

**MENDELOVA UNIVERZITA V BRNĚ**  
**AGRONOMICKÁ FAKULTA**

**DIPLOMOVÁ PRÁCE**

**BRNO 2017**

**BC. MARTIN LYSÁK**

**Mendelova univerzita v Brně**

**Agronomická fakulta**

**Ústav potravinářské, zemědělské a environmentální techniky**

---



**Vliv srážkových vod na provozování kanalizační  
soustavy a čistírny odpadních vod**

Diplomová práce

*Vedoucí práce:*

doc. Ing. Tomáš Vítěz, Ph.D.

*Vypracoval:*

Bc. Martin Lysák

---

Brno 2017

# ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Zpracovatel : **Bc. Martin Lysák**

Studijní program: **Technologie odpadů**

Obor: **Technologie a management odpadů**

Název tématu: **Vliv srážkových vod na provozování kanalizační soustavy a čistírny odpadních vod**

Rozsah práce: **50 – 60 stran**

Zásady pro vypracování:

1. Popište současný stav řešené problematiky.
2. Popište vybranou aglomeraci, kanalizační soustavu, čistírnu odpadních vod.
3. Vyhodnoťte současný stav. Definujte množství a kvalitu srážkových vod. Popište vliv srážkových vod na provozování kanalizační soustavy a čistírny odpadních vod.
4. Ze zjištěných údajů vyvoďte závěry a doporučení aplikovatelné do praxe.

Seznam odborné literatury:

1. CHUDOBA, J. *Odpadní vody a jejich čištění*. Praha: b.n., 1991. 121 s. ISBN 80-85122-09-X.
2. GRADY, C P L. a kol. *Biological wastewater treatment*. 3. vyd. Boca Raton: Taylor & Francis, 2011. 991 s. ISBN 978-0-8493-9679-3.
3. SMITH, S. *Agricultural Recycling of Sewage Sludge and the Environment*. Oxon: CAB International, 1996. 382 s. ISBN 0-85190-960-2.
4. HLAVÍNEK, P. *Čištění odpadních vod*. Nael 2000 s.r.o., 1996.
5. DOHÁNYOS, M. – STRNADOVÁ, N. – KOLLER, J. *Čištění odpadních vod*. 2. vyd. Praha: Vydavatelství VŠCHT, 1998. 177 s. ISBN 978-80-7080-316-5/2011.
6. DAVIS, M L. *Water and wastewater engineering : design principles and practice*. New York: McGraw-Hill, 2010. 1 s. ISBN 978-0-07-171384-9.

Datum zadání diplomové práce: říjen 2015

Termín odevzdání diplomové práce: duben 2017

  
Bc. Martin Lysák  
Autor práce



  
doc. Ing. Tomáš Vítěz, Ph.D.  
Vedoucí práce

  
prof. Ing. Jan Mareček, DrSc., dr. h. c.  
Vedoucí ústavu

  
doc. Ing. Pavel Ryant, Ph.D.  
Děkan AF MENDELU

## Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem práci:

.....  
.....vypracoval samostatně a veškeré použité prameny a informace uvádím v seznamu použité literatury. Souhlasím, aby moje práce byla zveřejněna v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách ve znění pozdějších předpisů a v souladu s platnou *Směrnicí o zveřejňování vysokoškolských závěrečných prací*.

Jsem si vědom, že se na moji práci vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, a že Mendelova univerzita v Brně má právo na uzavření licenční smlouvy a užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona.

Dále se zavazuji, že před sepsáním licenční smlouvy o využití díla jinou osobou (subjektem) si vyžádám písemné stanovisko univerzity, že předmětná licenční smlouva není v rozporu s oprávněnými zájmy univerzity, a zavazuji se uhradit případný příspěvek na úhradu nákladů spojených se vznikem díla, a to až do jejich skutečné výše.

V Brně dne:.....

.....  
podpis

## Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval vedoucímu diplomové práce doc. Ing. Tomáši Vítězovi, Ph.D. za odborné vedení a cenné rady při zpracování této práce, rovněž chci poděkovat za ochotu a trpělivost, kterou projevoval po celou dobu jejího zpracování. V neposlední řadě bych chtěl poděkovat spolupracovníkům z firmy Brněnské vodárny a kanalizace, a. s. panu Mgr. Janu Kyzlinkovi a Ing. Marku Helceletovi za poskytnuté materiály a cenné odborné rady, které mi byly nápomocny při zpracování diplomové práce.

## **Abstrakt**

Diplomová práce se zabývá současnou problematikou při odvádění odpadních vod z urbanizovaného území. Cílem práce je vyhodnocení vlivu srážkových vod na stávající jednotnou kanalizační soustavu a čistírnu odpadních vod města Brna.

Teoretická část práce je věnována stručnému zhodnocení stávajícího stavu kanalizační soustavy města Brna a základním pojmům s uvedením jejich využití v každodenní praxi. Praktická část práce je zaměřena na sledování množství a kvality srážkových vod odváděných kanalizační soustavou na čistírnu odpadních vod v Brně - Modřicích, kdy tyto ukazatele mají přímý vliv na bezpečné provozování kanalizační soustavy a čistírny odpadních vod v rámci městského odvodnění. Z tohoto hlediska je práce zaměřena i na vyhodnocení látkového znečištění srážkových vod odváděných z dopravně vytižených komunikací, a to jak v případě odvádění jednotnou kanalizační soustavou na čistírnu odpadních vod, tak při odvádění srážkových vod oddílnou kanalizační soustavou do recipientu. Pro vyhodnocení funkce městské kanalizační soustavy při mimořádných srážkových událostech, kdy dochází k přetížení systému odkanalizování a přepadu odpadních vod přes dešťové odlehčovače do recipientu, byla provedena analýza přínosu výstavby u jedné z nově realizovaných retenčních nádrží. Na koncové části kanalizační soustavy, tj. na čistírně odpadních vod, jsou sledovány změny látkového složení, stejně jako množství a teploty odpadních vod na přítoku v době srážkových událostí, které mají vliv na jednotlivé procesy čištění.

V závěru práce je provedeno celkové vyhodnocení vlivu srážkových vod na systém odkanalizování města Brna a provozování čistírny odpadních vod. Současně jsou zhodnoceny nově navržené koncepce odvodnění s ohledem na již realizovaná opatření pro minimalizaci dopadu provozní činnosti kanalizační soustavy na životní prostředí, a to především pro snížení látkového zatížení recipientu.

Klíčová slova:

Kanalizační soustava, čistírna odpadních vod, odlehčovací komora, retenční nádrž, recipient

## **Abstract**

This thesis deals with current issues in the discharge of waste water from the urbanized area. The main aim is to evaluate the impact of rainwater on the existing unified sewerage system and the wastewater treatment plant in Brno – Modřice (WWTP).

The theoretical part includes a brief assessment of the current state of the sewerage system of the city of Brno and the basic concepts as well as their use in everyday practice. The practical part focuses on monitoring the quantity and quality of rainwater in the sewage system at the WWTP in Brno - Modřice. These indicators have a direct impact on the safe operation of the sewerage system and wastewater treatment plants within the urban drainage. From this perspective, the work is focused on the evaluation of substance rainwater pollution discharged from busy traffic roads, both in the case of using of a single sewerage system for wastewater treatment and using a separate sewerage system that water to the recipient. To evaluate the function of the municipal sewerage system during extreme precipitation when the sewerage system is overloaded and wastewater overflows over the strain into the recipient. The contribution of the construction of one of the newly implemented retention basins was assessed. At the end of the sewerage system, ie.at the wastewater treatment plant, there were monitored changes in material composition, as well as the quantity and temperature of the influent wastewater during precipitation events, which affect the individual cleaning processes.

In the conclusion, there is made an overall evaluation of the impact of precipitation water on drainage system of the city of Brno and its WWTP. At the same time, there are evaluated newly designed concepts of drainage with respect to the already implemented measures for minimizing the impact of operational activities of sewerage system on the environment, especially the measures that aim to reduce the bag load of recipient.

**Key words:**

Sewerage system, wastewater treatment plant, relief chamber, retention basin, recipient



## Obsah:

1	Úvod.....	14
2	Cíl práce .....	15
3	Literární rešerše.....	16
3.1	Koncepce městského odvodnění.....	16
3.1.1	Klasická koncepce odvodnění.....	16
3.1.2	Moderní koncepce odvodnění.....	17
3.1.3	Přístupy k řešení moderní koncepce odvodnění .....	17
3.1.3.1	Emisní strategie.....	17
3.1.3.2	Imisní strategie.....	17
3.1.3.3	Územní plánování, generel odvodnění .....	18
3.2	Kanalizace.....	18
3.2.1	Stokové soustavy .....	18
3.2.1.1	Jednotná stoková soustava .....	19
3.2.1.2	Oddílná stoková soustava .....	19
3.2.1.3	Modifikovaná stoková soustava.....	20
3.2.2	Systémy uspořádání stokových sítí .....	20
3.2.2.1	Úchytný systém.....	20
3.2.2.2	Pásmový systém.....	21
3.2.2.3	Větevový systém.....	22
3.2.2.4	Radiální systém.....	22
3.2.3	Tvary a rozměry příčných profilů stok .....	23
3.2.4	Konstrukce a materiály kanalizačních stok.....	24
3.2.4.1	Trubní.....	24
3.2.4.2	Stoky monolitické .....	24
3.2.4.3	Stoky zděné z cihel a ostatních materiálů .....	24
3.2.4.4	Stoky z prefabrikátů.....	24

3.2.4.5	Kombinace materiálu .....	25
3.2.5	Objekty na stokové síti.....	25
3.2.5.1	Odlehčovací komory .....	26
3.2.5.2	Dešťové nádrže .....	27
3.2.6	Způsoby dopravy odpadních vod stokovou soustavou .....	29
3.2.7	Základní návrhové parametry u stokových sítí.....	30
3.2.7.1	Klasické výpočtové postupy .....	30
3.2.7.1.1	Prostá součtová metoda .....	30
3.2.7.2	Racionální výpočtové postupy.....	31
3.3	Druhy odpadních vod odváděných kanalizační soustavou.....	31
3.4	Stanovení množství odpadních vod odváděných stokovou sítí .....	32
3.4.1	Splaškové odpadní vody .....	32
3.4.2	Dešťové odpadní vody .....	33
3.5	Stanovení kvality odpadních vod odváděných stokovou sítí.....	34
3.5.1	Splaškové odpadní vody .....	34
3.5.1.1	Charakteristika splaškových vod .....	34
3.5.1.1.1	Fyzikální ukazatele .....	34
3.5.1.1.2	Chemické ukazatele .....	34
3.5.2	Dešťové odpadní vody .....	36
3.5.2.1	Znečištění u dešťových vod .....	36
3.5.2.2	Látkové znečištění dešťových vod.....	37
3.5.2.2.1	Látky anorganického původu .....	37
3.5.2.2.2	Látky organického původu .....	38
4	Materiál a metodika.....	40
4.1	Popis zájmového území .....	40
4.1.1	Kanalizační soustava města Brna.....	40
4.1.1.1	Technický popis stokové sítě.....	40

4.1.1.2	Situování kmenových stok na stokové síti v Brně.....	41
4.1.2	Čistírna odpadních vod v Brně – Modřicích.....	45
4.1.2.1	Základní údaje o čistírně odpadních vod .....	45
4.1.2.2	Mechanický stupeň čištění odpadních vod .....	45
4.1.2.3	Biologický stupeň čištění odpadních vod .....	46
4.1.2.4	Kalová linka.....	46
4.1.2.5	Plynové hospodářství.....	46
4.1.3	Vodní toky v urbanizovaném území .....	47
4.1.3.1	Kvalita vody ve vodních tocích nad a pod městem Brnem v bezdešti .....	47
4.1.3.2	Kvalita vody ve vodních tocích nad a pod městem Brnem za deště.....	48
4.1.3.3	Kvalita vody na soutoku Svatky a Svitavy pod městem Brnem .....	48
4.2	Vliv srážkových vod na provozování kanalizační soustavy a čistírny odpadních vod města Brna .....	50
4.2.1	Popis současné problematiky při odvádění srážkových vod jednotnou kanalizační soustavou .....	50
4.2.2	Popis současné problematiky při odvádění srážkových vod oddílnou kanalizační soustavou .....	57
4.2.2.1	Dešťové vody z objektů a ploch určených k trvalému bydlení .....	58
4.2.2.2	Dešťové vody z ulic a komunikací .....	59
4.2.2.3	Dešťové vody odváděné z průmyslových areálů v Brně .....	59
4.3	Popis současné problematiky při odvádění srážkových vod kanalizační soustavou na čistírnu odpadních vod.....	60
4.3.1	Mechanické předčištění .....	60
4.3.2	Biologické předčištění .....	60
4.3.3	Nitrifikace a denitrifikace .....	61
4.3.4	Dosazovací nádrže .....	61
4.4	Metody odběru vzorků.....	61
4.5	Srážkoměrná data.....	62

4.5.1	Vyhodnocení srážkových událostí ve městě Brně 2014 - 2016.....	62
5	Sledování kvality dešťových vod odváděných z komunikací při srážkových událostech.....	65
5.1	Účel vzorkování.....	65
5.2	Stručná charakteristika míst odběru vzorku .....	65
5.3	Popis odběru vzorků .....	66
5.4	Výsledky laboratorních rozborů dešťových vod z komunikací.....	68
5.5	Porovnání výsledků laboratorních rozborů dešťových vod z komunikací s ČSN 75 7221 .....	70
5.6	Porovnání výsledků laboratorních rozborů dešťových vod z komunikací s Kanalizačním řádem města Brna .....	72
6	Analýza přínosu výstavby retenční nádrže Sokolova na kmenové stoce A.....	74
6.1	Vstupní údaje k retenční nádrži Sokolova.....	74
6.1.1	Situování retenční nádrže.....	74
6.1.2	Popis funkce retenční nádrže a odlehčovací komory.....	74
6.1.3	Technické parametry retenční nádrže .....	74
6.2	Množství akumulovaných vod v retenční nádrži Sokolova.....	75
6.2.1	Srážkoměrná data.....	75
6.2.2	Měření průtoku odpadních vod.....	75
6.2.3	Vyhodnocení množství zachycených objemů vod v retenční nádrži Sokolova za období 2014 - 2016 .....	77
6.3	Vyhodnocení látkového znečištění vod zachycených v retenční nádrži Sokolova.....	80
6.3.1	Koncentrační hodnoty látkového znečištění odpadních vod při průtoku retenční nádrži Sokolova za bezdeští.....	80
6.3.2	Koncentrační hodnoty látkového znečištění odpadních vod zachycených v retenční nádrži Sokolova při srážkové události .....	82
6.4	Vyhodnocení kvality odpadních vod při přepadu z retenční nádrže a odlehčovací komory Sokolova do recipientu Svratka.....	85

7	Posouzení vlivu srážkových vod přiváděných v zimním období na čistírnu odpadních vod Brno – Modřice .....	88
7.1	Vyhodnocení teploty v závislosti na průtoku přiváděných odpadních vod na čistírnu odpadních vod v zimním období .....	88
7.2	Vyhodnocení koncentračních hodnot chloridů na přítoku do čistírny odpadních vod v zimním období .....	89
8	Výsledky a Diskuse .....	91
9	Závěr .....	96
10	Seznam použité literatury .....	97
11	Seznam obrázků .....	100
12	Seznam tabulek .....	101

## 1 ÚVOD

Městské odvodnění tvoří základní prvek systému, který svou funkcí zabezpečuje splnění požadavku na životní úroveň, komfort a ochranu zdraví člověka. Vliv urbanizace společně se zvyšující se produkcí odpadních a srážkových vod má za následek přetěžování stávajícího systému městského odvodnění s negativním dopadem na životní prostředí.

Město Brno patří k druhému největšímu sídelnímu celku v České republice, postupný rozvoj města a okolních obcí má vliv na stávající systém odvádění odpadních vod přes jednotnou kanalizační soustavu na čistírnu odpadních vod Brno – Modřice.

Původní systém odvádění srážkových vod ve městě Brně představuje v současné době především nevýhody spojené s problematikou hydraulického přetěžování kanalizačních stok s následným znečištěním recipientu z dešťových odlehčovačů společně se zatížením čistírny odpadních vod nařazenými odpadními vodami při srážkových událostech. K hlavním nevýhodám při odkanalizování města Brna patří především malá vodnatost recipientů řek Svratky a Svitavy.

Srážkové vody odváděné z urbanizovaného území svým kvalitativním a kvantitativním složením přímo působí na jednotnou kanalizační soustavu a čistírnu odpadních vod, kdy se hospodaření se srážkovými vodami v mnoha případech stává limitujícím faktorem dalšího rozvoje města.

Nově navržená koncepce odvodnění území musí zajišťovat bezpečné odvádění srážkových a splaškových vod kanalizační soustavou, kvalitní vyčištění na čistírně odpadních vod s důrazem na ochranu životního prostředí a především na snížení látkového zatížení vodních toků.

V současné době se kvalita životního prostředí stává součástí společensky uznávaných sociálních hodnot a je nutné změnit i přístup k otázce řešení městského odvodnění při výstavbě nebo rekonstrukci kanalizačních systémů.

## 2 CÍL PRÁCE

Cílem vypracované diplomové práce je vyhodnocení vlivu srážkových vod na stávající jednotnou kanalizační soustavu a čistírnu odpadních vod města Brna. U srážkových vod jsou sledovány ukazatele množství a kvality a to z důvodu, že mají přímý vliv na bezpečné provozování kanalizační soustavy a čistírny odpadních vod.

Praktická část diplomové práce je zaměřena na sledování látkového znečištění u srážkových vod odváděných kanalizační soustavou z dopravně vytížených komunikací na území města Brna. Vybraná místa odběru vzorku byla rozdělena dle způsobu odvádění srážkových vod jednotnou nebo oddílnou kanalizační soustavou. V rámci kanalizační soustavy města bylo provedeno také vyhodnocení přínosu výstavby u jedné nově realizované retenční nádrže na hydraulicky přetížené kmenové stoce A. U retenční nádrže je sledováno množství objemů zachycených vod a látkové znečištění na přepadu do recipientu. Na koncové části kanalizační soustavy, tj. na čistírně odpadních vod popisují změny v látkovém složení odpadních vod v době mimořádných srážkových událostí, kdy k sledovaným ukazatelům patří především chloridy a množství přiváděných vod společně s teplotou.

V závěru práce vyhodnocuji vliv srážkových vod na systém odkanalizování města Brna a provozování čistírny odpadních vod. Současně také hodnotím přijatou koncepci odvodnění s ohledem na již realizovaná opatření pro minimalizaci dopadu provozní činnosti kanalizační soustavy na životní prostředí a to především snížení látkového zatížení vodních toků.

## 3 LITERÁRNÍ REŠERŠE

### 3.1 Koncepce městského odvodnění

Městské odvodnění představuje systém odvádění odpadních vod z urbanizovaného území. Skládá se z několika subsystémů, kterými jsou: urbanizované území, stoková síť, čistírna odpadních vod, recipient, povrchová a podzemní voda. V rámci definice městského odvodnění je nutné na uvedené složky pohlížet jako na celek (Krejčí a kol., 2002).

V minulosti přijaté koncepce městského odvodnění většiny sídelních celků vycházely z požadavků a potřeb lidské společnosti na odvádění odpadních vod. V mnoha případech však tyto koncepce odvodnění nezohledňovaly ekologické dopady systému na životní prostředí. Tyto historicky zavedené koncepce městského odvodnění v současné době představují celou řadu problémů, ke kterým patří především požadavek na ochranu vodních toků a zdrojů podzemní a povrchové vody (Krejčí a kol., 2002).

#### 3.1.1 Klasická koncepce odvodnění

Klasická koncepce městského odvodnění představuje model používaný u většiny velkých měst. Systém zajišťuje rychlé a spolehlivé odvedení odpadních vod mimo urbanizované území na koncovou čistírnu odpadních vod a následně do recipientu. Jako odpadní vody jsou v uvedeném případě definovány veškeré odpadní vody, které jsou kanalizační soustavou odváděny ze zájmového území tj. splaškové vody z domácností, průmyslu, srážkové vody, vody z přepadů z vodojemu, napojené podzemní a povrchové vody bez ohledu na jejich množství a kvalitu (Hlavínek a kol., 2003).

Definice klasické koncepce odvodnění (Hörler 1962)

*„Odpadní vody jsou veškeré vody, které musí být jakýmkoliv způsobem odvedeny z okolí bydliště. K odpadním vodám patří kapalné a částečně i pevné odpady z domácností, řemeslných provozů a průmyslu, dešťová voda, tající sníh, drenážní voda, přetoky z kašen, jakož i připojená podzemní a povrchová voda bez ohledu na jejich znečištění.“*

Při zavedení uvedené koncepce městského odvodnění musel být splněn požadavek na hydraulickou účinnost systému. Vysoká účinnost systému odvodnění byla zajištěna plánováním a dimenzováním jmenovitých světlostí potrubí u kanalizační soustavy. Odvádění odpad-



ních vod tímto způsobem se v mnoha případech stalo limitujícím faktorem pro další rozvoj urbanizovaného území.

### **3.1.2 Moderní koncepce odvodnění**

Moderní koncepce městského odvodnění představuje komplexní posouzení všech složek systému a jeho vlivu na životní prostředí. Snahou tohoto moderního přístupu je snížení negativního vlivu urbanizace s cílem zabezpečit odvádění pouze takových vod, které představují riziko pro životní prostředí, bezpečnost, zdraví obyvatelstva a současně tyto vody nelze zneškodnit přímo v urbanizovaném území (Hlavínek a kol., 2001).

V případě klasické koncepce jsou základní složky systému odvodnění urbanizovaného území provozovány odděleně, zde je kladen důraz především na spolehlivost kanalizační soustavy a čistírny odpadních vod a následně až na recipient.

### **3.1.3 Přístupy k řešení moderní koncepce odvodnění**

#### **3.1.3.1 Emisní strategie**

Emisní strategie je v ČR uplatňována nejdéle a to z důvodu její jednoduchosti. Představuje stanovení jednotných limitů pro vypouštění vod z čistíren odpadních vod a výustních objektů na stokové síti. Vhodným příkladem může být stanovení poměru ředění u odlehčovacích komor na stokové síti.

Nevýhodou uvedeného přístupu k řešení městského odvodnění je malá efektivnost kanalizační soustavy a čistírny odpadních vod a nezohlednění konkrétních podmínek a problémů daného území s vazbou na recipient (Hlavínek a kol., 2003).

#### **3.1.3.2 Imisní strategie**

Oproti emisní strategii stanovuje podmínky pro vypouštění vod do recipientu na základě znalostí místních podmínek. Tato koncepce představuje navržení a provozování stokového systému městského odvodnění s ohledem na požadavky povodí při dodržení limitních hodnot vybraných znečišťujících látek a množství vypouštěných vod do recipientu.

Uvedená strategie představuje moderní a efektivnější řešení městského odvodnění, které je však nákladnější a technicky náročnější na zpracování množství shromážděných dat, kterých je využíváno při matematickém modelování (Hlavínek a kol., 2001).

### **3.1.3.3 Územní plánování, generel odvodnění**

Územní plánování představuje budoucí využití a rozvoj území s cílem vytvářet podmínky pro udržitelný rozvoj. V územním plánování musí být vyřešena rovněž otázka odvodnění zájmového území a to formou koordinace územně plánovací dokumentace s generelem odvodnění.

Hlavním úkolem generelu odvodnění je stanovit ucelenou koncepci odvodnění tak, aby bylo zajištěno bezpečné odvádění veškerých vod vzniklých na území obce a zajistit jejich čištění na takové úrovni, kdy nedojde překročení přípustného zatížení vodních toků. Tato koncepce stanovuje směr vývoje systému odkanalizování a určuje, jak mají být prvky systému udržovány a rozvíjeny ve vztahu k životnímu prostředí (Hlavínek a kol., 2001).

Generel odvodnění představuje především posouzení stávajícího systému odvodnění území a definuje následné varianty řešení výhledového stavu na základě vyhodnocení získaných dat z měření a monitoringu. Základním parametrem je odtok srážkových vod z urbanizovaného území a stav recipientu (Generel odvodnění města Brna 2010).

## **3.2 Kanalizace**

Zákon č. 274/2001 Sb. o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu v § 2, odstavci (2) kanalizaci definuje jako:

„Kanalizace je provozně samostatný soubor staveb a zařízení zahrnující kanalizační stoky k odvádění odpadních vod a srážkových vod společně nebo odpadních vod samostatně a srážkových vod samostatně, kanalizační objekty, čistírny odpadních vod, jakož i stavby k čištění odpadních vod před jejich vypouštěním do kanalizace. Odvádí-li se odpadní voda a srážková voda společně, jedná se o jednotnou kanalizaci a srážkové vody se vtokem do této kanalizace přímo, nebo přípojkou stávají odpadními vodami. Odvádí-li se odpadní voda samostatně a srážková voda také samostatně, jedná se o oddílnou kanalizaci. Kanalizace je vodním dílem.“

### **3.2.1 Stokové soustavy**

Podle způsobu odvádění odpadních vod kanalizací členíme stokové soustavy:

- Jednotná stoková soustava
- Oddílná stoková soustava
- Modifikovaná / kombinovaná stoková soustava

### **3.2.1.1 Jednotná stoková soustava**

Jednotnou stokovou soustavou jsou odváděny veškeré druhy odpadních vod společně na koncovou čistírnu odpadních vod. Termínem veškeré odpadní vody se rozumí splaškové, srážkové a průmyslové vody, které vznikají na předmětném území. Jedná se o historicky nejrozšířenější způsob odkanalizování většiny velkých měst v ČR (Hlavínek a kol., 2003).

Systém jednotné stokové soustavy charakterizuje především použití velkých profilů u kmenových kanalizačních stok, které jsou vedeny v blízkosti recipientu. Součástí jednotné kanalizační soustavy jsou odlehčovací komory, které zajišťují odlehčení nařazených odpadních vod během přívalových dešťů v době, kdy dochází k extrémnímu průtoku odpadních vod kanalizační stokou (Novák a kol., 2003).

Podrobnější popis a charakteristika funkce odlehčovací komory je uveden v kapitole 3.2.5 Objekty na stokové síti.

### **3.2.1.2 Oddílná stoková soustava**

Oddílnou stokovou soustavou jsou odváděny jednotlivé druhy odpadních vod samostatně. V praxi to znamená, že každá stoková soustava je určena pro určitý daný druh odpadních vod a tím nedochází k mísení těchto vod. Splaškové odpadní vody jsou odváděny kanalizační soustavou přímo na čistírnu odpadních vod a srážkové vody jsou odváděny dešťovou kanalizací do recipientu, přičemž před zaústěním mohou být dle potřeby zadržovány v retenčních nádržích pro zachycení znečištění tzv. prvních splachů z komunikací (Hlavínek a kol., 2003).

K výhodám oddílné stokové soustavy patří především snížení množství odpadních vod přiváděných na čistírnu odpadních vod, ochrana životního prostředí a recipientu před znečištěním z odlehčovacích komor jednotné soustavy a zmenšení profilu koncových stok před čistírnou odpadních vod. Nevýhodou oddílné kanalizační soustavy je vyšší ekonomická a prostorová náročnost při výstavbě a nutnost splnění podmínky možnosti vyústění dešťové kanalizace do vodního toku (Hlavínek a kol., 2003; Novák a kol., 2003).

Systém oddílné kanalizace se v současnosti uplatňuje především u nově budovaných obytných celků, kde je zajištěno rozdělení odpadních vod. Uvedený model však není vhodné realizovat v místě původní zástavby, a to z důvodu, že u nemovitostí, které byly historicky napojeny na jednotnou kanalizaci, je složité zajistit rozdělení odpadních vod v části vnitřní instalace objektu.

### **3.2.1.3 Modifikovaná stoková soustava**

V literatuře se často používá termín „kombinovaná soustava“, v zahraničí také „polo – oddílná“ soustava neboť se jedná o kombinaci jednotných a oddílných stokových soustav.

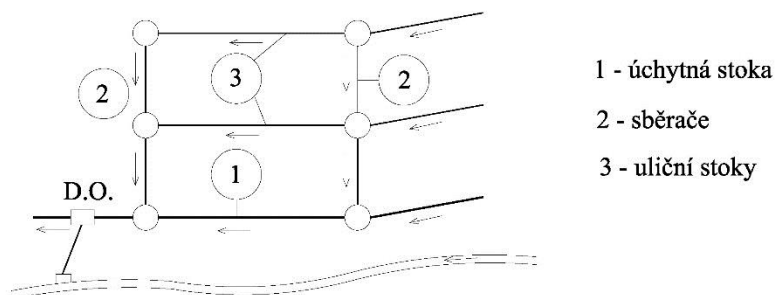
V ČR se s uvedeným modelem kanalizační soustavy setkáváme především u velkých měst, kdy se na původní jednotnou soustavu napojují okrajové části města, především nová obytná výstavba. U těchto nových sídelních celků je většinou realizován systém oddílné kanalizační soustavy, kdy splaškové vody jsou společně se znečištěnými dešťovými vodami odváděny stokovou sítí na čistírnu odpadních vod a neznečištěné dešťové vody jsou samostatnou kanalizací odváděny přímo do recipientu. Znečištěnými dešťovými vodami se v tomto případě rozumí dešťové vody z ploch komunikací a parkovišť (Hlavínek a kol., 2003; Novák a kol., 2003).

## **3.2.2 Systémy uspořádání stokových sítí**

Systém uspořádání stokových sítí vychází z charakteru, polohy odvodňovaného území a místního recipientu. Při řešení uspořádání stokových sítí je hlavním cílem zajistit dopravu odpadních vod gravitačním způsobem většinou co možná nejkratší a nejrychlejší cestou na koncovou čistírnu odpadních vod, za předpokladu splnění požadavku na bezpečnost a spolehlivost stokové sítě. (Hlavínek a kol., 2003; Novák a kol., 2003).

