



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ OBCÍ

INSTITUTE OF MUNICIPAL WATER MANAGEMENT

ÚČINNOST ODLEHČOVACÍCH KOMOR

THE EFFICIENCY OF OVERFLOW CHAMBERS

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Tereza Šlechtová

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Petr Hlušík, Ph.D

BRNO 2018




VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

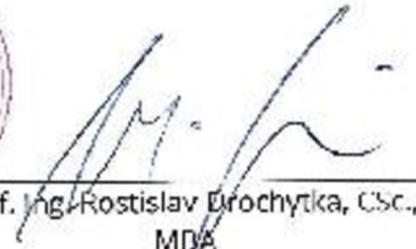
| | |
|--------------------------------|---|
| Studijní program | B3607 Stavební inženýrství |
| Typ studijního programu | Bakalářský studijní program s prezenční formou studia |
| Studijní obor | 3647R015 Vodní hospodářství a vodní stavby |
| Pracoviště | Ústav vodního hospodářství oocí |

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

| | |
|------------------------|------------------------------|
| Student | Tereza Šlechtová |
| Název | Účinnost odlehčovacích komor |
| Vedoucí práce | Ing. Petr Hlušík, Ph.D. |
| Datum zadání | 30. 11. 2017 |
| Datum odevzdání | 25. 5. 2018 |

V Brně dne 30. 11. 2017


doc. Ing. Ladislav Tuhoňčák, CSc.
Vedoucí ústavu


prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc.,
MDA
Děkan Fakulty stavební VUT



PODKLADY A LITERATURA

- [1] Mays L.W. Stormwater Collection: Systems Design Handbook. McGraw-Hill, New York, 2004. ISBN 007-135471-9.
- [2] Kabelková I a kol.: Posuzování dešťových oddělovačů jednotlivých stokových systémů v urbanizovaných územích, SFŽP 2010.
- [3] Grady, C.P.Leslie ; Daigger, Glen T. ; Love, Nancy G. ; Hilpo, Carlos D.M. Biological Wastewater Treatment, Third Edition, IWA Publishing, 2011, 991 s. ISBN 9780819396793.
- [4] Hlavínek P., Mičín J., Prax P.: Příručka stokování a čištění, ISBN 80-86020-30-4, NOEL 2000, Brno 2001.
- [5] Krejčí a kol.: Odvodnění urbanizovaných území - koncepční přístup, ISBN 80-86020-39-8, NDLL 2000, Brno 2002.
- [6] Sborníky Water Science and Technology, IWA Publishing.
- [7] Související normy a legislativní podklady.
- [8] Další podklady dle aktualizace vycházející z průběhu řešení dle pokynu vedoucího diplomové práce .

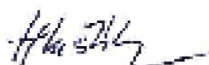
ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

Bakalářská práce bude zaměřena na posouzení účinnosti odlehčovacích komor ve vybrané obci. V první části práce student zpracuje rešerši v problematice navrhování a provozování odlehčovacích komor. Ve druhé části práce pro vytipovanou lokalitu provede posouzení odlehčovacích komor na stokové síti z několika hledisek (plnění funkce objektu, účinnost objektu, stavebně technický stav objektu). Součástí posouzení odlehčovací komory bude i doporučení pro optimalizaci a zlepšení provozu daného objektu.

STRUKTURA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

VŠKP vypracujete a rozdělte podle dále uvedené struktury:

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



Ing. Petr Hlušík, Ph.D.
Vedoucí bakalářské práce

ABSTRAKT

Cílem práce je zpracovat rešerši o odlehčovacích komorách. Proběhne seznámení s legislativou týkající se problematiky odlehčovacích komor, výčet jednotlivých druhů konstrukcí odlehčovacích komor a nejčastěji používanými stavebními materiály. Poté se práce věnuje technickému návrhu a hydraulickým výpočtům. Následně jsou uvedeny emisní a imisní požadavky na přípustná znečištění, které odlehčovací komory způsobují svým přelitím zředěné vody do recipientu. Cílem praktické části je všechny tyto poznatky využít k posouzení vybraných odlehčovacích komor ve městě Brno, které byly monitorovány v průběhu roku 2017. Bude posouzen jejich stavební stav, účinnost odlehčovacích komor, plnění funkce daného odlehčovacího objektu a určení poměru ředění v nově vzniklých a přesunutých stávajících odlehčovacích komorách.

KLÍČOVÁ SLOVA

Kanalizace, odlehčovací komora, účinnost odlehčovacích komor, emisní limity, imisní limity

ABSTRACT

The aim of this bachelor's thesis is to process the recherche of the overflow chambers. The first part of this thesis includes the legislation of the overflow chambers. The following list provides a short description of the individual types of the overflow chambers and building materials which we use the most often. The thesis deals with technical proposal and hydraulic computation. The allowable pollution of diluted water is presented by dint of emission limits and pollution limits which are caused by the overflow chambers. In the practical part of this thesis are used valuable lessons learned from the theoretical parts. The aim of this part is recognition of the selected overflow chambers in the combined sewerage system in the city of Brno. The chambers were monitoring during measuring campaign in 2017. The overflow chambers were evaluated to their efficiency and construction conditions. In the latest built and current moved overflow chambers was calculated the ratio of dilution.

KEYWORDS

Sewer, Overflow Chamber, The Efficiency of Overflow Chambers, Emission Limits, Pollution Limits

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE VŠKP

Tereza Šlechtová *Účinnost odlehčovacích komor*. Brno, 2018. 68 s., Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodního hospodářství obcí. Vedoucí práce Ing. Petr Hlušík, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci zpracovala samostatně a že jsem uvedla všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 25. 5. 2018

Tereza Šlechtová
autor práce

PODĚKOVÁNÍ

Tímto bych ráda poděkovala svému vedoucímu bakalářské práce Ing. Petru Hlušíkovi, Ph.D za jeho aktivní přístup a velkou pomoc při získávání dat. Také bych chtěla poděkovat pracovníkům BVK, a.s. za jejich ochotu a poskytnuté informace. V neposlední řadě děkuji své rodině za podporu během studia.

OBSAH

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | ÚVOD | 8 |
| 2 | LEGISLATIVA | 9 |
| 2.1 | Zákony | 9 |
| 2.2 | Normy | 9 |
| 2.3 | Nařízení a TNV | 9 |
| 2.4 | Evropské směrnice | 9 |
| 3 | ZÁKLADNÍ ROZDĚLENÍ A POUŽÍVANÉ MATERIÁLY ODLEHČOVACÍCH KOMOR | 10 |
| 3.1 | Základní rozdělení odlehčovacích komor | 10 |
| 3.1.1 | Odlehčovací komory s přepadem přímým | 10 |
| 3.1.2 | Odlehčovací komory s přepadem bočním..... | 11 |
| 3.1.3 | Odlehčovací komory se škrťací tratí s přepadem | 12 |
| 3.1.4 | Odlehčovací komory s přepadajícím paprskem | 13 |
| 3.1.5 | Odlehčovací komory s horizontální dělicí stěnou..... | 14 |
| 3.1.6 | Ostatní odlehčovací komory | 14 |
| 3.2 | Materiál odlehčovacích komor | 16 |
| 3.2.1 | Kamenina | 16 |
| 3.2.2 | Beton a železobeton..... | 16 |
| 3.2.3 | Čedič | 17 |
| 3.2.4 | Polymerbeton | 17 |
| 3.2.5 | Sklolaminát | 17 |
| 3.2.6 | Plasty | 18 |
| 4 | TECHNICKÉ ŘEŠENÍ ODLEHČOVACÍCH KOMOR | 19 |
| 4.1 | Stavební uspořádání odlehčovacích komor | 19 |
| 4.2 | Množství přepadajících odpadních vod | 19 |
| 4.3 | Hydraulické řešení odlehčovacích komor | 22 |
| 4.3.1 | Přímý přepad..... | 22 |
| 4.3.2 | Boční přepad..... | 23 |
| 4.3.3 | Odlehčovací komory se škrťací tratí | 25 |
| 5 | ÚČINNOST ODLEHČOVACÍCH KOMOR | 26 |
| 5.1 | Emisní ochrana recipientu | 26 |
| 5.2 | Imisní ochrana recipientu | 28 |
| 6 | ODLEHČOVACÍ KOMORY VE MĚSTĚ BRNĚ | 29 |
| 6.1 | ODLEHČOVACÍ KOMORA: OKD03 Hálkova (Bratří Mrštíků) | 32 |

| | | |
|------------|---|-----------|
| 6.1.1 | Vstupní data pro OKD03 | 34 |
| 6.1.2 | Posouzení účinnosti odlehčovací komory OKD03 | 38 |
| 6.1.3 | Posouzení stavebního stavu | 39 |
| 6.1.4 | Plnění funkce objektu – poměr ředění | 39 |
| 6.2 | ODLEHČOVACÍ KOMORA: OK1 Karásek Loučky | 40 |
| 6.2.1 | Vstupní data pro OK1 | 43 |
| 6.2.2 | Posouzení účinnosti odlehčovací komory OK1 | 46 |
| 6.2.3 | Posouzení stavebního stavu | 47 |
| 6.2.4 | Plnění funkce objektu – poměr ředění | 47 |
| 6.3 | ODLEHČOVACÍ KOMORA: OKD05 Dačického | 48 |
| 6.3.1 | Vstupní data pro OKD05 | 51 |
| 6.3.2 | Posouzení účinnosti odlehčovací komory OKD05 | 54 |
| 6.3.3 | Posouzení stavebního stavu | 55 |
| 6.3.4 | Plnění funkce objektu – poměr ředění | 55 |
| 6.4 | Shrnutí | 56 |
| 7 | ZÁVĚR | 58 |
| 8 | POUŽITÁ LITERATURA | 60 |
| | SEZNAM TABULEK | 62 |
| | SEZNAM GRAFŮ | 63 |
| | SEZNAM OBRÁZKŮ | 64 |
| | SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ | 66 |
| | SUMMARY | 68 |

1 ÚVOD

Odlehčovací komory jsou objekty, které se nacházejí především na jednotné stokové síti. Tyto objekty slouží k regulaci a odvedení dešťových vod a vod, které do kanalizace natekly vlivem tání sněhu.

Jednotné kanalizační sítě a čistírny odpadních vod bývají často přetíženy odpadními vodami, které vznikly vlivem dešťových srážek nebo táním sněhu. Tyto vody způsobí několikanásobně zvýšený průtok, ve kterém jsou jenom okrajově obsaženy splaškové vody. V odlehčovacím objektu dojde k požadovanému naředění, které lze ovlivnit výškou přepadu, a zředěné vody jsou odvedeny většinou do recipientu.

Odlehčovací komora se na povrchu nijak neliší od běžných šachet, ale dále se skládá z podzemního objektu komory, do kterého je zaústěn kanalizační sběrač. Ten v objektu komory většinou přechází do podoby otevřeného koryta, které navazuje až na přelivnou hranu. Pokud je kanalizačním sběračem přiváděn pouze splaškový průtok, je vše odváděno dál na čistírnu odpadních vod. Odvod vody na čistírnu odpadních vod by měl být navíc možný regulovat a to buď mechanicky například pomocí stavítek, nebo škrťací tratí. Při navýšení průtoku na požadované zředění dojde k přelití odpadní vody a jejímu odvedení do recipientu.

Jako hlavní výhoda odlehčovacích komor je zabránění hydraulickému přetížení čistírny odpadních vod. Hlavní nevýhodou je pak přímý vnos znečištění, které je způsobeno zaústěním odlehčovací stoky přímo do recipientu. Je velmi obtížné nalézt kompromis mezi hlavní ekonomickou výhodou a ekologickou nevýhodou. V letošním roce by měla být schválena norma ČSN 75 6262, která by nahradila současně už neplatnou technickou normu TNV 75 6262. Touto normou by se měla řešit problematika ekologického a ekonomického kompromisu odlehčovacích komor.

