiny. Průtok je pak na základě těchto dat přístrojem dopočítán. Méně časté jsou pak přístroje, které pro měření využívají např. metodu probublávání. Pro vzorkování se používají automatické vzorkovače, které mohou být stacionární nebo přenosné.

Cílem praktické části této práce bylo provedení a vyhodnocení monitoringu vybraných úseků stokové sítě ve městě Brně v období od června do října roku 2017. Monitoring 2017 je součástí šestiletého monitoringu stokové sítě v letech 2015 – 2020, který probíhá za účelem vyhodnocení přínosu projektu „Rekonstrukce a dostavba kanalizace v Brně“ realizovaném v letech 2012 – 2014, jehož cílem bylo snížení počtu přepadů, snížení množství vypouštěné odpadní vody do recipientu a snížení množství vypouštěného znečištění do recipientu.

Monitoring 2017 probíhal pod záštitou centra AdMaS – VUT Brno. Byla provedena instalace měřicí techniky a během monitoringu pravidelná údržba a sběr dat. Ze strany AdMaS byl zajištěn monitoring průtoků a hladin, ze strany BVK a.s. bylo zajištěno monitorování znečištění a zprostředkování podkladů důležitých pro závěrečné vyhodnocení (srážkoměrná data, data provozního monitoringu, data typického roku apod.)

Získaná data byla vyhodnocena z několika hledisek – počet přepadů a objem jednotlivých událostí, množství odlehčených odpadních vod, koncentrace znečištění v odpadní vodě, množství znečištění vypouštěného do recipientu, poměr ředění. Výsledky z těchto vyhodnocení byly porovnány s výsledky předešlých monitoringů a s daty získanými před a po realizaci projektu. V rámci této práce bylo navíc provedeno hydraulické posouzení stokové sítě a odlehčovacích komor, určení množství dešťových vod a posouzení stavebně technického stavu.

V této diplomové práci bylo provedeno posouzení OK Karásek – Loučky a odlehčovacích komor na kmenové stoce D (OKD03 Hálkova, OKD05 Dačického a OKD06a Tišnovská a OKD06b Svitavská).

Bylo zjištěno, že realizací projektu „Rekonstrukce a dostavba kanalizace v Brně“ došlo u OK Karásek – Loučky k naplnění předpokladů. Rekonstrukce přispěla k výraznému snížení objemu odlehčených vod, ke snížení počtu přepadů a ke snížení množství vypouštěného znečištění s výjimkou vysokých hodnot amoniakálního dusíku. Poměr ředění se zvýšil.

Odlehčovací komory na kmenové stoce D byly vyhodnoceny jako celek. Bylo zjištěno, že realizací projektu „Rekonstrukce a dostavba kanalizace v Brně“ nedošlo u těchto odlehčovacích komor k naplnění předpokladů. Po rekonstrukci došlo k navýšení objemu odlehčených odpadních vod, ke zvýšení počtu přepadů, poměru ředění a ke zvýšení množství vypouštěného znečištění.

Plánovaný šestiletý monitoring bude probíhat až do roku 2020, od roku 2018 navíc v rozsahu typického roku, čímž dojde k eliminaci nepřesností vyplývajících z extrapolace dat. Díky tomu zatím není potřeba navrhovat žádná opatření. Kdyby však došlo k potvrzení dílčích výsledků, pak by ve spolupráci s BVK a.s. a Magistrátem města Brna mělo dojít ke zjištění a eliminaci příčin nežádoucího stavu. Mezi možnosti patří provedení podrobného monitoringu stokové sítě kanalizačním robotem se zaměřením na stavebně-technický stav kanalizace a případné nekvalitní provedení při výstavbě. Další možností je podrobné posouzení hydrauliky odlehčovacích komor spolu s detailním monitoringem srážek nad povodím stokové sítě a zjištění jejich dopadu na hydraulické poměry ve stokové síti pomocí matematických modelů. Samozřejmostí je vyloučení zpětného vzduť z recipientu nebo vniku balastních vod do stokové sítě.