### **3.2.2.1 Úchytný systém**

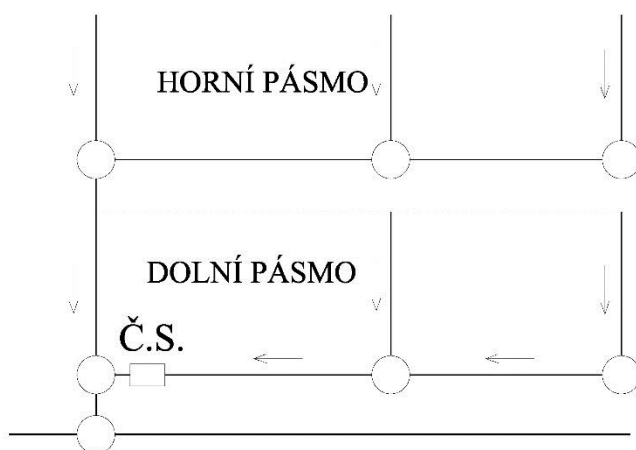
Navrhuje se v místech, kdy odvodňované území je s mírným sklonem k vodnímu toku. Úchytná, hlavní kmenová stoka s napojenými kanalizačními sběrači je vedena podél vodního toku (Obr. 1). Na kmenové stoce jsou vybudovány odlehčovací komory pro odlehčení části nařaděných odpadních vod do recipientu (Novák a kol., 2003).



Obr. 1 Úchytný systém (Novák a kol., 2003)

### 3.2.2.2 Pásmový systém

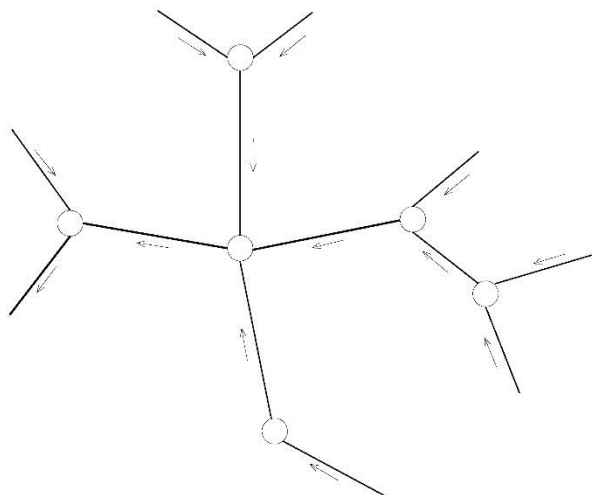
Pásmový systém se navrhuje v místě s výskytem větších výškových rozdílů odvodňovaného území, kdyby rychlost proudění odpadních vod překračovala doporučené hodnoty pro jednotlivé materiály kanalizací. Výšková pásma určují uspořádání stokové sítě, kdy z vyššího pásma jsou odpadní vody odváděny stokami nižších řádů a to gravitačně (Obr. 2). Z nejnižšího místa, pásma je nutné odpadní vody přečerpávat (Novák a kol., 2003).



Obr. 2 Pásmový systém (Novák a kol., 2003)

### 3.2.2.3 Větevový systém

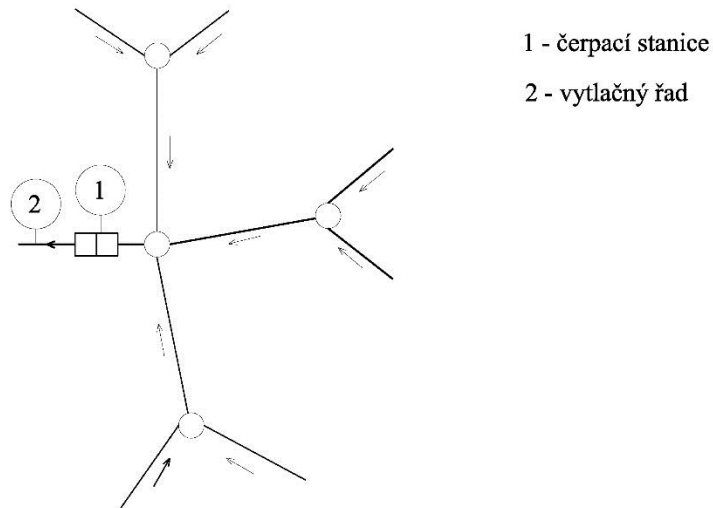
Je používán pro odkanalizování členitého území s nepravidelnou zástavbou. Principem je vedení hlavní kmenové stoky nejnižším místem odvodňovaného území nejkratší cestou na čistírnu odpadních vod (Obr. 3). Na tuto kmenovou stoku jsou napojeny jednotlivé kanalizační sběrače s uličními stokami (Novák a kol., 2003).



Obr. 3 Větevový systém (Novák a kol., 2003)

### 3.2.2.4 Radiální systém

Často nazýván dostředný systém, je využíván v místech, kdy charakter odvodňovaného území nedovoluje přímé napojení na provozně navazující kanalizační síť nebo recipient (Obr. 4). Jedná se především o území ve tvaru uzavřených kotlin. Odvádění odpadních vod na čistírnu je zajištěno z nejnižšího místa odvodňovaného území formou přečerpávání nebo gravitačně s převedením odpadních vod do místa, odkud již lze tyto vody odvést na čistírnu odpadních vod např. vybudováním ražené štoly. Obě uvedené varianty mají své klady a zápory, především je nutné posoudit ekonomickotechnické možnosti řešení (Novák a kol., 2003).



Obr. 4 Radiální systém (Novák a kol., 2003)

### 3.2.3 Tvary a rozměry příčných profilů stok

Základní tvary příčných profilů kanalizačních stok jsou dle ČSN 75 6101:

- Kruhový
- Vejčitý
- Tlamový

Další typy historicky používaných tvarů příčných profilů kanalizačních stok:

- Kruhový s kynetou
- Tlamový s kynetou
- Obdélníkový
- Obdélníkový s kynetou
- Oválný
- Vejčitý s kynetou (Hlavínek a kol., 2001)

Členění profilů stok dle přístupnosti pro potřebu kontroly a údržby:

- Průchozí – minimální průchozí šířka 600 mm a výška 1500 mm
- Průlezný - minimální profil u kruhových stok DN 800, ostatní profily minimální průlezná šířka 600 mm a výška 800 mm
- Neprůlezný - pod DN 800 (ČSN 756101, 2012)

### **3.2.4 Konstrukce a materiály kanalizačních stok**

Základní konstrukční typy kanalizačních stok dělíme dle ČSN 756101:

- Trubní
- Monolitické
- Zděné z cihel a ostatních materiálů
- Prefabrikované

#### **3.2.4.1 Trubní**

Patří k základním a tedy i nejrozšířenějším kanalizačním konstrukcím. Kanalizační potrubí se skládá z jednotlivých dílců – trub o různých délkách a dimenzích. Pro změnu směru, redukci a napojení se používají různé armatury. Kanalizační roury bývají vyráběny jako hrdlové, případně bezhrdlové s využitím především u technologie protlaků. K materiálům používaným pro výrobu kanalizačního potrubí patří: kamenina, beton, železobeton, polymerbeton, PVC, PP, sklolaminát, litina, čedič (ČSN 75 6101, 2012; Novák a kol., 2003).

#### **3.2.4.2 Stoky monolitické**

Při výstavbě monolitických kanalizací se využívá technologie betonování přímo na místě výkopu nebo v ražené štole. Technologie bývá využívána u staveb kanalizačních sběračů a kmenových stok (ČSN 75 6101, 2012; Novák a kol., 2003).

#### **3.2.4.3 Stoky zděné z cihel a ostatních materiálů**

Pro zdění při výstavbě se používají především dobře vypálené kanalizační cihly, kyselino-vzdorném nebo vápenopískové cihly, k méně častým materiálům patří keramické tvárnice a čediče. Podíl realizovaných zděných stok na současnou kanalizační síť je velmi malý, uplatnění těchto materiálů je především při rekonstrukci a sanaci stávajících stok (ČSN 75 6101, 2012; Novák a kol., 2003).

#### **3.2.4.4 Stoky z prefabrikátů**

Stoky z prefabrikátů jsou realizovány z betonových, železobetonových nebo polymerbetonových prvků. Stoky jsou různých tvarů a jejich výroba vychází z konkrétních požadavků při výstavbě. Své uplatnění nachází především při výstavbě kmenových stok a kanalizačních



sběračů, kdy se používají především vejčité průlezné profily s čedičovými nebo kameninovými vystýlkami (ČSN 75 6101, 2012; Novák a kol., 2003).

#### **3.2.4.5 Kombinace materiálů**

Při výstavbě kanalizačních stok dochází ke kombinaci materiálů a to především z důvodu zlepšení užitných vlastností s cílem ochránit konstrukční prvky kanalizace před agresivním prostředím. Jedná se o použití kombinace vhodných materiálů např. kameninových, čedičových obkladů a žulových obkladů, které zvyšují odolnost proti otěru (ČSN 75 6101, 2012; Novák a kol., 2003).

#### **3.2.5 Objekty na stokové síti**

Kanalizační soustava je tvořena stokovými úseky a objekty, které slouží především k zajištění správné funkce kanalizačních stok. Kanalizační objekty také umožňují provádět práce spojené s čištěním a údržbou kanalizační sítě, tyto činnosti jsou nutné pro bezpečné provozování kanalizační soustavy. Pro navrhování objektů na kanalizační síti se vychází z platné normy ČSN 75 6101 a dalších navazujících technických norem (Hlavínek a kol., 2003).

K důležitým objektům na kanalizační síti patří:

- Vstupní, větrací, lomové, spojné šachty a komory
- Spadiště a skluzy
- Dešťové vpustě a lapáky splavenin
- Shybky
- Odlehčovací komory a separátory
- Dešťové nádrže
- Čerpací stanice odpadních vod
- Objekty pro měření průtoku, měrné objekty

S ohledem na rozsáhlost tématu dále popisují pouze nejdůležitější objekty na kanalizační síti, a to objekty s přímou vazbou na funkci kanalizační soustavy při srážkové události.

### 3.2.5.1 Odlehčovací komory

Odlehčovací komory v odborné literatuře někdy používán termín dešťové oddělovače, patří na jednotné kanalizační soustavě k nejdůležitějším objektům. Jejich účelem je zajistit odlehčení směsi splaškových a dešťových vod při hydraulickém přetížení stokové sítě v poměru ředění stanovené rozhodnutím vodoprávního orgánu.

Technické řešení odlehčovací komory musí zajistit odtok veškerých odpadních vod v bezdeštném období na čistírnu odpadních vod a současně zabezpečit, aby v době mimořádných srážkových událostí došlo k oddělení pouze nezbytně nutného množství nařazených odpadních vod odlehčovací stokou do recipientu.

K oddělení odpadních vod v odlehčovací komoře dochází přepadem nařazených odpadních vod přes přelivnou hranu komory do odlehčovací stoky a následně přes výustní objekt do recipientu. Přelivná hrana je umístěna nade dnem odlehčovacího koryta a určuje kapacitní možnosti kanalizační sítě. Výška přelivné hrany tedy odpovídá průtoku, při kterém má být odlehčovací komora uvedena v činnost. Pro zamezení nátoky vod z recipientu do kanalizační sítě je na výustním objektu osazena zpětná klapka. Pro samotný návrh odlehčovací komory se doporučuje ČSN EN 752:2008 (Hlavínek a kol., 2003; Novák a kol., 2003).

Odlehčovací komory členíme dle technického řešení přepadu:

- Bez možnosti regulace odtoku z odlehčovací komory s přepadem: přímým, šikmým, obloukovým, bočním jednostranným a oboustranným
  - Odlehčovací komory se škrťací tratí s přepadem, kdy odtok je řešen zmenšením průměru profilu a tím dochází k vzduť odpadních vod v komoře a přepadu na odlehčovací stoku
  - Odlehčovací komory s přepadajícím paprskem, princip regulace šterbinou
  - Odlehčovací komory s horizontální dělicí stěnou
  - Odlehčovací komory s možností mechanické regulace
- (Hlavínek a kol., 2003; Novák a kol., 2003)

Při návrhu umístění odlehčovací komory na stokové síti se vychází z:

- celkové koncepce odvodňovaného území
- kapacity stokové sítě - čistírny odpadních vod
- charakteru - vodnatosti recipientu

Ředící poměr se u odlehčovacích komor pohybuje v širokém rozmezí, dle uvedené normy se doporučuje 1:5 až 1:8 a více. To znamená pěti až osminásobné zředění bezdeštného odtoku před oddělením vod. V ČR se poměr ředění udává zpravidla k max. hodinovému průtoku kanalizační stokou (Obr. 5). Odlehčovací komora, včetně poměru ředění musí být projednána a odsouhlasena s příslušným správcem recipientu a povolena vodoprávním úřadem (Česká vědeckotechnická vodohospodářská společnost, 2010).



*Obr. 5 Přepad odpadních vod z odlehčovací komory (soukromý fotoarchiv autora)*

### **3.2.5.2 Dešťové nádrže**

Při mimořádných srážkových událostech dochází k přetěžování jednotné kanalizační soustavy a čistírny odpadních vod. Tento nepříznivý vliv se projevuje rozkolísaností průtoku odpadních vod v kanalizační síti s jejich následným přepadem přes odlehčovací komory do recipientu.

K nejefektivnějším způsobům jak zamezit úniku znečištění z kanalizační sítě při hydraulickém přetížení, je regulace průtoku odpadních vod a to využitím přirozené nebo umělé akumulace s následným řízeným vypouštěním na čistírnu odpadních vod. Návrhem, prováděním a provozováním dešťových nádrží se zabývá norma ČSN 75 6261 (Hlavínek a kol., 2003).

Dle ČSN 75 6261 je účelem dešťových nádrží na kanalizační síti:

- Snížení nebo zamezení odnosu znečištění dešťovými vodami nebo zředěnými odpadními vodami do vodních recipientů využitím procesu sedimentace
- Transformace přívalové vlny zředěných odpadních vod retencí s možností vyrovnaného odtoku do čistírny
- Zachycení přívalové vlny dešťových vod před jejich kontinuálním vypouštěním do vodního recipientu

Akumulační objekty, mezi něž se dešťové nádrže řadí, členíme dle technického řešení ve vazbě k stokové síti a umístění na objekty, které jsou osazeny na hlavní nebo vedlejší kanalizační trati. Akumulační objekty na hlavní trati jsou osazeny přímo na trubní kanalizační soustavě a dochází zde k přímé regulaci odtoku vod kanalizační sítí na čistírnu. Účelem akumulačních objektů na vedlejší trubní trati je především zachycení přeplavů odpadních vod, kdy po opadnutí srážkové události dochází k čerpání těchto vod zpět do kanalizační sítě. K výhodám patří především možnost regulace a automatizace těchto nádrží (Hlavínek a kol., 2003).

Podle funkce dělíme dešťové nádrže:

- Retenční
- Záchytné
- Průtočné
- Usazovací
- Kombinované

Dešťové nádrže na stokové síti je možné z hlediska konstrukce a umístění dělit na nádrže podzemní - zakryté pod terénem (Obr. 6) a otevřené (Obr. 7). Volba vhodné varianty se odvíjí od mnoha faktorů např. typu stokové soustavy a místních podmínek.



*Obr. 6 Výstavba podzemní kruhové dešťové zdrže a retenční nádrže v Brně – Komárov (Brněnské vodárny a kanalizace, a. s., 2012)*



*Obr. 7 Otevřená (nadzemní) retenční nádrž v Brně – Líšeň (Brněnské vodárny a kanalizace, a. s., 2010)*

### **3.2.6 Způsoby dopravy odpadních vod stokovou soustavou**

Způsob dopravy odpadních vod se odvíjí od několika faktorů, k těm důležitým patří především konfigurace terénu odvodňovaného území a volba typu kanalizační soustavy.

Dopravu odpadních vod dělíme dle způsobu:

- Tradiční (gravitační) způsob dopravy odpadních vod
- Alternativní způsob dopravy odpadních vod

Tradiční, gravitační způsob dopravy odpadních vod vychází ze zásady vedení sklonu kanalizační stoky k nejnižšímu místu, které je dáno např. koncovou čistírnou odpadních vod, vyústěním stoky do recipientu, případně místem zaústění kanalizačního sběrače do kmenové stoky. Tento způsob je využíván především u jednotné a oddílné kanalizační soustavy, kdy je kladen důraz na jednoduchost a provozní spolehlivost.

Alternativní způsob dopravy odpadních vod je řešením odkanalizování zájmového území, které svojí polohou neumožní tradiční způsob odkanalizování gravitačně. Jedná se především o technické řešení formou čerpání odpadních vod. K dalším alternativním způsobům dopravy odpadních vod patří kanalizace tlaková, podtlaková, vakuová. Tyto způsoby jsou ale provozně i ekonomicky náročné na údržbu a obsluhu s ohledem na provozní spolehlivost (Hlavínek a kol., 2003).

### **3.2.7 Základní návrhové parametry u stokových sítí**

Výpočtové postupy pro dimenzování stokových sítí definuje norma ČSN 75 6101 Stokové sítě a kanalizační přípojky.

Při řešení návrhu stokových sítí musí být zohledněny nejen ekonomické, technické a provozní požadavky, ale je nutné zajistit, aby navržené kanalizační sítě splňovaly rovněž požadavky na bezpečnost, spolehlivost a životnost systému. Kanalizační stoky se navrhují jako gravitační, tlakové, podtlakové nebo jejich kombinace (ČSN 75 6101, 2012).

#### **3.2.7.1 Klasické výpočtové postupy**

##### **3.2.7.1.1 Prostá součtová metoda**

Patří k nejjednodušším výpočtovým postupům při návrhu stokových sítí, u kterých dochází k rovnoměrnému proudění se setrvalým dějem. Jedná se především o stokové sítě malého rozsahu, kdy nejdelší doba toku odpadní vody kanalizační sítí je menší než 15 minut. Řadíme ji mezi metodu neuvažující s opožděným odtokem (Hlavínek a kol., 2003).

### 3.2.7.2 Racionální výpočtové postupy

Vychází rovněž z předpokladu, že dochází k rovnoměrnému proudění se setrvalým dějem a to za předpokladu, že nejdelší doba toku odpadní vody kanalizační sítí je větší než 15 minut. Metoda bývá rovněž označována jako metoda kritické srážky. Kritická srážka je definována dobou trvání, intenzitou a periodicitou. Kritická doba trvání deště je časový úsek, po který dochází k maximálnímu průtoku odpadních vod profilem stoky. Pro racionální výpočet bývají v ČR používány tyto metody: Bartošková metoda, Riedova, Hauf – Vicariho a Máslova metoda (Hlavínek a kol., 2003).

## 3.3 Druhy odpadních vod odváděných kanalizační soustavou

Zákon č. 254/2001 Sb. o vodách v § 38 definuje odpadní vody takto:

(1) **Odpadní vody** jsou vody použité v obytných, průmyslových, zemědělských, zdravotnických a jiných stavbách, zařízeních nebo dopravních prostředcích, pokud mají po použití změněnou jakost (složení nebo teplotu), jakož i jiné vody z těchto staveb, zařízení nebo dopravních prostředků odtékající, pokud mohou ohrozit jakost povrchových nebo podzemních vod. Odpadní vody jsou i průsakové vody z odkališť, s výjimkou vod, které jsou zpětně využívány pro vlastní potřebu organizace, a vod, které odtékají do vod důlních, a dále jsou odpadními vodami průsakové vody ze skládek odpadu.

(2) Vody z drenážních systémů odvodňovaných zemědělských pozemků, chladicí vody užitá na plavidlech a pro vodní turbíny, u nichž došlo pouze ke zvýšení teploty, a nepoužitá minerální vody z přírodního léčivého zdroje nebo zdroje přírodní minerální vody nejsou odpadními vodami podle tohoto zákona. **Za odpadní vody se dále nepovažují srážkové vody z dešťových oddělovačů, pokud oddělovač splňuje podmínky, které stanoví vodoprávní úřad v povolení. Odpadními vodami nejsou ani srážkové vody z pozemních komunikací, pokud je znečištění těchto vod závadnými látkami řešeno technickými opatřeními podle vyhlášky, kterou se provádí zákon o pozemních komunikacích 21a).**

Nařízení vlády č. 401/2015 Sb. Nařízení vlády 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.

Pro účely tohoto nařízení se odpadními vodami rozumí:

a) **průmyslovými odpadními vodami** odpadní vody z výroby uvedených v části B přílohy č. 1 k tomuto nařízení, jakož i odpadní vody v této části přílohy neuvedené, jsou-li vypouštěny z výrobních nebo jim obdobných zařízení, včetně odpadních vod vypouštěných z průmyslových areálů, které vznikají převážně jako produkt průmyslové činnosti.

b) **splašky odpadní vody z domácností a služeb**, které vznikají převážně jako produkt lidského metabolismu a činností v domácnostech.

c) **městskými odpadními vodami** splašky nebo směs splašků a průmyslových odpadních vod nebo srážkových vod.

### **3.4 Stanovení množství odpadních vod odváděných stokovou sítí**

#### **3.4.1 Splaškové odpadní vody**

Pro výpočet a stanovení množství splaškových vod z nemovitostí se přednostně vychází z přímého měření např. vodoměrem. Předpokladem je, že množství vody dodané vodovodní přípojkou se rovná množství vody odpadní, tedy odvedené kanalizační přípojkou do kanalizace.

V případě, kdy nejsou k dispozici údaje z měření, provádí se výpočet dle směrných čísel roční spotřeby dané vyhláškou 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).

V České republice je vyhláškou č. 428/2001 Sb. stanovena roční spotřeba vody na osobu  $36 \text{ m}^3 = 100 \text{ l}$  na den.

Stanovení množství splaškových odpadních vod odváděných kanalizační soustavou je u velkých měst složitější a to z důvodu, že do výpočtu je nutné započítat rovněž vody průmyslové. K dalším důležitým faktorům patří skutečnost denní nerovnoměrnosti produkce splaškových vod, která má přímou vazbu na průtok odpadních vod kanalizační sítí. Koeficient denní nerovnoměrnosti je stanoven ČSN 75 6101.

Profily splaškové kanalizace oddílné soustavy se navrhují na dvojnásobek maximálního hodinového průtoku. To platí u gravitačního způsobu odkanalizování, v závislosti na počtu připojených obyvatel (ČSN 75 6101, 2012).



### 3.4.2 Dešťové odpadní vody

Stanovení množství dešťových vod odváděných kanalizační soustavou vychází z plochy odvodňovaného území, propustnosti a sklonu terénu, velikosti a doby trvání srážkové události. V posledních letech byla zaznamenána zvýšená četnost výskytu srážkových událostí s vysokým úhrnem a intenzitou, ty se po dopadu transformují na rychlou složku povrchového odtoku.

Dimenzování dešťových stok oddílné soustavy a jednotné kanalizační soustavy se navrhuje v závislosti na průtoku těchto vod stokou. Před dimenzováním se stanoví povodí a jejich hranice pro výpočtový úsek stoky.

Při návrhu kanalizační soustavy se využívá znalostí z oboru hydrologie, se zaměřením na hydrologii urbanizovaných území s použitím modelu srážko – odtokových dějů zpracovaných na základě dešťoměrných podkladů. Z pohledu srážko – odtokových poměrů při hydrologii stokových sítí patří k nejdůležitějším údajům zejména intenzita a doba trvání srážkové události (ČSN 75 6101, 2012).

Pro samotný výpočet stokové sítě se používá racionální metoda s obecným vzorcem:

$$Q_r = \psi \cdot i \cdot A$$

kde

$Q_r$  - je maximální odtok dešťových vod [ $l \cdot s^{-1}$ ]

$\Psi$  - je součinitel odtoku

$A$  - je plocha odvodňovaného území [ $m^2$ ]

$i$  - je intenzita směrodatného deště [ $l \cdot s^{-1} \cdot m^2$ ]

Tabulka 1: ČSN 756101 Doporučené součinitele odtoku pro výpočet stokové sítě racionální metodou

Způsob zástavby a druh pozemku		Součinitel odtoku $\psi$ při konfiguraci území		
		Rovinné při sklonu do 1%	Svažité při sklonu 1 až 5 %	Prudce svažité při sklonu nad 5 %
Budovy	V uzavřených blocích (vydlážděné nebo zastavěné dvory)	0,70	0,80	0,90
	V uzavřených blocích (uvnitř bloku zahrady)	0,60	0,70	0,80
	V otevřených blocích	0,50	0,60	0,70
	Při volné zástavbě (izolované)	0,40	0,50	0,60
Rodinné domy	Sdružené v zahradách	0,20	0,40	0,50
	Izolované v zahradách	0,20	0,30	0,40

Tovární objekty	Starší typ (hustější zástavba)	0,50	0,60	
	Nový typ (volné a travnaté plochy)	0,40	0,50	
Zpevněné pozemní komunikace (např. asfalt, beton, dlažba)		0,70	0,80	0,90
Nezpevněné pozemní komunikace (např. štěrky)		0,50	0,60	0,70
Železniční pozemky		0,25		
Hřbitovy, sady, hřiště		0,1	0,15	0,2
Zelené pásy, pole, louky		0,05	0,10	0,15
Lesy			0,05	0,10

### 3.5 Stanovení kvality odpadních vod odváděných stokovou sítí

#### 3.5.1 Splaškové odpadní vody

Termín splaškové odpadní vody definuje 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 jako „splašky odpadní vody z domácností a služeb, které vznikají převážně jako produkt lidského metabolismu a činností v domácnostech“.

Obecně lze říci, že jsou to veškeré odpadní vody, které jsou z nemovitosti splaškovou kanalizační přípojkou odváděny do veřejné kanalizace.

##### 3.5.1.1 Charakteristika splaškových vod

###### 3.5.1.1.1 Fyzikální ukazatele

**Teplota** - u splaškových odpadních vod se odvíjí od ročního období, zpravidla se pohybuje 7 – 20 °C.

###### **Barva, zákal, průhlednost**

Zbarvení splaškových vod bývá šedé až šedohnědé, tyto vody bývají silně zakalené bez intenzivního zápachu, po několika hodinách dochází k anaerobním procesům a splaškové vody tmavnou a zapáchají (Hlavínek a kol., 2001).

###### 3.5.1.1.2 Chemické ukazatele

**pH** - obvykle 6,5 – 8,5, reakce splaškových vod bývá slabě alkalická.

**Mikrobiologické ukazatele** - koliformní bakterie, fekální koliformní bakterie, enterokoky, mezofilní, psychofilní bakterie.

### **Skupinové ukazatele:**

BSK<sub>5</sub> – biochemická spotřeba kyslíku

CHSK<sub>Cr</sub> – chemická spotřeba kyslíku dichromanem draselným

NL – nerozpuštěné láky

RL – rozpuštěné látky

VL – veškeré látky

N<sub>celk</sub> – celkový dusík

P<sub>celk</sub> – celkový fosfor

C, Cl, S, Fe, Mn, Ca, Mg a těžké kovy

### **Ostatní organické látky**

Proteiny, sacharidy, lipidy, tenzidy, léčiva.

Tabulka 2: Ukazatele specifického znečištění (Vítěz, Groda, 2008)

Látky	Ukazatele specifického znečištění [g] za den						
	Látky			Ostatní			
	Minerální	Organické	Veškeré	BSK <sub>5</sub>	CHSK <sub>Cr</sub>	N <sub>celk</sub>	P <sub>celk</sub>
Nerozpuštěné usaditelné	10	30	40	20	40	1	0,2
Nerozpuštěné neusaditelné	5	10	15	10	20		-
Rozpuštěné	75	50	125	30	60	10	2,3
<b>Celkem</b>	<b>90</b>	<b>90</b>	<b>180</b>	<b>60</b>	<b>120</b>	<b>11</b>	<b>2,5</b>

Tabulka 3: Orientační složení splaškových odpadních vod (Hlavínek a kol., 2003)

Ukazatel	Rozmezí hodnot
Hodnota pH	6,5 - 8,5
Nerozpuštěné látky	200 – 700 mg·l <sup>-1</sup>
Usaditelné	73 %
Neusaditelné	27 %
Rozpuštěné látky	600 – 800 mg·l <sup>-1</sup>
BSK <sub>5</sub>	100 – 400 mg·l <sup>-1</sup>
CHSK <sub>Cr</sub>	250 – 800 mg·l <sup>-1</sup>
TOC	250 mg·l <sup>-1</sup>
N <sub>celk</sub>	30 – 70 mg·l <sup>-1</sup>
N-NH <sub>4</sub>	20 – 45 mg·l <sup>-1</sup>
P <sub>celk</sub>	5 – 15 mg·l <sup>-1</sup>

### 3.5.2 Dešťové odpadní vody

Uvedeným termínem označujeme srážkové vody z atmosférických depozic, u kterých dochází po dopadu na zemský povrch k změnám v jejich látkovém složení z důvodu znečištění z těchto povrchů. Obecně lze říci, že koncentrace znečištění odpovídá charakteru odvodňovaných ploch, intenzitě a době trvání srážkové události (Hlavínek a kol., 2001).

Většinou se jedná o dešťové odpadní vody odváděné do kanalizační soustavy z ploch komunikací, parkovišť a střech objektů. Výjimku tvoří srážkové vody z pozemních komunikací, u kterých je znečištění těchto vod závadnými látkami řešeno technickými opatřeními podle vyhlášky, kterou se provádí zákon o pozemních komunikacích (Hlavínek a kol., 2001).

#### 3.5.2.1 Znečištění u dešťových vod

- Znečištění srážkových vod v atmosféře, kdy dochází ke kontaminaci již ve vzduchu tzv. vymýváním vzduchu. Jedná se především o znečištění částicemi prachu, půdy, popílku, z chemických látek jsou to především sírany. Průměrné složení atmosférické depozice v ČR je uvedeno v tabulce (Tabulka 4).

Tabulka 4: Průměrné složení atmosférické depozice v Čechách (Budská, 1994)

Složka	Koncentrace	Roční depozice	Složka	Koncentrace	Roční depozice
	[ $\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ ]	[ $\text{kg}\cdot\text{km}^{-2}$ ]		[ $\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ ]	[ $\text{kg}\cdot\text{km}^{-2}$ ]
Sírany	4,39	3 140	Měď	5,20	3970
Chloridy	2,63	1860	Zinek	56,78	46690
Fosforečnany	0,27	150	Chrom	1,59	1110
Dusitany	0,02	20	Kadmium	0,37	380
Dusičnany	3,63	3250	Železo	77,28	53060
Vápník	1,77	1230	Mangan	12,00	7890
Hořčík	0,70	540	Olovo	7,62	6110
Sodík	0,38	330	Arzen	2,23	1570
Draslík	0,35	230	Berylium	0,03	20
Amoniak	1,81	1200	Nikl	3,70	3010

- Znečištění srážkových vod po dopadu na určitý druh povrchu, kde dochází ke kontaktu a smyvu akumulovaného znečištění. K nejvýznamnějším zdrojům znečištění patří plochy komunikací společně s dopravou. Příklady zdrojů znečištění srážkových vod způsobené dopravou jsou uvedeny v tabulce (Tabulka 5) (Hlavínek a kol., 2001; Synáčková, 2000).