Cílem práce je v první části zpracovat rešerši o problematice odlehčovacích komor. Proběhne seznámení s legislativou, jednotlivými druhy konstrukcí odlehčovacích komor a materiály, které se používají při výstavbě nových, nebo rekonstrukci stávajících odlehčovacích objektů. Poté se práce věnuje technickému návrhu a hydraulickým výpočtům včetně určení průtoku, na který bude komora dimenzována. Následně jsou uvedeny emisní a imisní požadavky na přípustná znečištění, které odlehčovací komory způsobují svým přelitím zředěné vody do recipientu. Ve druhé části všechny tyto poznatky využijeme k posouzení vybraných odlehčovacích komor ve městě Brně, které byly monitorovány v průběhu roku 2017. Bude posouzen jejich stavební stav, účinnost odlehčovacích komor, plnění funkce daného odlehčovacího objektu a určení poměru ředění v nově vzniklých odlehčovacích komorách.

2 LEGISLATIVA

V rámci České republiky (ČR) a Evropské unie, které je ČR členem, se problematikou jednotné kanalizace, čištění odpadních vod, vnosu znečištění do recipientu i řešením odlehčovacích komor zabývají jednotlivé zákony, normy, nařízení, vyhlášky a evropské směrnice.

2.1 ZÁKONY

Zákon č. 254/2001 Sb. o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon) [22]

Zákon č. 274/2001 Sb. o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů (zákon o vodovodech a kanalizacích) [23]

2.2 NORMY

ČSN 75 6101 Stokové sítě a kanalizační přípojky [16]

ČSN EN 13 508-2+A1 Zjišťování a hodnocení stavu venkovních systémů stokových sítí a kanalizačních přípojek – Část 2: Kódovací systém pro vizuální prohlídku [17]

ČSN EN 752 Odvodňovací systémy vně budov – Vedení kanalizace [18]

ČSN EN 206+A1 Beton – Část 1: Specifikace, vlastnosti, výroba a shoda [19]

ČSN 01 3463 Výkresy inženýrských staveb-Výkresy kanalizace [20]

ČSN 75 6262 Odlehčovací komory – návrh [28]

2.3 NAŘÍZENÍ A TNV

TNV 75 6262 Odlehčovací komory a separátory (bude nahrazena ČSN 75 6262) [2]

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 [21]

2.4 EVROPSKÉ SMĚRNICE

Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2000/60/ES, kterou se stanoví rámec pro činnost Společenství v oblasti vodní politiky [15]

Směrnice Rady č. 91/271/EHS o čištění městských odpadních vod [14]

3 ZÁKLADNÍ ROZDĚLENÍ A POUŽÍVANÉ MATERIÁLY ODLEHČOVACÍCH KOMOR

Odlehčovací komory patří k nejsložitějším a nejdůležitějším objektům na stokových sítích. Důvodem komplikovaného řešení je prolínání hledisek hydraulického, hydrologického, hygienického i konstrukčního, které se vzájemně ovlivňují a úzce spolu souvisí. [1]

3.1 ZÁKLADNÍ ROZDĚLENÍ ODLEHČOVACÍCH KOMOR

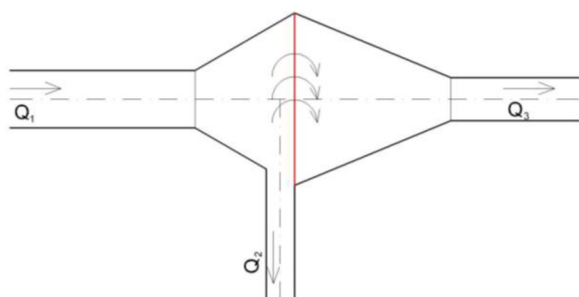
Odlehčovací komory na stokových sítích mají mnoho různých řešení, od jednoduchých s přepadem bez možnosti regulace, přes prefabrikované se stavítkovým přepadem až po velmi složité s mechanickou regulací. [1]

3.1.1 Odlehčovací komory s přepadem přímým

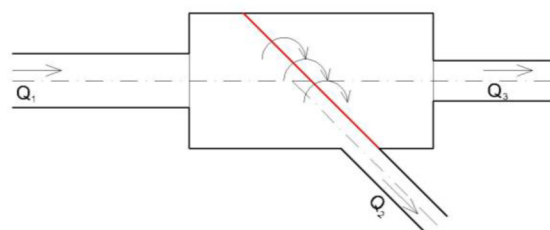
Popis

Konstrukce přelivu se nachází přímo ve směru přívodu odpadní vody. Odlehčená voda poté přepadá přes konstrukci a je odváděna do recipientu nebo dešťové zdrže. Pokud není přeliv využíván, je odpadní voda odkloněna od osy přítoku a odváděna na čistírnu odpadních vod. Podle orientace přelivu na osu toku dělíme přepady na přímý kolmý, přímý šikmý, přímý obloukový a přímý lomený. [1]

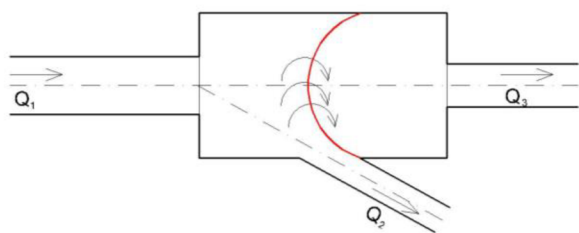
Schéma



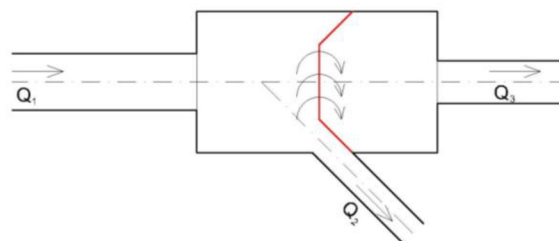
Obr. 3.1.1 OK s přepadem přímým kolmým [1]



Obr. 3.1.2 OK s přepadem přímým šikmým [1]



Obr. 3.1.3 OK s přepadem přímým obloukovým [1]



Obr. 3.1.4 OK s přepadem přímým lomeným [1]



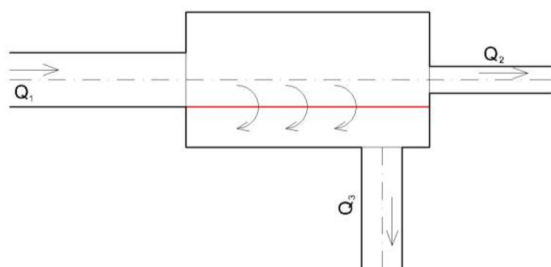
Obr. 3.1.5 OK s přepadem přímým šikmým [24]

3.1.2 Odlehčovací komory s přepadem bočním

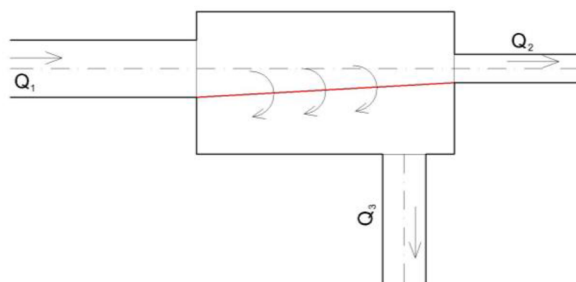
Popis

Konstrukce přelivu je odkloněna od přítoku odpadní vody. Pro větší efektivitu se přistoupilo k využití odstředivé síly a použití obloukového přelivu (obrázek 3.1.2.4). Využitím oboustranného přelivu (obrázek 3.1.2.5) se docílilo zkrácení přelivné hrany a také celé odlehčovací komory. Přepady tohoto typu dělíme na: jednostranný s přímou hranou, se šikmou hranou, jednostranný v oblouku a oboustranný se šikmými hranami. [1]

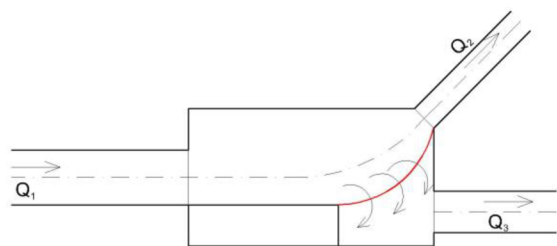
Schéma



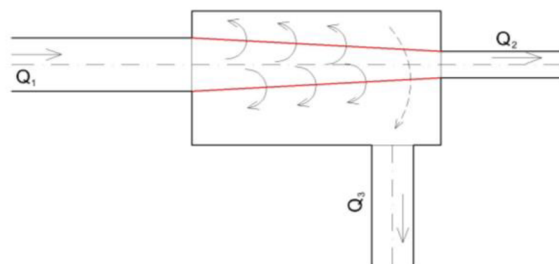
Obr. 3.1.7 OK s přepadem jednostranným přímým [1]



Obr. 3.1.6 OK s přepadem jednostranným šikmým [1]



Obr. 3.1.9 OK s přepadem jednostranným v oblouku [1]



Obr. 3.1.8 OK s přepadem oboustranným šikmým [1]



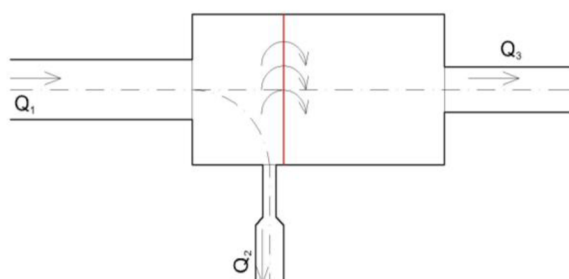
Obr. 3.1.10 OK s přepadem jednostranným přímým [24]

3.1.3 Odlehčovací komory se škrťící tratí s přepadem

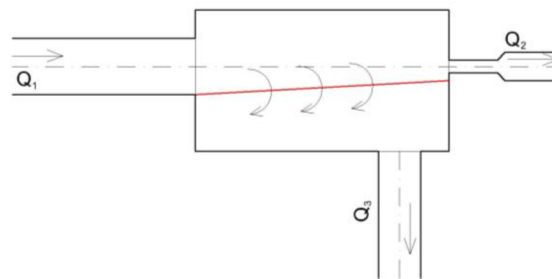
Popis

Tento typ odlehčovací komory je tvořen škrťící tratí, což je profil menšího průměru, který odvádí odpadní vodu na čistírnu odpadních vod. Profil je tak malý, že dochází k jeho zahlcení a proudění přechází do tlakového režimu – jeho průtočná kapacita se téměř nemění. Odlehčovací komora je navíc vybavena ještě přímým (obrázek 3.1.3.1) nebo bočním přepadem (obrázek 3.1.3.2). [1]

Schéma



Obr. 3.1.11 OK s přepadem přímým kolmým a se škrťící tratí [1]



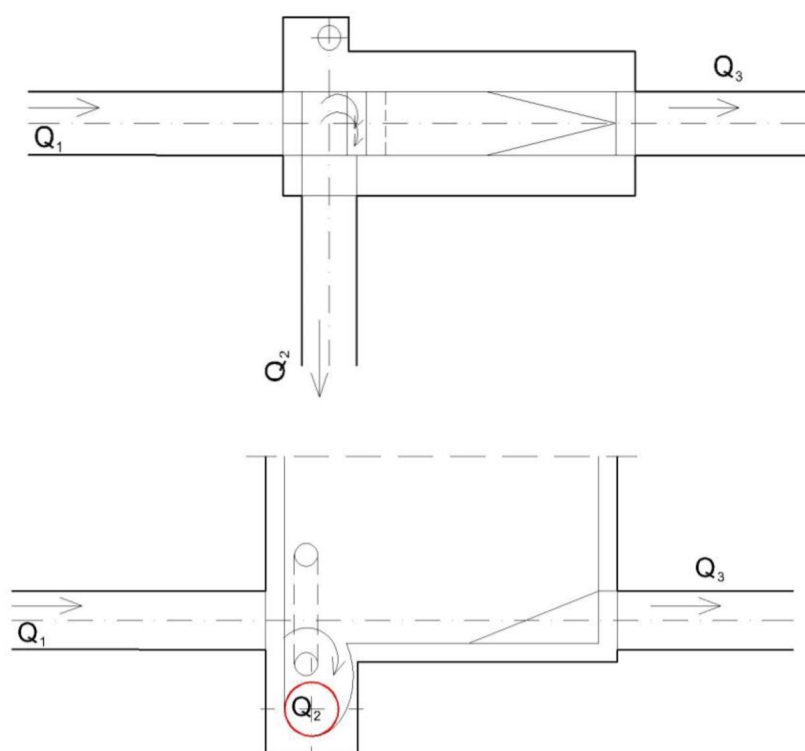
Obr. 3.1.12 OK s přepadem bočním šikmým a se škrťící tratí [1]