6 POUŽITÁ LITERATURA

- [1] Zákon č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon). In: *Sbírka zákonů*. 2001.
- [2] Zákon č. 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů (zákon o vodovodech a kanalizacích). In: *Sbírka zákonů*. 2001.
- [3] Zákon č. 183/2006 Sb., o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon). In: *Sbírka zákonů*. 2006.
- [4] Vyhláška č. 428/2001 Sb., kterou se provádí zákon č. 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů (zákon o vodovodech a kanalizacích). In: *Sbírka zákonů*. 2001.
- [5] Vyhláška č. 268/2009 Sb., o technických požadavcích na stavby. In: *Sbírka zákonů*. 2009.
- [6] Nařízení vlády č. 401/2015 Sb., o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech. In: *Sbírka zákonů*. 2015.
- [7] ČSN 75 6101 *Stokové sítě a kanalizační přípojky*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2012.
- [8] ČSN 01 3463 *Výkresy inženýrských staveb - Výkresy kanalizace*. Praha: Český normalizační institut, 1997.
- [9] *TNV 75 6911 Provozní řád kanalizace*. Praha: Hydroprojekt CZ, 2010.
- [10] *TNV 75 6262 Odlehčovací komory a separátory*. Praha: Hydroprojekt CZ, 2003.
- [11] *Council Directive 91/271/EEC of 21 May 1991 concerning urban waste-water treatment*. In: 1991.
- [12] *Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000 establishing a framework for Community action in the field of water policy*. In: 2000.
- [13] *Directive 2006/118/EC of the European Parliament and of the Council of 12 December 2006 on the protection of groundwater against pollution and deterioration*. In: . 2006.
- [14] *Metodická příručka Posouzení stokových systémů urbanizovaných povodí*. In: *Asociace čistírenských expertů České republiky, 2009*.
- [15] PRYL, Karel, Milan SUCHÁNEK a Jaroslav KINKOR. Proč realizovat monitoring na stokových sítích?. *Vodní hospodářství*. 2006, 2006(5).
- [16] *TECHNOAQUA* [online]. 2018 [cit. 2018-12-31]. Dostupné z: <http://www.technoaqua.cz/>
- [17] *TELEDYNE ISCO* [online]. 2018 [cit. 2018-12-31]. Dostupné z: <https://www.teledyneisco.com/en-us>
- [18] *FIEDLER* [online]. 2017 [cit. 2018-12-31]. Dostupné z: <https://www.fiedler.company/cs>