Tabulka 5: Zdroje znečištění dešťových vod (Hlavínek a kol., 2001)

Zdroj znečištění	Znečišťující látky
Výfukové plyny	Pb, Ni, sloučeniny N, uhlovodíky
Otěr brzdových obložení	Cr, Ni, Cu, Pb, Zn
Otěr pneumatik	Cd, Zn, rez, organické sloučeniny, S, Pb, Cr, Ni, Cu
Otěr povrchů komunikací	Si, Ca, Mg, asphalt, dehet, Pb, Cr, Cu, Zn, Ni
Otěr značení komunikací	TiO <sub>2</sub> , rozpouštědla
Úkapy z motorů	Pb, Ni, Zn, organické látky, oleje, tuky, uhlovodíky, Cu, V, Cr
Koroze, obrus	Al, Cu, Fe, Co, Mn, Cd, Zn
Stavební hmoty	Minerální látky, pojiva (asfalt, cement, vápno) alternativní stavební hmoty

### 3.5.2.2 Látkové znečištění dešťových vod

#### 3.5.2.2.1 Látky anorganického původu

##### Nerozpuštěné látky

Tvoří je především částice prachu, písku, popílku a posypového materiálu ze zimní údržby, které se do dešťových vod, následně do stokových sítí či přímo do recipientu dostávají smyvem z povrchů komunikací, parkovišť, nebezpečných cest a vlivem dopravy. V nerozpuštěných látkách jsou rovněž zastoupeny těžké kovy Pb, Cd, Zn, Cu, Ni (Hlavínek a kol., 2001; Synáčková, 2000).

##### Rozpuštěné látky

##### Těžké kovy

Zastoupení jednotlivých kovů je charakterizováno druhem materiálu, ze kterého jsou tyto látky uvolňovány při kontaktu se srážkovou vodou. Byl prokázán přímý vliv materiálu použitého u střešních krytin domů, rovněž byla potvrzena přítomnost kovů v dešťových vodách odváděných z komunikací (Tabulka 6). K toxickým těžkým kovům patří: Hg, Cu, Pb, Cd, Co, Zn, Mn (Hlavínek a kol., 2001; Synáčková, 2000).

Tabulka 6: Složení povrchového odtoku srážkových vod z komunikací podle Gretzschela

Složka	CHSK <sub>Cr</sub> [mg·l <sup>-1</sup> ]	Pb [μg·l <sup>-1</sup> ]	Cd [μg·l <sup>-1</sup> ]	Cr [μg·l <sup>-1</sup> ]	Cu [μg·l <sup>-1</sup> ]	Zn [μg·l <sup>-1</sup> ]	Ni [μg·l <sup>-1</sup> ]
Minimum	36	80	1,4	5,2	40	160	8
Maximum	141	340	6,4	24,2	140	620	57
Průměr	88	180	3,1	11	100	300	20

### *Chloridy a sírany*

Obsah těchto látek v dešťových vodách je dán ročním obdobím, a to především vazbou na prováděnou zimní údržbu komunikací, která je spojena s aplikací posypových materiálů NaCl MgCl<sub>2</sub> a CaCl<sub>2</sub>. Koncentrační zastoupení chloridů v dešťových vodách z komunikací je úměrné množství aplikované soli.

Sírany se do srážkových vod dostávají z atmosféry produkovanými spalinami z průmyslu a vlivem působení dopravy (Hlavínek a kol., 2001; Synáčková, 2000).

### *Sloučeniny dusíku a fosforu*

K dusíkatým látkám obsažených v dešťových vodách patří amoniak, dusitany, dusičnany. Fosfor se vykytuje v dešťových vodách ve formě PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>. Obecně jsou koncentrace dusíkatých látek a fosforu v dešťových vodách velmi nízké (Hlavínek a kol., 2001; Synáčková, 2000).

#### 3.5.2.2.2 Látky organického původu

Znečištění srážkových vod rozpuštěnými látkami organického původu je charakterizováno BSK<sub>5</sub>, CHSK<sub>Cr</sub>, a C<sub>org</sub> (Tabulka 7).

*Tabulka 7: Průměrné hodnoty znečištění dešťových vod rozpuštěnými organickými látkami (Synáčková, 2000)*

Ukazatel znečištění	Druh dešťové vody [mg·l <sup>-1</sup> ]							
	Vody z komunikací						Vody ze střech	
BSK <sub>5</sub>	-	23	28	8 -10	-	-	-	-
CHSK <sub>Cr</sub>	49	179	113	40 -73	94	250	22	70
C <sub>org</sub>	12	30	16,4	-	34	-	8	-

### **Ropné látky**

Jsou stanoveny jako nepolární extrahovatelné látky (NEL). Do této skupiny látek patří: benzíny, petroleje, mazací oleje a další výrobky z ropy. Látky ropného původu mají v dešťové vodě omezenou rozpustnost v závislosti na teplotě, pH a obsahu solí. K největším zdrojům znečištění patří doprava a s ní spojená kontaminace ploch silnic a dálnic.

Koncentrační zastoupení ropných látek ve srážkových vodách je závislé:

- na intenzitě srážky, kdy k největšímu znečištění dohází při prvním splachu povrchů, přičemž nebyl potvrzen rozdíl mezi letním a zimním obdobím
- na hustotě dopravy u pozemní komunikace, kdy obecně jsou koncentrace ropných látek vyšší u městských komunikací (Hlavínek a kol., 2001; Synáčková, 2000).

### **Chlorové uhlovodíky**

Mají podobné vlastnosti jako ropné látky. Ve vodě mohou být volné, rozpuštěné nebo emulgované. Při laboratorních rozbořech jsou označeny jako AOX – adsorbované organicky vázané halogeny (Hlavínek a kol., 2001; Synáčková, 2000).

### **Dioxiny**

Zahrnují přibližně 219 různých látek, které mají podobné vlastnosti, ale rozdílnou toxicitu. Dioxiny tvoří dvě skupiny sloučenin PCDD – dibenzodioxiny a PCDF – polychlorované dibenzofurany. Vnos dioxinů do dešťových vod odváděných z komunikací je způsobeno především dopravou, konkrétně při spalování pohonných hmot s přidávkem aditiv (Hlavínek a kol., 2001; Synáčková, 2000).

### **Polyaromatické uhlovodíky**

Do srážkových vod se dostávají především vlivem působení člověka, a to zejména při spalování fosilních paliv a vlivem silniční dopravy (asfaltové vozovky, otěry pneumatik). Vzhledem k toxickým, karcinogenním a mutagenním vlastnostem jsou zařazeny do skupiny perzistentních organických polutantů. Polyaromatické uhlovodíky bývají označovány PAU (Hlavínek a kol., 2001).

### **Mikrobiální znečištění**

Mikrobiálním rozbořem dešťových vod odváděných ze střech rodinných domů byla potvrzena přítomnost psychrofilních, mezofilních, koliformních bakterií. U patogenních bakterií nebyly zjištěny salmonely (Herrmann, 1994).

## 4 MATERIÁL A METODIKA

### 4.1 Popis zájmového území

#### 4.1.1 Kanalizační soustava města Brna

##### 4.1.1.1 Technický popis stokové sítě

Kanalizační sítě města Brna jsou na čistírnu odpadních vod v Modřicích odváděny odpadní vody od obyvatelstva, průmyslu, občanské vybavenosti a zemědělství. Přes kanalizační síť města Brna jsou také odváděny odpadní vody z okolních měst a obcí, které nemají vlastní čistírnu odpadních vod a předávají tak odpadní vody přes městskou kanalizaci k čištění na ústřední čistírnu v Brně - Modřicích.

Do kanalizační sítě města Brna jsou předávány odpadní vody z měst a obcí:

- Modřice, Kuřim, Česká a Želešice
- Šlapanice, Šlapanice – Bedřichovice, Podolí, Ponětovice, Rozdrojovice, Jiříkovice, Blažovice, Práce, Kobylnice, Tvarožná, Sivice, Pozořice, Viniční Šumice, Kovalovice, Velatice, Mokrá, Moravské Knínice, Lipůvka, Ostopovice, Troubsko, Troubsko – osada Veselka

V průběhu roku 2016 bylo od uvedených obcí převzato přes 1 552 000 m<sup>3</sup> splaškových odpadních vod.

Město Brno umožňuje svojí polohou gravitační (spádový) způsob odvádění odpadních vod, přičemž více jak 2/3 rozlohy území města je odkanalizováno jednotnou kanalizační soustavou. Pouze okrajové části města s novou výstavbou mají vybudovaný oddílný systém odkanalizování s dopravou odpadních vod jak gravitačním způsobem, tak pomocí výtlačných kanalizačních řadů, přičemž dešťové vody jsou odváděny do recipientů (Brněnské vodárny a kanalizace, a. s., 2016).

*Tabulka 8: Údaje o kanalizační síti města Brna k 31. 12. 2016 (Brněnské vodárny a kanalizace, a. s., 2016).*

Délka kanalizační sítě v Brně (bez přípojek)	1134 km
Délka jednotné kanalizační soustavy	519 km
Délka splaškové kanalizační soustavy	337 km
Délka dešťové kanalizační soustavy	278 km
Počet kanalizačních přípojek	56 910 ks
Délka kanalizačních přípojek	642 km
Počet připojených obyvatel	421 617
Celkové množství vypouštěných odpadních vod do kanalizace za rok 2016	34 041 519 m <sup>3</sup>



#### **4.1.1.2 Situování kmenových stok na stokové síti v Brně**

Základ stokové sítě města Brna tvoří šest kmenových stok, které jsou doplněny systémy hlavních splaškových sběračů, zajišťujících odvodnění jednotlivých povodí. Na splaškové sběrače navazují uliční stoky, zabezpečující detailní odkanalizování povodí (Obr. 8). Hlavní kmenové stoky jednotného systému jsou označeny písmeny „A – E“ a vedou podél řek Svratky a Svitavy (Brněnské vodárny a kanalizace, a. s., 2016).

##### ***Kmenová stoka A (pravobřežní svratecká)***

Kmenová stoka A je situována při pravém břehu řeky Svratky, její začátek je na území městské části Staré Brno, ve své trase podchází před ČOV šybkou řeku a následně je přes čerpací stanici napojena na čistírnu odpadních vod v Modřicích.

Typ kanalizační soustavy: jednotná

Celková délka: 7,6 km

Odvodňované území: město Modřice, Přízřenice, Dolní a Horní Heršpice, Staré Brno, Bohunice, Starý Lískovec, Štýřice

##### ***Kmenová stoka B (levobřežní svratecká)***

Patří k nejdůležitějším kmenovým stokám, zajišťující odkanalizování rozsáhlého povodí. Kmenová stoka B začíná u Brněnské přehrady a v k.ú. Dolní Heršpice se při ulici Kaštanová napojuje do kmenové stoky D na pravém břehu řeky Svitavy.

Typ kanalizační soustavy: jednotná, částečně splašková (Bystrc)

Celková délka: 15,92 km

Odvodňované území: Komárov, střed města, část Starého Brna, Stránice, Pisárky, Nový Lískovec, Kohoutovice, Jundrov, Žabovřesky, Komín, Bystrc, Kníničky část zástavby kolem Brněnské přehrady a Rozdrojovice

##### ***Kmenová stoka C***

Jedná se o nejdelší kmenovou stoku v rámci kanalizační sítě města Brna. Kmenová stoka zajišťuje také odkanalizování města Kuřim, které je napojeno přes čerpací stanici odpadních vod. Stoka C je následně napojena do kanalizačního povodí kmenové stoky D mezi ulicemi Křenovou a Hladíkovou na pravém břehu Svitavy. Retenční nádrž umístěná na kmenové stoce C

má dostatečnou akumulaci kapacitu pro zadržení odlehčených vod, bez možnosti přepadu do recipientu.

Typ kanalizační soustavy: jednotná

Celková délka: 16,78 km

Odvodňované území: Ponava, Královo pole, Medlánky, Řečkovice, Trnitá, střed Brna, Zábřdovice, Mokrý hora, Ořešín, Útěchov, Cacovice, město Kuřim, obce Lipůvka, Moravské Knínice, Česká

### ***Kmenová stoka D (pravobřežní svitavská)***

Kmenová stoka D začíná v městské části Husovice. Nedaleko od dálnice D2 u OC Avion podchází přes řeku Svitavu a napojuje se do kmenové stoky E.

Typ kanalizační soustavy: jednotná

Celková délka: 7,46 km

Odvodňované území: Lesná, Černá pole, Husovice, Zábřdovice, Trnitá, Komárov, Horní a Dolní Heršpice

### ***Kmenová stoka E (levobřežní svitavská)***

K negativním vlastnostem této kmenové stoky s přímým napojením na čistírnu odpadních vod, patří vysoké znečištění odpadních vod odváděných kanalizační soustavou. Znečištění je především z důvodu napojení průmyslových závodů zabývajících se strojírenskou výrobou. Na kmenovou stoku E se 2 km před napojením do čistírny odpadních vod napojuje kmenová stoka D a sběrač AI.

Typ kanalizační soustavy: jednotná

Celková délka: 13,06 km

Odvodňované území: Brněnské Ivanovice, Černovice, Slatina, Juliánov, Židenice, Maloměřice, Obřany

### ***Kmenová stoka F (slatinská)***

Patří k jediné kmenové stoce na území města Brna, která je čistě splašková. Její začátek je v místě retenční nádrže při ulici Trnkova. Stoka dále pokračuje areálem bývalého závodu Zetor, kde podchází ve štole Stránskou skálu, následně prochází kolem areálů na Černovicích terasách směrem na městskou část Tuřany a Chrlice. Napojení na čistírnu odpadních vod je přes čerpací stanici v areálu ČOV. Souběžně se splaškovou kmenovou stokou je v úseku čtyř km vedena dešťová kmenová stoka s vyústěním do vodního toku Ivanovického potoka.

Typ kanalizační soustavy: oddílná

Celková délka: 6,24 km

Odvodňované území: městská část Líšeň, Vinohrady, Slatina, Brněnské Ivanovice, Holásky, Chrlice, Tuřany a obce tzv. „Šlapanicka“

Na kmenové stoky dále navazují kmenové sběrače, které společně s hlavními kanalizačními stokami zajišťují odvodnění jednotlivých povodí:

### ***Kanalizační sběrač AI (leskavský)***

Splašková stoka vede podél břehu potoka Leskavy od zaústění na KS „E“ do Bosonoh a její délka je 7 km.

Odvodňované území: Starý a Nový Lískovec, Bohunice, Bosonohy, Horní Heršpice.

### ***Kanalizační sběrač BI (štola pod Žlutým kopcem)***

V současnosti jednotná, výhledově splašková stoka v délce 1,9 km, vede z ulice Kamenomlýnské na ulici Poříčí se napojuje do kmenové stoky B.

Odvodňované území: Bystrc, Komín, Žabovřesky, Kohoutovice, Jundrov, Pisárky

### ***Kanalizační sběrač CI (kuřimský)***

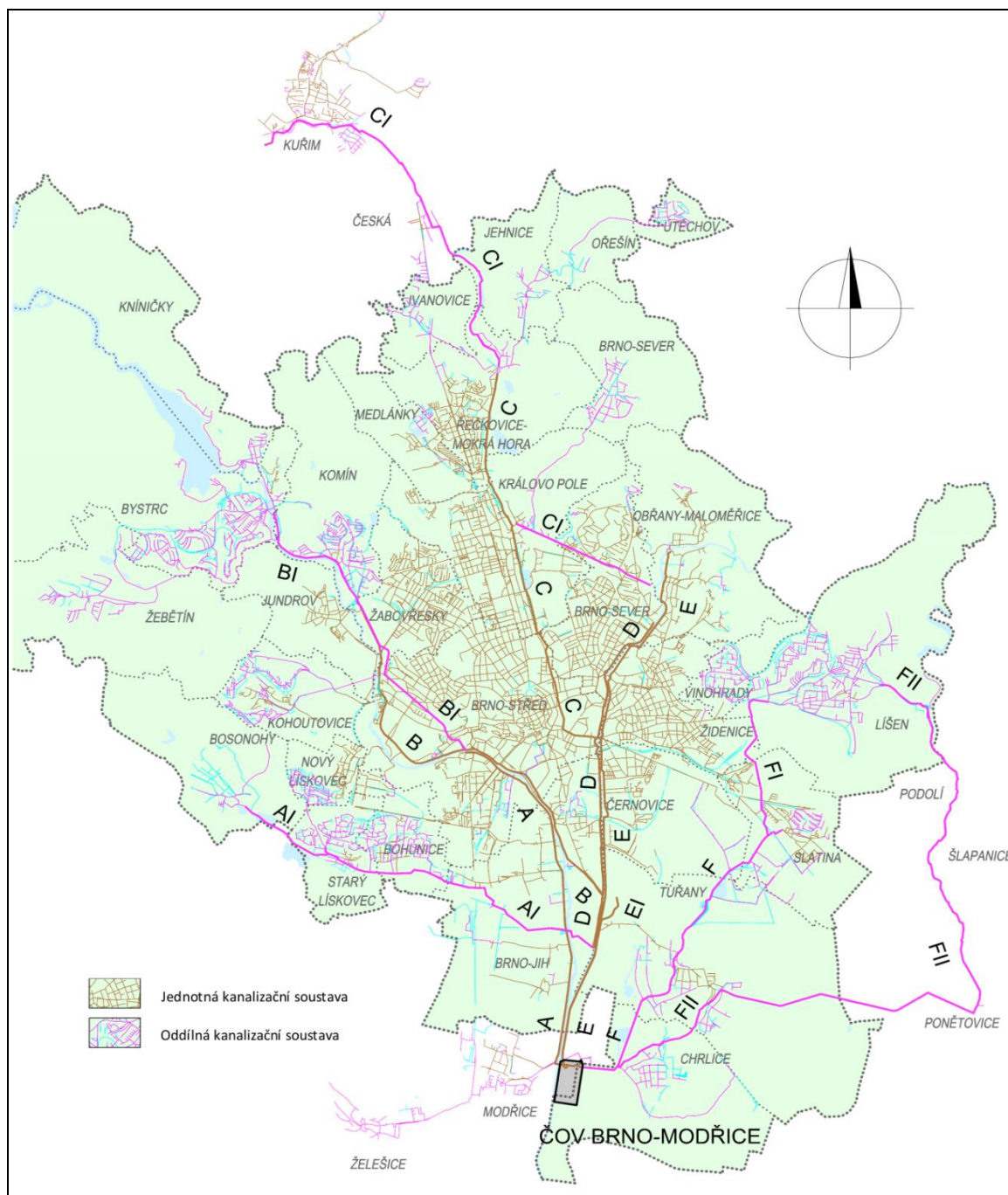
Zajišťuje odkanalizování města Kuřim přes čerpací stanici, následně se v Řečkovících napojuje do kmenové stoky C

Odvodňované území: Kuřim, Lipůvka, Moravské Knínice, Řečkovice, Mokrý hora, Ořešín, Jehnice

### **Kanalizační sběrač FII (líšeňský)**

Splašková stoka v provozní délce 15 km.

Odvodňované území: Židenice, Vinohrady, Líšeň, Podolí, Bedřichovice, Šlapanice a obce z regionu „Šlapanicko“.



Obr. 8 Schéma kmenových stok a kanalizačních sběračů města Brna (Brněnské vodárny a kanalizace, a. s., 2016)

## 4.1.2 Čistírna odpadních vod v Brně – Modřicích

Čistírna odpadních vod pro město Brno a města a obce, napojené na kanalizační síť města Brna je umístěna pod soutokem řek Svatky a Svitavy na území měst Brna a Modřic.

### 4.1.2.1 Základní údaje o čistírně odpadních vod

Čistírna odpadních vod v Brně - Modřicích je mechanicko - biologická čistírna s nitrifikačním a denitrifikačním stupněm čištění a simultánním (biologicky nebo chemickým) srážením fosforu.

Čistírna odpadních vod je vybudována na zatížení 630 000 EO

Název toku: Svatka, 39,8 ř. km

$$Q_{\text{prům.}} = 1950 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$$

$$Q_{\text{max.}} = 4222 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$$

### 4.1.2.2 Mechanický stupeň čištění odpadních vod

Surová odpadní voda je na čistírnu odpadních vod v Brně - Modřicích přiváděna třemi kmenovými stokami, přičemž hlavní kmenová stoka E se v areálu čistírny napojuje přes odlehčovací komoru, která chrání technologii ČOV v případě mimořádných srážkových událostí. K odlehčení odpadních vod na přítoku dochází při překročení  $Q_{\text{max}} = 4222 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$ . Odpadní vody přepadají z odlehčovací komory do dešťové zdrže o kapacitě  $10\,700 \text{ m}^3$ . Po opadnutí dešťové události jsou akumulované odpadní vody z dešťové zdrže přečerpány zpět do ČOV. V případě překročení kapacity dešťové zdrže dochází k odlehčení nařaděných odpadních vod do recipientu. Kmenové stoky A, F se napojují přes čerpací stanice odpadních vod v místě nátokové komory u lapáků štěrku, umístěných před objektem česlovny.

Mechanické předčištění čistírny odpadních vod v Brně - Modřicích se skládá z lapáku štěrku, česlí k zachycení nerozpuštěných plovoucích látek a lapáku písku se separací tuku flotací. Následně je odpadní voda přiváděna šnekovými čerpadly do rozdělovacího objektu s nátokem do šesti usazovacích nádrží. Hlavní funkcí mechanického předčištění je ochrana dalšího stupně procesu čištění, především zabránění vniknutí nežádoucích nerozpuštěných látek a materiálů do biologického procesu čištění (Brněnské vodárny a kanalizace, a. s., 2016).

#### **4.1.2.3 Biologický stupeň čištění odpadních vod**

Biologická část čištění odpadních vod je řešena jako aktivace s předřazenou denitrifikací. Biologický reaktor je rozdělen do čtyř samostatných drah. Odpadní voda je přiváděna do anoxické zóny, kde dochází k předřazené denitrifikaci. Následují dvě kombinované zóny, ve kterých probíhá nitrifikace a denitrifikace. První zóna má pevně nastavené časy nitrifikace a denitrifikace, druhá je řízena systémem dle aktuálního zatížení. Přisun vzduchu je zajišťován jemnobublinnou aerací pomocí dmýchadel. K chemickému srážení fosforu je v biologické části používán síran železitý. Odpadní vody jsou z aktivačních nádrží odváděny do šesti dosazovacích nádrží pro zajištění usazení a oddělení aktivovaného kalu od biologicky vyčištěné odpadní vody, která je následně přes odtokový objekt odváděna do řeky Svratky (Brněnské vodárny a kanalizace, a. s., 2016).

#### **4.1.2.4 Kalová linka**

Zajišťuje u čistírny odpadních vod technologické operace spojené s úpravou a zpracováním čistírenských kalů. Cílem je snížení celkového množství produkovaného kalu a zabezpečení dostatečné hygienizace umožňující další nakládání s tímto vedlejším produktem čištění. Kalová linka čistírny odpadních vod v Brně - Modřicích je tvořena zahušťovací nádrží primárního kalu, flotačním zahušťovačem pro přebytečný kal, zahušťovacími síty, homogenační směšovací nádrží, anaerobním reaktorem, uskladňovacími nádržemi a zařízením pro odvodnění a sušení kalu.

Primární kal je čerpán do gravitačních zahušťovacích nádrží, odkud je kal dopravován do směšovací nádrže a odsazená voda je vracena zpět do usazovacích nádrží. Z aktivačních nádrží je přebytečný biologický kal zahušťován ve flotační jednotce s následným sycením vzduchem. Ke smísení primárního a přebytečného kalu dochází ve směšovací nádrži, odkud je kal následně čerpán do anaerobního reaktoru. Doba zdržení kalu v anaerobním reaktoru je přibližně 22 dnů. Z uskladňovacích nádrží je kal čerpán k odvodnění na odstředivkách s následným sušením, umožňující další činnosti, spojené s jeho nakládáním (Brněnské vodárny a kanalizace, a. s., 2016).

#### **4.1.2.5 Plynové hospodářství**

Při procesu čištění vzniká v anaerobních reaktorech bioplyn, který je nutné zpracovat. Z anaerobních reaktorů je plyn čerpán do dvoumembránových plynojemů a následně je vyu-

žíván pro výrobu elektrické energie v kogenerační jednotce, přebytečný plyn je spalován v hořácích (Brněnské vodárny a kanalizace, a. s., 2016).

#### 4.1.3 Vodní toky v urbanizovaném území

Městem Brnem protékají dvě významné jihomoravské řeky Svratka a Svitava, v místě katastrálního území Přízřenice dochází k soutoku obou vodních toků. Součástí řek Svratky a Svitavy jsou i přítoky drobných vodních toků na území města Brna.

##### Významné přítoky Svratky a Svitavy:

Potok Vrbovec, Žebětínský potok, Leskava, Mlýnský náhon, Moravanský potok, Svitavský náhon, Obrňanský potok, Ponávka, Ivanovický potok, Medlánecký potok, Tuřanský potok, Dvorský potok a Líšeňský potok.

K značným nevýhodám řek Svratky a Svitavy z hlediska kvality ve vztahu k možnosti vypouštění naředěných odpadních vod z odlehčovacích komor patří především malá vodnatost obou vodních toků při průtoku městem.

Kanalizační soustava ovlivňuje čistotu vodních toků protékajících městem Brnem:

- Přepadem (naředěných) odpadních vod z jednotné kanalizační soustavy přes odlehčovací komory
- Dešťovými stokami oddílné kanalizační soustav s vyústěním do toku
- Zbytkovým znečištěním u vypouštěných vyčištěných vod z čistírny odpadních vod (Generel odvodnění města Brna 2010)

##### 4.1.3.1 Kvalita vody ve vodních tocích nad a pod městem Brnem v bezdešti

*Tabulka 9: Sledování kvality vody ve vodních tocích nad a pod městem Brnem za bezdešti (Generel odvodnění města Brna, 2010)*

Svratka	Sledované ukazatele [ $\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$ ]					
	BSK <sub>5</sub>	CHSK <sub>Cr</sub>	NL	NH <sub>4</sub>	N <sub>celk</sub>	P <sub>celk</sub>
nad městem Brnem	2,9	17	8	0,1	4,1	0
pod městem Brnem	2,5	14,3	17,6	0,2	3,8	0,2

*Tabulka 10: Sledování kvality vody ve vodních tocích nad a pod městem Brnem za bezdeště (Generel odvodnění města Brna, 2010)*

Svitava	Sledované ukazatele [ $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ ]					
	BSK <sub>5</sub>	CHSK <sub>Cr</sub>	NL	NH <sub>4</sub>	N <sub>celk</sub>	P <sub>celk</sub>
nad městem Brnem	1,9	13,1	9	0,1	5,7	0,2
pod městem Brnem	2,9	15,9	19,4	0,2	5,1	0,9

#### **4.1.3.2 Kvalita vody ve vodních tocích nad a pod městem Brnem za deště**

Při vyhodnocení vlivu kanalizační soustavy na kvalitu vodních toků, byla v rámci podkladů pro Generel odvodnění města Brna zpracována studie znečištění toků nad a pod městem Brnem při návrhové srážce (Tabulka 11, Tabulka 12).