3.1.4 Odlehčovací komory s přepadajícím paprskem

Popis

Tento typ odlehčovací komory pracuje na principu rozdělení paprsku tvořeného odpadními vodami pomocí štěrbin. Při bezdeštném průtoku voda odtéká na čistírnu odpadních vod žlábkem, který je uložen kolmo na směr přítoku. Pokud přitéká větší množství odpadních vod, je přepadající paprsek rozdělen a zředěná voda je odváděna přes odlehčovací komoru do recipientu. [1]

Schéma



Obr. 3.1.13 OK s přepadajícím paprskem [1]



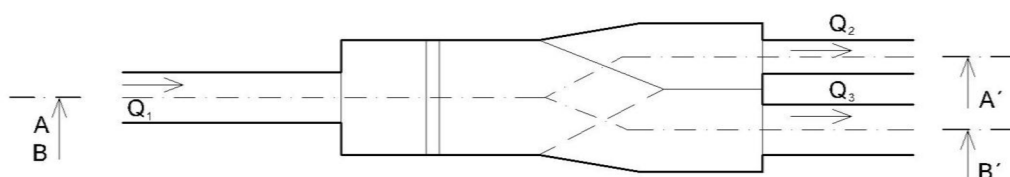
Obr. 3.1.14 OK s přepadajícím paprskem splaškové vody[24]

3.1.5 Odlehčovací komory s horizontální dělicí stěnou

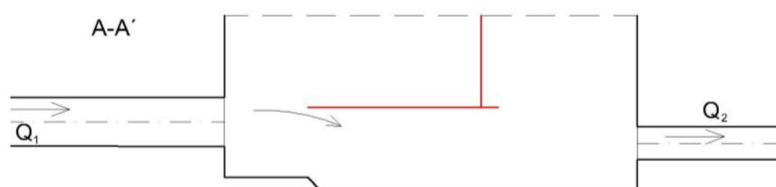
Popis

Tyto odlehčovací komory pracují na principu oddělení odpadních vod při větším průtoku pomocí vodorovného břitu. Při neřaděném průtoku odpadní vody podtékají pod břitem a pokračují na čistírnu odpadních vod. Při větších průtocích, kdy už k požadovanému zředění dochází, voda přetéká přes vodorovnou konstrukci a je odváděna do recipientu. [1]

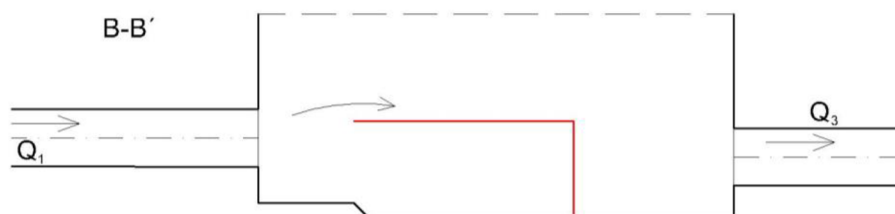
Schéma



Obr. 3.1.15 Půdorys OK s horizontální dělicí stěnou [1]



Obr. 3.1.16 OK s horizontální dělicí stěnou – odtok na ČOV [1]

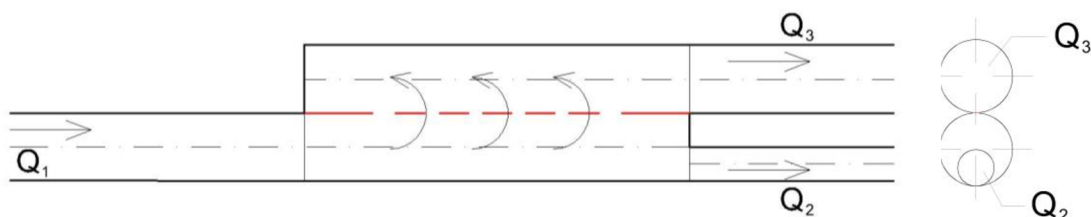


Obr. 3.1.17 OK s horizontální dělicí stěnou – odtok do recipientu [1]

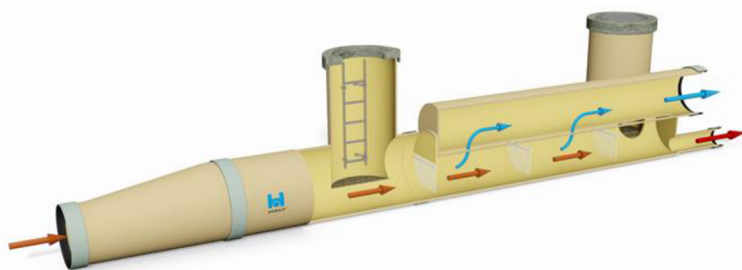
3.1.6 Ostatní odlehčovací komory

Mezi ostatní odlehčovací komory řadíme komory opatřeny stavítkem, kterým lze regulovat průtok. Dále pak odlehčovací komory násoskové, fungující na principu podtlaku. V neposlední řadě jsou v této skupině významné trubní odlehčovací komory, které fungují jako dvě potrubí uložené na sobě. Při bezdeštných průtocích je odpadní voda odváděna škrťací trasou na čistírnu odpadních vod. Pokud dojde k průtoku, který škrťací trasa nezvládne,

dochází k naplnění nejdříve spodního a poté přes propojovací šterbinu i horního potrubí. Takto zředěná voda je odváděna do recipientu. [1] [3]

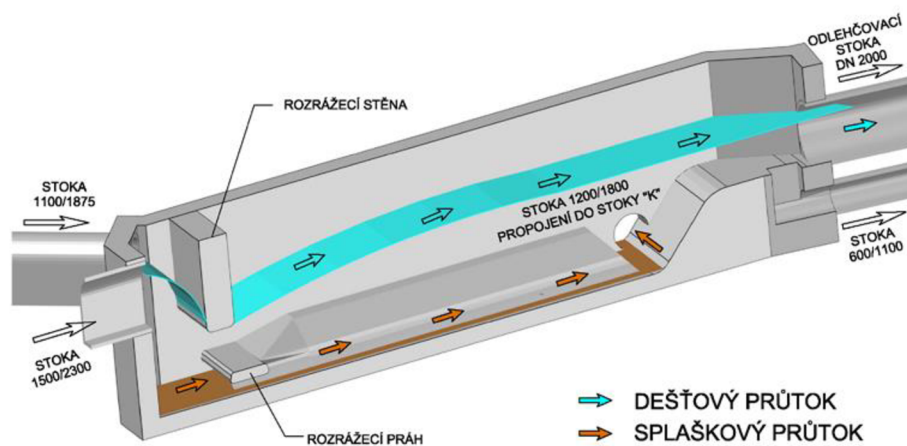


Obr. 3.1.18 Trubní OK [1]



Obr. 3.1.21 Trubní OK od firmy HOBAS [3]

Další typ komory, kterou nelze jednoznačně zařadit mezi jednotlivé typy, je průtočná odlehčovací komora s přímou přelivnou hranou, která plní hlavně regulační funkci s částečnou retencí. Tento typ je vystaven v Praze Bubenči. [7] [9]



Obr. 3.1.20 Schéma koncové odlehčovací komory v Praze Bubenči [7]



Obr. 3.1.19 Nátok do odlehčovací komory [9]

3.2 MATERIÁL ODLEHČOVACÍCH KOMOR

Pro výstavbu a provoz odlehčovacích komor jsou na materiál kladeny téměř stejné zásady jako pro výstavbu kanalizačních stok. Materiál musí být vodotěsný, odolný proti mechanickým, chemickým, biologickým a jiným vlivům protékajících vod a zároveň musí být odolný proti agresivnímu okolnímu prostředí. Musí také umožnit bezpečné čištění stok. Požadavky na materiál vychází z ČSN 75 6101 Stokové sítě a kanalizační přípojky, podrobněji jsou specifikovány v městských standardech. [4]

3.2.1 Kamenina

Je jedním z nejstarších materiálů stok. Je velmi oblíbená hlavně díky vysoké životnosti, která se udává nejméně 100 let. Kamenina je otěruvzdorná, a proto je vhodná i pro odpadní vody, které obsahují více mechanických nečistot, hlavně písku, škváry, popílku a dalších. Mezi další výhody patří vysoká mechanická odolnost, nepropustnost, chemická odolnost a díky glazuře i nízký hydraulický odpor. Vzhledem k tomu, že kamenina patří mezi suroviny přírodní povahy, je možná její recyklace a má také nízkou energetickou náročnost. [1] [4]

V betonových a železobetonových odlehčovacích komorách se využívá hlavně jako obklad, sloužící k ochraně vnitřního profilu.



Obr. 3.2.1 Kameninový obklad na betonové stoce [5]

3.2.2 Beton a železobeton

Beton a železobeton je materiál vhodný k odvádění odpadních vod. Pro několikanásobné zvýšení životnosti stokové soustavy se využívají výstelky (čedičové, plastové) nebo obklady z kyselinovzdorných kameninových segmentů. Touto úpravou se betonové a železobetonové trouby i objekty na stokových soustavách stávají odolné proti abrazi i chemickým agresivním látkám. Při výstavbě se dle ČSN ENV 206 využívá beton pevnostní třídy C 40/50 s vysokou odolností proti obrusu i proti agresivitě chemického prostředí stupně 5b. [1] [4]



Obr. 3.2.2 Betonová odlehčovací komora s čedičovou výstelkou [8]

3.2.3 Čedič

Čedič je materiál, který má pevnost v tlaku minimálně 450 MPa, je velmi odolný proti opotřebení, korozivzdorný, má nulovou nasákavost a je použitelný pro pH 3-13. Z čediče se vyrábí hlavně obložení. Používá se tam, kde se dopravuje abrazivní nebo erozivní materiál a také tam, kde dochází k velkým rychlostem. [1] [4]



Obr. 3.2.3 Čedičový obklad odlehčovací komory [7]

3.2.4 Polymerbeton

Polymerbeton je materiál, který se skládá z plniva (nejčastěji štěrkopísku) a pojiva (syntetická pryskyřice). Má vynikající fyzikální a chemické vlastnosti, vyšší pevnost v tlaku, v tahu a v tahu za ohybu než beton a železobeton. Lépe odolává vzniku koroze. [1]

3.2.5 Sklolaminát

Sklolaminát je často označován jako GRP (Glass Reinforced Pipes). Mezi jeho vlastnosti patří vysoká pevnost, teplotní stálost (-40°C až 100°C), nízká hmotnost a dobré hydraulické vlastnosti. Hlavními složkami materiálu jsou polyesterové pryskyřice, křemičitý písek a skelná vlákna. Sklolaminátové trouby se vyrábí navíjením nebo odstředivým litím do duté formy. [1] [3]



Obr. 3.2.4 Sklolaminátová odlehčovací komora od firmy HOBAS [3]

3.2.6 Plasty

Rozdělujeme 3 hlavní materiály plastů: PE HD (vysokohustotní polyetylén), neměkčené PVC, PP (polypropylén). PE-HD se používá k odvádění odpadní vody ze silnic, cest a podobných ploch, protože je odolný vůči většině rozpouštědel, kyselin, zásad a olejů. Neměkčené PVC se používá pro vnější kanalizace a je vhodné pro odvádění odpadních vod v rozsahu pH 2 – 12. PP je vhodný pro vnitřní i vnější kanalizace a je odolný proti vysokým teplotám. Hodí se pro odvod všech druhů odpadních látek. [1] [4] [8]



Obr. 3.2.5 Odlehčovací komora z plastu (ztracené bednění) od firmy ASIO [8]



Obr. 3.2.6 Štěrbinová plastová odlehčovací komora od firmy ASIO [8]

4 TECHNICKÉ ŘEŠENÍ ODLEHČOVACÍCH KOMOR

V následující kapitole jsou uvedeny podmínky stavebního uspořádání, které jsou u nás dány technickou normou. Další kapitola je zaměřena na možnosti výpočtu přepadající vody a poslední kapitola se zabývá určením délky přelivné hrany u přímého a bočního přepadu. Závěrečným tématem v této kapitole je výpočet délky škrťací trati u odlehčovací komory.