- [19] *Greyline* [online]. 2018 [cit. 2018-12-31]. Dostupné z: <https://greyline.com/>
- [20] *ADS* [online]. [cit. 2018-12-31]. Dostupné z: <http://www.adsenv.com>
- [21] *Industrial watermeter* [online]. 2018 [cit. 2018-12-31]. Dostupné z: <http://www.industrial-watermeter.com/>
- [22] *Endress+Hauser* [online]. [cit. 2018-12-31]. Dostupné z: <https://www.cz.endress.com/cs>
- [23] *HACH* [online]. 2017 [cit. 2018-12-31]. Dostupné z: <https://cz.hach.com/>
- [24] Monitoring odpadních a povrchových vod - návrhy i realizace. *Vodní hospodářství*. 2011, **2011**(7).
- [25] *ENVIROMONTEL* [online]. 2014 [cit. 2018-12-31]. Dostupné z: <http://www.enviromontel.co.uk/>
- [26] HLAVÍNEK, Petr, Jakub RAČEK a Tomáš MACSEK. *Vyhodnocení přínosů projektu "Rekonstrukce a dostavba kanalizace v Brně": Zpráva, metodika vyhodnocení přínosů RDKB pro rok 2017*. Brno, 2017.
- [27] HLAVÍNEK, Petr, Tomáš CHORAZY, Tomáš MACSEK a Petr DVORSKÝ. *Vyhodnocení přínosů projektu "Rekonstrukce a dostavba kanalizace v Brně": Zpráva vyhodnocení měrné kampaně za rok 2017*. Brno, 2017.
- [28] Brno zahajuje největší investiční akci, chce zásadně doplnit systém kanalizací. *BRNO* [online]. Brno, 2018 [cit. 2018-12-31]. Dostupné z: <https://www.brno.cz/brno-aktualne/tiskovy-servis/tiskove-zpravy/a/brno-zahajuje-nejvetsi-investicni-akci-chce-zasadne-doplnit-system-kanalizaci/>
- [29] *Monitoring kanalizace pro projekt Rekonstrukce a dostavba kanalizace v Brně - rok 2017: Provozní měření hladin a průtoků*. 2017. Brno: BVK a.s.
- [30] *Monitoring kanalizace pro projekt Rekonstrukce a dostavba kanalizace v Brně - rok 2017: Srážkoměrná data*. 2017. Brno: BVK a.s.
- [31] *Monitoring kanalizace pro projekt Rekonstrukce a dostavba kanalizace v Brně - rok 2017: Protokoly o odběru vzorků*. 2017. Brno: BVK a.s.
- [32] Analýzy výškopisu. *ČÚZK* [online]. Praha, 2010 [cit. 2019-01-01]. Dostupné z: <https://ags.cuzk.cz/dmr/>
- [33] *Google Maps* [online]. [cit. 2019-01-01]. Dostupné z: <https://www.google.com/maps>
- [34] Tereza Šlechtová *Účinnost odlehčovacích komor*. Brno, 2018. 68 s., Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodního hospodářství obcí. Vedoucí práce Ing. Petr Hlušík, Ph.D.
- [35] Drsnost potrubí. *Vodovod.info* [online]. 2013 [cit. 2019-01-01]. Dostupné z: <http://www.vodovod.info/index.php/extra/tabulky/196-drsnost-potrubi#.XCuT3FxBKjes>
- [36] *FLOW-TRONIC* [online]. [cit. 2019-01-06]. Dostupné z: <http://www.flow-tronic.com/en>
- [37] *FloWav* [online]. 2019 [cit. 2019-01-06]. Dostupné z: <http://www.flowav.com/>
- [38] *Nivus* [online]. 2019 [cit. 2019-01-06]. Dostupné z: <https://www.nivus.de/de/>

-
- [39] *Micronics* [online]. 2017 [cit. 2019-01-06]. Dostupné z: <https://micronicsflowmeters.com/>
- [40] *DETECTRONIC* [online]. 2018 [cit. 2019-01-06]. Dostupné z: <https://www.detectronic.org/>
- [41] *WaterSam* [online]. 2019 [cit. 2019-01-06]. Dostupné z: <http://www.watersam.com/de/probnehmer-von-watersam-entwickelt-und-gefertigt-in-deutschland/>
- [42] *Ori* [online]. 2019 [cit. 2019-01-06]. Dostupné z: <https://www.origmbh.de/en/home.html>
- [43] *Global Water* [online]. 2017 [cit. 2019-01-06]. Dostupné z: <http://www.globalw.com/>