*Tabulka 11: Sledování kvality vody ve vodních tocích nad a pod městem Brnem za deště (Generel odvodnění města Brna, 2010)*

Svratka	Sledované ukazatele [ $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ ]					
	BSK <sub>5</sub>	CHSK <sub>Cr</sub>	NL	NH <sub>4</sub>	N <sub>celk</sub>	P <sub>celk</sub>
nad městem Brnem	2,9	17,4	11	0,1	4,6	0
pod městem Brnem	85,2	267,9	308	6,9	18,6	2

*Tabulka 12: Sledování kvality vody ve vodních tocích nad a pod městem Brnem za deště (Generel odvodnění města Brna, 2010)*

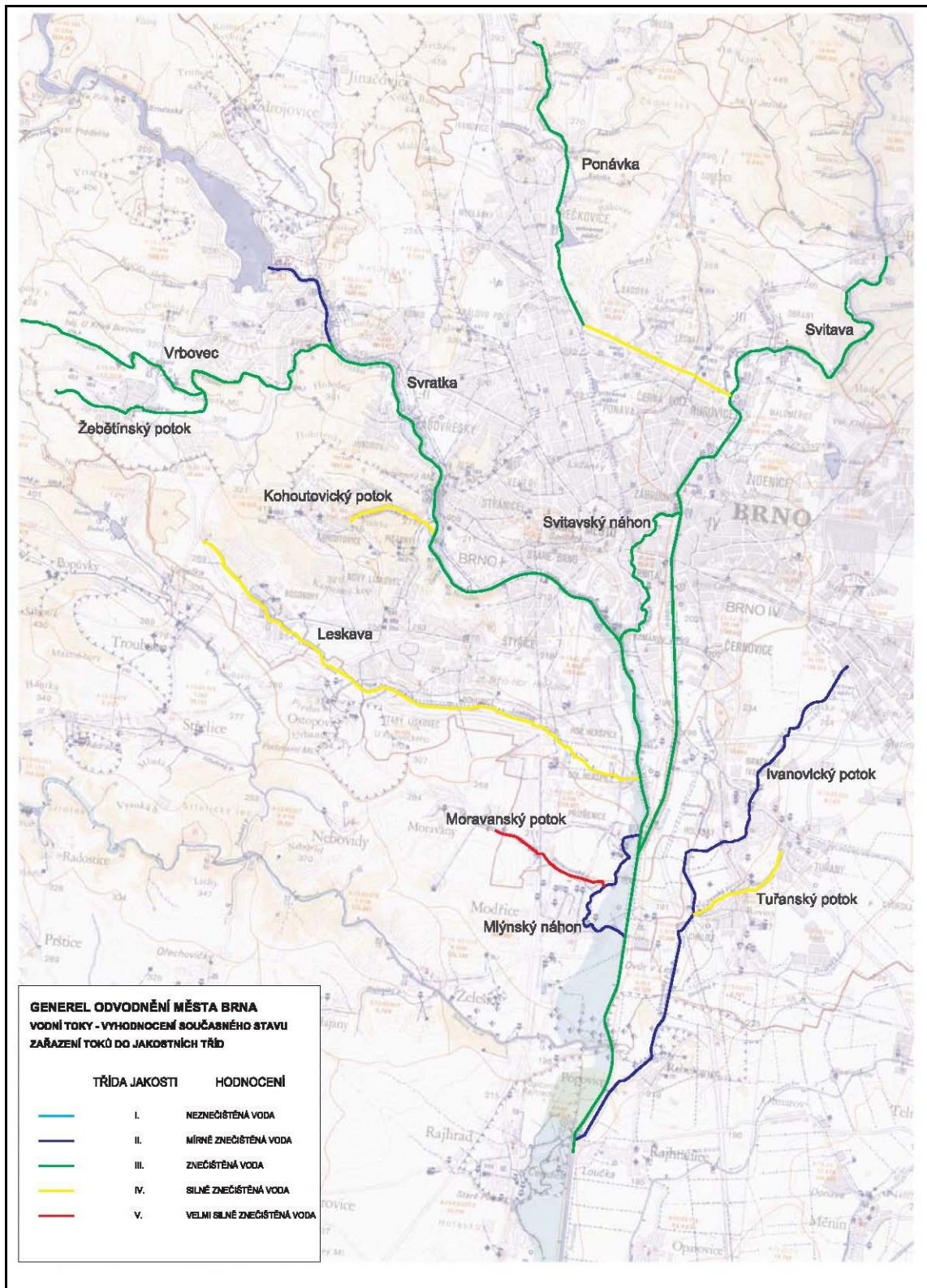
Svitava	Sledované ukazatele [ $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ ]					
	BSK <sub>5</sub>	CHSK <sub>Cr</sub>	NL	NH <sub>4</sub>	N <sub>celk</sub>	P <sub>celk</sub>
nad městem Brnem	2	16,6	15,1	0,2	5,7	0,3
pod městem Brnem	103,6	393,6	658,8	5,1	20,9	2,9

#### **4.1.3.3 Kvalita vody na soutoku Svratky a Svitavy pod městem Brnem**

*Tabulka 13: Sledování kvality vody na soutoku Svratky a Svitavy v letech 2013 – 2015 (Brněnské vodárny a kanalizace, a.s., 2016)*

Soutok řek Svratky a Svitavy	Sledované ukazatele [ $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ ]					
	BSK <sub>5</sub>	CHSK <sub>Cr</sub>	NL	NH <sub>4</sub>	N <sub>celk</sub>	P <sub>celk</sub>
2013	2,6	13	13,7	0,12	4,69	0,18
2014	2,9	18	19,2	0,19	3,88	0,24
2015	2,3	18	8,1	0,09	4,29	0,17





Obr. 9 Schéma vyhodnocení jakostních tříd vodních toků (Generel odvodnění města Brna, 2010)

## **4.2 Vliv srážkových vod na provozování kanalizační soustavy a čistírny odpadních vod města Brna**

### **4.2.1 Popis současné problematiky při odvádění srážkových vod jednotnou kanalizační soustavou**

Způsob odkanalizování města Brna vychází z historicky přijaté koncepce odvodnění zájmového území, kdy převážná část města je odkanalizována jednotnou kanalizační soustavou, která zajišťuje odvádění splaškových, dešťových a průmyslových odpadních vod na čistírnu odpadních vod v Modřicích.

Vliv urbanizace, především bytová a občanská výstavba společně s rozvojem dopravní infrastruktury způsobují zvyšování podílu nepropustných ploch s výsledným zamezením přirozené infiltrace srážkových vod. V případě mimořádných srážkových událostí tak dochází k okamžitému odtoku těchto vod do jednotné kanalizační soustavy města.

Pro zajištění odvodnění zpevněných ploch tak vzniká požadavek na odvedení velkého množství srážkových vod historicky vybudovanou jednotnou kanalizační soustavou města. Splnění uvedeného požadavku na odkanalizování vede k přetížení hlavních kmenových stok především v době mimořádných srážkových událostí. Tento negativní vliv se projevuje přepadem nařazených odpadních vod přes odlehčovací komory do recipientů Svratky a Svitavy. Malá vodnatost a znečištění obou vodních toků společně s množstvím přepadů z historicky vybudovaných odlehčovacích komor na kmenových stokách v době srážkových událostí patří k hlavním problémům při odvádění srážkových vod jednotnou městskou kanalizační soustavou (Brněnské vodárny a kanalizace, a. s., 2016).

V roce 2014 byla dokončena I. etapa rekonstrukce a dostavby kanalizační sítě města Brna, zaměřená na dobudování splaškové kanalizace v částech Brna, kde dosud byla pouze dešťová kanalizace, do které byly historicky napojeny i splaškové odpadní vody z domácností, nebo bylo z koncepčních důvodů nutné rozdělit stávající jednotnou kanalizaci na oddílný systém. Tato akce byla realizována za přispění dotace z fondů EU.

Součástí I. etapy rekonstrukce a dostavby kanalizační sítě města Brna, byla realizace technických opatření, která výhledově zajistí u vybraných odlehčovacích komor splnění požadavku na minimální poměr ředění 1 + 20 (poměr ředění splaškových a dešťových vod při začátku přepadu z odlehčovací komory do recipientu). U odlehčovacích komor, kde nebylo technicky možné dosáhnout požadovaného poměru ředění a množství objemu přepadlých odpadních vod bylo z hlediska čistoty vodních toků významné, byla realizována výstavba retenčních

nádrží na kmenových stokách. V rámci II. Etapy rekonstrukce a dostavby kanalizační sítě města Brna probíhá příprava výstavby dvou retenčních nádrží o celkovém objemu 46 300 m<sup>3</sup>.

V současné době je na kmenových stokách 82 ks odlehčovacích komor a 10 retenčních nádrží o celkovém akumulacním objemu 197 437 m<sup>3</sup> (Brněnské vodárny a kanalizace, a. s., 2016).

Pro vyhodnocení funkce odlehčovacích komor se uvažuje s požadavkem na dodržení:

- počtu přepadů max. 7 přepadů za rok
- minimálního poměru ředění 1+20

*Tabulka 14: Přehled odlehčovacích komor na stokové síti města Brna, včetně údajů o poměru ředění dle platného Kanalizačního řádu města Brna (Brněnské vodárny a kanalizace, a. s., 2016)*

recipient	kmenová stoka	označení	název	ředící poměr	
				projekt	skutečnost
Svratka	A	OKA1	Táborského nábr.	1+5	1+26,8
		OKA2	Vídeňská	1+5	1+21,3
		OKA3	Renneská	1+4	1+17,7
		OKA4	Železniční stavitelství	1+3	1+9
		OKA5	Vodařská	1+3	1+15,4
		OKA6	Kšírova	-	1+58,4
		OKA8	Sokolova most	dle manipulačního řádu	
		OKA9	Pod Sokolovou	1+3	1+15,7
		OKA10	Přízřenice pod jezem	dle manipulačního řádu	
		OKA11	Modřice naproti ČOV	1+2	nepřepadá
	B	OKB0	Kníničská	-	-
		OKB1	Veslařská před shybkami	-	-
		OKB2	Veslařská u školy	-	1+36,9
		OKB2A	Kamenomlýnská	-	nepřepadá
		OKB3	Riviera	1+15	nepřepadá
		OKB4	Poříčí u ROS, a.s.	1+12	nepřepadá
		OKB5	Poříčí u lávky	1+5	1+8,3
		OKB6	Poříčí u PeadF	1+5	nepřepadá
OKB7	Uhelná - stará	1+5	1+6,7		

recipient	kmenová stoka	označení	název	ředící poměr		
				projekt	skutečnost	
Svratka	B	OKB8	Uhelná - nová	-	1+16,3	
		OKB9	Jeneweinova u shybek	dle manipulačního řádu		
		OKB8A	Jeneweinova Svratka	dle manipulačního řádu		
		OKB8B	Jeneweinova náhon	dle manipulačního řádu		
		OKB10	Kšírova	1+5	1+11,3	
		Kohoutovický potok	OKK2	Libušino údolí	-	-
			OKK1	Šárka	-	2+47
			OKK3	Ant. Procházky	-	1+95
		Svratka	OKB3A	Čertík	-	1+36
OKB3B	Pod nemocnicí		-	1+33,8		
Ponávka	C	OKC1	Hradecká - horní	1+4	1+2,4	
		OKC2	Hradecká - dolní	1+4	1+13,5	
		OKC3	Novoměstská I	-	-	
		OKC3A	Novoměstská II	-	1+42,5	
		OKC4	Dalimilova	1+4	1+22,1	
Svitavský náhon	OKC6	Vlhká	-	1+15		
Ponávka-štola	OKC1-1	Třískalova - separátor	-	1+15,2		
Medlánecký potok	OKC2B	Jabloňová II	-	1+13,4		
	OKC2A	Jabloňová I	-	-		
Svitava náhon	D	OKD1	Valchařská	1+14	1+54,7	
Svitava		OKD2	Tomkovo náměstí	1+14	1+12	
		OKD5	Dačického	1+2,24	1+26,6	
		OKD6	Svitavská	1+12	1+11,3	
		OKD6A	Tišnovská	-	-	
		OKD7	Tkalcovská	-	1+19	
		OKD9	Mlýnská	-	1+22,2	
		OKD10	Kratina	-	1+19,1	
		OKD10A	Kratina II	-	-	
		OKD11	Královka - Kaštanová	-	1+6	
		OKD12	Královka – staré shybky	-	mimo provoz	

recipient	kmenová stoka	označení	název	ředící poměr	
				projekt	skutečnost
Svitava	E	OKE1	Břehová	1+4	1+6
		OKE2	Cacovice - Zázmolí	-	nepřepadá
		OKE	Cacovice pod jezem	1+3	1+1,5
		OKE3A	Hamry	dle manipulačního řádu	
		OKE4	Franzova- pod jezem	1+3	1+2,4
		OKE5	Dolnopolní	1+3	1+7,4
		OKE6	Baarovo nábřeží	1+3	1+8,3
		OKE7	Zbrojovka	1+3	1+9,1
		OKE8	1.BS – u vlečky	1+3	1+7,7
		OKE9	1.BS Olomoucká	1+3	1+8,3
		OKE10	Hladíkova	1+3	1+4,4
		OKE11	Spojka	1+3	1+10,7
		OKE12	„naproti mrazírně“	1+3	1+129
		OKE13	Mírova	-	1+6,9
		OKE14	Ráječek	dle manipulačního řádu	
		OKE15	Kaštanová – most	-	1+6,2
		OKE16	Královka – staré shybky	-	-
		OKE7A	Bubeníčková	-	1+25,6
		OKE17	OK ČOV	-	1+1,7
		E9A	Ostravská	-	-
OKE22	Kaštanová pod Te-slou	-	-		
Ivanovický potok	FI	OKF1	Jiřinová	-	1+7,3
		OKD8	Vlárská	-	-
		OKF1-2	Tuřanka	-	1+10,5
		OKF1-1	Langrova	-	1+21,8
Tuřanský potok	FII	OKF2-3	Farní	-	-
		OKF2-4	Tuřanské náměstí	-	-
Říčka		OKF2-1	Líšeň - Trnkova	-	-
		OKF2-2	Horákovská	-	-
		OKA1-2	Spodní	-	1+151,4
		OKA1-3	Vyhlídalova	-	1+56,1
		OKA1-1	Čermákova	-	1+34,9

Z přehledu je zřejmé, že většina odlehčovacích komor splňuje požadavek na předepsaný poměr ředění, s výjimkou čtyř komor. U převážné části odlehčovacích komor však není sou-

časně docíleno splnění požadavku výhledového stavu na minimální poměr ředění 1 + 20 na přepadu do recipientu.

### ***Kmenová stoka A***

Na kmenové stoce A je celkem 11 odlehčovacích komor, u kterých docházelo k častým přepadům velkého objemu odpadních vod do recipientu při dešťových událostech. Koncentrační hodnoty znečištění dle stanoveného poměru ředění vodoprávním úřadem nejsou překročeny. V minulosti patřily k problematickým odlehčovací komory OKA8 při ulici Sokolova a OKA10 v místě Přízřenického jezu. Uvedená problematika odlehčovacích komor byla odstraněna v roce 2014 výstavbou dvou retenčních nádrží o celkovém objemu 10 500 m<sup>3</sup> na kmenové stoce A. Současně byl snížen objem přiváděných odpadních vod při mimořádných srážkových událostech na OKE 17 před čistírnou odpadních vod.

### ***Kmenová stoka B***

Na kmenové stoce B je celkem 19 odlehčovacích komor. U kmenové stoky dochází při zvýšeném průtoku řeky Svratky k nátoku říčních vod do kanalizační sítě v místě odlehčovací komory OKB8 při ulici Uhelná. V lokalitě Komárovské nábřeží docházelo v minulosti k největším přepadům odpadních vod v rámci kanalizační sítě, objem přepadlých odpadních vod představoval, až 49 % celkového množství přepadů na kmenové stoce B. Výstavbou retenční nádrže Jeneweinova o celkovém objemu 8 600 m<sup>3</sup> v roce 2013 bylo docíleno snížení množství přepadů.

### ***Kmenová stoka C***

Kmenová stoka nepřináší do hlavních recipientů výrazné znečištění, problematické je vyústění odlehčovacích komor do drobných vodních toků v povodí říčky Ponávky a neumožnění realizace nápravných opatření v rámci stávající zástavby v centru Brna. Jedná se především o odlehčovací komoru OKC6 na ulici Vlhká s napojením do Svitavského náhonu.

### ***Kmenová stoka D***

V současnosti patří k nejproblematictějším odlehčovacím komorám OKD11 – Královka, kde po soutoku s kmenovou stokou B dochází k největšímu počtu přepadů v rámci všech kmenových stok. V roce 2016 byly zahájeny přípravné práce pro výstavbu retenční nádrže o

celkovém objemu 22 500 m<sup>3</sup>. Výstavbou uvedené retenční nádrže bude docíleno snížení množství přepadů z odlehčovací komory do recipientu Svitavy a současně bude sníženo množství odpadních vod přiváděné na OKE 17 před ČOV Modřice v době mimořádných srážkových událostí.

### ***Kmenová stoka E***

V kanalizačním povodí kmenové stoky E patří k problémovým několik odlehčovacích komor, a to OKE3, OKE13, OKE8, ale především nejvíce vytížená odlehčovací komora před ČOV OKE17, kdy dochází k odlehčení množství odpadních vod, které převyšuje kapacitu ČOV a dešťové zdrže o objemu 10 700 m<sup>3</sup>. Výstavbou retenčních nádrží na jednotlivých kmenových stokách by mělo být dosaženo snížení celkového zatížení OKE17. K dnešnímu dni byla realizována výstavba retenčních nádrží Ráječek o objemu 2000 m<sup>3</sup> a Hamry 800 m<sup>3</sup>.

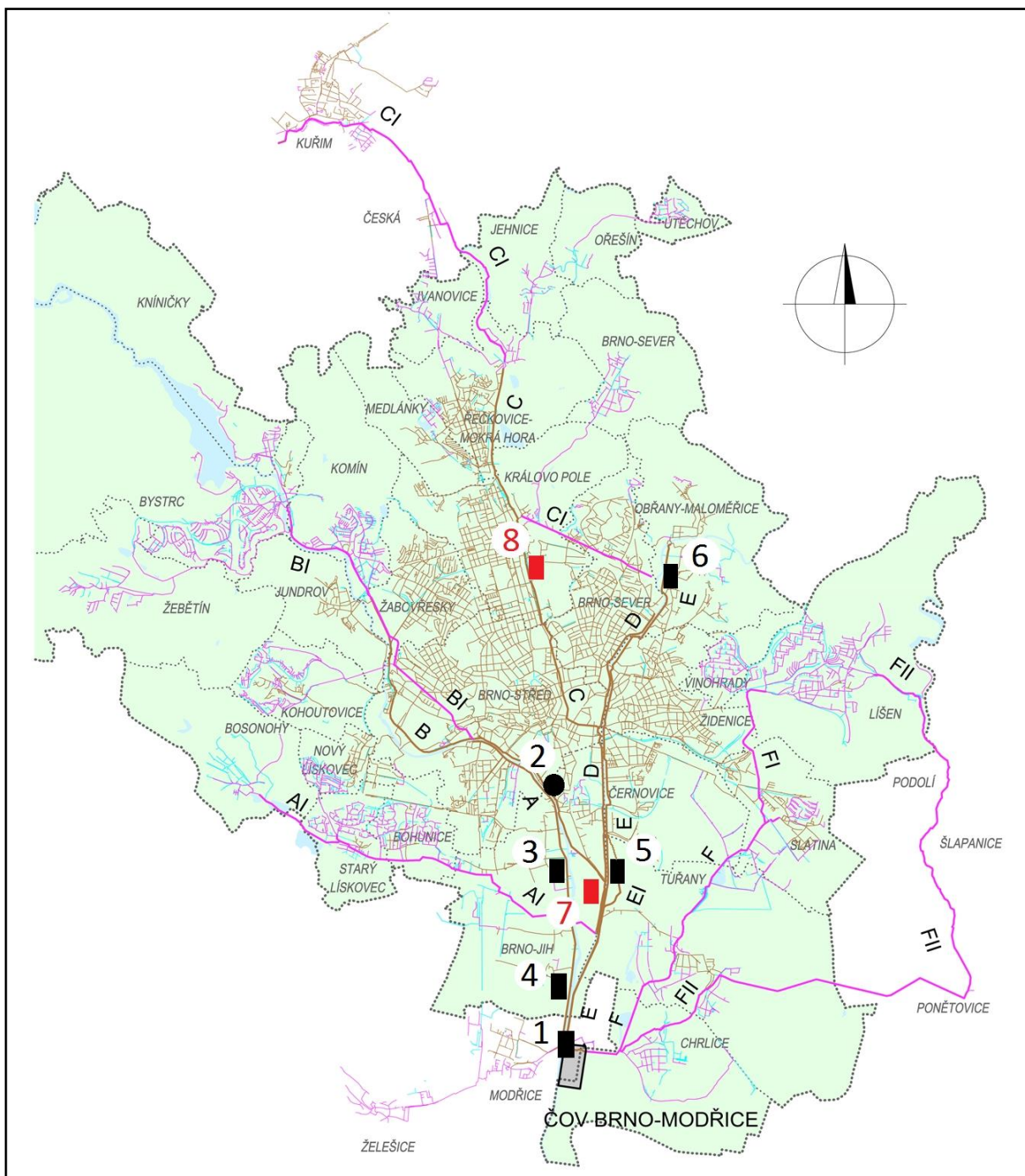
### ***Kmenová stoka F***

Kmenová stoka F patří k oddílné kanalizační soustavě zajišťující odvádění produkovaných odpadních vod dle jejich druhu. U dešťové kmenové stoky F nedochází k výraznému ovlivnění brněnských toků a to jak kvalitou vypouštěných dešťových vod, tak jejich množstvím. Množství dešťových vod je regulováno přes retenční nádrže Trnkova, Černovické terasy o celkovém akumulacním objemu 148 200 m<sup>3</sup>. U splaškové kmenové stoky F dochází k negativnímu vlivu přetížení kanalizační soustavy z důvodu nátok dešťových vod ze sídlišť Vinohrady, Líšeň a Slatina, způsobeného historicky při jejich výstavbě.

*Tabulka 15: Přehled významných retenčních nádrží na kanalizační soustavě města Brna (Brněnské vodárny a kanalizace, a. s., 2016)*

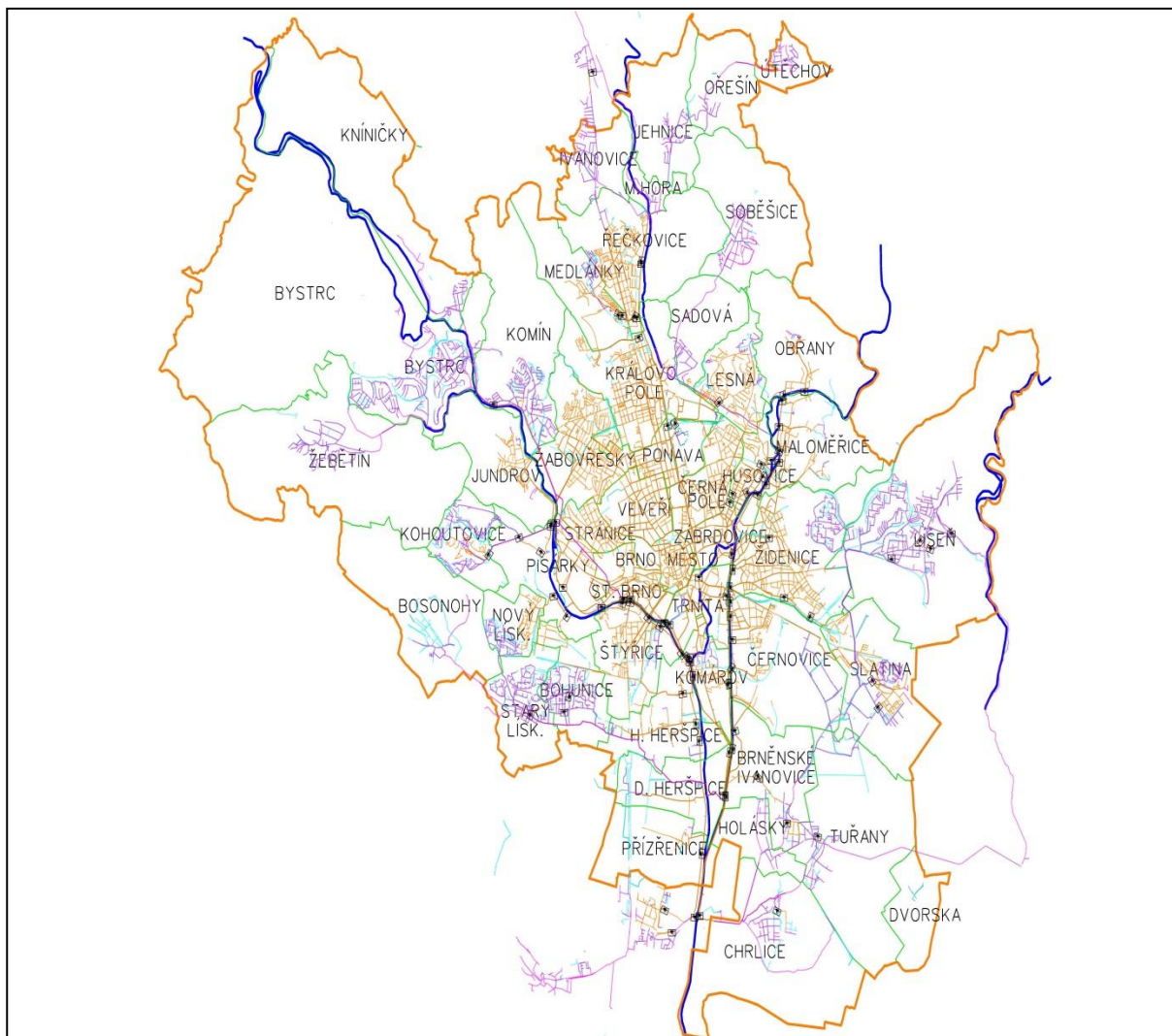
<b>č.</b>	<b>název retenční nádrže</b>	<b>akumulační objem [m<sup>3</sup>]</b>
1	ČOV Brno - Modřice	10 500
2	Jeneweinova	8 600
3	Sokolova	5500
4	Přízřenický jez	5000
5	Ráječek	2000
6	Hamry	800
7	Královka (RN v přípravě výstavby)	22 500
8	Červený mlýn (přestavba stávající RN)	23 800





Obr. 10 Přehled významných retenčních nádrží na kanalizační soustavě města Brna (Brněnské vodárny a kanalizace, a. s., 2016)





Obr. 11 Přehled odlehčovacích komor na kanalizační soustavě města Brna (Brněnské vodárny a kanalizace, a. s., 2016)

#### 4.2.2 Popis současné problematiky při odvádění srážkových vod oddílnou kanalizační soustavou

V okrajových částech města Brna a v místech, kde proběhla dostavba městské kanalizační sítě je vybudovaný oddílný systém kanalizační soustavy. Uvedený způsob odkanalizování je však závislý na několika faktorech, k těm nejdůležitějším patří možnost napojení dešťové kanalizace do recipientu a splnění kvalitativních požadavků pro vypouštění těchto vod do vod povrchových dle zákona č. 254/2001 Sb. o vodách.

Z provozních zkušeností je nutné konstatovat, že použití oddílné kanalizační soustavy je vhodné především u nově realizovaných obytných celků, kde je zajištěno důsledné a správné rozdělení odpadních vod u jednotlivých nemovitostí již ve fázi výstavby.

Problematičtější je však realizace oddílného systému odkanalizování v místech původní jednotné kanalizace, a to z důvodu, že vlastníci historicky napojených nemovitostí neprovedou kompletní přepojení vnitřní instalace objektů. Tato nekázeň producentů odpadních vod se následně projevuje v případě vypouštění dešťových vod do splaškové kanalizace, přetížením splaškové kanalizační soustavy v době mimořádných srážkových událostí. V opačném případě, tj. při vypouštění splaškových vod kanalizační přípojkou z nemovitosti do dešťové kanalizace dochází k znečištění recipientu.

#### 4.2.2.1 Dešťové vody z objektů a ploch určených k trvalému bydlení

Dešťové vody odváděné ze střech a ploch objektů určených k trvalému bydlení řadíme z hlediska znečištění k méně problémovým, tyto vody většinou splňují kvalitativní požadavky pro vypouštění do vod povrchových a podzemních.

K rizikovým vodám patří dešťové vody odváděné ze střech objektů, na jejichž výrobu byl použitý materiál zinek, olovo nebo měď. Uvedený materiál je rovněž využíván na výrobu střešních svodů a okapů. Provedenými laboratorními rozbory dešťových vod odváděných ze střech bylo v minulosti potvrzeno uvolňování těžkých kovů smyvem z těchto povrchů.

Tabulka 16: Obsah těžkých kovů ve srážkové vodě odváděné ze střech podle Bollera a Höflingera (1996)

Složka	Jednotka	Srážková voda	Odtok ze střechy
Kadmium (Cd)	$\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$	2,60	0,61
Měď (Cu)	$\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$	12	446
Olovo (Pb)	$\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$	43	85
Zinek (Zn)	$\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$	89	5589

V současné době se s těmito materiály pro výrobu střešních krytin, svodů a okapů již setkáváme velmi zřídka, a to z důvodu používání alternativních materiálů, u kterých je provedena například povrchová úprava, která snižuje množství uvolňovaných těžkých kovů do dešťových vod.

#### **4.2.2.2 Dešťové vody z ulic a komunikací**

Dešťové vody odváděné z ploch komunikací působí negativně na kanalizační soustavu především svým množstvím a látkovým složením. Znečištění dešťového odtoku z komunikací ovlivňuje především hustota automobilové dopravy společně s intenzitou, množstvím a dobou trvání srážkové události.

Způsoby odvodnění ploch komunikací ve městě Brně:

- Oddílnou kanalizační soustavou s vyústění dešťové kanalizace do recipientu
- Napojením dešťového odvodnění komunikace do jednotné městské kanalizační soustavy

Ve městě Brně je odvodnění hlavních komunikací řešeno samostatnými dešťovými kanalizacemi s vyústěním do recipientu. Dešťové vody odváděné z dopravně vytížených úseků komunikací nesplňují většinou svým látkovým složením požadavek pro vypouštění do vod povrchových a podzemních dle zákona č. 254/2001 Sb. a je nutné řešit jejich předčištění, které je však zajištěno pouze u nově realizovaných staveb komunikací nebo při rekonstrukci stávajících vozovek.

V historické části Brna, kde obytná zástavba neumožnila vybudování čistě oddílné kanalizační soustavy, došlo k napojení dešťových vod z komunikací do jednotné městské kanalizace. To způsobuje problémy spojené především s přetížením kanalizační soustavy v době mimořádných srážkových událostí, které se projevuje negativním vlivem na recipient při odlehčení nařazených odpadních vod přes odlehčovací komory.

Při odvádění dešťových vod z komunikací dochází rovněž k vnášení organických a anorganických látek do profilu kanalizační stoky, které se projevuje následným vznikem sedimentu na dně stoky. Z provozního hlediska patří k rizikovým především zimní období, kdy probíhá údržba a ošetření komunikací inertním materiálem.

#### **4.2.2.3 Dešťové vody odváděné z průmyslových areálů v Brně**

Zastoupení průmyslu ve městě Brně úzce souvisí s produkovaným znečištěním, které negativně působí na kvalitu vody ve vodních tocích a to především v případě historicky vybudovaných průmyslových areálů s oddílnou kanalizační soustavou, kdy tyto areálové dešťové kanalizace jsou vyústěny do recipientu.

K problematickým patří rovněž průmyslové areály, které byly historicky napojeny na městskou jednotnou kanalizační soustavu. Při odvodnění rozsáhlých ploch areálů, dochází k neregulovanému vypouštění značného množství dešťových vod při srážkové události do kanalizační sítě. Znečištění u těchto produkovaných vod odpovídá charakteru výrobní činnosti a je sledováno v rámci monitoringu producentů odpadních vod, který zajišťuje provozovatel kanalizační soustavy společnost Brněnské vodárny a kanalizace, a. s.

### **4.3 Popis současné problematiky při odvádění srážkových vod kanalizační soustavou na čistírnu odpadních vod**

Dešťové vody přiváděné společně se splaškovými vodami jednotnou kanalizační soustavou mají vliv na čistící procesy čistírny odpadních vod. Hlavní vliv je především v množství a kvalitě přiváděných odpadních vod na přítoku ČOV, které je v průběhu srážkové události proměnné a závisí především na zdrojích znečištění, intenzitě srážkové události a ročním období.