4.1 STAVEBNÍ USPOŘÁDÁNÍ ODLEHČOVACÍCH KOMOR

Aby byla zaručena správná funkčnost odlehčovacích komor, mělo by jejich uspořádání odpovídat základním pravidlům hydrauliky. Při rovnoměrném říčním nebo slabém bystřinném proudění ve stoce, která přivádí vodu do komory, volíme odlehčovací komory s bočním přelivem s vysoce osazenou přelivnou hranou a regulací odtoku. [6]

Odlehčovací komory s vysokým bočním přelivem mají provést bezdeštný průtok bez vzduší do přívodní stoky. Sklon dna odlehčovací komory by měl být takový, aby dno potrubí, které odvádí vodu na čistírnu odpadních vod, bylo o 50–100 mm níže než dno přívodní stoky. [6]

Spojení dvou nebo více přívodních odpadních stok by se mělo vždy uskutečnit v dostatečné vzdálenosti před odlehčovací komorou, aby se dosáhlo nerušených hydraulických poměrů pro odlehčení. [6]

K zamezení zpětného vzduší odlehčovací komory vodou z recipientu se přelivná hrana umísťuje nad hladinu velkých vod nebo se osadí zpěvná klapka, popřípadě některá jiná zpětná armatura. [6]

Při použití škrťací trati je dimenze škrťací trati dimenzována na maximální hodinový bezdeštný průtok. Cílem je taková dimenze, aby při průtoku dešťové vody nebyl maximální hodinový bezdeštný průtok překročen o více než 25 %. [13]

Uklidňující délka před nátokem do odlehčovací komory se doporučuje alespoň 40DN. [25]

Při návrhu nové odlehčovací komory je potřeba si zjistit výškové poměry recipientu a nátoku do odlehčovací komory. Při správném návrhu se zamezí zpětnému vzduší odlehčovací komory vodou z recipientu. [25]

Velikost odlehčovací komory závisí na množství protékajících a oddělovaných odpadních vod a na uspořádání inženýrských sítí v okolí odlehčovací komory. [25]

4.2 MNOŽSTVÍ PŘEPADAJÍCÍCH ODPADNÍCH VOD

Při návrhu nových nebo posuzování stávajících odlehčovacích komor začínáme určením množství odpadních vod přitékajících do odlehčovací komory. Rozhodující je jejich klasifikace dle velikosti odvodňovaného území, doby doběhu, sklonu stok a tím i jejich náchylnosti k zanášení sedimenty, množství splaškových vod v závislosti na předepsaném stupni čistoty vodního recipientu, a další. [2]

Klasifikace odlehčovacích komor rozlišuje 3 přístupy k návrhům a posouzení:

- I. pro návrh a posouzení bez stanovení zvláštních podmínek (pro méně významné vodní toky),
- II. pro emisní posouzení, kdy se vyžaduje analýza dlouhodobé funkce (pro středně významné toky),
- III. pro imisní posouzení, kdy se kromě požadavků uvedených v přístupu II. vyžaduje ještě posouzení vlivu akutních složek znečištění (pro významné a chráněné toky). [2]

Tab. 4.2.1 Stanovení podmínek pro činnost odlehčovacích komor [2]

| Velikost odvodňovaného území daná: | | Vodní tok | | | |
|------------------------------------|--------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| počtem obyvatel | dobou doběhu | vodárenský | | ostatní | |
| | | kritérium | přístup podle | kritérium | přístup podle |
| do 5 000 EO | < 15 min | počet přepadů | II | mezní dešť | I |
| do 25 000 EO | < 30 minut | počet přepadů | II | počet přepadů | II |
| nad 25 000 EO | - | imisní | III | počet přepadů | II |

Při uplatnění racionálních výpočtových metod odvodnění se průtok zředěných vod počítá:

- a) pomocí kritéria poměru ředění,
- b) pomocí zjednodušeného vzorce pro výpočet mezního deště při orientačních výpočtech pro vodárenské a nevodárenské vodní toky,
- c) pomocí intenzity mezního deště q_m podle náročnějších vzorců Urcikán-Rusnák-Stanko, sestavených pro nevodárenské vodní toky. [2]

Průtok zředěných vod určíme jako násobek bezdeštného odtoku.

$$Q_{zřed} = Q_{hmax} \cdot m = Q_h \cdot (1+n) \quad (4.1)$$

kde $Q_{zřed}$... zředěný průtok odpadních vod [l/s],

Q_{hmax} ... maximální hodinový bezdeštný odtok splašků [l/s],

m ... násobek ředění [-],

$1+n$... poměr ředění [-]. [2] [1]

Ředící poměr na stokách má široké rozmezí, minimálně 1+4, maximálně 1+20. Jeho volbu ovlivňuje vodnatost a charakter toku v recipientu, složení odpadních vod, znečištění recipientu a další. O přesném ředícím poměru rozhoduje vodoprávní úřad a správce toku. [1]

Průtok jde stanovit také metodou, založenou na základě výpočtu intenzity mezního deště.

$$Q_{zřed} = S_{red} \cdot q_m + Q_{spl} \quad (4.2)$$

Kde $Q_{spl} = Q_{24}$... průměrný denní bezdeštný průtok splašků [l/s],

S_{red} ... redukovaná plocha povodí [ha].

$$S_{red} = S \cdot \varphi, \quad (4.3)$$

kde S ... neredukovaná plocha povodí [ha],

φ ... součinitel odtoku stanovený jako vážený průměr z jednotlivých dílčích ploch v povodí (viz ČSN 75 6101) [-],

q_m ... intenzita mezního deště [l/s/ha].

Intenzitu mezního deště q_m lze stanovit zjednodušeným výpočtem podle empirického deště.

$$q_m = 4,324 \cdot \ln a + 12 \quad (4.4)$$

kde a ... bezrozměrná veličina [-].

$$a = \frac{K^x \cdot Q_{dešť,max}}{K_r \cdot Q_{270}}, \quad (4.5)$$

kde K ... součinitel zahrnující vliv splaškových vod [-], který se pro jednotnou stokovou soustavu vypočte dle vzorce:

$$K = \frac{PO}{100 \cdot S}, \quad (4.6)$$

kde PO ... počet obyvatel v povodí

S ... neredukovaná plocha povodí [ha].

Pro oddílné stokové soustavy se uvažuje hodnota $K = 3$, pro povodí průmyslových závodů se uvažuje $K = 1$, popřípadě vyšší, podle míry znečištění.

x ... exponent závislý na hustotě obyvatel, pro hustotu obyvatel ≥ 100 obyvatel/ha je $x = 1$ [-], pro hustotu obyvatel < 100 obyvatel/ha může dosáhnout až hodnoty $x = 3$ [-].

$Q_{dešť,max}$... současný odtok dešťových vod, respektive přítok do odlehčovací komory [l/s],

$$Q_{dešť,max} = S_{red} \cdot i_n \quad (4.7)$$

kde S_{red} ... redukovaná plocha území náležícího k odlehčovací komoře [ha],

i_n ... nejnižší intenzita blokového deště použitá při dimenzi stoky před odlehčovací komorou [l/s/ha].

K_r ... součinitel zohledňující jakost vody ve vodním toku, kde při toku, kde je uvažována přísnější jakost vody uvažujeme $K_r = 1$ [-], pro nejnižší stupeň ochrany jakosti vody se uvažuje $K_r = 1,5$ [-],

Q_{270} ... průtok vody ve vodním toku dosažený, případně překročený 270 dní v roce [m³/s]. [2]

4.3 HYDRAULICKÉ ŘEŠENÍ ODLEHČOVACÍCH KOMOR

4.3.1 Přímý přepad

Výpočet přelivné hrany

Při návrhu odlehčovací komory vycházíme ze znalosti hydrauliky a použijeme základní vzorce pro výpočet přepadu. Při dokonalém přepadu neuvažujeme rychlost a šířku přelivné hrany určíme ze vzorce

$$Q_{zřed'} = \frac{2}{3} \mu \cdot b \cdot h \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot h}, \quad (4.8)$$

kde $Q_{zřed'}$... přepadající množství odlehčované vody [l/s],

μ ... součinitel přepadu [-],

b ... délka přelivné hrany odlehčovací komory [m],

h ... výška přepadu [m],

g ... tíhové zrychlení [g/s²]. [1]

Ze vzorce tedy vyplývá, že délku přelivné hrany u dokonalého přepadu určíme ze vzorce

$$b = \frac{Q_{zřed'}}{\frac{2}{3} \mu \cdot h \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot h}}. \quad (4.9)$$

Pokud se nejedná o dokonalý přepad a započítáváme rychlost, určíme délku přelivné hrany ze vzorce:

$$Q_{zřed'} = \frac{2}{3} \mu \cdot b \cdot \sqrt{2 \cdot g} \cdot \left[(h+k)^{\frac{3}{2}} - k^{\frac{3}{2}} \right], \quad (4.10)$$

$$\text{kde } k = \frac{\alpha \cdot v^2}{2g}, \quad (4.11)$$

α ... Coriolisovo číslo [-],

v ... přítoková rychlost [m/s].

Délka přelivné hrany u nedokonalého přelivu se vyjádří vzorcem:

$$b = \frac{Q_{zřed'}}{\frac{2}{3} \mu \cdot \sqrt{2 \cdot g} \cdot \left[\left(h + \frac{\alpha \cdot v^2}{2g} \right)^{\frac{3}{2}} - \left(\frac{\alpha \cdot v^2}{2g} \right)^{\frac{3}{2}} \right]} \cdot [1] \quad (4.12)$$

4.3.2 Boční přepad

Boční přepad je nejčastěji používaným typem konstrukce v našich podmínkách. Stanovení délky přelivné hrany odlehčovací komory je velmi obtížné. O výpočet se pokoušela celá řada autorů, ale jejich výsledky se velmi liší. Výpočet délky přelivné hrany dle Lutze se ukázalo jako nepřesné. Za poměrně přesný výpočet považujeme výpočet dle Marchiho, ve kterém je objasněn průběh hladiny podél přepadu. Zpřesnění Marchiho vzorce provedl Kunštácký, který do výpočtu zavedl ztrátu způsobenou šikmým proudem na přepadové koruně. Čára energie podél přelivné hrany totiž není rovnoběžná se dnem jak tvrdil Marchi, ale vykazuje změny. [1]

Výpočet energie proudu a přelivné hrany

Podrobné řešení vychází z konstantní mechanické energie proudu:

$$E = z + y + \frac{\alpha \cdot v^2}{2g} = z + y + \frac{\alpha \cdot Q^2}{2g \cdot S^2}, \quad (4.13)$$

kde z ... polohová výška dna nad srovnávací rovinou [m],

y ... hloubka vody nade dnem [m],

$$\frac{\alpha \cdot v^2}{2g} \dots \text{ rychlostní výška [m]}. [1] \quad (4.14)$$

Dále se použije porovnice pro přepad ve tvaru:

$$-\frac{dQ}{dx} = q = m_s \cdot \sqrt{2g} \cdot (y - s)^{\frac{2}{3}}, \quad (4.15)$$

kde m_s ... součinitel přepadu [-],

y ... hloubka vody nade dnem [m],

s ... výška přelivu [m],

Q ... průtok ve zvoleném příčném průřezu [l/s].