SEZNAM TABULEK

Tab. 4.1 Přehled vyhodnocovacích parametrů pro OK Karásek-Loučky	32
Tab. 4.2 Charakteristika měrného profilu Q1	34
Tab. 4.3 Charakteristika měrného profilu H1	34
Tab. 4.4 Charakteristika vzorkování VZ1	35
Tab. 4.5 Přehled zaznamenaných událostí	35
Tab. 4.6 Koncentrace znečištění při jednotlivých událostech	37
Tab. 4.7 Celkové množství znečištění při jednotlivých událostech	37
Tab. 4.8 Vyhodnocení počtu přepadů, objemu odlehčených vod, poměru ředění	37
Tab. 4.9 Porovnání počtu přepadů, objemu odlehčených vod, poměru ředění	38
Tab. 4.10 Porovnání výsledků s původním stavem před realizací	38
Tab. 4.11 Přehled výsledků předchozích monitorovacích kampaní	39
Tab. 4.12 Parametry potrubí odlehčovací trati	40
Tab. 4.13 Přehled vyhodnocovacích parametrů pro OKD03 Hálkova	45
Tab. 4.14 Charakteristika měrného profilu Q1	46
Tab. 4.15 Charakteristika měrného profilu H1	46
Tab. 4.16 Charakteristika vzorkování VZ2	47
Tab. 4.17 Přehled zaznamenaných událostí	47
Tab. 4.18 Koncentrace znečištění při jednotlivých událostech	49
Tab. 4.19 Celkové množství znečištění při jednotlivých událostech	50
Tab. 4.20 Vyhodnocení počtu přepadů, objemu odlehčených vod, poměru ředění	51
Tab. 4.21 Parametry potrubí odlehčovací trati a potrubí nad OK	51
Tab. 4.22 Přehled vyhodnocovacích parametrů pro OKD05 Dačického	55
Tab. 4.23 Charakteristika měrného profilu Q3	55
Tab. 4.24 Charakteristika měrného profilu H3	56
Tab. 4.25 Charakteristika vzorkování VZ3	57
Tab. 4.26 Přehled zaznamenaných událostí	57
Tab. 4.27 Koncentrace znečištění při jednotlivých událostech	58
Tab. 4.28 Celkové množství znečištění při jednotlivých událostech	59
Tab. 4.29 Vyhodnocení počtu přepadů, objemu odlehčených vod a poměru ředění	59
Tab. 4.30 Parametry potrubí odlehčovací trati a potrubí nad OK	60
Tab. 4.31 Přehled vyhodnocovacích parametrů pro OKD06a, OKD06b	63
Tab. 4.32 Charakteristika měrného profilu Q4	64
Tab. 4.33 Charakteristika měrného profilu Q5	64

Tab. 4.34 Charakteristika měrného profilu H4	64
Tab. 4.35 Charakteristika vzorkování VZ4	65
Tab. 4.36 Přehled zaznamenaných událostí	65
Tab. 4.37 Koncentrace znečištění při jednotlivých událostech	67
Tab. 4.38 Celkové množství znečištění při jednotlivých událostech	68
Tab. 4.39 Stanovení počtu přepadů a poměru ředění	69
Tab. 4.40 Parametry profilů odlehčovací trati a potrubí nad oběma OK	69
Tab. 4.41 Porovnání počtu přepadů, objemu odlehčených vod, poměru ředění	72
Tab. 4.42 Porovnání výsledků s původním stavem před realizací	72
Tab. 4.43 Přehled výsledků předchozích monitorovacích kampaní.....	73