#### **4.3.1 Mechanické předčištění**

Při srážkové události dochází k zvýšení průtoku odpadních vod v profilu kanalizačních stok, to způsobuje uvolnění a pohyb sedimentů. Množství zachycených shrabků na česlích společně s množstvím nerozpuštěných látek v lapáku šterku a písku se při srážkové události několikanásobně zvýší. V případě, že není dostatečně zajištěno odstraňování materiálu, dochází k vniknutí do dalšího stupně čištění ČOV a k technickým problémům např. zanášení potrubí, abraze součástí čerpadel a potrubí.

K negativním vlastnostem patří vnos vysokého znečištění do usazovacích nádrží, které se projevuje na odtoku. Dochází také k nárůstu produkce kalu v usazovacích nádržích, který musí být odtahován. Zvýšené množství nerozpuštěných látek má pozitivní vliv na zahušťovací vlastnosti kalu (Brněnské vodárny a kanalizace, a. s., 2016).

#### **4.3.2 Biologické předčištění**

Vliv dešťových vod přiváděných na uvedený stupeň čištění ČOV je především v množství a látkovém složení vod, které ovlivňuje biomasu v aktivačních nádržích. Krátkodobé zatížení z důvodu zvýšeného množství přiváděných odpadních vod má vliv na zvýšení průtoku v aktivační nádrži s možností vyplavování biomasy do dosazovacích nádrží, k uvedenému stavu

však dochází na městské komunální čistírně odpadních vod velmi zřídka (Brněnské vodárny a kanalizace, a. s., 2016).

#### **4.3.3 Nitrifikace a denitrifikace**

K hlavním problémům patří ovlivnění aktivace teplotou a látkovým složením přiváděných odpadních vod v zimním období. Pokles teploty odpadních vod společně s vysokými koncentracemi chloridů působí negativně na nitrifikační bakterie, to způsobuje nedostatečnou oxidaci a rozložení dusíkatých látek.

#### **4.3.4 Dosazovací nádrže**

V případě maximálního hydraulického zatížení ČOV může docházet k vyplavování vloček kalu z dosazovacích nádrží z důvodu zkrácení doby zdržení, které se projevuje zhoršením kvality vyčištěných odpadních vod především u hodnot nerozpuštěných látek na odtoku do recipientu.

### **4.4 Metody odběru vzorků**

Pro vyhodnocení kvality vod byly provedeny odběry vzorků ve sledovaných lokalitách. Typ a druh odběru vzorků byl zvolen tak, aby co nejvíce reprezentoval jakost sledovaných vod v závislosti na místě a časových podmínkách. Požadované rozborů odebraných vzorků zajistily laboratoře Brněnských vodáren a kanalizací, a.s., které jsou akreditovány dle ČSN EN ISO/IEC 17025:2005, předmětem akreditace jsou chemické, biochemické, fyzikální, mikrobiologické rozborů pitných, povrchových, odpadních vod a kalů, včetně odběrů vzorků.

Typ a druh vzorku:

#### ***Prostý vzorek (pv)***

Je získán jednorázovým odběrem celého objemu vzorku. Většinou se jedná o manuálně odebrané vzorky, kdy rozbor poskytne informace o stavu jakosti analyzované vody v době odběru.

#### ***Směsný vzorek (sv)***

Jedná se o odběr dvou a více dílčích vzorků, odebraných odděleně a smíšených dle vhodně zvolených poměrů.

**Typ A** – 2hodinový směsný vzorek získaný sléváním 8 dílčích vzorků stejného objemu v intervalu 15 minut

**Typ B** – 24hodinový směsný vzorek získaný sléváním 12 objemově stejných dílčích vzorků odebraných v intervalu 2 hodin

**Typ C** - 24hodinový směsný vzorek získaný sléváním 12 objemově stejných dílčích vzorků odebraných v intervalu 2 hodin o objemu úměrnému aktuální hodnotě průtoku v době odběru vzorku (Brněnské vodárny a kanalizace, a. s., 2016).

## 4.5 Srážkoměrná data

Pro účely vyhodnocení srážkových událostí, které mají vliv na provozování jednotné kanalizační soustavy a čistírny odpadních vod města Brna, byla použita srážkoměrná data z měření provozovatele společnosti Brněnské vodárny a kanalizace, a. s..

Provozovatel brněnské kanalizační soustavy a čistírny odpadních vod má na území města Brna rozmístěno celkem 21 srážkoměrných stanic (Obr. 12), které pracují na principu překlopného člunku. Srážkoměry jsou umístěny na vodohospodářských objektech. Většina srážkoměrů je vyhřívána a provozována celoročně.

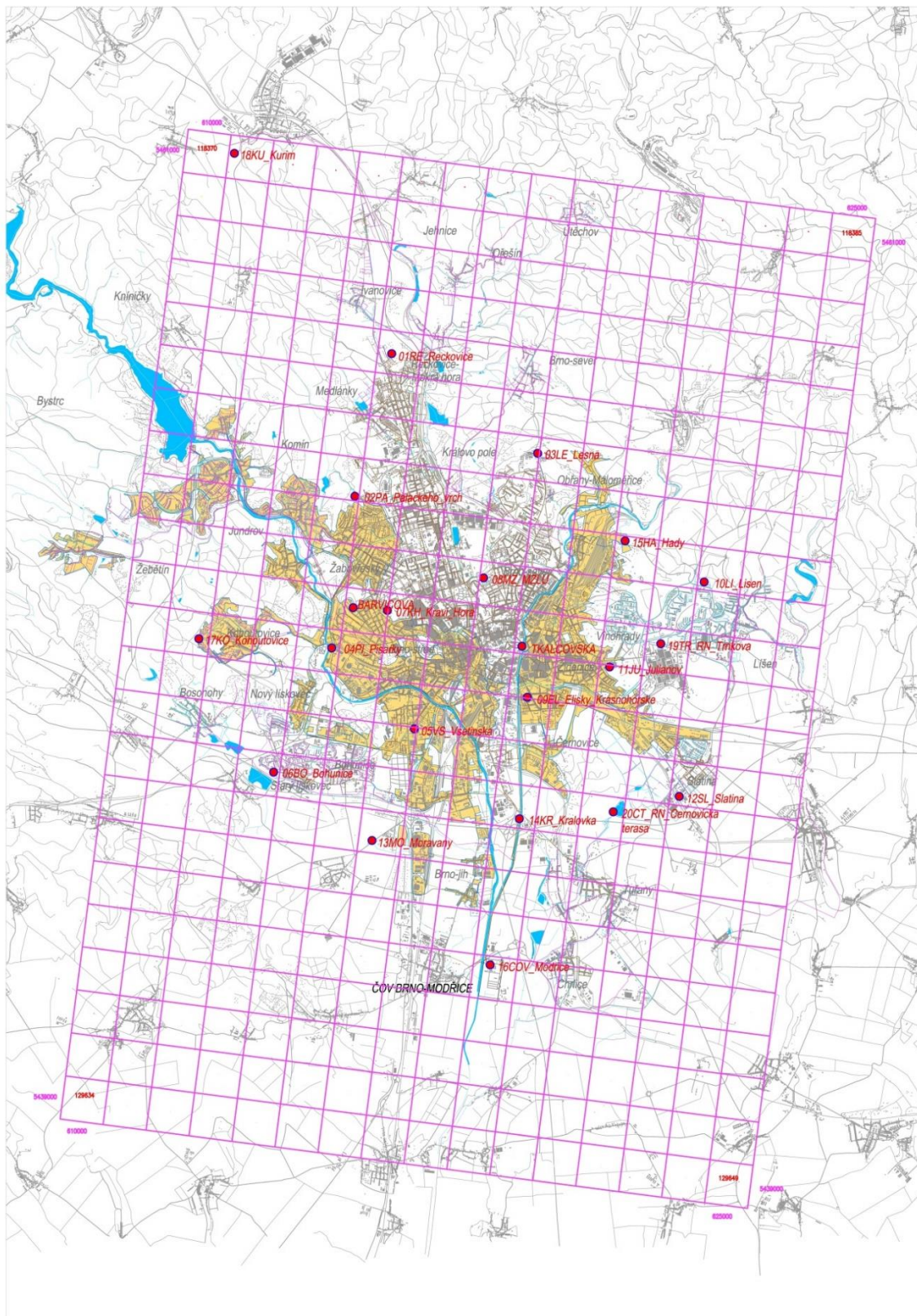
### 4.5.1 Vyhodnocení srážkových událostí ve městě Brně 2014 - 2016

Ve sledovaném období 2014 – 2016 byly zpracovány roční srážkové úhrny prostřednictvím software GANDALF a současně byl vypracován přehled srážkových událostí s úhrnem nad 10 mm za den. Uvedený srážkový úhrn má vliv na provozování kanalizační soustavy města Brna. Vyhodnocení srážkových událostí je uvedeno v tabulkách (Tabulka 17, Tabulka 18).

*Tabulka 17: Roční srážkový úhrn ve městě Brně 2014 – 2016*

Sledované období	Průměrný roční srážkový úhrn [mm]
2014	487
2015	354,9
2016	439





Obr. 12 Srážkoměrná síť na území města Brna v provozování společnosti Brněnské vodárny a kanalizace, a. s. (Brněnské vodárny a kanalizace, a. s.)

Tabulka 18: Vyhodnocení srážkových událostí s úhrnem nad 10 mm ve městě Brně za sledované období 2014 – 2016

Datum	01RE	02PA	03LE	10LI	13MO	BAR	15HA	17KO	16 ČOV	20CT	TKL	Průměr
21. 7. 2014	8,5	11,6	9,1	19,2	12,4	8,8	14,3	9,1	24,7	24,1	13,9	14,15
31. 7. 2014	27,8	46,3	28	41,4	23,1	111,2	10,2	66,6	27,7	30,3	37,9	40,95
3. 8. 2014	10,7	10,6	12,5	20,9	10	11,7	1,2	20,1	9,3	12,2	11,1	11,85
13. 8. 2014	15,9	12,6	13,5	13,5	15,3	12,6	0	11,2	11,3	12,5	11,6	11,82
21. 8. 2014	6,2	6,1	19	19,5	18,6	9,6	9,7	10,2	17	9,2	8,1	12,11
27. 8. 2014	14,4	15,2	13,2	11,7	12,5	12,6	0,1	10,7	10,7	9	10,8	10,99
31. 8. 2014	13,9	10,6	10,6	8,6	11,5	14,5	30,2	10,9	7,4	6,6	11,2	12,36
1. 9. 2014	12	11,4	10,2	13,6	13,2	14,4	0,1	14	12,1	10,8	12,4	11,29
2. 9. 2014	26	21,5	31,3	34,3	18,5	25,1	0	19,5	17	26,1	29,4	22,61
11. 9. 2014	23,2	27,2	22,2	20,4	23,2	26,7	0,1	24,9	22,2	22	22,2	21,30
12. 9. 2014	20,5	26,8	22,9	23,9	32,7	30,5	0	31,2	30,9	25,7	24,1	24,47
1. 10. 2014	27,7	40,8	27,7	30	20,5	34,9	0	26,9	23,9	23,5	32,8	26,25
18. 11. 2014	16,1	15,6	13,4	13,3	14,6	16,9	0,2	14,1	13,6	13,4	12,4	13,05
1. 12. 2014	14,5	15,4	13,3	13,4	15	0	0	14,7	1,1	0	13,9	10,13
31. 3. 2015	9,5	9,1	10,9	11,4	13,2	10,3	11	8,9	12,7	11,5	11,5	10,91
23. 5. 2015	12,9	13,8	14,4	14,9	15	16,5	12,3	15	14,7	14,5	12,9	14,26
27. 7. 2015	29,3	16,7	18,2	13,7	4,2	19,9	12,3	12,2	0,1	11,4	18,9	14,26
17. 8. 2015	15,1	13	13,4	0,1	12,2	11,5	10,7	13,8	12,1	14,5	16,2	12,05
18. 8. 2015	42,1	46,2	50,3	0,1	60,4	46,6	49,6	3,6	62,4	46,8	48,4	41,50
14. 10. 2015	0	13,3	12,6	14,6	20,1	16,8	21,7	13	17,9	15,4	16,2	14,69
15. 10. 2015	0	25,2	24	26	28	28,9	6,3	20,6	26,7	22,2	23,3	21,02
20. 11. 2015	10,9	10,8	11,3	12,2	10,8	11,8	0,2	10,8	11,6	10	10,5	10,08
18. 2. 2016	16,5	16,9	17,7	16,8	18,7	16,8	17,8	0	19	17,1	16,4	15,79
29. 2. 2016	11,9	10,8	10,3	7,4	11,9	12,9	9,6	17,1	9,4	7,3	9,6	10,75
8. 3. 2016	12,4	15	10,5	11,2	10,9	17,4	13	10,4	15,4	10,9	10,8	12,54
8. 4. 2016	11,7	11,4	11,8	9,9	8,9	12	8,7	14,3	10,1	9,3	9,2	10,66
12. 7. 2016	17,8	18,3	26,7	22,5	28,4	20,4	17,3	19,6	26,1	23,6	20	21,88
14. 7. 2016	17,3	20,7	14,2	17,8	17,1	20,6	10,6	27,1	12,4	12	1,2	15,55
31. 7. 2016	20	28,3	34,9	50,7	66,7	31,7	45	17,8	36	31,8	0,1	33,00



## **5 SLEDOVÁNÍ KVALITY DEŠŤOVÝCH VOD ODVÁDĚNÝCH Z KOMUNIKACÍ PŘI SRÁŽKOVÝCH UDÁLOSTECH**

### **5.1 Účel vzorkování**

Vzorkování odpadních vod bylo provedeno s cílem ověření kvality dešťových vod odváděných v zimním období jednotnou a oddílnou kanalizační soustavou.

Vzorkování dešťových vod z komunikací bylo provedeno v termínech:

12. a 13. 1. 2017 - odběr vzorků při tání sněhu

9. 3. 2017 – odběr vzorků v době trvání srážkové události, průměrný denní srážkový úhrn 4,5 mm

Výsledky byly porovnány u dešťových kanalizací s vyústěním do vodního toku bez předčištění s předepsanými hodnotami dle ČSN 75 7221, v případě odvádění dešťových vod jednotnou kanalizační soustavou na čistírnu odpadních vod byly naměřené hodnoty porovnány s Kanalizačním řádem města Brna.

### **5.2 Stručná charakteristika míst odběru vzorku**

Pro odběr vzorku byly vybrány dopravně vytížené komunikace na území města Brna. V místech, kde nebylo možné provést odběr vzorku z profilu kanalizace, byl proveden odběr z proudu vody při nátoku do dešťové vpustě.

#### **1) Křižovatka Pionýrská x Sportovní x Drobného**

Komunikace je dopravně vytížena automobily přijíždějícími do centra města Brna ze severního směru od ulice Hradecká. V místě odběru vzorku v dopravní křižovatce směrem k ulici Drobného je kopcovitý terén. V zimním období zde dochází k častější údržbě komunikace z důvodu zajištění její sjízdnosti. Odběr vzorků byl proveden z nátoku vody do uliční vpustě, následně do jednotné kanalizační soustavy.

#### **2) Křižovatka Svatoplukova x Rokytova**

Dopravně vytížená křižovatka, především ze směru ulice Rokytova „Vinohradský kopec“, kde dochází z důvodu sjízdnosti komunikace v zimním období rovněž

k častější údržbě. Odběr vzorku byl proveden z profilu dešťové kanalizace DN 600 v místě revizní šachty před napojením do jednotné kanalizační soustavy.

3) Ostravská

Čtyřproudová komunikace využívaná pro napojení nebo příjezd k dálnici D1 ve směru na Olomouc. V uvedené lokalitě se nachází několik čerpacích stanic PHM. Odběr vzorků byl proveden z profilu dešťové kanalizace DN 1600 v místě revizní šachty před vyústěním kanalizace do řeky Svitavy. Dešťová kanalizace zajišťuje odvodnění komunikace v celkové délce 4,8 km.

4) Bystrcký most

Dešťová kanalizace slouží pro odvodnění obvodové komunikace ve směru na Žebětín a zajišťuje také odvodnění sídliště Bystrc. Odběr vzorků byl proveden v místě vyústění kanalizace DN 1400 do řeky Svratky.

5) Řípská – kmenová stoka F

Dešťová kmenová stoka F odvodňuje rozsáhlé území především sídlištní zástavby na území městské části Vinohrady, Líšeň a Slatina. Do kmenové stoky F jsou rovněž napojeny dešťovými vodami průmyslové areály při ulici Řípské. Odběr vzorku byl proveden v místě přechodu dešťové kanalizace DN 2500/2140 do otevřeného koryta s následným vyústěním do retenční nádrže Černovické terasy.

### **5.3 Popis odběru vzorků**

Termín odběru vzorků: 12. 1. 2017

Klimatické podmínky: bezdeštné počasí – jasno, venkovní teplota + 4,2 °C (tání sněhu)

Termín odběru vzorků: 13. 1. 2017

Klimatické podmínky: bezdeštné počasí – zataženo, venkovní teplota + 3,9 °C (tání sněhu)

Termín odběru vzorků: 9. 3. 2017

Klimatické podmínky: srážková událost, venkovní teplota +7,4 °C

Způsob odběru: odběr vzorků byl proveden ručně, jednalo se o prosté vzorky

Požadované analýzy: CHSK<sub>Cr</sub>, VL, NL, RL, Cl<sup>-</sup>, Hg, Cd, Ni, Cr, Cu, Zn, Pb, C<sub>10</sub>-C<sub>40</sub>

Popis vzorku: barva – hnědá, zákal – ano, sediment – ano

Objem odebraného vzorku: 2000 ml

Použité vzorkovnice: PE – 1000 ml, sklo 250ml, sklo zábrus – 1000 ml

Odebrané vzorky o objemu cca 2000 ml byly neprodleně dopraveny do zkušební akreditované laboratoře společnosti Brněnské vodárny a kanalizace, a.s. za účelem zajištění požadovaného rozboru. Laboratoře Brněnských vodáren a kanalizací, a.s. jsou akreditovány dle ČSN EN ISO/IEC 17025:2005, předmětem akreditace jsou chemické, biochemické, fyzikální, mikrobiologické rozboru pitných, povrchových, odpadních vod a kalů, včetně odběrů vzorků.



*Obr. 13 Místo odběru vzorku při nátoku do uliční vpustě - Křižovatka Pionýrská x Sportovní x Drobného (soukromý fotoarchiv autora)*

## 5.4 Výsledky laboratorních rozborů dešťových vod z komunikací

Tabulka 19: Výsledky laboratorních rozborů vod z komunikací při tání sněhu dne 12. a 13. 1. 2017

Číslo vzorku	Datum odběru	Místo odběru	CHSK <sub>Cr</sub>	VL	NL	RL	Cl <sup>-</sup>	Hg	Cd	Ni	Cr	Cu	Zn	Pb	C <sub>10</sub> -C <sub>40</sub>
			mg·l <sup>-1</sup>	mg·l <sup>-1</sup>	mg·l <sup>-1</sup>	mg·l <sup>-1</sup>	mg·l <sup>-1</sup>	μg·l <sup>-1</sup>	mg·l <sup>-1</sup>	mg·l <sup>-1</sup>	mg·l <sup>-1</sup>	mg·l <sup>-1</sup>	mg·l <sup>-1</sup>	mg·l <sup>-1</sup>	mg·l <sup>-1</sup>
561	12. 1. 2017	Křižovatka Pionýrská x Sportovní x Drobného	1500	28800	1720	27100	17900	<0,50	<0,003	0,15	0,16	0,97	1,79	0,08	30
562	12. 1. 2017	Křižovatka Svato-plukova x Rokytova	1350	17400	1180	16200	10200	<0,50	<0,003	0,10	0,12	0,65	1,35	0,09	24
563	12. 1. 2017	Ostravská	1250	10600	1100	9500	6470	<0,50	<0,003	0,08	0,11	0,54	1,05	0,07	11
564	12. 1. 2017	Bystrečný most	415	11800	262	11500	7950	<0,50	0,004	0,05	<0,02	0,28	0,42	0,04	3,5
565	12. 1. 2017	Řípská - dešťová kmenová stoka F	1250	14000	172	13800	9150	<0,50	0,007	0,05	<0,02	0,34	0,44	0,04	20
612	13. 1. 2017	Křižovatka Pionýrská x Sportovní x Drobného	1450	29300	1360	27900	17600	<0,50	<0,003	0,09	0,08	0,48	0,98	<0,03	23
613	13. 1. 2017	Křižovatka Svato-plukova x Rokytova	1700	25400	1420	24000	14600	<0,50	0,006	0,10	0,09	0,62	1,23	<0,03	22
614	13. 1. 2017	Ostravská	1800	16200	2000	14200	9330	<0,50	<0,003	0,07	0,10	0,56	1,37	<0,03	24
615	13. 1. 2017	Bystrečný most	390	6430	448	5980	4110	<0,50	0,006	<0,03	0,04	0,27	0,61	<0,03	9,2
616	13. 1. 2017	Řípská - dešťová kmenová stoka F	390	10200	444	9760	6130	<0,50	0,008	0,04	0,02	0,30	0,75	<0,03	8,9

Ve všech odebraných vzorcích dne 12. 1. 2017 byly zjištěny vysoké koncentrace RL a Cl<sup>-</sup>, tyto naměřené hodnoty jsou důsledkem údržby komunikací v zimním období a to především z důvodu intenzivního solení. Při druhém vzorkování dne 13. 1. 2017 byly koncentrace RL a Cl<sup>-</sup> podstatně nižší mimo vzorky č. 613, 614, u kterých byly naměřeny vyšší hodnoty. Důvodem může být poloha zvoleného místa pro odběr vzorků

a délka odvodnění komunikace. Hlavní vliv bude mít především poloha obou komunikací v závislosti na světové straně, kdy oslunění komunikace ovlivňovalo teplotu, při které docházelo k postupnému odtávání sněhu. Vyšší obsah RL logicky zvýšil i obsah VL. V ukazatelích NL jsou hodnoty ovlivněny především používáním inertních materiálů při zimní údržbě komunikací. Sledované těžké kovy se v ukazatelích Hg pohybovaly pod mezí stanovitelnosti ( $< 0,50 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ ) u ostatních ukazatelů se jednalo o překročení.

Tabulka 20: Výsledky laboratorních rozborů vod z komunikací při srážkové události dne 9. 3. 2017

Číslo vzorku	Datum odběru	Místo odběru	CHSK <sub>Cr</sub>	VL	NL	RL	Cl <sup>-</sup>	Hg	Cd	Ni	Cr	Cu	Zn	Pb	C <sub>10</sub> – C <sub>40</sub>
			mg·l <sup>-1</sup>	mg·l <sup>-1</sup>	mg·l <sup>-1</sup>	mg·l <sup>-1</sup>	mg·l <sup>-1</sup>	mg·l <sup>-1</sup>	μg·l <sup>-1</sup>	mg·l <sup>-1</sup>	mg·l <sup>-1</sup>	mg·l <sup>-1</sup>	mg·l <sup>-1</sup>	mg·l <sup>-1</sup>	mg·l <sup>-1</sup>
3291	9. 3. 2017	Křižovatka Pionýrská x Sportovní x Drobného	265	568	220	348	100	<0,50	<0,003	<0,03	0,05	0,27	0,50	0,05	7
3292	9. 3. 2017	Křižovatka Svatoplukova x Rokytova	1300	1580	712	868	125	<0,50	<0,003	<0,03	<0,02	0,15	0,47	0,07	4
3293	9. 3. 2017	Ostravská	115	825	168	657	240	0,59	<0,003	<0,03	<0,02	0,10	0,31	0,04	1,4
3294	9. 3. 2017	Bystřický most	36	790	23	767	230	<0,50	<0,003	<0,03	<0,02	0,03	0,19	0,05	0,51
3295	9. 3. 2017	Řípská - dešťová kmenová stoka F	41	290	50	240	87	<0,50	<0,003	<0,03	<0,02	0,04	0,15	0,03	1,3

U odebraných vzorků ze dne 9. 3. 2017 byly zjištěny zvýšené koncentrace v ukazatelích NL, Cu, Zn a Pb naměřené především u dopravně vytížených komunikací. V porovnání s výsledky vzorků z tání sněhu dne 12. a 13. 1. 2017 jsou sledované ukazatele CHSK<sub>Cr</sub>, VL, NL, RL a Cl<sup>-</sup> o několik řadů nižší. Důvodem je skutečnost, že vzorkování dne 9. 3. 2017 bylo provedeno v průběhu již několik hodin trvající srážkové události, tímto odběrem vzorků nebyl zaznamenán první splach z povrchů komunikací, u kterého dochází k odtoku největšího akumulovaného znečištění do kanalizační soustavy.

## 5.5 Porovnání výsledků laboratorních rozborů dešťových vod z komunikací s ČSN 75 7221

Pro zajištění objektivního posouzení byly vybrány lokality, u kterých dochází k odtoku dešťových vod z komunikací oddílnou kanalizační soustavou do recipientu, bez jakéhokoliv předčištění těchto vod. Z normy ČSN 75 7221 Jakost vod - klasifikace jakosti povrchových vod byly převzaty předepsané hodnoty dle klasifikace třídy V – velmi silně znečištěná voda (Tabulka 21).

Tabulka 21: ČSN 75 7221 Klasifikace jakosti povrchových vod - mezní hodnoty tříd jakosti vody (ČSN 75 7221,1998)

polutant	jednotky	Třída jakosti				
		I.	II.	III.	IV.	V.
BSK <sub>5</sub>	mg·l <sup>-1</sup>	<2	<4	<8	<15	≥15
CHSK <sub>Cr</sub>	mg·l <sup>-1</sup>	<15	<25	<45	<60	≥60
RL	mg·l <sup>-1</sup>	<300	<500	<800	<1200	≥1200
NL	mg·l <sup>-1</sup>	<20	<40	<60	<100	≥100
Cl <sup>-</sup>	mg·l <sup>-1</sup>	<100	<200	<300	<450	≥450
Cr	μg·l <sup>-1</sup>	<5	<20	<50	<100	≥100
Ni	μg·l <sup>-1</sup>	<5	<20	<50	<100	≥100
Cu	μg·l <sup>-1</sup>	<5	<20	<50	<100	≥100
Zn	μg·l <sup>-1</sup>	<15	<50	<100	<200	≥200
Cd	μg·l <sup>-1</sup>	<0,1	<0,5	<1	<2	≥2
Hg	μg·l <sup>-1</sup>	<0,05	<0,1	<0,5	<1	≥1
Pb	μg·l <sup>-1</sup>	<3	<8	<15	<30	≥30

Povrchové vody se dle ČSN 75 7221 zařazují do 5 tříd jakosti:

- I. neznečištěná voda
- II. mírně znečištěná voda
- III. znečištěná voda
- IV. silně znečištěná voda
- V. velmi silně znečištěná voda

Tabulka 22: Porovnání výsledků koncentračních hodnot látkového znečištění dešťových vod z komunikací odváděných oddílnou kanalizační soustavou do recipientu s ČSN 75 7221

č. vzorku	Datum odběru	Místo odběru	CHSK <sub>Cr</sub>	RL	NL	VL	Cl <sup>-</sup>	Cr	Ni	Cu	Zn	Cd	Hg	Pb	C <sub>10</sub> -C <sub>40</sub>
			mg·l <sup>-1</sup>	mg·l <sup>-1</sup>	mg·l <sup>-1</sup>	mg·l <sup>-1</sup>	mg·l <sup>-1</sup>	μg·l <sup>-1</sup>	μg·l <sup>-1</sup>	μg·l <sup>-1</sup>	μg·l <sup>-1</sup>	μg·l <sup>-1</sup>	μg·l <sup>-1</sup>	μg·l <sup>-1</sup>	mg·l <sup>-1</sup>
563	12. 1. 2017	Ostravská	1250	9500	1100	10600	6470	110	80	540	1050	< 3	< 0,50	70	11
564	12. 1. 2017	Bystrečný most	415	11500	262	11800	7950	< 20	50	280	420	4	< 0,50	40	3,5
565	12. 1. 2017	Řípská - dešťová kmenová stoka F	1250	13800	172	14000	9150	< 20	50	340	440	7	< 0,50	40	20
614	13. 1. 2017	Ostravská	1800	14200	2000	16200	9330	100	70	560	1370	< 3	< 0,50	< 30	24
615	13. 1. 2017	Bystrečný most	390	5980	448	6430	4110	40	30	270	610	6	< 0,50	< 30	9,2
616	13. 1. 2017	Řípská - dešťová kmenová stoka F	390	9760	444	10200	6130	< 20	40	300	750	8	< 0,50	< 30	8,9
3293	9. 3. 2017	Ostravská	115	657	168	825	240	< 20	< 30	100	310	< 3	0,59	40	1,4
3294	9. 3. 2017	Bystrečný most	36	767	23	790	230	< 20	< 30	30	190	< 3	< 0,50	50	0,51
3295	9. 3. 2017	Řípská - dešťová kmenová stoka F	41	240	50	290	87	< 20	< 30	40	150	< 3	< 0,50	30	1,3

Komentář k výsledkům:

- Červeně označené koncentrační hodnoty převyšují mezní hodnoty pro V. třídu jakosti vod – silně znečištěné vody dle ČSN 75 7221
- Modře označené koncentrační hodnoty nemají v ČSN 75 7221 stanoveny mezní hodnoty

## 5.6 Porovnání výsledků laboratorních rozborů dešťových vod z komunikací s Kanalizačním řádem města Brna

Pro zajištění objektivního posouzení byly vybrány lokality, kde dochází k odtoku dešťových vod z komunikací do jednotné kanalizační soustavy a následně na ČOV. Naměřené hodnoty u dešťových vod z komunikací byly porovnány s přípustnými hodnotami znečištění odpadních vod dle platného Kanalizačního řádu pro město Brno (Tabulka 23).