Výsledná rovnice bočního přepadu hydraulickou rovnicí:

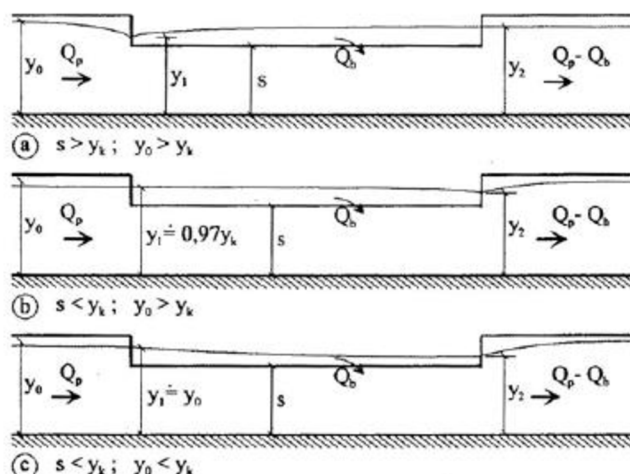
$$\frac{dy}{dx} = \frac{i_0 - i_E - \frac{\alpha Q}{gS^2} \cdot \frac{dQ}{dx} + \frac{\alpha Q^2}{gS^3} \cdot y \frac{dB}{dx}}{1 - \frac{\alpha Q^2 B}{gS_p^3}}, \quad (4.16)$$

kde i_0 ... sklon dna [-],

i_E ... sklon čáry energie [-],

S_p ... průřezová plocha [m²],

B ... šířka v hladině [m].



Obr. 4.3.1 Průběh hladiny podél přelivné hrany bočního přelivu [1]

Tvar přepadové křivky dle Lutze:

$$x = \frac{3 \cdot d \cdot v}{\mu \cdot \sqrt{2} \cdot g} \cdot \left(\frac{1}{\sqrt{y_x + k}} - \frac{1}{\sqrt{h + k}} \right), \quad (4.17)$$

kde x ... vzdálenost od počátku přepadu [m],

d ... průměrná šířka přetékající vody nad přelivem [m],

$$d = \frac{Q_{OK}}{h_v}, \quad (4.18)$$

Q_{OK} ... přepadající množství vody [$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$],

v ... přítoková rychlost vody [m/s]

μ ... součinitel, $\mu = 0,61$ [-],

y_x ... výška přepadající vody ve vzdálenosti x [m],

h_v ... výška hladiny přetékající vody nad přelivem [m],

α_x ... úhel mezi směrem přitékající vody a přelivem [-],

$$k = \frac{v^2 \cdot \sin^2 \alpha_x}{2g}. \quad (4.19)$$

Pokud bude přeliv připojen tangenciálně, v boční stěně by byly hodnoty $\alpha = 0$ a pro $y = 0$ by bylo x rovno nekonečnu. Ve výpočtu tedy uvažujeme s nenulovou hodnotou na konci přepadu. Potom vyjádříme délku přelivné hrany vzorcem:

$$b = \frac{Q_p}{0,91 \cdot h^{\frac{3}{2}}} \cdot [1] \quad (4.20)$$

4.3.3 Odlehčovací komory se škrťací tratí

U odlehčovacích omor se škrťací tratí navrhujeme délku škrťací tratě, která vyplývá z vyjádření Bernoulliho rovnice:

$$h_s + z = D + \frac{v^2}{2g} + h_t + h_v \quad (4.21)$$

$$h_s + L \cdot I_s = D + \frac{v^2}{2g} + L \cdot I_p + \xi \cdot \frac{v^2}{2g} \quad (4.22)$$

$$h_s - D - \frac{v^2}{2g} - \xi \cdot \frac{v^2}{2g} = L \cdot (I_p - I_s) \quad (4.23)$$

$$L = \frac{h_s - D - \frac{v^2}{2g} - \xi \cdot \frac{v^2}{2g}}{I_p - I_s}, \quad (4.24)$$

- kde D ... profil škrťací tratě [m],
 L ... délka škrťací tratě [m],
 v ... rychlost ve škrťací trati [m/s],
 I_p ... sklon tlakové čáry [-],
 I_s ... sklon dna škrťací tratě [-].[1]

5 ÚČINNOST ODLEHČOVACÍCH KOMOR

Účinnost odlehčovacích komor vychází z ovlivňování recipientu za deště. Rozlišují se dva hlavní přístupy – emisní ochrana recipientu a imisní ochrana recipientu.

5.1 EMISNÍ OCHRANA RECIPIENTU

Při emisní ochraně recipientu jsou klíčovými ukazateli pro jednotlivé odlehčovací komory poměr ředění a intenzita mezního deště. Poměr ředění $l : m$ je m -násobkem maximálního hodinového bezdeštného průtoku Q_b , při kterém by zředěná voda začala přepadat přes přelivnou hranu odlehčovací komory do recipientu. Dle ČSN EN 752 (2017) je poměr ředění předepsán v rozmezí 1 : 5 až 1 : 8, záleží na důležitosti ochrany daného recipientu. Intenzita mezního deště, při kterém nastává odlehčení, je většinou 10 – 30 l/s/ha_{red}. Dalšími důležitými ukazateli je roční odlehčený objem vody a vzos znečištění, hlavními sledovanými ukazateli je CHSK, BSK₅, NL, N_{celk} a P_{celk}. Mezi poslední důležité ukazatele řadíme četnost a dobu trvání přepadů. [6]

V České republice je přesný poměr ředění dán kanalizačním řádem, který vydává provozovatel kanalizační sítě. [6]

Ve Švýcarsku je sledován maximální přípustný roční specifický objem přepadající vody, který je odstupňován v závislosti na typu toku hodnotami od 450 do 870 m³.ha_{red}⁻¹.rok⁻¹. (VSA – STORM, 2007), v Německu je maximální možné znečištění sledováno ukazatelem CHSK, který nesmí překročit hodnotu 250 kg.ha_{red}⁻¹.rok⁻¹ (HMULV, 2004). Četnost a roční doba trvání odlehčení jsou považovány za orientační hodnoty a pohybují se v rozpětí 5 – 35x ročně, 4 – 12 hodin ve Švýcarsku, 50x ročně a 20 hodin v Německu. V Rakousku platí emisní kritéria pro urbanizované povodí jako celek, hlavním ukazatelem emisí je minimální procento rozpuštěných a nerozpuštěných látek (ÖWAW-Regelblatt 19, 2007). [6]

Tab. 5.1.1 Emisní kritéria a jejich doporučené hodnoty [6]

| KLÍČOVÝ UKAZATEL | | DOPORUČENÁ HODNOTA (EMISNÍ KRITÉRIUM) | | | | |
|--------------------------|--|--|--------------------|----|-------|----|
| Jednotlivé OK | Poměr ředění | 1:5 až 1:8 | | | | |
| | Intenzita mezního deště | 10 až 30 l/s/ha | | | | |
| | Množství CHSK | 250 kg/(ha _{red} ·rok) | | | | |
| | Odlehčený objem vody | 450 - 870 m ³ /(ha _{red} ·rok) | | | | |
| | Doba trvání odlehčení | 0 - 20 h ročně | | | | |
| Celé urbanizované povodí | minimální účinnost (=) odvádění rozpuštěných (RL) a nerozpuštěných látek (NL) v povodí jednotné kanalizace | dešť (mm/12h) | Kategorie ČOV (EO) | | | |
| | | | 5000 | | 50000 | |
| | | ≤ 30 | 50 | 65 | 60 | 75 |
| | | ≥ 50 | 40 | 55 | 50 | 65 |

Pro poměr ředění a intenzitu mezního deště se bere v potaz doporučení EN 752 (2017). Množství CHSK a doba trvání odlehčení vychází z emisních kritérií platných v Německu

(HMULV, 2004). Odlehčený objem vody je dán emisními kritérii ve Švýcarsku (VSA-STORM, 2007). Emisní kritéria pro celé urbanizované povodí jsou odkázány na emisní kritéria v Rakousku (ÖWAW-Regelblatt 19, 2007). Mezilehlé hodnoty je pro dosažení přesnějšího výsledku potřeba lineárně interpolovat. Jako dešť, který je v tabulce uveden, je uvažován směrodatný dešťový úhrn r_{270} , který je dán srážkovou výškou v mm při době trvání deště 12 hodin a s dobou opakování 1x/rok. [6]

Určení skutečných účinností odvádění dešťového průtoku a znečišťujících látek, které jsou přiváděny stokovou sítí na čistírnu odpadních vod, se provádí dlouhodobou simulací srážkoodtokových procesů v povodí pomocí kalibrovaného hydrologického nebo hydrodynamického modelu, zatíženého v nejlepším případě minimálně 10letou dešťovou řadou. Aritmetický průměr z vypočtených účinností musí dosahovat nebo překračovat hodnoty požadované v následující tabulce. [6]

Tab. 5.1.2 Minimální účinnosti [%] odvádění dešťového odtoku [6]

| | Kategorie čistíren odpadních vod (EO) | | |
|---------------------------|---------------------------------------|------------------|-----------|
| | ≤ 10 000 | 10 000 – 100 000 | ≥ 100 000 |
| Dešťový odtok | 50 % | 55 % | 60 % |
| Nerozpuštěné látky | 65 % | 70 % | 75 % |

Jako dešťový odtok zde rozumíme rozpuštěné znečištění obsažené v přiváděné vodě.

Při vlastním výpočtu uvažujeme s úplným promícháním bezdeštného a dešťového odtoku ve stokové síti a v čase konstantní koncentrace. Účinnost odvádění látek na čistírnu odpadních vod za deště lze pak vypočítat pomocí vzorce:

$$\eta = \frac{(V_{JK} - V_{bezd}) \cdot c_{JK} - V_{OK} \cdot c_{OK}}{(V_{JK} - V_{bezd}) \cdot c_{JK}} \cdot 100 = \frac{V_{dešť} \cdot c_{JK} - V_{OK} \cdot c_{OK}}{V_{dešť} \cdot c_{JK}} \cdot 100 \quad (5.1)$$

kde η ... účinnost odvádění látek na čistírnu odpadních vod [%],

V_{JK} ... roční množství celkového odtoku odváděného kanalizací [m^3 /rok],

V_{bezd} ... roční množství bezdeštného odtoku odváděného kanalizací [m^3 /rok],

$V_{dešť}$... roční množství dešťového odtoku přitékajícího do kanalizace [m^3 /rok],

V_{OK} ... roční množství vody odtékající z dešťových oddělovačů do recipientu [m^3 /rok],

c_{JK} ... koncentrace v odtoku jednotnou kanalizací [mg/l],

c_{OK} ... koncentrace ve vodě odtékající z dešťových oddělovačů do recipientu [mg/l].