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 3.1 Monitoring stokových sítí [16]	13
Obr. 3.2 Měření metodou rychlost – plocha [16]	17
Obr. 3.3 Měření ultrazvukovou sondou [16].....	17
Obr. 3.4 Měření probubláváním [16]	18
Obr. 3.5 Měření bezkontaktním laserovým Dopplerem [16]	18
Obr. 3.6 ISCO 2150 (vlevo), ISCO 2150EX (uprostřed), ISCO 2110 (vpravo) [16]	19
Obr. 3.7 ISCO 4110 (vlevo), ISCO 4120 (uprostřed), ISCO 4150 (vpravo) [16].....	19
Obr. 3.8 ISCO 4250 (vlevo), ISCO 4230 Bubbler (vpravo) [16].....	20
Obr. 3.9 LaserFlow (vlevo), datalogger ISCO Signature (vpravo) [16]	20
Obr. 3.10 US1200 (vlevo), LMK 809 (vpravo) [18].....	21
Obr. 3.11 Modul M4016 (vlevo), modul Q2 (vpravo) [18]	21
Obr. 3.12 Modul AVFM 5.0 (vlevo), modul Stingray 2.0 (vpravo) [19].....	22
Obr. 3.13 Vzorkovač ISCO 6712 (vlevo), závěsný kříž (vpravo) [16]	23
Obr. 3.14 Vzorkovač BÜHLER 2000 (vlevo), vzorkovač AS950 (vpravo) [23]	24
Obr. 3.15 Stacionární vzorkovače ISCO 5800 (vlevo) a ISCO 6712FR (vpravo) [16]	24
Obr. 3.16 ISCO Flowlink [25]	25
Obr. 3.17 MOST [18]	25
Obr. 3.18 NivuGuard 2 PC [38]	26
Obr. 3.19 Qstart [20]	26
Obr. 4.1 Sběr dat	28
Obr. 4.2 Instalace měřicí techniky	29
Obr. 4.3 Poloha OK Karásek – Loučky v rámci města Brna [32].....	31
Obr. 4.4 Detailnější znázornění polohy OK Karásek – Loučky [32].....	31
Obr. 4.5 Vstupní šachta do OK Karásek – Loučky [33]	32
Obr. 4.6 OK Karásek – Loučky [34].....	32
Obr. 4.7 Situace OK Karásek – Loučky [26]	33
Obr. 4.8 Měrný profil Q1	34
Obr. 4.9 Měrný profil H1	34
Obr. 4.10 Automatický vzorkovač VZ1 a datalogger ISCO 2150.....	35
Obr. 4.11 Zaznamenaná dešťová událost v profilu H1 ze dne 7.7. 2017	36
Obr. 4.12 Zaznamenaná dešťová událost v profilu H1 ze dne 10.7. 2017	36
Obr. 4.13 Zaznamenaná událost v profilu Q1 v období 24.7. – 25.7. 2017	36
Obr. 4.14 Detail profilu potrubí v odlehčovací komoře [34]	41

Obr. 4.15 Poloha zájmového území stoky D v rámci Brna [32]	43
Obr. 4.16 Poloha jednotlivých odlehčovacích komor [32]	43
Obr. 4.17 Areál Zetor a.s. a vstupní šachta do OKD03 Hálkova [33]	44
Obr. 4.18 OKD03 Hálkova [34].....	44
Obr. 4.19 Situace OKD03 Hálkova [26]	45
Obr. 4.20 Měrný profil Q2 (vlevo) a datalogger ISCO 2150 (vpravo)	46
Obr. 4.21 Měrný profil H2	47
Obr. 4.22 Zaznamenaná dešťová událost v měrném profilu Q2 ze dne 10. 8. 2017 – hladina	48
Obr. 4.23 Zaznamenaná dešťová událost v měrném profilu Q2 ze dne 10. 8. 2017 - průtok ..	48
Obr. 4.24 Zaznamenaná dešťová událost v odlehčovací trati H2 ze dne 10. 8. 2017 - hladina	49
Obr. 4.25 Vstupní šachta do OKD05 – Dačického [33].....	54
Obr. 4.26 OKD05 Dačického	54
Obr. 4.27 Situace OKD05 Dačického	55
Obr. 4.28 Měrný profil Q3 a průtokoměr LaserFlow.....	56
Obr. 4.29 Měrný profil H3 a datalogger ISCO Signature	56
Obr. 4.30 Zaznamenaná dešťová událost v měrném profilu Q3 ze dne 27. 7. 2017 - průtok ..	57
Obr. 4.31 Zaznamenaná dešťová událost v měrném profilu Q3 ze dne 27. 7. 2017 - hladina.	58
Obr. 4.32 Vstupní šachta do OKD06a Tišnovská (vlevo) a OKD06b Svitavská (vpravo) [33]	62
Obr. 4.33 OKD06b Svitavská (vlevo) a sdružená odlehčovací trať Mostecká (vpravo)	62
Obr. 4.34 Situace OKD06a Tišnovská (vlevo), OKD06b Svitavská (uprostřed) a sdružená odlehčovací trať Mostecká (vpravo) [26].....	63
Obr. 4.35 Měrný profil Q4 (vlevo), datalogger ISCO 2150 (vpravo).....	64
Obr. 4.36 Zaznamenaná událost ze dne 10. 8. 2017 – 3:26 v profilu Q4 - hladina.....	66
Obr. 4.37 Zaznamenaná událost ze dne 10. 8. 2017 – 3:26 v profilu Q5 - hladina.....	66
Obr. 4.38 Zaznamenaná událost ze dne 10. 8. 2017 – 3:26 v profilu H4 - hladina.....	67