Tabulka 23: Limity dle platného Kanalizačního řádu města Brna (Brněnské vodárny a kanalizace, a. s., 2016)

polutant	jednotky	Limit - sv	Limit - pv	tabulka KŘ
CHSK <sub>Cr</sub>	mg·l <sup>-1</sup>	900	1800	7.01
VL	mg·l <sup>-1</sup>	-	-	-
NL	mg·l <sup>-1</sup>	400	600	7.01
RL	mg·l <sup>-1</sup>	800	1600	7.01
Cl <sup>-</sup>	mg·l <sup>-1</sup>	200	300	7.05
Hg	μg·l <sup>-1</sup>	1	2	7.05
Cd	mg·l <sup>-1</sup>	0,008	0,01	7.05
Ni	mg·l <sup>-1</sup>	0,05	0,1	7.05
Cr	mg·l <sup>-1</sup>	0,05	0,1	7.05
Cu	mg·l <sup>-1</sup>	1	2	7.05
Zn	mg·l <sup>-1</sup>	2	4	7.05
Pb	mg·l <sup>-1</sup>	0,08	0,1	7.05
C <sub>10</sub> – C <sub>40</sub>	mg·l <sup>-1</sup>	10	15	7.05

pv – prostý odběr vzorku

sv – slévaný odběr vzorku



Tabulka 24: Porovnání výsledků koncentračních hodnot látkového znečištění dešťových vod odváděných z komunikací do jednotné kanalizační soustavy s Kanalizačním řádem města Brna

Číslo vzorku	Datum odběru	Místo odběru	CHSK <sub>Cr</sub>	VL	NL	RL	Cl	Hg	Cd	Ni	Cr	Cu	Zn	Pb	C <sub>10</sub> -C <sub>40</sub>
			mg·l <sup>-1</sup>	mg·l <sup>-1</sup>	mg·l <sup>-1</sup>	mg·l <sup>-1</sup>	mg·l <sup>-1</sup>	μg·l <sup>-1</sup>	mg·l <sup>-1</sup>	mg·l <sup>-1</sup>	mg·l <sup>-1</sup>	mg·l <sup>-1</sup>	mg·l <sup>-1</sup>	mg·l <sup>-1</sup>	mg·l <sup>-1</sup>
561	12. 1. 2017	Křižovatka Pionýrská x Sportovní x Drobného	1500	28800	1720	27100	17900	<0,50	<0,003	0,15	0,16	0,97	1,79	0,08	30
562	12. 1. 2017	Křižovatka Svatoplukova x Rokytova	1350	17400	1180	16200	10200	<0,50	<0,003	0,10	0,12	0,65	1,35	0,09	24
612	13. 1. 2017	Křižovatka Pionýrská x Sportovní x Drobného	1450	29300	1360	27900	17600	<0,50	<0,003	0,09	0,08	0,48	0,98	<0,03	23
613	13. 1. 2017	Křižovatka Svatoplukova x Rokytova	1700	25400	1420	24000	14600	<0,50	0,006	0,10	0,09	0,62	1,23	<0,03	22
3291	9. 3. 2017	Křižovatka Pionýrská x Sportovní x Drobného	265	568	220	348	100	<0,50	<0,003	<0,03	0,05	0,27	0,50	0,05	7
3292	9. 3. 2017	Křižovatka Svatoplukova x Rokytova	1300	1580	712	868	125	<0,50	<0,003	<0,03	<0,02	0,15	0,47	0,07	4

Komentář k výsledkům:

- Červeně označené koncentrační hodnoty převyšují mezní limity stanovené Kanalizačním řádem města Brna
- Modře označené koncentrační hodnoty nemají v Kanalizačním řádu stanoveny limity

## 6 ANALÝZA PŘÍNOSU VÝSTAVBY RETENČNÍ NÁDRŽE SOKOLOVA NA KMENOVÉ STOCE A

V roce 2014 byla uvedena do provozu retenční nádrž Sokolova, účelem stavby je snížení množství přepadů odpadních vod do recipientu Svratky přes odlehčovací komoru OK2A na kmenové stoce A při srážkových událostech. Retenční nádrž má celkový akumulací objem pro zachycení odpadních vod 5500 m<sup>3</sup>.

### 6.1 Vstupní údaje k retenční nádrži Sokolova

#### 6.1.1 Situování retenční nádrže

Retenční nádrž je umístěna na pozemku p. č. 875/33, k.ú. Horní Heršpice při ulici Sokolova, pozemek je ohraničený na východní straně řekou Svratkou a na severní straně komunikací ulice Sokolova.

#### 6.1.2 Popis funkce retenční nádrže a odlehčovací komory

Odpadní vody jsou přiváděny kmenovou stokou A profilu DN 2200 přes odlehčovací komoru OK2A do průtočné podzemní retenční nádrže. Při dešťové události, kdy přítok odpadních vod na OK2A přesáhne 500 l·s<sup>-1</sup> dochází k přepadu vod přes přelivnou hranu do odlehčovací komory, následně do nátokového žlabu retenční nádrže. V retenční nádrži se postupně začnou plnit jednotlivé záchytné průtočné komory a to v pořadí 1 až 5. Po naplnění všech záchytných komor dochází k zaplnění společné části komor a přepadu odpadních vod do recipientu. Přepad z retenční nádrže je regulován na max. 2 m<sup>3</sup>·s<sup>-1</sup>.

V případě, že přítok odpadních vod do retenční nádrže převyšuje regulovaný odtok, dochází k vzdouvání vody v odlehčovací komoře OK2A a přepadu přes přelivnou hranu do obtokového žlabu s vyústěním do recipientu. Odlehčovací komora je navržena tak, aby poměr ředění byl vyšší než 1+20 (Brněnské vodárny a kanalizace, a. s., 2016)

#### 6.1.3 Technické parametry retenční nádrže

Objem retenční nádrže	6000 m <sup>3</sup>
Užitný objem (po úroveň odtokové štěrbin)	5500 m <sup>3</sup>
Objem jedné sekce	575,12 m <sup>3</sup>
Objem retenční nádrže nad sekcemi	2624,40 m <sup>3</sup>

Přítok z kmenové stoky A na OK2A	max. $4,6 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$
Odtok z OK2A	max. $0,5 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$
Odtok z retenční nádrže	max. $2,0 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$
Doba prázdnění nádrže po skončení srážky	8,0 hod. dle kapacitních možností ČOV a navazující retenční nádrže Přízřenický jez

## 6.2 Množství akumulovaných vod v retenční nádrži Sokolova

### 6.2.1 Srážkoměrná data

Ve vypracovaném přehledu celkového množství zachycených objemů vod v retenční nádrži Sokolova za sledované období 2014 – 2016 (Tabulka 26 -Tabulka 28) jsou uvedeny srážkové úhrny, které měly vliv na hydraulické přetížení kmenové stoky A s následným přepadem vod do retenční nádrže.

Pro objektivní vyhodnocení srážkových událostí byla použita data ze srážkoměrů 14KR - Královka a 05VS - Vsetínská. Vybrané srážkoměry poskytují informace o množství srážek k odvodňovanému území s vazbou na povodí kmenové stoky A. Nevýhodou měření je neucelená řada dat a to z důvodu, že se jedná o nevyhřívané srážkoměry, které nejsou v provozu po celý rok.

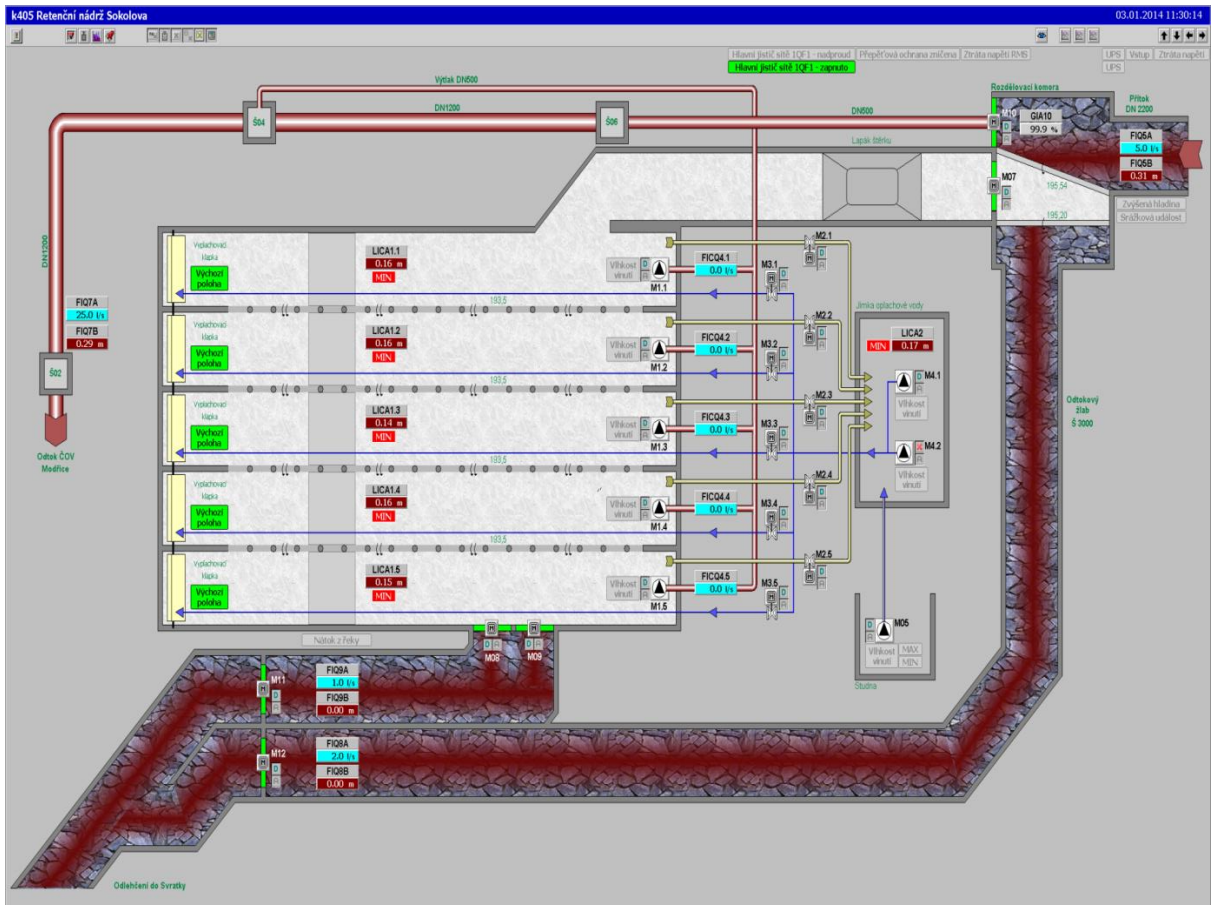
### 6.2.2 Měření průtoku odpadních vod

Pro účely vyhodnocení množství vod zachycených v retenční nádrži byla použita data z provozního měření hladiny a průtoku v profilu kanalizační stoky a retenční nádrže. Přehled instalovaného měření na retenční nádrži Sokolova je uveden (Tabulka 25).

*Tabulka 25: Přehled měření u retenční nádrže Sokolova (Brněnské vodárny a kanalizace, a. s., 2016)*

Měřicí okruh	Měřená veličina - místo měření	Zařízení – způsob měření
LICA 1.1 – 1.5	Měření hladin v průtočných komorách 1 - 5	Ponorný tenzometrický snímač
LCA 1.1 – 1.5	Minimální hladina v komoře 1 - 5	Plovákový spínač
FICQ 4.1 – 4.5	Čerpané množství z komor 1- 5 zpět do kanalizační sítě	Indukční průtokoměr
FIQ5	Průtok v potrubí na přítoku do retenční nádrže	Rychlostní sonda – dno, ultrazvuková sonda - impuls

FIQ7	Průtok v potrubí na odtoku z retenční nádrže	Rychlostní sonda – dno, ultrazvuková sonda - impuls
FIQ8	Průtok v potrubí na přepadu z odlehčovací komory	Rychlostní sonda – dno, ultrazvuková sonda - impuls
FIQ9	Průtok v potrubí na přepadu z retenční nádrže	Rychlostní sonda – dno, ultrazvuková sonda – impuls



Obr. 14 Přehled měření na retenční nádrži Sokolova (Brněnské vodárny a kanalizace, a. s.)

### 6.2.3 Vyhodnocení množství zachycených objemů vod v retenční nádrži Sokolova za období 2014 - 2016

Tabulka 26: Vyhodnocení množství akumulovaných vod a přepadů na recipient u retenční nádrže Sokolova v roce 2014

Den	Čas	Srážkový úhrn [mm]		Akumulovaný objem [m <sup>3</sup> ]					Celkový zachycený objem [m <sup>3</sup> ]	Přepad do recipientu
		14KR	05VS	Průtočná komora 1	Průtočná komora 2	Průtočná komora 3	Průtočná komora 4	Průtočná komora 5 + prostor nad přepážkami		
11. 5. 2014	15:56 - 15:56	12	12,8	499	-	-	-	-	499	-
11. 7. 2014	16:07 - 22:30	7,2	15,8	575	575	575	261	-	1986	-
18. 7. 2014	15:10 - 16:00	13,6	11,8	575	575	575	575	2645	4945	-
21. 7. 2014	17:20 - 21:30	20,4	9	575	575	575	415	-	2140	-
22. 7. 2014	16:10 - 17:30	20	8,6	575	575	563	337	-	2050	-
31. 7. 2014	10:40 - 20:40	21	4,6	575	575	575	575	2937	5237	ANO
3. 8. 2014	23:22 - 2:11	10,4	10,2	571	575	435	565	-	2146	-
13. 8. 2014	19:33 - 21:31	14	12,2	575	575	575	575	1887	4187	-
26. 8. 2014	17:05 - 18:31	19,5	16,2	575	575	575	575	2529	4829	-
27. 8. 2014	10:31 - 11:14	12,5	11,2	575	575	575	575	1610	3910	-
31. 8. 2014	17:15 - 18:04	10,6	11	575	575	575	575	2777	5077	ANO
2. 9. 2014	1:00 - 13:43	25,8	21,8	575	575	575	575	3010	5310	ANO
11. 9. 2014	22:52 - 23:12	24	24	575	575	575	575	3127	5427	ANO
16. 9. 2014	18:17 - 10:40	9,6	10,8	575	575	575	575	838	3138	-
1. 10. 2014	6:12 - 8:33	20,4	22	575	575	575	575	2937	5237	ANO
17. 10. 2014	12:13 - 14:29	8,2	7,2	483	-	-	-	349	832	-
22. 10. 2014	2:48 - 3:25	5,2	4,4	405	-	60	-	296	761	-
18. 11. 2014	17:50 - 21:00	14,2	13,2	575	575	575	575	1406	3706	-
1. 12. 2014	14:00 - 22:30	-	-	575	575	575	575	590	2890	-
<b>Celkový objem akumulovaných vod za rok 2014</b>									<b>64307</b>	

Tabulka 27: Vyhodnocení množství akumulovaných vod a přepadů na recipient u retenční nádrže Sokolova v roce 2015

Den	Čas	Srážkový úhrn [mm]		Akumulovaný objem [m <sup>3</sup> ]					Celkový zachycený objem [m <sup>3</sup> ]	Přepad do recipientu
		14KR	05VS	Průtočná komora 1	Průtočná komora 2	Průtočná komora 3	Průtočná komora 4	Průtočná komora 5 + prostor nad přepážkami		
31. 3. 2015	13:10 - 18:30	12,4	13,6	575	575	575	575	604	2904	-
23. 5. 2015	20:00 - 3:30	14,4	13,2	575	575	575	575	2806	5106	ANO
26. 5. 2015	14:30 - 16:00	3,8	6	337	-	-	-	-	337	-
30. 5. 2015	16:00 - 17:45	5,2	11,4	575	575	575	569	82	2376	-
13. 6. 2015	21:00 - 0:50	10,4	15,8	575	575	575	575	2704	5004	ANO
14. 6. 2015	21:00 - 1:30	12,4	12	575	575	575	575	2704	5004	ANO
23. 6. 2015	4:30 - 10:00	5,6	7	575	306	-	-	-	881	-
25. 7. 2015	22:00 - 0:00	8,4	8,8	242	575	-	-	51	868	-
27. 7. 2015	17:45 - 19:45	14,8	9,2	571	218	-	-	51	840	-
18. 8. 2015	1:30 - 18:00	51,8	44,4	575	575	575	575	3068	5368	ANO
3. 9. 2015	23:30 - 4:00	8,2	6,7	575	567	571	103	-	1816	-
14. 10. 2015	8:45 - 10:30	15,6	16,6	575	575	575	575	692	2992	-
15. 10. 2015	16:30 - 22:45	22	24,4	575	575	575	575	633	2933	-
20. 11. 2015	18:30 - 9:00	11,4	10,8	575	575	575	257	-	1982	-
<b>Celkový objem akumulovaných vod za rok 2015</b>									<b>38411</b>	

Tabulka 28: Vyhodnocení množství akumulovaných vod a přepadů na recipient u retenční nádrže Sokolova v roce 2016

Den	Čas	Srážkový úhrn [mm]		Akumulovaný objem [m <sup>3</sup> ]					Celkový zachycený objem [m <sup>3</sup> ]	Přepad do recipientu
		14KR	05VS	Průtočná komora 1	Průtočná komora 2	Průtočná komora 3	Průtočná komora 4	Průtočná komora 5 + prostor nad pře-pážkami		
10. 2. 2016	4:00 - 5:30	-	-	575	575	575	-	-	1725	-
14. 2. 2016	21:00 - 3:00	-	-	575	435	-	-	-	1010	-
18. 2. 2016	9:00 - 13:00	-	-	575	575	575	575	633	2933	-
29. 2. 2016	14:00 - 18:00	9,4	12,2	571	505	-	415	-	1491	-
8. 3. 2016	10:00 - 16:00	16,6	15	575	575	575	575	2864	5164	ANO
8. 4. 2016	22:00 - 5:00	9,2	9,8	575	575	575	575	341	2641	-
3. 5. 2016	9:30 - 12:30	-	6,4	131	-	-	-	-	131	-
29. 5. 2016	0:00 - 7:00	6	8,2	575	575	575	575	448	2748	-
9. 6. 2016	18:00 - 21:00	13,6	9,2	575	575	575	575	633	2933	-
15. 6. 2016	12:00 - 16:00	13,2	12,4	575	575	575	575	2281	4581	-
1. 7. 2016	22:30 - 3:00	16,8	9,6	575	575	-	507	-	1657	-
3. 7. 2016	0:00 - 5:00	10,6	9,1	575	575	575	571	109	2405	-
12. 7. 2016	20:00 - 6:00	25,8	22,2	575	575	575	575	3010	5310	ANO
13. 7. 2016	23:30 - 12:00	5	7	575	575	575	575	2820	5120	ANO
17. 7. 2016	21:30 - 1:00	4,6	6,2	565	-	-	-	-	565	-
25. 7. 2016	20:30 - 0:00	6,4	8,4	565	-	-	-	-	565	-
31. 7. 2016	16:00 - 2:30	46,2	70,2	575	575	575	575	3272	5572	-
21. 8. 2016	8:30 - 17:30	22,8	18	575	575	575	575	2937	5237	ANO
5. 9. 2016	1:30 - 5:30	5,8	5,4	575	575	318	-	-	1468	-
19. 11. 2016	12:00 - 16:00	-	-	567	70	-	-	-	637	-
<b>Celkový objem akumulovaných vod za rok 2016</b>									<b>53893</b>	

### 6.3 Vyhodnocení látkového znečištění vod zachycených v retenční nádrži Sokolova

Vyhodnocení látkového znečištění u odpadních vod zachycených v retenční nádrži Sokolova je provedeno porovnáním koncentračních hodnot znečištění v ukazatelích BSK<sub>5</sub>, CHSK<sub>Cr</sub>, NL, NNH<sub>4</sub>, N<sub>celk.</sub>, P<sub>celk.</sub>. U retenční nádrže je v letech 2014 – 2016 sledováno látkové znečištění odpadních vod v době bezdeští tj. při běžném průtoku odpadních vod kmenovou stokou A na čistírnu odpadních vod a při vybraných srážkových událostech v roce 2014, kdy došlo k přepadu odpadních vod z kmenové stoky do záchytných komor retenční nádrže (Obr. 15).



*Obr. 15 Přepad odpadních vod z kmenové stoky A při srážkové události do retenční nádrže Sokolova (soukromý fotoarchiv autora)*

#### 6.3.1 Koncentrační hodnoty látkového znečištění odpadních vod při průtoku retenční nádrži Sokolova za bezdeští

Pro účel vyhodnocení látkového znečištění vod zachycených v retenční nádrži Sokolova byl za rok 2014 – 2016 zpracován přehled koncentračních hodnot u odebraných vzorků odpadních vod za bezdeští z profilu kmenové stoky A při průtoku retenční nádrží.

Při vzorkování odpadních vod za bezdeští bylo v uvedených termínech odebráno 12 vzorků typu A. Odběr vzorků byl prováděn automatickým přenosným vzorkovačem ISCO 6712 v místě vstupní revizní šachty ID 1755719, koncovka sací hadice vzorkovače byla umístěna



ve střední části odběrového profilu. Místo odběru vzorků je vyznačeno na Obr. 18. Časový průběh odběru jednotlivých vzorků je uvedeno v tabulkách (Tabulka 29 -Tabulka 31) včetně průměrných, maximálních a minimálních koncentračních hodnot u jednotlivých sledovaných ukazatelů. Odebrané vzorky zohledňují denní nerovnoměrnost látkového znečištění u produkováných odpadních vod odváděných kmenovou stokou A na čistírnu odpadních vod.

*Tabulka 29: Průměrné denní koncentrační hodnoty látkového znečištění odpadních vod při průtoku retenční nádrží Sokolova za bezdeští 2014*

Číslo vzorku	Datum odběru	Čas odběru	BSK <sub>5</sub>	CHSK <sub>Cr</sub>	NL	NNH <sub>4</sub>	N <sub>celk</sub>	P <sub>celk</sub>
			mg·l <sup>-1</sup>	mg·l <sup>-1</sup>	mg·l <sup>-1</sup>	mg·l <sup>-1</sup>	mg·l <sup>-1</sup>	mg·l <sup>-1</sup>
12396	14. 10. 2014	8:00 – 9:45	155	370	192	46,6	56,0	5,39
12397	14. 10. 2014	10:00 – 11:45	180	520	226	47,7	54,7	5,87
12398	14. 10. 2014	12:00 – 13:45	315	730	322	58,7	61,2	9,57
12399	14. 10. 2014	14:00 – 15:45	230	550	252	53,6	59,4	6,02
12400	14. 10. 2014	16:00 – 17:45	150	385	150	44,1	47,0	6,49
12401	14. 10. 2014	18:00 – 19:45	275	730	410	51,7	58,0	7,36
12402	14. 10. 2014	20:00 – 21:15	195	510	238	51,0	57,5	8,55
12403	14. 10. 2014	22:00 – 23:45	190	420	202	42,7	46,9	6,14
12404	15. 10. 2014	0:00 – 1:45	190	480	186	44,5	49,9	6,25
12405	15. 10. 2014	2:00 – 3:45	115	240	100	45,5	48,2	6,14
12406	15. 10. 2014	4:00 – 5:45	94	220	74	36,9	39,3	3,99
12407	15. 10. 2014	6:00 – 7:45	87	275	124	37,3	38,7	6,40
<b>Průměr</b>			<b>181,3</b>	<b>452,5</b>	<b>206,3</b>	<b>46,7</b>	<b>51,4</b>	<b>6,5</b>
<b>max</b>			<b>315</b>	<b>730</b>	<b>410</b>	<b>58,7</b>	<b>61,2</b>	<b>9,57</b>
<b>min</b>			<b>87</b>	<b>220</b>	<b>74</b>	<b>36,9</b>	<b>38,7</b>	<b>3,99</b>

*Tabulka 30: Průměrné denní koncentrační hodnoty látkového znečištění odpadních vod při průtoku retenční nádrží Sokolova za bezdeští 2015*

Číslo vzorku	Datum odběru	Čas odběru	BSK <sub>5</sub>	CHSK <sub>Cr</sub>	NL	NNH <sub>4</sub>	N <sub>celk</sub>	P <sub>celk</sub>
			mg·l <sup>-1</sup>	mg·l <sup>-1</sup>	mg·l <sup>-1</sup>	mg·l <sup>-1</sup>	mg·l <sup>-1</sup>	mg·l <sup>-1</sup>
150	24. 3. 2015	8:00 – 9:45	160	325	118	44,7	51,4	4,31
151	24. 3. 2015	10:00 – 11:45	125	315	146	40,7	46	5,33
152	24. 3. 2015	12:00 – 13:45	260	760	324	61,9	72,5	9,35
153	24. 3. 2015	14:00 – 15:45	280	730	290	53,1	65,1	7,66
154	24. 3. 2015	16:00 – 17:45	260	730	294	55,7	69,2	8,84
156	24. 3. 2015	18:00 – 19:45	285	820	326	56,9	70,3	7,53

157	24. 3. 2015	20:00 – 21:45	280	790	326	56,6	68,2	7,53
158	24. 3. 2015	22:00 – 23:45	165	560	210	54,3	61,7	7,67
159	25. 3. 2015	0:00 – 1:45	250	610	270	44,2	52,8	7,24
160	25. 3. 2015	2:00 – 3:45	140	600	300	36,7	44,4	7,57
161	25. 3. 2015	4:00 – 5:45	200	485	138	32,1	39,1	4,48
162	25. 3. 2015	6:00 – 7:45	73	205	78	34,9	43,7	4,51
<b>Průměr</b>			<b>206,5</b>	<b>577,5</b>	<b>235</b>	<b>47,7</b>	<b>57</b>	<b>6,8</b>
<b>max</b>			<b>285</b>	<b>820</b>	<b>326</b>	<b>61,9</b>	<b>72,5</b>	<b>9,35</b>
<b>min</b>			<b>73</b>	<b>205</b>	<b>78</b>	<b>32,1</b>	<b>39,1</b>	<b>4,31</b>

Tabulka 31: Průměrné denní koncentrační hodnoty látkového znečištění odpadních vod při průtoku retenční nádrži Sokolova za bezdeští 2016

Číslo vzorku	Datum odběru	Čas odběru	BSK <sub>5</sub>	CHSK <sub>Cr</sub>	NL	NNH <sub>4</sub>	N <sub>celk</sub>	P <sub>celk</sub>
			mg·l <sup>-1</sup>	mg·l <sup>-1</sup>	mg·l <sup>-1</sup>	mg·l <sup>-1</sup>	mg·l <sup>-1</sup>	mg·l <sup>-1</sup>
12824	25. 8. 2016	8:00 – 9:45	225	475	303	47,3	55,0	6,15
12825	25. 8. 2016	10:00 – 11:45	350	900	424	56,3	67,9	9,75
12826	25. 8. 2016	12:00 – 13:45	375	1050	488	56,7	57,5	8,84
12827	25. 8. 2016	14:00 – 15:45	280	730	276	56,2	67,4	8,51
12828	25. 8. 2016	16:00 – 17:45	335	650	276	53,3	58,8	8,92
12829	25. 8. 2016	18:00 – 19:45	335	700	278	61,9	75,7	9,95
12830	25. 8. 2016	20:00 – 21:45	245	690	236	56,0	73,8	8,72
12831	25. 8. 2016	22:00 – 23:45	245	590	182	47,8	56,0	6,19
12832	26. 8. 2016	0:00 – 1:45	235	500	232	46,2	55,7	8,35
12833	26. 8. 2016	2:00 – 3:45	190	395	152	58,8	66,8	8,44
12834	26. 8. 2016	4:00 – 5:45	145	305	160	44,1	46,3	5,0
12835	26. 8. 2016	6:00 – 7:45	185	390	124	42,1	52,8	6,72
<b>Průměr</b>			<b>262,1</b>	<b>614,6</b>	<b>260,9</b>	<b>52,2</b>	<b>61,1</b>	<b>7,96</b>
<b>max</b>			<b>375</b>	<b>1050</b>	<b>488</b>	<b>61,9</b>	<b>75,7</b>	<b>9,75</b>
<b>min</b>			<b>145</b>	<b>305</b>	<b>124</b>	<b>42,1</b>	<b>46,3</b>	<b>5</b>

### 6.3.2 Koncentrační hodnoty látkového znečištění odpadních vod zachycených v retenční nádrži Sokolova při srážkové události

Pro vyhodnocení látkového znečištění vod zachycených v retenční nádrži Sokolova byl zpracován přehled koncentračních hodnot u odebraných vzorků odpadních vod při srážkových událostech v roce 2014. Odběr vzorků byl prováděn automatickým přenosným vzorkovačem

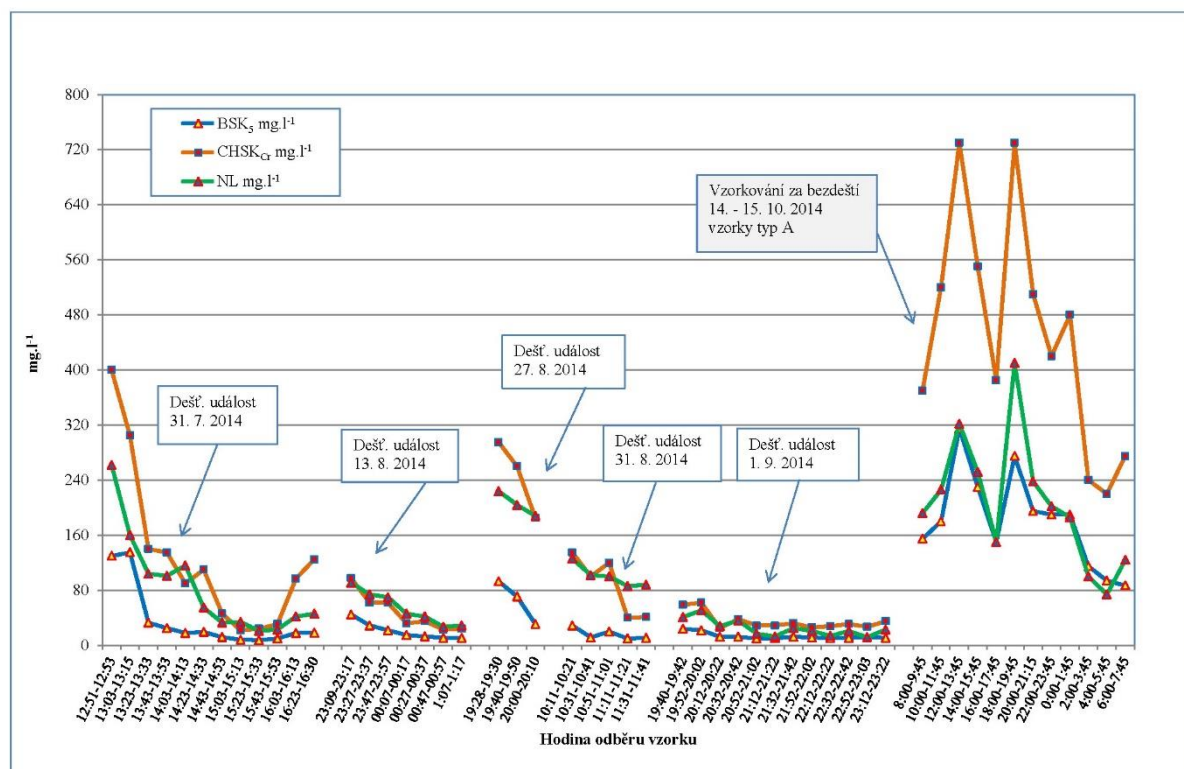
ISCO 6712 v době trvání srážkové události, kdy došlo k zvýšení hladiny odpadních vod nad přepadovou hranu a přepadu vod z kmenové stoky A do zachytných komor retenční nádrže.