Účinnost odvádění rozpuštěných látek (N-NH₄, BSK₅, CHSK, N_{celk}, P_{celk}) odpovídá vypočítané účinnosti odvádění dešťového odtoku $\eta_{dešť}$ na čistírnu odpadních vod, protože $c_{JK} = c_{OK}$. [6]

$$\eta_{dešť} = \eta_{N-NH_4} = \eta_{BSK_5} = \eta_{CHSK} = \eta_{N_{celk}} = \eta_{P_{celk}}$$

$$\eta_{dešt} = \frac{V_{dešt} - V_{OK}}{V_{dešt}} \cdot 100 \quad (5.2)$$

Kde $\eta_{dešt}$... je účinnost odvádění dešťového odtoku a rozpuštěných látek na čistírně odpadních vod [%]. [6]

Účinnost odvádění nerozpuštěných látek závisí na sedimentační nebo separační účinnosti objektu na stokové síti η_{sed} . Pro odlehčovací komory se většinou uvažuje stejná účinnost odvádění dešťového odtoku s rozpuštěnými látkami a nerozpuštěných látek. [6]

5.2 IMISNÍ OCHRANA RECIPIENTU

Imisní ochrana přihlíží k parametrům vodního toku a k procesům v něm probíhajícím. Tato ochrana je zaměřena především na hydraulická a látková narušení. U odlehčovacích komor z imisního hlediska sledujeme hlavně ukazatele průtoku (popřípadě eroze dna) pod zaústěním do recipientu, koncentrace amoniaku a rozpuštěného kyslíku, případně zákal vody. Imisní ochranou na základě místních specifických podmínek se zabývá ČSN EN 752 (2017).

Z místně specifických imisních kritérií jsou pak odvozeny přípustné emisní limity. Odvozené emisní limity nesmějí překračovat emisní standardy, což znamená, že musí být splněno přísnější z obou kritérií. [6] [18]

U imisních kritérií se jedná o akutní narušení, jejichž působení je dáno intenzitou zatížení, jeho trváním a četností. [6] [18]

Tab. 5.2.1 Imisní kritéria používaná pro odlehčovací komory v okolních státech [6]

| KLÍČOVÝ UKAZATEL | DOPORUČENÁ HODNOTA | | |
|--|--------------------|-----------|------------------|
| | Německo | Rakousko | Švýcarsko |
| Násobek zvýšení jednoletého průtoku Q_1 ve vodním toku | 1.1 | 1.1 - 1.5 | - |
| Četnost překročení kritického tečného napětí pro erozi dna | - | - | 1-10 krát za rok |
| Kritická koncentrace N-NH ₃ | 0.1 | 0.1/0.2 | - |
| Četnost překročení kritické dávky N-NH ₃ | - | - | 1 krát za 5 let |
| Kritická koncentrace O ₂ | 5 mg/l | 5 mg/l | - |
| Kritická koncentrace O ₂ s dobou trvání 1-24 hodin a opakováním 1 měsíc - 1 rok | - | - | 4-6 mg/l |

Násobek zvýšení jednoletého průtoku Q_1 ve vodním toku v Rakousku a také četnost překročení kritického tečného napětí pro erozi dna ve Švýcarsku jsou dány diferenciálem dle morfologického stavu toku. Kritická koncentrace N-NH₃ v Rakousku určuje hodnotu podle toho, zda se jedná o pstruhové nebo kaprové vody. Kritická dávka N-NH₃ = B + A/t, kde hodnoty A a B závisí na stupni ochrany vodního toku, zpravidla B = 0,025 g/m³, A = 1,5 min. Ukazatel kritické koncentrace O₂ s dobou trvání 1-24 hodin a opakováním 1 měsíc – 1 rok byl převzat z Velké Británie (FRW, 1998). Tento ukazatel se dle švýcarských imisních kritérií zvyšuje o 1-2 mg/l v závislosti na koncentraci N-NH₃. [6]

6 ODLEHČOVACÍ KOMORY VE MĚSTĚ BRNĚ

Město Brno je velmi specifické svou jednotnou stokovou sítí. Díky tomuto způsobu odkanalizování se zde nachází přes 80 odlehčovacích komor. Výčet odlehčovacích komor je v následující tabulce, která je zhotovená dle kanalizačního řádu města Brna, který je platný od 16. 5. 2011 do 31. 12. 2019.

Tab. 5.2.1 Výčet dešťových oddělovačů na stokové síti města Brna [10]

| Recipient | Sběrač | Označení | Název | ID dle GIS BVK, a.s. | Staničení v km | Ředící poměry | |
|-----------|----------------------------|--------------------------------|---------------------------|----------------------|----------------|------------------------|------------|
| | | | | | | Projekt | Skutečnost |
| Svratka | A | OKA1 | Táborského nábřeží | 1480221 | 7.301 | 1 + 5 | 1 + 26.8 |
| | | OKA2 | Vídeňská | 1480373 | 7.136 | 1 + 5 | 1 + 21.3 |
| | | OKA3 | Renneská | 1480219 | 6.591 | 1 + 4 | 1 + 17.7 |
| | | OKA4 | Železniční stavitelství | 1480217 | 6.269 | 1 + 3 | 1 + 9 |
| | | OKA5 | Vodařská | 1480291 | 5.496 | 1 + 3 | 1 + 15.4 |
| | | OKA6 | Kšírova | 1480296 | 4.658 | - | 1 + 58.4 |
| | | OKA8 | Sokolova - most | 1480316 | 4.029 | dle manipulačního řádu | |
| | | OKA9 | Pod Sokolovou | 1480245 | 3.652 | 1 + 3 | 1 + 15.7 |
| | | OKA10 | Prízřenice - pod jezem | 1480298 | 1.362 | dle manipulačního řádu | |
| | | OKA11 | Modřice - naproti ČOV | 1480294 | 0.021 | 1 + 2 | nepřepadá |
| | B | OKB0 | Kníničská | 1480346 | - | - | - |
| | | OKB1 | Veslařská - před shybkami | 1480317 | - | - | - |
| | | OKB2 | Veslařská - u školy | 1480222 | 11.212 | - | 1 + 36.9 |
| | | OKB2A | Kamenomlýnská | 1480257 | 11.157 | - | nepřepadá |
| | | OKB3 | Riviera | 1480286 | 9.732 | 1 + 15 | nepřepadá |
| | | OKB4 | Poříčí - u ROS a.s. | 1480361 | 8.371 | 1 + 12 | nepřepadá |
| | | OKB5 | Poříčí - u lávka | 1480258 | 7.961 | 1 + 5 | 1 + 8.3 |
| | | OKB6 | Poříčí - u PaedF | 1480276 | 7.726 | 1 + 5 | nepřepadá |
| | | OKB7 | Uhelná - stará | 1480376 | 6.721 | 1 + 5 | 1 + 6.7 |
| | | OKB8 | Uhelná - nová | 1480318 | 6.606 | - | 1 + 16.3 |
| | Kohouto- vický potok | OKK2 | Libušino údolí | - | - | - | - |
| OKK1 | | Šárka | 1480266 | - | - | 2 + 47 | |
| OKK3 | | Ant. Procházky - vírový ventil | 1480305 | - | - | 2 + 95 | |

| | | | | | | | | |
|------------------|---|--------|----------------------------------|--------------------|---------|------------------------|-------------|-----------|
| Svratka | | OKB3A | Čertík - "pod pražskou radiálou" | 1480299 | - | - | 1 + 36 | |
| | | OKB3B | Pod bohunickou nemocnicí | 1480287 | - | - | 1 + 33.8 | |
| Ponávka | C | OKC1 | Hradecká - horní | 1480356 | 14.061 | 1 + 4 | 1 + 2.4 | |
| | | OKC2 | Hradecká - dolní | 1480377 | 14.031 | 1 + 4 | 1 + 13.5 | |
| | | OKC3 | Novoměstská I | 1480293 | - | - | - | |
| | | OKC3A | Novoměstská II | 1480214 | 10.676 | - | 1 + 42.5 | |
| | | OKC4 | Dalimilova | 1480365 | 12.933 | 1 + 4 | 1 + 22.1 | |
| Svitavský náhon | | OKC6 | Vlhká | 1480306 | 7.558 | - | 1 + 15 | |
| Ponávka - štola | | OKC1-1 | Třískalova - separátor | nemá symbol | - | - | 1 + 15.2 | |
| Medlánecký potok | | OKC2B | Jabloňová II | 1504381 | - | - | 1 + 13.4 | |
| | | OKC2A | Jabloňová I | 1480329 | - | - | - | |
| Svitava náhon | | OKD1 | Valchařská | 1480284 | 10.014 | 1 + 14 | 1 + 547 | |
| Svitava | D | OKD2 | Tomkovo náměstí | 1480270 | 9.609 | 1 + 14 | 1 + 12 | |
| | | OKD5 | Dačického | 1480363 | 8.889 | 1 + 2.24 | 1 + 26.6 | |
| | | OKD6 | Svitavská | 1480325 | 8.646 | 1 + 12 | 1 + 11.3 | |
| | | OKD6A | Tišnovská | 1480327 | - | - | - | |
| | | PKD7 | Tkalcovská | 1480372 | 7.523 | - | 1 + 19 | |
| | | OKD9 | Mlýnská - u divadelního skladu | 1480304 | 6.571 | - | 1 + 22.2 | |
| | | OKD10 | Kratina | 1480333 | - | - | 1 + 19.1 | |
| | | OKD10A | Kratina II | 1417486 | - | - | - | |
| | | OKD11 | Královka - Kaštanová | 1480354 | 3.419 | - | 1 + 6 | |
| | | OKD12 | Královka - staré shybky | 1480264 | - | - | mimo provoz | |
| | | E | OKE1 | Břehová | 1480340 | 11.922 | 1 + 4 | 1 + 6 |
| | | | OKE2 | Cacovice - Zázmolí | 1480367 | 11.246 | - | nepřepadá |
| | | OKE3 | Cacovice - pod jezem | 1480353 | 11.188 | 1 + 3 | 1 + 1.5 | |
| | | OKE3A | Hamry | 1480364 | - | dle manipulačního řádu | | |
| | | OKE4 | Franzova - pod jezem | 1480350 | 10.113 | 1 + 3 | 1 + 2.4 | |
| | | OKE5 | Dolnopolní | 1480250 | 9.879 | 1 + 3 | 1 + 7.4 | |
| | | OKE6 | Baarovo nábřeží | 1480229 | 9.317 | 1 + 3 | 1 + 8.3 | |
| | | OKE7 | Zbrojovka | 1480231 | 8.974 | 1 + 3 | 1 + 9.1 | |
| | | OKE8 | 1. BS - u vlečky | 1480251 | 7.211 | 1 + 3 | 1 + 7.7 | |
| | | OKE9 | 1. BS Olomoucká - u vrátnice | 1480234 | 6.852 | 1 + 3 | 1 + 8.3 | |
| | | OKE10 | Hladíkova | 1556239 | 6.575 | 1 + 3 | 1 + 4.4 | |
| | | OKE11 | Spojka | 1480237 | 6.285 | 1 + 3 | 1 + 10.7 | |
| | | OKE12 | "naproti mrazírně" | 1480366 | 5.786 | 1 + 3 | 1 + 127 | |

| | | | | | | | |
|------------------|-----|--------|----------------------------|---------|-------|------------------------|-----------|
| | | OKE13 | Mírová | 1480239 | 5.151 | - | 1 + 6.9 |
| | | OKE14 | Ráječek | 1480303 | - | dle manipulačního řádu | |
| | | OKE15 | Kaštanová - most | 1480238 | 3.521 | - | 1 + 6.2 |
| | | OKE16 | Královka - staré shybky | 1480359 | - | - | - |
| | | OKE7A | Bubeničkova | 1480233 | - | - | 1 + 25.6 |
| | | OKE17 | OK ČOV | 1480301 | - | - | 1 + 1.7 |
| | | E9A | Ostravská | 64008 | - | - | - |
| | | OKE22 | Kaštanová - pod Teslou | 1499227 | - | - | - |
| Ivanovický potok | FI | OKF1 | Jiřinová | 1480272 | - | - | 1 + 7.3 |
| | | OKD8 | Vlárská | 1480252 | - | - | - |
| | | OKF1-2 | Tuřanka | 1480330 | - | - | 1 + 10.5 |
| | | OKF1-1 | Langrova | 1480279 | - | - | 1 + 21.8 |
| Tuřanský potok | FII | OKF2-3 | Farní | 1752366 | - | - | - |
| | | OKF2-4 | Tuřanské náměstí | 1480269 | - | - | - |
| Řička | FII | OKF2-1 | Líšeň - Trnkova, Hřbitovní | 3401841 | - | - | - |
| | | OKF2-2 | Horákovská - Kučerova | 1448574 | - | - | - |
| Leskava | AI | OKA1-2 | Spodní | 1480247 | - | - | 1 + 151.4 |
| | | OKA1-3 | Vyhlídalova | 1755459 | - | - | 1 + 56.1 |
| | | OKA1-1 | Čermákova | 1480244 | - | - | 1 + 34.9 |