SEZNAM GRAFŮ

Graf 4.1 Porovnání množství vypouštěného znečištění v jednotlivých letech.....	39
Graf 4.2 Q/h charakteristika profilu H1	40
Graf 4.3 Q/h charakteristika profilů Q2 a H2.....	52
Graf 4.4 Q/h charakteristika profilů Q3 a H3.....	60
Graf 4.5 Q/h charakteristika profilu H4	70
Graf 4.6 Q/h charakteristika profilů Q4 a Q5.....	70
Graf 4.7 Porovnání množství vypouštěného znečištění v jednotlivých letech.....	73

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

ČOV	Čistírna odpadních vod
ČR	Česká republika
ČSN	Česká státní norma
Sb.	Sbírka zákonů
TNV	Technická norma vodního hospodářství
EHS	Evropské hospodářské společenství
ES	Evropské společenství
SEČ	středoevropský čas
CHSK	chemická spotřeba kyslíku
BSK ₅	biochemická spotřeba kyslíku za 5 dní při teplotě 20 °C
N-NH ₄ ⁺	amoniakální dusík
NL	nerozpuštěné látky
P _{celk}	celkový obsah fosforu
N _{celk}	celkový obsah dusíku
s.r.o.	společnost s ručením omezeným
AV	area/velocity
GSM	Global System for Mobile Communications
GPRS	General Packet Radio Service
VUT	Vysoké učení technické
AdMaS	Advanced Materials, Structures and Technologies
OK	odlehčovací komora
OKD	odlehčovací komora na stoce D
OKE	odlehčovací komora na stoce E
BVK	Brněnské vodárny a kanalizace
a.s.	akciová společnost
m ³	metr krychlový
DN	Diamètre Nominal (jmenovitý vnitřní průměr potrubí)
min	minuta
mg/l	miligram na litr
t	tuna
l/s	litry za sekundu
%	procento
mm	milimetr

m	metr
VDJ	vodojem
OT	odlehčovací trať
h	výška hladiny

SUMMARY

The main topic of this diploma thesis was the monitoring of the sewerage system in the city of Brno. In the research part, there is made an overview of the most used measuring equipment for the monitoring of the sewerage system – level meters, flowmeters, automatic samplers. Measuring of level meters and flowmeters is based especially on Dopplers effect. We can use area/velocity sensor, ultrasound sensor or laser sensor for measuring of flow and water level. Automatic sampler is an instrument for samplig of the waste water. There are two types of the automatic samplers – stationary samplers and portable samplers.

The practical part is devoted to the monitoring of the sewerage system in Brno for partial evaluation of the benefits of the project „Reconstruction and completion of sewerage in Brno“, realized in 2012 – 2014. This project has reconstructed selected parts of sewerage and selected overflow chambers in various localities in city of Brno. Measuring campaign has taken place from June to October 2017. In the course of the work, the instalation of measuring equipment and the collection of measured data was done. After finishing measuring campaign, the data were evaluated from different aspects – the number of overflows, the quantity of overflowing water, the dilution ratio and the quantity of discharged pollution. Then, the hydraulic and construction technical assement of the pipelines of sewer network and overflow chambers and assements of the quantity of the rainwater were made. The results of the evaluation were compared with the results of the previous monitoring campaings and with the data obtained before the project has been realized.