Celkem se při srážkových událostech v roce 2014 uskutečnilo pět sérií vzorkování. U čtyř sérií vzorkování se projevila časová nepravidelnost u prvních dvou dílčích vzorků, s výjimkou odběrů vzorků 27. 8. 2014. I když byl vzorkovač nastaven na odběr po 10 minutách, druhý dílčí vzorek byl odebrán po dvou minutách. Jednotlivé vzorky byly slévány ze dvou dílčích vzorků, celkový čas odběru jednoho směšného vzorku, až na výše popsané výjimky byl 20 minut (Tabulka 32).

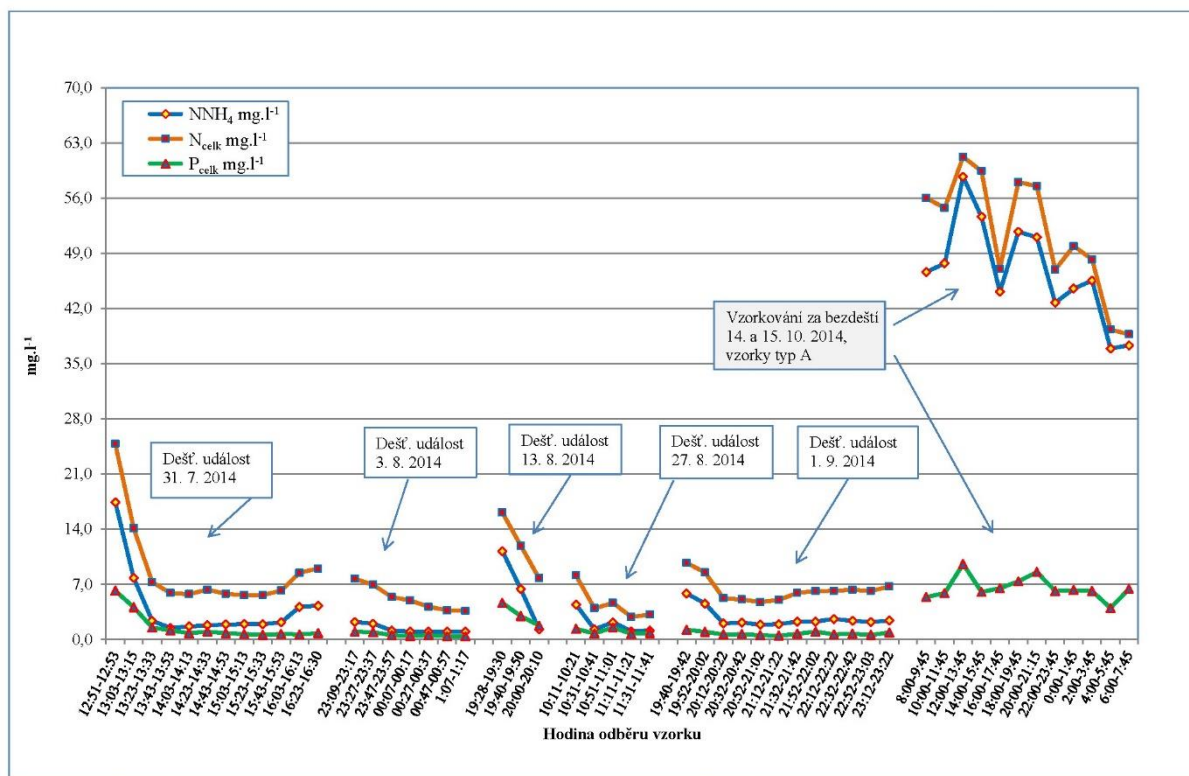
*Tabulka 32: Koncentrační hodnoty látkového znečištění zachycených odpadních vod v retenční nádrži Sokolova*

Číslo vzorku	Datum odběru	Hodina odběru	BSK <sub>5</sub>	CHSK <sub>Cr</sub>	NL	NNH <sub>4</sub>	N <sub>celk</sub>	P <sub>celk</sub>
			mg·l <sup>-1</sup>	mg·l <sup>-1</sup>	mg·l <sup>-1</sup>	mg·l <sup>-1</sup>	mg·l <sup>-1</sup>	mg·l <sup>-1</sup>
9116	31. 7. 2014	12:51-12:53	130	400	262	17,4	24,8	6,18
9117	31. 7. 2014	13:03-13:15	135	305	160	7,80	14,1	4,09
9118	31. 7. 2014	13:23-13:33	33	140	104	2,36	7,26	1,50
9119	31. 7. 2014	13:43-13:53	25	135	101	1,45	5,88	1,16
9120	31. 7. 2014	14:03-14:13	18,0	90	116	1,64	5,75	0,79
9121	31. 7. 2014	14:23-14:33	19,5	110	55	1,81	6,32	1,00
9122	31. 7. 2014	14:43-14:53	12,0	46	33,0	1,89	5,78	0,78
9123	31. 7. 2014	15:03-15:13	8,2	22	34,0	1,96	5,63	0,69
9124	31. 7. 2014	15:23-15:33	7,6	24	21,0	1,94	5,64	0,58
9125	31. 7. 2014	15:43-15:53	9,8	31	23,0	2,18	6,19	0,69
9126	31. 7. 2014	16:03-16:13	18,0	97	42	4,13	8,48	0,64
9127	31. 7. 2014	16:23-16:30	18,5	125	46	4,28	8,99	0,80
9175	3. 8. 2014	23:09-23:17	45	98	91	2,22	7,69	0,98
9176	3. 8. 2014	23:27-23:37	29	62	74	2,00	6,93	0,92
9177	3. 8. 2014	23:47-23:57	22	62	70	1,13	5,38	0,55
9178	4. 8. 2014	00:07-00:17	15,0	32	46	0,99	4,95	0,44
9179	4. 8. 2014	00:27-00:37	13,0	35	42	1,01	4,13	0,55
9180	4. 8. 2014	00:47-00:57	11,0	23	27,0	0,98	3,71	0,42
9181	4. 8. 2014	1:07-1:17	11,0	24	29,0	0,98	3,62	0,38
9686	13. 8. 2014	19:28-19:30	93	295	224	11,2	16,1	4,63
9687	13. 8. 2014	19:40-19:50	71	260	204	6,40	11,9	2,97
9688	13. 8. 2014	20:00-20:10	31	185	188	1,30	7,74	1,75
10242	27. 8. 2014	10:11-10:21	29	135	126	4,41	8,11	1,34
10243	27. 8. 2014	10:31-10:41	11,5	100	102	1,30	3,95	0,76
10244	27. 8. 2014	10:51-11:01	20	120	100	2,18	4,63	1,51

10245	27. 8. 2014	11:11-11:21	10,0	40	86	1,03	2,86	0,71
10246	27. 8. 2014	11:31-11:41	11,0	41	88	1,13	3,17	0,81
10503	1. 9. 2014	19:40-19:42	24	59	41	5,83	9,71	1,23
10504	1. 9. 2014	19:52-20:02	22	62	51	4,56	8,49	0,96
10505	1. 9. 2014	20:12-20:22	12,5	25	28,0	2,04	5,24	0,65
10506	1. 9. 2014	20:32-20:42	12,5	38	36,0	2,15	5,07	0,68
10507	1. 9. 2014	20:52-21:02	10,0	29	17,0	1,87	4,76	0,55
10508	1. 9. 2014	21:12-21:22	10,5	29	13,0	1,95	5,01	0,47
10509	1. 9. 2014	21:32-21:42	12,5	32	25,0	2,26	5,90	0,73
10510	1. 9. 2014	21,52-22,02	11,5	26	21,0	2,27	6,14	0,98
10511	1. 9. 2014	22,12-22,22	10,5	28	14,0	2,60	6,17	0,64
10512	1. 9. 2014	22,32-22,42	11,0	31	21,0	2,36	6,30	0,72
10513	1. 9. 2014	22,52-23,03	12,0	27	12,0	2,22	6,16	0,58
10514	1. 9. 2014	23,12-23,22	11,0	35	23,0	2,39	6,73	0,88
<b>Průměr (31. 7. - 1. 9. 2014)</b>			<b>26</b>	<b>89</b>	<b>72</b>	<b>3,07</b>	<b>7,06</b>	<b>1,20</b>
<b>Max (31. 7. - 1. 9. 2014)</b>			<b>135</b>	<b>400</b>	<b>262</b>	<b>17,4</b>	<b>24,8</b>	<b>6,18</b>
<b>Min (31. 7. - 1. 9. 2014)</b>			<b>7,6</b>	<b>22,0</b>	<b>12,0</b>	<b>0,98</b>	<b>2,86</b>	<b>0,38</b>



Obr. 16 Porovnání koncentračních hodnot BSK<sub>5</sub>, CHSK<sub>Cr</sub> a NL při srážkových událostech a bezdeští u retenční nádrže Sokolova



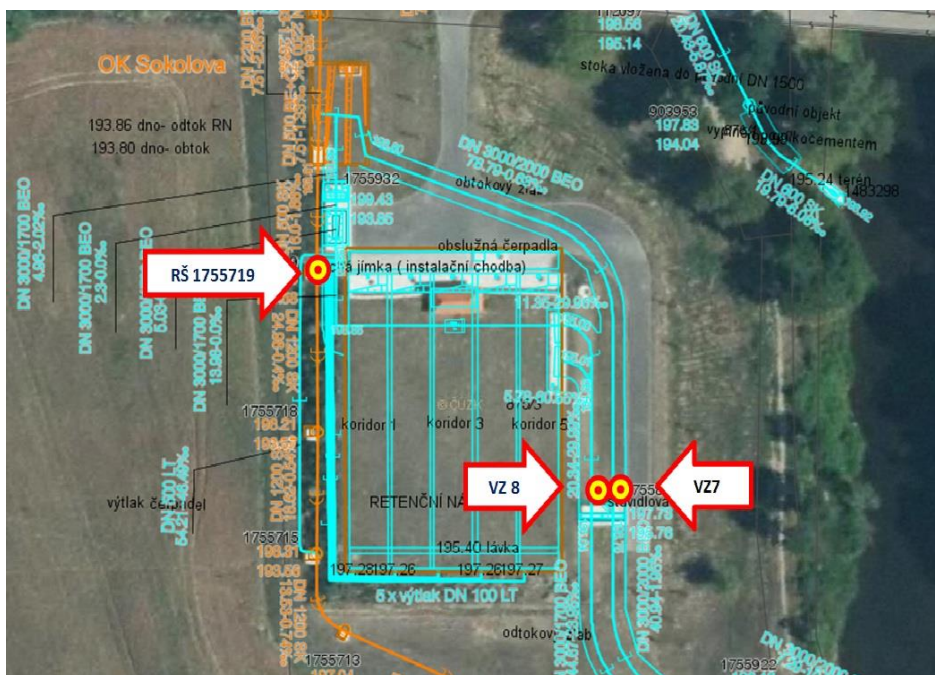
Obr. 17 Porovnání koncentračních hodnot  $NNH_4$ ,  $N_{celk}$ , a  $P_{celk}$  při srážkových událostech a bezdeští u retenční nádrže Sokolova

## 6.4 Vyhodnocení kvality odpadních vod při přepadu z retenční nádrže a odlehčovací komory Sokolova do recipientu Svratka

Odběr vzorků byl proveden s cílem ověření kvality odpadních vod při přepadu z retenční nádrže a odlehčovací komory Sokolova do recipientu a to za účelem sledování změn v látkovém složení u zachycených vod v retenční nádrži.

Vzorky byly odebrány automatickým přenosným vzorkovačem ISCO 6712. Místa odběrů šachty a přelivy jsou zřejmé ze situace na (Obr. 18). Odběr vzorků byl zahájen při dešťové události, když došlo k zvýšení hladiny odpadních vod nad stanovenou úroveň. Pro uvedená vzorkování při dešťových událostech byl vzorkovač nastaven na odběry dílčích vzorků po 5 minutách. Probíhající vzorkování bylo po jedné hodině dešťové události ukončeno, byly odebrány směsné hodinové vzorky slévané z 12 dílčích vzorků. Analyzovány byly ve všech odebraných vzorcích ukazatele  $BSK_5$ ,  $CHSK_{Cr}$  a  $NL$ ,  $NNH_4$ ,  $N_{celk}$  a  $P_{celk}$ .

Koncentrační hodnoty sledovaného látkového znečištění vod na přepadu do recipientu byly zpracovány formou tabulek a grafů (Tabulka 33, Tabulka 34, Obr. 19, Obr. 20).



Obr. 18 Přehled míst odběru vzorků na přepadu z retenční nádrže Sokolova

### VZ7 - přepad z odlehčovací komory OK2A Sokolova do recipientu

Tabulka 33: VZ7 - přepad z odlehčovací komory OK2A Sokolova do recipientu

Číslo vzorku	Datum odběru	Hodina odběru	BSK <sub>5</sub>	CHSK <sub>Cr</sub>	NL	NNH <sub>4</sub>	N <sub>celk</sub>	P <sub>celk</sub>
			mg·l <sup>-1</sup>	mg·l <sup>-1</sup>	mg·l <sup>-1</sup>	mg·l <sup>-1</sup>	mg·l <sup>-1</sup>	mg·l <sup>-1</sup>
11220	31. 7. 2016	17:40 – 18:35	16	165	274	0,65	3,20	1,30

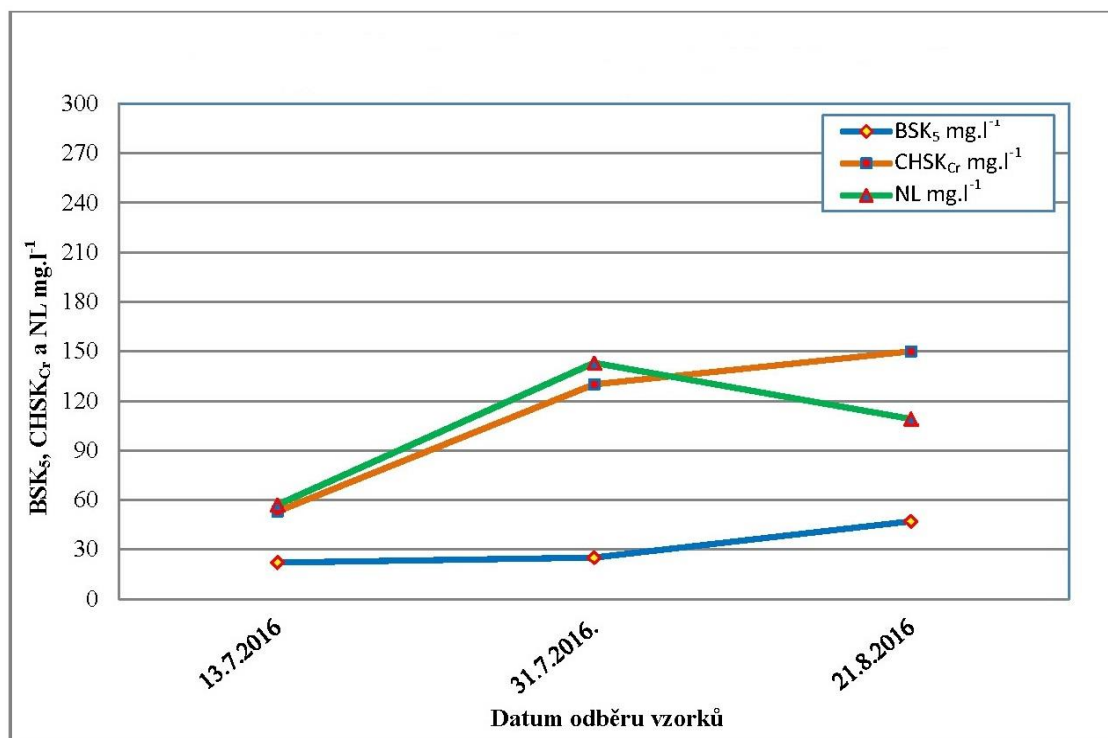
U přepadu z odlehčovací komory Sokolova byl odebrán v roce 2016 jeden vzorek dne 31. 7. 2016 v 17:40 – 18:35 hod. s intervalem odběru vzorku 55 minut.

### VZ8 - přepad z RN Sokolova do recipientu

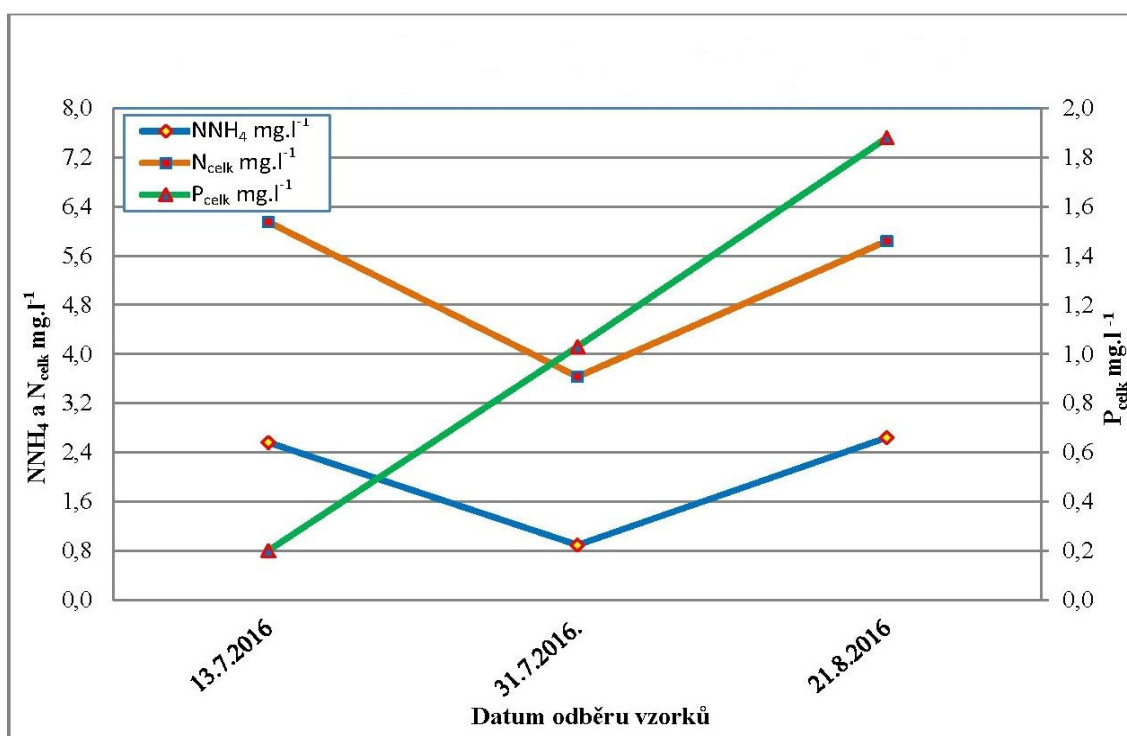
Tabulka 34: VZ8 - přepad z RN Sokolova do recipientu

Číslo vzorku	Datum odběru	Hodina odběru	BSK <sub>5</sub>	CHK <sub>Cr</sub>	NL	NNH <sub>4</sub>	N <sub>celk</sub>	P <sub>celk</sub>
			mg·l <sup>-1</sup>	mg·l <sup>-1</sup>	mg·l <sup>-1</sup>	mg·l <sup>-1</sup>	mg·l <sup>-1</sup>	mg·l <sup>-1</sup>
10143	13. 7. 2016	0:10 - 1:10	22	53	57	2,56	6,15	0,20
11219	31. 7. 2016	17:20 – 18:15	25	130	143	0,89	3,63	1,03
12513	21. 8. 2016	9:20 – 10:15	47	150	109	2,64	5,84	1,88

U přepadu z retenční nádrže byly odebrány tři vzorky dne 13. 7. 2016 v intervalu 60 minut a dne 31. 7. a 21. 8. 2016 v intervalu odběru 55 minut.



Obr. 19 Koncentrační hodnoty BSK<sub>5</sub>, CHSK<sub>Cr</sub> a NL na přepadu VZ8 u retenční nádrže Sokolova do recipientu



Obr. 20 Koncentrační hodnoty NNH<sub>4</sub>, N<sub>celk</sub> a P<sub>celk</sub> na přepadu VZ8 u retenční nádrže Sokolova do recipientu

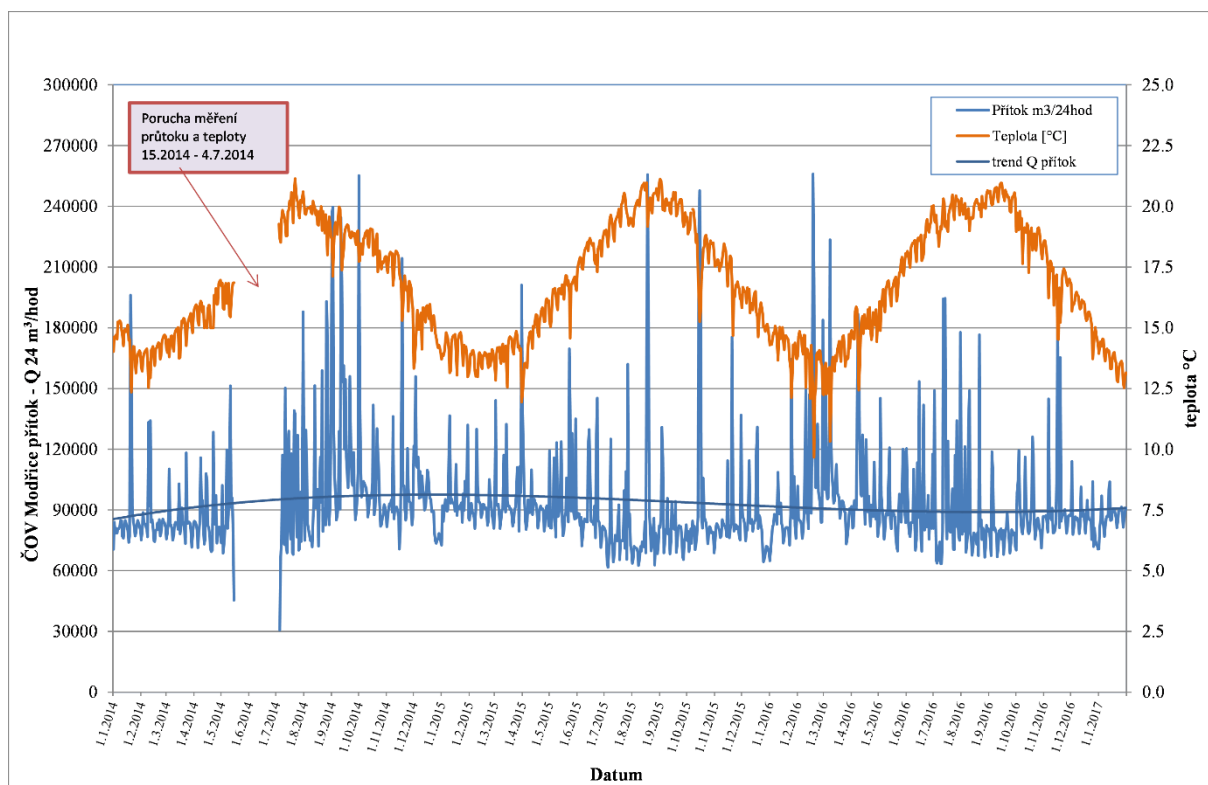


## 7 POSOUZENÍ VLIVU SRÁŽKOVÝCH VOD PŘIVÁDĚNÝCH V ZIMNÍM OBDOBÍ NA ČISTÍRNU ODPADNÍCH VOD BRNO – MODŘICE

Srážkové vody přiváděné společně se splaškovými vodami jednotnou kanalizační soustavou na čistírnu odpadních vod v Brně Modřicích negativně působí na proces čištění především v zimním období, kdy dochází k poklesu teploty u přiváděných odpadních vod společně se změnou v látkovém složení v ukazatelích CI<sup>-</sup>. Sledované ukazatele na přítoku do čistírny odpadních vod mají vliv na proces čištění.

### 7.1 Vyhodnocení teploty v závislosti na průtoku přiváděných odpadních vod na čistírnu odpadních vod v zimním období

Pro vyhodnocení byla použita data z trvalého měření na přítoku do čistírny odpadních vod a to za období 2014 – 1/2017. Závislost průtoku a teploty odpadních vod je zobrazena v grafu včetně průměrných hodnot průtoku odpadních vod přiváděných v bezdešti (Obr. 21).

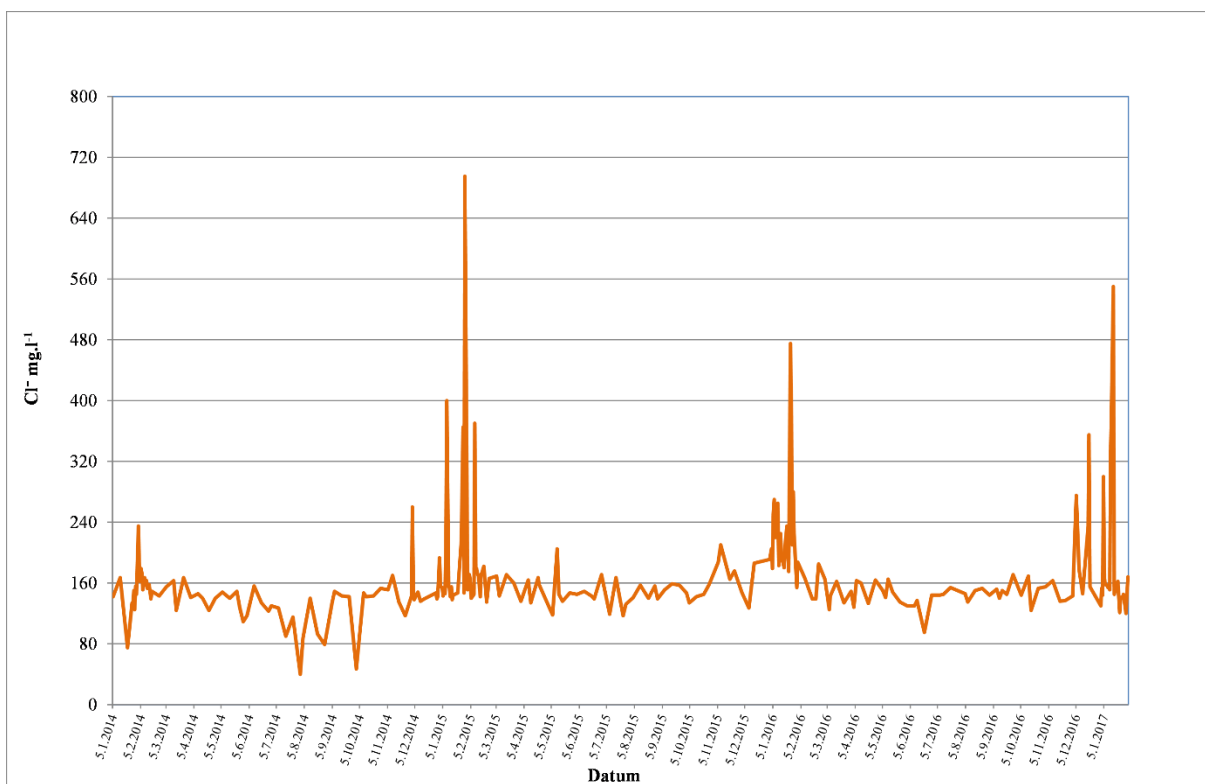


Obr. 21 ČOV Modřice, surová odpadní voda, hodnoty průtoku a teplota odpadní vody, období 2014 - 1.2017

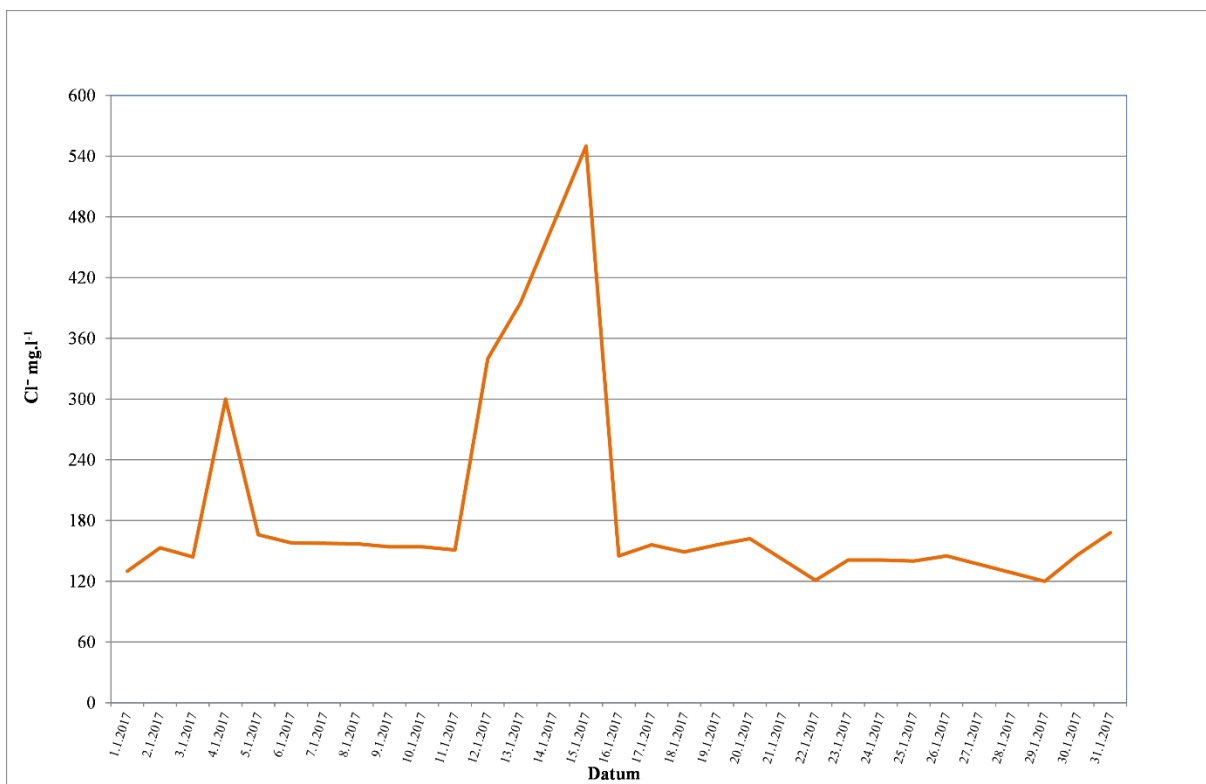


## 7.2 Vyhodnocení koncentračních hodnot chloridů na přítoku do čistírny odpadních vod v zimním období

Pro vyhodnocení látkového znečištění, které přímo ovlivňuje proces čištění, jsou sledovány ukazatele chloridů v zimním období (Obr. 22). Chloridy se do odpadních vod dostávají při provádění zimní údržby komunikací. V závislosti na sledování kvality srážkových vod z komunikací bylo rovněž provedeno vyhodnocení koncentračních hodnot  $\text{Cl}^-$  na přítoku do čistírny odpadních vod za období leden 2017 (Obr. 23).