Ve výčtu odlehčovacích komor nejsou zatím zaznamenány všechny, některé byly nově vybudované nebo přemístěné v rámci rekonstrukce a dostavby kanalizace v Brně. Na těchto komorách proběhla měrná kampaň v roce 2017 a nyní probíhá další fáze měření pro rok 2018. Z těchto odlehčovacích komor, na kterých probíhá monitoring, byly vybrány 3, které byly navštíveny. Ke každé z těchto komor bylo zpracováno 205 970 surových dat o průtocích a výškách přepadu. Z těchto dat bylo zpracováno makro a pomocí kontingenčních grafů byly zpracovány jednotlivé reprezentativní měsíce, týdny a dny. Pro jednotlivé měsíce byly dále zpracovány tabulky s maximálním a minimálním hodinovým průtokem, maximálním dešťovým průtokem a celkovým objemem dešťů a odlehčených vod za daný měsíc. Z rozborů vzorků, které byly odebrány za deště a dat o ukazatelích znečištění v jednotlivých kmenových stokách, byla vyhodnocena účinnost. Ředící poměr byl vypočten pomocí vzorce uvedeného v metodické příručce a vydané ke zpracování naměřených dat. V rámci okrajových podmínek je v této metodické příručce stanoven vzorec, podle kterého by se mělo vycházet při určování ředícího poměru. [11]

$$n = (Q_{pokr} - Q_h) / Q_h \quad (6.1)$$

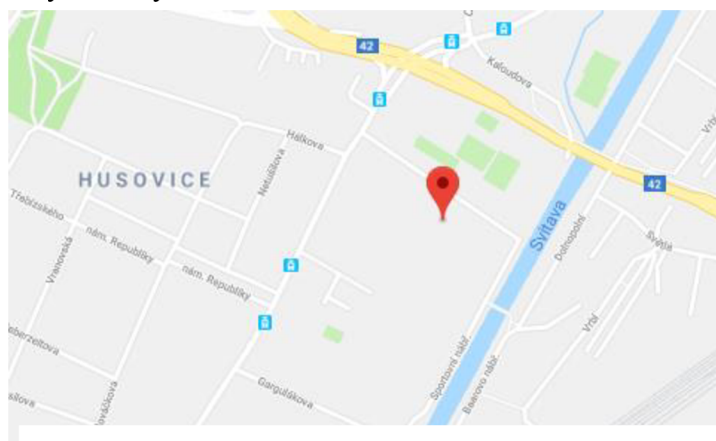
kde n ... poměr ředění ($1 + n$),

Q_{pokr} ... průtok OK v okamžiku, kdy právě začíná odlehčovat,

$Q_h = Q_{hmax}$... maximální hodinový průtok splaškových vod.

6.1 ODLEHČOVACÍ KOMORA: OKD03 HÁLKOVA (BRATŘÍ MRŠTÍKŮ)

Odlehčovací komora OKD03 Hálkova se nachází ve městě Brně v rámci katastrálního území Husovice. Svou polohou spadá do sběrného řadu D. V případě odlehčení jsou přepadající vody odvedeny do řeky Svitavy.



Obr. 6.1.1 Umístění OKD03 Hálkova (Bratří Mrštíků) [29]



Obr. 6.1.2 Umístění OK v areálu [29]

Odlehčovací komora OKD03 Hálkova (Bratří Mrštíků) je konstrukčně řešená jako odlehčovací komora s přepadajícím paprskem (viz kapitola 3.1.4). Na odtoku se nachází stavítko pro případné úplné uzavření odtoku na čistírnu odpadních vod. Materiál stoky je beton, vnitřní obvod je obložen čedičovým obkladem. Dimenze stoky v místě nátoky do odlehčovací komory je DN 1200 (Obr. 6.1.3). Odlehčovací stoka (Obr. 6.1.5) je také z betonu a její dimenze je DN 1200. [12]



Obr. 6.1.4 Odtok splaškové vody na ČOV



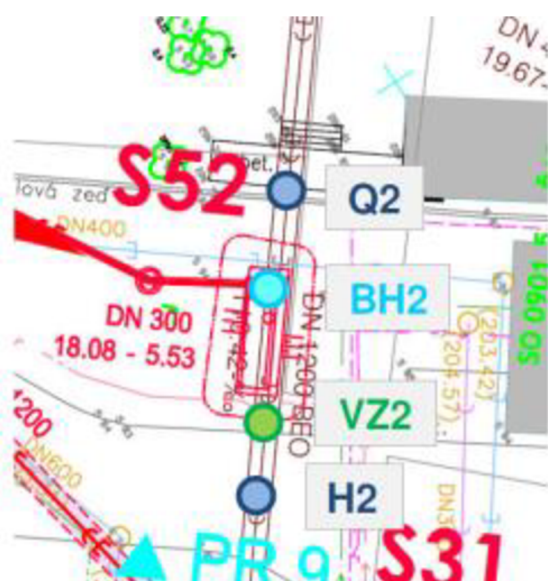
Obr. 6.1.3 Profil odlehčovací stoky



Obr. 6.1.5 Bezdeštný průtok v OK Hálkova

6.1.1 Vstupní data pro OKD03

Město Brno má po rekonstrukci vybraných části jednotné stokové sítě k dispozici data z vybraných odlehčovacích komor. V rámci hodnocení přínosu rekonstrukce jsou tato data zpracována. V následujících letech by mělo postupně probíhat další měření. Přehled měření a rozmístění měřicí techniky je znázorněno v následujícím výřezu ze situace (obr. 6.1.6).



Q2 = nátok na OKD03 Hálkova,
měření průtoku v l/s,

BH2 = hladina v OKD03 Hálkova,
měření hladiny v mm

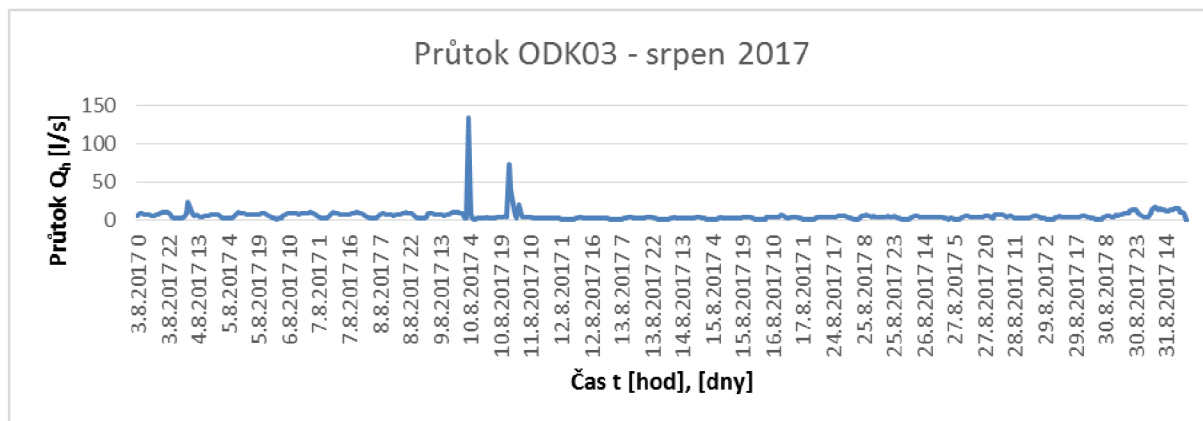
VZ2 = odlehčovací trať OKD03
Hálkova, hodnocení míry
znečištění,

H2 = odlehčovací trať OKD03 Hálkova,
měření hladiny v mm.

Obr. 6.1.6 Situace OKD03 Hálkova [16]

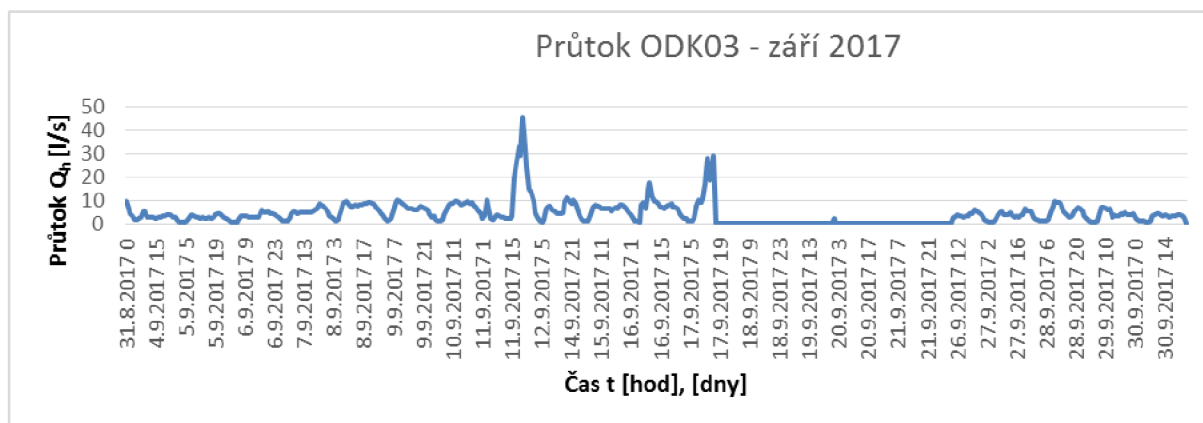
Pro porovnávání výsledků je pro tuto bakalářskou práci vybráno reprezentativní období od srpna do října.

V grafech jsou popsány jednotlivé dny daného měsíce včetně času měření. Špičky, které jsou na grafech, znamenají deště. V následujícím grafu (Graf 6.1.1) je možné vidět dešť, který proběhl 10. 8. 2017 a jeho průtok dosáhl téměř 150 l/s.

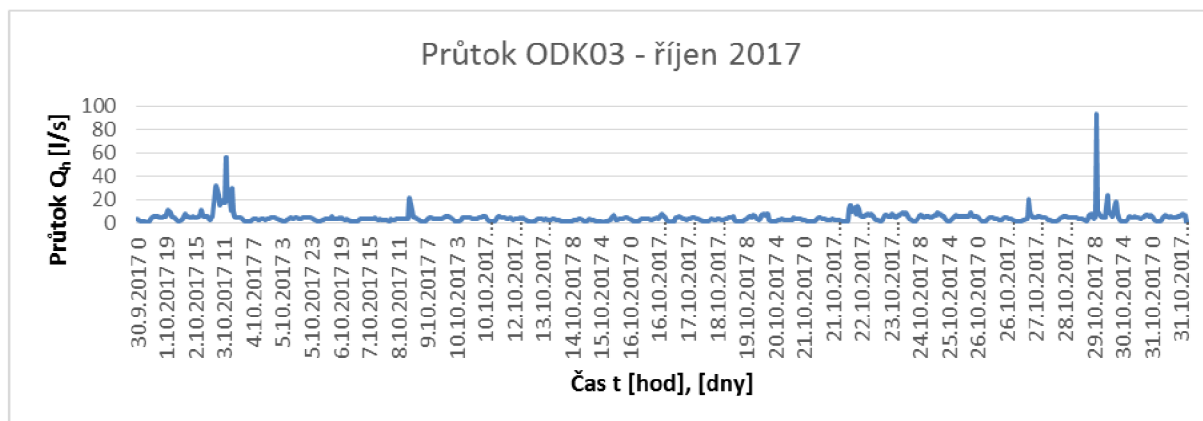


Graf 6.1.1 Průtok do OKD03 srpen 2017

V měsíci září proběhly 2 větší deště – 11. 9. 2017 v 15:00 hodin o maximálním nátoku do odlehčovací komory okolo 50 l/s a 17. 9. 2017 v 5:00 hodin ráno.