Obr. 22 ČOV Modřice, surová odpadní voda, koncentrace chloridů, období 2014 - 1.2017



Obr. 23 ČOV Modřice, surová odpadní voda, koncentrace chloridů, leden 2017

## 8 VÝSLEDKY A DISKUSE

Srážkové vody odváděné z území města Brna svým množstvím a látkovým složením ovlivňují stávající jednotnou kanalizační soustavu a čistírnu odpadních vod. Praktická část je z důvodu rozsahu řešené problematiky rozdělena do několika kapitol.

### *Srážkové vody z komunikací*

Pro vyhodnocení látkového znečištění jsem provedl rozbor vzorků srážkových vod odváděných kanalizační soustavou z dopravně vytižených komunikací na území města Brna a to z důvodu, že plochy komunikací patří k hlavním znečišťovatelům těchto vod. Celkem byly provedeny tři série odběru vzorků u pěti vybraných míst brněnských komunikací. První dvě série odběru vzorků byly provedeny s cílem vyhodnocení kvality srážkových vod odváděných z komunikací v zimním období při tání sněhu. Provedené laboratorní rozborů odebraných vzorků z tání (Tabulka 19) potvrdily skutečnost, že srážkové vody odváděné z komunikací v zimním období patří k silně znečištěným vodám. Látkové složení těchto vod je ovlivněno především dopravou, kdy vzniklé znečištění na vozovkách se v zimním období akumuluje ve sněhu. U všech odebraných vzorků při tání byly naměřeny vysoké koncentrace RL a Cl<sup>-</sup>. Hlavní vliv bude mít především provádění zimní údržby společně s aplikací inertních materiálů a posypových solí na povrch komunikací. Poslední sérií vzorkování srážkových vod odváděných z komunikací bylo sledováno znečištění při dešťové události. Naměřené hodnoty (Tabulka 20) byly oproti vzorkům odebraných při tání sněhu podstatně nižší a to z důvodu, že odběr vzorků byl proveden na konci srážkové události. To potvrzuje skutečnost, že při vyhodnocení látkového znečištění vod z komunikací je nutné řešit otázku odběru vzorků v průběhu srážkové události, kdy k nejvíce znečištěným patří první dešťové splachy z povrchů vozovek. V odborné literatuře a člancích, které popisují problematiku znečištění srážkových vod, nejsou u prezentovaných výsledků laboratorních rozborů těchto vod uvedeny údaje o srážkovém úhrnu, dopravní vytiženosti místa a čase odběru vzorku v průběhu srážkové události. Dochází tak k značným rozdílům u jednotlivých výsledků naměřeného látkového znečištění, které je především ovlivněno nařazením srážkových vod společně s odtokem prvních splachů s akumulovaným znečištěním.

Pro objektivní vyhodnocení kvality u sledovaných srážkových vod z komunikací jsem provedl rozdělení míst odběru vzorků dle následného odvádění kanalizační soustavou. Toto

rozdělení umožňuje porovnat získané výsledky v případě odtoku jednotnou kanalizační soustavou na čistírnu odpadních vod s platným Kanalizačním řádem pro město Brno a u oddílné kanalizační soustavy s přímým vyústěním do recipientu s normou ČSN 75 7221 klasifikace jakosti povrchových vod. Porovnáním výsledků naměřených koncentračních hodnot látkového znečištění u srážkových vod z komunikací s přípustnými hodnotami odpadních vod dle platného Kanalizačního řádu města Brna bylo zjištěno překročení u pěti vzorků ze šesti, kdy především vzorky odebrané při tání sněhu v ukazatelích NL, RL, Cl<sup>-</sup>, Ni, Cr, C<sub>10-40</sub> převyšují stanovené mezní hodnoty. Pro porovnání koncentračních hodnot látkového znečištění u srážkových vod z komunikací s normou ČSN 75 7221 klasifikace jakosti povrchových vod byly použity mezní hodnoty pro klasifikační třídu V. – silně znečištěné vody. Porovnáním výsledků lze tedy konstatovat, že uvedené vzorky srážkových vod odebrané v době tání sněhu jsou dle ČSN 75 7221 klasifikovány jako vody silně znečištěné. V případě odvádění srážkových vod z komunikací oddílnou kanalizační soustavou do recipientu, mohou takto vysoké koncentrace látkového znečištění způsobovat toxicitu vody pro vodní organismy. U tří vzorků odebraných v průběhu srážkové události byl jeden vzorek klasifikován dle ČSN 75 7221 jako vody silně znečištěné a zbývající dva vzorky byly zařazeny mezi vody mírně znečištěné, tyto vzorky však překračují stanovený limit třídy v ukazateli Pb. Výsledky z rozborů jsou uvedeny v praktické části práce (Tabulka 22 - Tabulka 24). U naměřených hodnot jednotlivých ukazatelů látkového znečištění jsou v celkovém přehledu vyznačena překročení povolených limitů dle Kanalizačního řádu a ČSN 75 7221.

### ***Vyhodnocení přínosu výstavby retenční nádrže Sokolova***

Množství srážkových vod odváděných v době mimořádných srážkových událostí z urbanizovaného území negativně působí na jednotnou kanalizační soustavu a čistírnu odpadních vod. Jedná se především o problematiku přetížení hlavních kmenových stok, spojených s přepadem naředěných odpadních vod přes odlehčovací komory do recipientu. Tento stav je způsoben především historicky realizovanou nekontrolovanou výstavbou zpevněných ploch a objektů na území města, které jsou odkanalizovány přes jednotnou kanalizační soustavu. Pro příklad uvádím údaje z evidence provozovatele komunikací ve městě Brně, kdy celková délka asfaltových komunikací na území města Brna je 737,8 km, to představuje 5 451 983 m<sup>2</sup> nepropustných ploch, které jsou většinou odkanalizovány přes jednotnou kana-

lizační soustavu s následným odvedením srážkových vod na čistírnu odpadních vod. U těchto ploch komunikací je nutné počítat se součinitelem odtoku 0,9.

Pro řešení uvedené problematiky přetížení kanalizační soustavy je v rámci snížení negativního vlivu provozní činnosti realizována výstavba retenčních nádrží, kdy tyto vodohospodářské stavby umožní zachycení přepadů odpadních vod z kanalizace v době mimořádných srážkových událostí. V praktické části diplomové práce jsem proto provedl vyhodnocení přínosu výstavby nově realizované retenční nádrže Sokolova na kmenové stoce A. K sledovaným ukazatelům patří množství zachycených objemů odpadních vod v retenční nádrži při srážkové události, kvalita odpadních vod na přepadu z kmenové stoky do záchytných komor retenční nádrže a látkové znečištění odpadních vod při přepadu z retenční nádrže do recipientu.

V rámci vyhodnocení množství objemů zachycených odpadních vod v retenční nádrži Sokolova lze konstatovat, že ve sledovaném období 2014- 2016 bylo zaznamenáno 53 srážkových událostí, které se projevíly přepadem odpadních vod z kmenové stoky A do retenční nádrže. Celkový objem zachycených odpadních vod představoval  $156\,611\text{ m}^3$ , přičemž došlo k přepadu odpadních vod z retenční nádrže do recipientu pouze ve 13 případech (Tabulka 26 - Tabulka 28).

Vyhodnocení látkového znečištění u zachycených odpadních vod v retenční nádrži Sokolova bylo provedeno v době přepadu odpadních vod z kmenové stoky A do záchytných komor retenční nádrže při přetížení kanalizační soustavy. Výsledky rozborů vzorků odpadních vod byly porovnány s koncentračními hodnotami naměřenými na kmenové stoce A za bezdeští (Tabulka 29 - Tabulka 31). Z výsledků rozborů u vzorků odpadních vod odebraných na přepadu z kmenové stoky A do retenční nádrže (Tabulka 32) lze konstatovat, že většina hodnot sledovaných polutantů byla při srážkové události několikanásobně nižší než koncentrace odpadních vod na kmenové stoce A za bezdeští. To potvrzuje skutečnost, že dochází k snížení koncentračních hodnot látkového znečištění a to z důvodu naředení těchto vod v průběhu trvání srážkové události, kdy největší koncentrace znečištění jsou ve srážkových vodách na začátku tj. v době prvního splachu. Vyhodnocení látkového znečištění na přepadu z retenční nádrže je u jednotlivých sledovaných ukazatelů provedeno také formou grafu (Obr. 16 a Obr. 17). Z výsledků naměřených hodnot látkového znečištění zachycených odpadních vod v retenční nádrži Sokolova (Tabulka 32) je zřejmé, že zvýšené hodnoty jsou především u polutantů, jejichž analýzy jsou ovlivněny NL. Tento problém je zřejmě způsoben sedimentací

NL v místě retenční nádrže Sokolova, kdy dochází ve vertikální ose ke změnám v koncentraci NL (nárůst koncentrací od hladiny směrem ke dnu kanalizační stoky). V důsledku toho jsou odebrané vzorky částečně odsazené odpadní vody, a z tohoto důvodu vykazují snížené hodnoty v ukazatelích BSK<sub>5</sub>, CHSK<sub>Cr</sub>, NL, N<sub>celk</sub> a v menší míře P<sub>celk</sub>.

Součástí práce bylo vyhodnocení kvality odpadních vod na přepadu z retenční nádrže a odlehčovací komory Sokolova do recipientu (Tabulka 33, Tabulka 34). Z výsledků odebraných vzorků je zřejmé výrazné naředění u přepadajících odpadních vod.

Lze tady konstatovat, že výstavbou retenčních nádrží na kanalizační soustavě města Brna dochází k snížení negativního vlivu přepadu odpadních vod z odlehčovacích komor do recipientu v době mimořádných srážkových událostí. Hlavním přínosem je také akumulace látkového znečištění odpadních vod v retenční nádrži při přetížení kanalizační soustavy a odvedení těchto vod na ČOV po ukončení srážkové události. Nedochází však k radikálnímu snížení množství srážkových vod přiváděných v průběhu roku na ČOV. Příkladem je 40 % podíl srážkových vod z celkového objemu všech odpadních vod přivedených na ČOV v Brně - Modřicích v roce 2016.

### ***Vliv srážkových vod na čistírnu odpadních vod Brno – Modřice***

Srážkové vody mají negativní vliv na proces čištění ČOV, kdy dochází k naředění přiváděných odpadních vod a změnám teploty především v zimním období společně s vysokými koncentracemi látkového znečištění v ukazatelích CL<sub>2</sub>, které jsou důsledkem zimní údržby komunikací.

V diplomové práci jsem provedl vyhodnocení teploty v závislosti na průtoku přiváděných odpadních vod na ČOV – Modřice za rok 2014 – 1/2017. Z výsledků a provozních zkušeností je nutné konstatovat, že s klesající teplotou pod 15 °C u přiváděných odpadních vod na ČOV – Modřice se snižuje rychlost odstraňování dusíku při procesu nitrifikace a denitrifikace, kdy především nitrifikační bakterie jsou citlivější na změnu teploty přiváděných odpadních vod. K výraznému ovlivnění celkového procesu biologického čištění odpadních vod dochází na ČOV – Modřice při poklesu teploty pod 12 °C. Výsledky průběhu teploty odpadních vod na přítoku do čistírny jsou zobrazeny v grafu (Obr. 21). U přiváděných odpadních vod došlo k poklesu teploty pod 12 °C pouze v průběhu několika dní a to v roce 2015 a 2016, přičemž k problematickým jevům nepatří postupný pokles teploty u přiváděných vod, ale především nárazové snížení teploty řádově o několik stupňů. Tyto prudké změny v poklesu teploty jsou

zřejmé za období 2/2016 – 3/2016, kdy došlo k poklesu teploty dne 18. - 19. 2. 2016 z 12,7 °C na 9,67 °C a dne 7. – 8. 3. 2016 z 13,37 °C na 10,3 °C, k historicky naměřeným minimům patří teploty na přítoku ČOV pohybující se kolem 6,5 °C.

V rámci sledování vlivu srážkových vod na proces čištění ČOV jsem v práci provedl vyhodnocení koncentračních hodnot  $\text{Cl}^-$  u odpadních vod na přítoku ČOV v zimním období (Obr. 22). Naměřené hodnoty  $\text{Cl}^-$  v zimním období na přítoku ČOV dosahují v extrémních případech koncentrací až  $695 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ , tyto koncentrace mohou být toxické pro mikroorganismy podílející se na procesu biologického čištění. V návaznosti na vyhodnocení kvality vod z komunikací při tání sněhu 1/2017 (Obr. 23) jsem zpracoval přehled koncentračních hodnot  $\text{Cl}^-$  na přítoku ČOV za toto období. Výsledky vykazují snížení koncentrací  $\text{Cl}^-$  z důvodu naředění srážkových vod, kdy odebrané vzorky z tání u dopravně vytížených komunikací vykazovaly hodnoty v rozmezí 4110 - 17 900  $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$  a na přítoku do čistírny odpadních vod byly naměřeny koncentrace 340 - 550  $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ .

## 9 ZÁVĚR

Cílem vypracované diplomové práce bylo vyhodnocení vlivu srážkových vod na stávající jednotnou kanalizační soustavu a čistírnu odpadních vod města Brna. Srážkové vody odváděné z urbanizovaného území svým množstvím a látkovým složením negativně působí na provozování kanalizační soustavy a čistírny odpadních vod, přičemž bezpečné provozování městského odvodnění může mít dopad na životním prostředí.

Praktická část práce je rozdělena do několika kapitol, které přímo souvisejí s řešenou problematikou. Z pohledu látkového znečištění srážkových vod jsem provedl vyhodnocení kvality těchto vod odváděných kanalizační soustavou z dopravně vytížených komunikací. Tyto vody byly na základě rozboru vzorků vyhodnoceny jako silně znečištěné. V rámci městské kanalizační soustavy jsem vyhodnotil přínos výstavby nové retenční nádrže a to z důvodu řešení stávající problematiky přetížení kanalizačních stok v době srážkových událostí. Retenční nádrže jsou řešením uvedené problematiky a přispívají k odstranění nežádoucího znečištění vodních toků odpadními vodami z přeplněných odlehčovacích komor. Komunální čistírna odpadních vod Brno – Modřice je srážkovými vodami ovlivněna především množstvím a kvalitou těchto vod v zimním období, kdy dochází k poklesu a rozkolísanosti teplot na přítoku ČOV a zatížení biologického stupně čištění látkovým znečištěním především chloridy.

V minulosti přijatá koncepce odvodnění města Brna se v současné době stává nevyhovující ve vztahu k životnímu prostředí, především k čistotě navazujících vodních toků a je nutné řešit novou moderní koncepcí. Tato nová moderní koncepce městského odvodnění musí zajistit objektivní posouzení všech složek systému na základě dlouhodobého sledování a vyhodnocení všech aspektů, které mají negativní vliv na životní prostředí.

Vypracovaná diplomová práce svým obsahem přispívá k rozšíření dalších poznatků k řešení uvedené problematiky odvodnění města Brna.



## 10 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

ASOCIACE ČISTÍRENSKÝCH EXPERTŮ ČESKÉ REPUBLIKY, 2009: *Metodická příručka posouzení stokových systémů urbanizovaných povodí*, Dostupné z: [http://www.opzp2007-2013.cz/soubor-ke-stazeni/17/5237-](http://www.opzp2007-2013.cz/soubor-ke-stazeni/17/5237-01052009_metodicka_prirucka_stokovy_system_090604.pdf)

01052009\_metodicka\_prirucka\_stokovy\_system\_090604.pdf

BAREŠ, V., 2010: *Efektivita látkového předčištění dešťového odtoku*, Sborník přednášek odborného semináře „Hospodaření s dešťovými vodami ve městech a obcích“, Brno ISBN 80-86020-67-9

Brněnské vodárny a kanalizace, a. s., 2015: Provozní řád retenční nádrže Sokolova, 64 s.

Brněnské vodárny a kanalizace, a.s. – firemní dokumentace.

BUDSKÁ, E., 1999: Atmosférické depozice látek, VTEI, 37 (12): 430–439.

Česká vědeckotechnická vodohospodářská společnost, 2010: *Posuzování dešťových oddělovačů jednotných stokových systémů v urbanizovaných území* - metodická příručka, Státní fond životního prostředí, 73 s.

Český normalizační institut, 2004: ČSN 75 6261 *Dešťové nádrže*, Praha, 24 s.

Český normalizační institut, 2004: ČSN 75 7221 *Jakost vod - klasifikace jakosti povrchových vod*

Generel odvodnění města Brna průvodce projektem, 2010: Vyškov, MIA Studio, 60 s.

HERRMANN, R., DAUB, J., FORSTER, J., AND STRIEBEL, T., 1994: Chemodynamics of trace pollutants during roof and street runoff. *Water Sci Technol*, 29 (1-2): 73-82.

HLAVÍNEK, P. A KOL., 2006: *Nakládání s dešťovými vodami v urbanizovaném území*, Sborník přednášek odborného semináře „Hospodaření s dešťovými vodami ve městech a obcích“, Brno ISBN 80-86020-49-5

HLAVÍNEK, P. A KOL., 2007: *Hospodaření s dešťovými vodami v urbanizovaném území*, Vyd. 1. Brno, ARDEC s.r.o., 164 s. ISBN 80-86020-55-X

HLAVÍNEK, P., MIČÍN, J., PRAX, P., 2001: *Příručka stokování a čištění*, Vyd. 1. Brno: NOEL 2000, 251 s. ISBN 80-86020-30-4.

HLAVÍNEK, P., MIČÍN, J., PRAX, P., 2003: *Stokování a čištění odpadních vod*, Vyd. 1. Brno: CERM,, 283 s. ISBN 80-214-2535-0.

HRABÁK, D., PRYL, K., SUCHÁNEK, M., 2006: *Koncepce řešení nakládání s dešťovými vodami v urbanizovaném území*, Sborník přednášek odborného semináře „Hospodaření s dešťovými vodami ve městech a obcích“, Brno ISBN 80-86020-49-5

HUZLIK, J., ROZKOŠNÝ, M., BERÁNKOVÁ, D., 2010: *Znečištění vod odtékajících z komunikací a jejich dočištění*, Sborník přednášek odborného semináře „Hospodaření s dešťovými vodami ve městech a obcích“, Brno ISBN 80-86020-67-9

KAŇKA J., 2013: *Provozování a bezpečnost stok a čistíren odpadních vod*, České Budějovice, Vysoká škola evropských a regionálních studií o.p.s., 112 s. ISBN 978-80-87472-52-1.

KREJČÍ A KOL., 2002: *Odvodnění urbanizovaných území - koncepční přístup*: 1. vyd. Brno: NOEL 2000, 562 s. ISBN 80-86020-39-8.

KROČOVÁ, Š., 2014: *Rizika provozování vodárenských a kanalizačních systémů*, Vyd. 1. Ostrava, Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství v Ostravě, 101 s. ISBN 978-80-7385-147-7

MINISTERSTVO DOPRAVY – ODBOR POZEMNÍCH KOMUNIKACÍ, 2014: *Odvodnění pozemních komunikací – technické podmínky*, Dostupné z: [www.pjpk.cz/viewFile.asp?file=1544](http://www.pjpk.cz/viewFile.asp?file=1544)

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

NOVÁK, J. A KOL., 2003: *Příručka provozovatele stokové sítě*, Libeznice u Prahy, Medim spol. s.r.o., 156 s. ISBN 80-238-9947-3.

PRAX, P., ROŽNOVSKÝ, J., PALÁT, M., 2010: *Měření, validace a analýza dlouhodobých dešťových řad v městském odvodnění*, Vyd. 1. Brno: VUTIUM, 108 s. ISBN 978-80-214-4131-6

PYTL, V. A KOL., 2012: *Příručka provozovatele čistírny odpadních vod*, Vyd. 2. Libeznice: Medim, spol. s.r.o., 206 s. ISBN 978-80-87140-26-0

SUCHÁNEK, M., SÝKORA, P., STRÁNSKÝ, D., 2012: *Monitoring v městském odvodnění*, Vyd. 1. Libeznice: Medim, spol. s.r.o., 70 s. ISBN 978-80-87140-25-3

SYNÁČKOVÁ M., 2000: *Ochrana vody a ovzduší*, Praha, Vydavatelství ČVUT, 157 s.

SYNÁČKOVÁ, M., 2006: *Charakter a znečištění dešťových vod*, Sborník přednášek odborného semináře „Hospodaření s dešťovými vodami ve městech a obcích“, Brno ISBN 80-86020-49-5

ŠÁLEK, J., TLAPÁK, V., 2006: *Přírodní způsoby čištění znečištěných povrchových a odpadních vod*, 1. vyd. Praha: Pro Českou komoru autorizovaných inženýrů a techniků činných ve výstavbě (ČKAIT) vydalo Informační centrum ČKAIT, 283 s. ISBN 9788086769745.

UHER, M., 2008: *Látkové zatížení dešťových vod v urbanizovaném území a varianty technického řešení v návaznosti na odvedení a vsak*, Sborník přednášek odborného semináře „Hospodaření s dešťovými vodami ve městech a obcích“, Brno ISBN 80-86020-57-6

Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2012: *ČSN 75 6101 Stokové sítě a kanalizační přípojky*, Praha, 44 s.

VÍTĚZ, T., GRODA, B., 2008: *Čištění a čistírny odpadních vod*. 1. vyd. Brno, Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 126 s. ISBN 978-80-7375-180-7.

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)

Zákon č. 254/2001 Sb. o vodách

Zákon č. 274/2001 Sb. o vodovodech a kanalizacích

## 11 SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 Úchytný systém .....	21
Obr. 2 Pásmový systém .....	21
Obr. 3 Větevový systém .....	22
Obr. 4 Radiální systém .....	23
Obr. 5 Přepad odpadních vod z odlehčovací komory.....	27
Obr. 6 Výstavba podzemní kruhové dešťové zdrže a retenční nádrže v Brně – Komárov	29
Obr. 7 Otevřená (nadzemní) retenční nádrž v Brně – Líšeň.....	29
Obr. 8 Schéma kmenových stok a kanalizačních sběračů města Brna .....	44
Obr. 9 Schéma vyhodnocení jakostních tříd vodních toků.....	49
Obr. 10 Přehled významných retenčních nádrží na kanalizační soustavě města Brna.....	56
Obr. 11 Přehled odlehčovacích komor na kanalizační soustavě města Brna .....	57
Obr. 12 Srážkoměrná síť na území města Brna .....	63
Obr. 13 Místo odběru vzorku při nátoku do uliční vpustě - Křižovatka Pionýrská x Sportovní x Drobného .....	67
Obr. 14 Přehled měření na retenční nádrži Sokolova.....	76
Obr. 15 Přepad odpadních vod z kmenové stoky A při srážkové události do retenční nádrže Sokolova .....	80
Obr. 16 Porovnání koncentračních hodnot BSK <sub>5</sub> , CHSK <sub>Cr</sub> a NL při srážkových událostech a bezdeští u retenční nádrže Sokolova.....	84
Obr. 17 Porovnání koncentračních hodnot NNH <sub>4</sub> , N <sub>celk.</sub> a P <sub>celk.</sub> při srážkových událostech a bezdeští u retenční nádrže Sokolova .....	85
Obr. 18 Přehled míst odběru vzorků na přepadu z retenční nádrže Sokolova.....	86
Obr. 19 Koncentrační hodnoty BSK <sub>5</sub> , CHSK <sub>Cr</sub> a NL na přepadu VZ8 u retenční nádrže Sokolova do recipientu .....	87
Obr. 20 Koncentrační hodnoty NNH <sub>4</sub> , N <sub>celk.</sub> a P <sub>celk.</sub> na přepadu VZ8 u retenční nádrže Sokolova do recipientu .....	87
Obr. 21 ČOV Modřice, surová odpadní voda, hodnoty průtoku a teplota odpadní vody, období 2014 - 1.2017.....	88
Obr. 22 ČOV Modřice, surová odpadní voda, koncentrace chloridů, období 2014 - 1.2017 .....	89
Obr. 23 ČOV Modřice, surová odpadní voda, koncentrace chloridů, leden 2017 .....	90

## 12 SEZNAM TABULEK

Tabulka 1: ČSN 756101 Doporučené součinitele odtoku pro výpočet stokové sítě racionální metodou .....	33
Tabulka 2: Ukazatele specifického znečištění .....	35
Tabulka 3: Orientační složení splaškových odpadních vod .....	35
Tabulka 4: Průměrné složení atmosférické deponice v Čechách .....	36
Tabulka 5: Zdroje znečištění dešťových vod .....	37
Tabulka 6: Složení povrchového odtoku srážkových vod z komunikací podle Gretzschela .....	37
Tabulka 7: Průměrné hodnoty znečištění dešťových vod rozpuštěnými organickými látkami .....	38
Tabulka 8: Údaje o kanalizační síti města Brna k 31. 12. 2016 .....	40
Tabulka 9: Sledování kvality vody ve vodních tocích nad a pod městem Brnem za bezdeští .....	47
Tabulka 10: Sledování kvality vody ve vodních tocích nad a pod městem Brnem za bezdeští .....	48
Tabulka 11: Sledování kvality vody ve vodních tocích nad a pod městem Brnem za deště .....	48
Tabulka 12: Sledování kvality vody ve vodních tocích nad a pod městem Brnem za deště .....	48
Tabulka 13: Sledování kvality vody na soutoku Svratky a Svitavy .....	48
Tabulka 14: Přehled odlehčovacích komor na stokové síti města Brna, včetně údajů o poměru ředění dle platného Kanalizačního řádu města Brna .....	51
Tabulka 15: Přehled významných retenčních nádrží na kanalizační soustavě města Brna .....	55
Tabulka 16: Obsah těžkých kovů ve srážkové vodě odváděné ze střech podle Bollera a Höflingera (1996) .....	58
Tabulka 17: Roční srážkový úhrn ve městě Brně 2014 – 2016 .....	62
Tabulka 18: Vyhodnocení srážkových událostí s úhrnem nad 10 mm ve městě Brně za sledované období 2014 – 2016 .....	64
Tabulka 19: Výsledky laboratorních rozborů vod z komunikací při tání sněhu dne 12. a 13. 1. 2017 .....	68

Tabulka 20: Výsledky laboratorních rozborů vod z komunikací při srážkové události dne 9. 3. 2017 .....	69
Tabulka 21: ČSN 75 7221 Klasifikace jakosti povrchových vod - mezní hodnoty tříd jakosti vody .....	70
Tabulka 22: Porovnání výsledků koncentračních hodnot látkového znečištění dešťových vod z komunikací odváděných oddílnou kanalizační soustavou do recipientu s ČSN 75 7221 .....	71
Tabulka 23: Limity dle platného Kanalizačního řádu města Brna .....	72
Tabulka 24: Porovnání výsledků koncentračních hodnot látkového znečištění dešťových vod odváděných z komunikací do jednotné kanalizační soustavy s Kanalizačním řádem města Brna .....	73
Tabulka 25: Přehled měření u retenční nádrže Sokolova .....	75
Tabulka 26: Vyhodnocení množství akumulovaných vod a přepadů na recipient u retenční nádrže Sokolova v roce 2014.....	77
Tabulka 27: Vyhodnocení množství akumulovaných vod a přepadů na recipient u retenční nádrže Sokolova v roce 2015.....	78
Tabulka 28: Vyhodnocení množství akumulovaných vod a přepadů na recipient u retenční nádrže Sokolova v roce 2016.....	79
Tabulka 29: Průměrné denní koncentrační hodnoty látkového znečištění odpadních vod při průtoku retenční nádrží Sokolova za bezdeští 2014.....	81
Tabulka 30: Průměrné denní koncentrační hodnoty látkového znečištění odpadních vod při průtoku retenční nádrží Sokolova za bezdeští 2015.....	81
Tabulka 31: Průměrné denní koncentrační hodnoty látkového znečištění odpadních vod při průtoku retenční nádrží Sokolova za bezdeští 2016.....	82
Tabulka 32: Koncentrační hodnoty látkového znečištění zachycených odpadních vod v retenční nádrži Sokolova .....	83
Tabulka 33: VZ7 - přeпад z odlehčovací komory OK2A Sokolova do recipientu .....	86
Tabulka 34: VZ8 - přeпад z RN Sokolova do recipientu .....	86