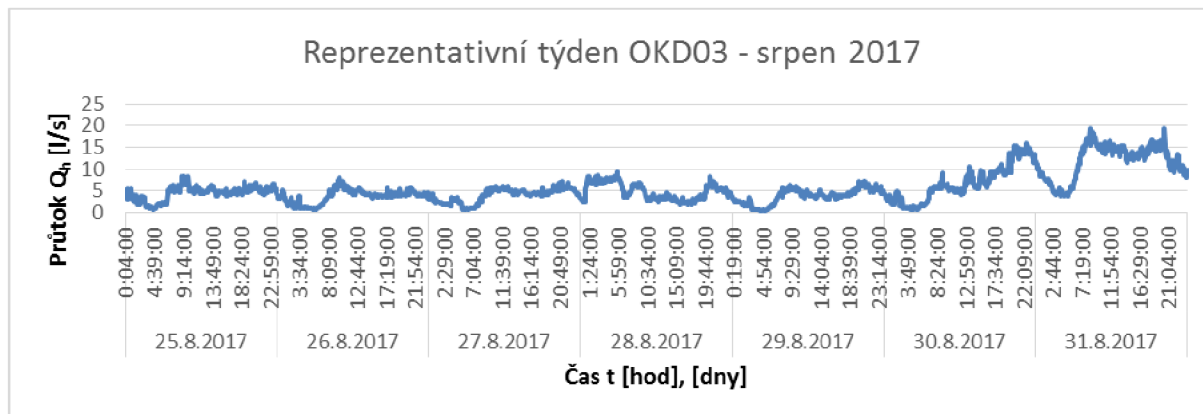


Graf 6.1.2 Průtok do OKD03 září 2017

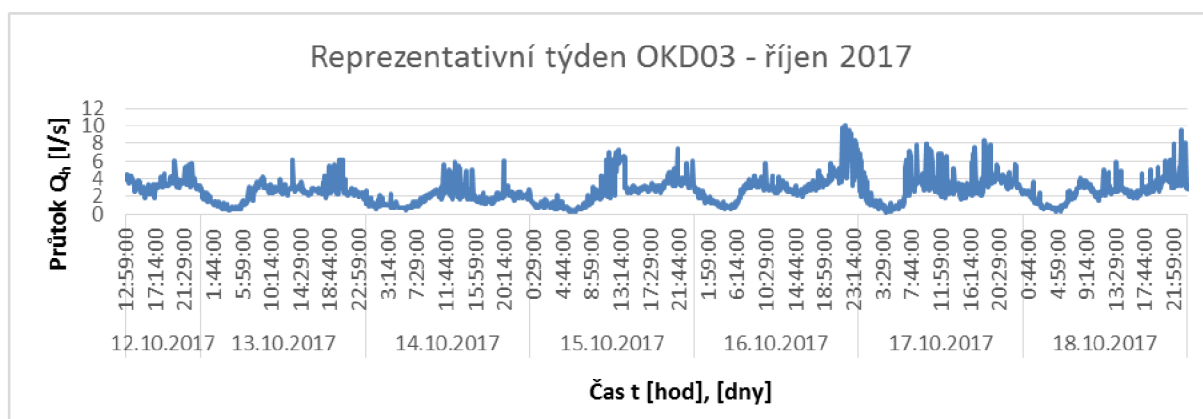


Graf 6.1.3 Průtok do OKD03 říjen 2017

Vzhledem k časným srážkovým událostem v měsíci září a pravděpodobnému výpadku baterie na měřicích přístrojích nebylo možné pro tento měsíc nalézt reprezentativní týden. Proto byly jako reprezentativní bezdeštné týdny vybrány týdenní období z měsíce srpna a října.



Graf 6.1.4 Reprezentativní bezdeštný týden OKD03 - srpen 2017



Graf 6.1.5 Reprezentativní bezdeštný týden OKD03 - říjen 2017

Z grafů a hodnot reprezentativních bezdeštných týdnů byly zvoleny reprezentativní bezdeštné dny. Ty slouží k určení maximálního a minimálního hodinového průtoku. Daným reprezentativním dnem je úterý 29. 8. 2017.



Graf 6.1.6 Reprezentativní bezdeštný den OKD03 - srpen 2017

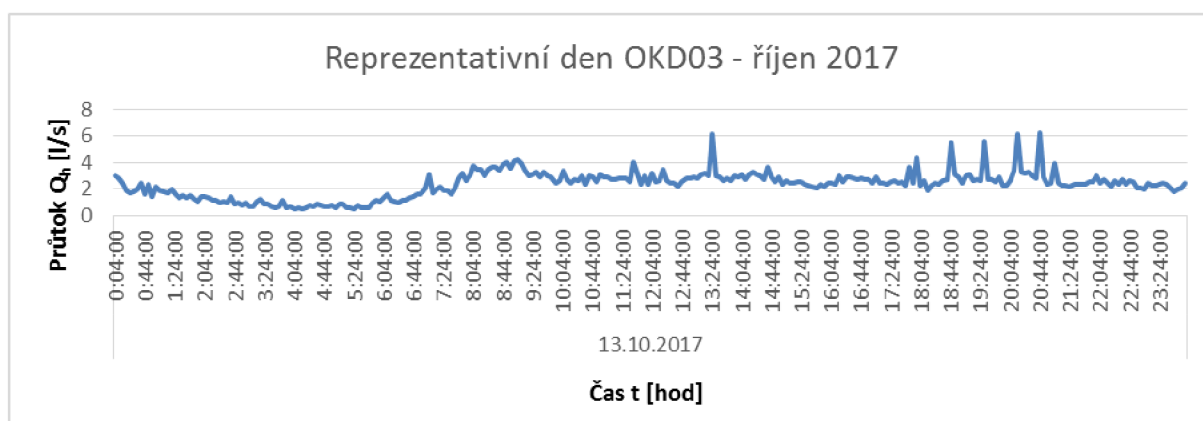
Z reprezentativního bezdeštného dne měsíce srpna byl určen maximální a minimální bezdeštný hodinový průtok. Maximální průtok dosáhl hodnoty $Q_{hmax} = 8,02$ l/s a bylo ho dosaženo mezi 20–21 hodinou, minimální průtok $Q_{hmin} = 0,67$ l/s nastal mezi 4–5 hodinou ranní.

V měsíci srpnu byly naměřeny dvě větší dešťové události. Za deště byl naměřen maximální průtok 703,5 l/s. Celkový objem dešťů v tomto měsíci byl 747,865 m³ a z toho byl určen objem odlehčených dešťů 528,39 m³. (viz Tab. 6.1.1)

Tab. 6.1.1 Souhrnná tabulka OKD03 - srpen 2017

| SRPEN | | |
|---------------|---------|----------------|
| Q_{hmax} | 8.02 | l/s |
| Q_{hmin} | 0.67 | l/s |
| $Q_{dešťmax}$ | 703.5 | l/s |
| $V_{dešť}$ | 747.865 | m ³ |
| V_{OK} | 528.39 | m ³ |

Dalším reprezentativním bezdeštným dnem v tomto období byl pátek 13.10.2017.



Graf 6.1.7 Reprezentativní bezdeštný den OKD03 - říjen 2017

Z reprezentativního bezdeštného dne v měsíci říjnu byl naměřen maximální bezdeštný průtok $Q_{hmax} = 6,52$ l/s mezi 20–21 hodinou večerní a minimální hodinový průtok $Q_{hmin} = 1,25$ l/s, který byl naměřen mezi 3–4 hodinou ranní.

Měsíc říjen roku 2017 byl poměrně bezdeštný. Zaznamenány byly 3 srážkové události, největší z nich měla naměřený dešťový průtok 199,35 l/s. Celkový objem dešťů, které protékly odlehčovací komorou, byl určen 511,78 m³. Objem, který byl přes odlehčovací stoku odveden do recipientu, odpovídal 161,15 m³. (viz Tab. 6.1.2)

Tab. 6.1.2 Souhrnná tabulka OKD03 - říjen 2017

| ŘÍJEN | | |
|---------------|--------|----------------|
| Q_{hmax} | 6.52 | l/s |
| Q_{hmin} | 1.25 | l/s |
| $Q_{dešťmax}$ | 199.35 | l/s |
| $V_{dešť}$ | 511.78 | m ³ |
| V_{OK} | 161.15 | m ³ |

6.1.2 Posouzení účinnosti odlehčovací komory OKD03

Posouzení účinnosti bylo provedeno dle vzorce (5.1) uvedeného v kapitole 5.1, s rozdílem v aplikaci vzorce na jednotlivé měsíce (nikoliv na rok). Složení odpadní vody v jednotné kanalizační stoce ve sběrači D bylo převzato z metodické příručky vydané ke zpracování dat. [16] Složení vody při přepadu a průtoku odlehčovací stokou bylo při každém dešti monitorováno prostřednictvím rozboru odebraného vzorku. V tabulce jsou označeny názvem komory (OKD03 Hálkova/ Bratří Mrštíků) a každý vzorek daného deště je navíc popsán datem a přesným časem začátku a konce odběru vzorku. Následně je proveden přepočet účinnosti jednotlivých komor při daném dešti. Vlivem nedokonalého měření není účinnost zcela vyhovující. Dle kapitoly 5.1 (Tab. 5.1.2) je minimální požadované množství u NL (nerozpuštěné látky) 75 %, této hodnoty není dosaženo ani při jednom z dešťů. Neznamená to však, že by odlehčení bylo nevyhovující, pravděpodobnější je průchod dešťové události mezi minutovými spínacími kroky měřících přístrojů. Obdobně jsou na tom i ostatní látky hodnocené v dešťovém odtoku, které by měly být alespoň 60%. Tomuto kritériu vyhovuje BSK₅ u druhého deště, N-NH₄⁺ a N_{celk} u obou dešťů, ostatní hodnoty jsou pod limitní hodnotou. Všechny hodnoty jsou uvedeny v tabulce (Tab. 6.1.3).

Tab. 6.1.3 Účinnost OKD03 při srážkách - srpen 2017

| Jednotná kanalizace stoka D | | OKD03 | | ÚČINNOST | |
|--------------------------------|---------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| | | 10. 8. 2017 | 10. 8. 2017 | 10. 8. 2017 | 10. 8. 2017 |
| | | 03:21 - 03:36 | 23:30 - 23:45 | 03:21 - 03:36 | 23:30 - 23:45 |
| c_{JK} | mg/l | mg/l | mg/l | % | % |
| NL | 709.75 | 696 | 416 | 30.72 | 58.59 |
| BSK ₅ | 307.38 | 330 | 160 | 24.15 | 63.22 |
| CHSK _{Cr} | 802.505 | 770 | 600 | 32.21 | 47.18 |
| P _{celk} | 3.768 | 3.92 | 4.1 | 26.50 | 23.12 |
| N-NH ₄ ⁺ | 18.497 | 6.83 | 6.38 | 73.91 | 75.63 |
| N _{celk} | 45.497 | 25.3 | 23.9 | 60.71 | 62.89 |

Pro měsíc říjen probíhalo vyhodnocení zcela shodně. Zde ale posouzení účinnosti bezpečně vyhovělo, protože Brno se dle tabulky (Tab. 5.1.2) v kapitole 5.1 řadí do poslední kategorie (>100 000 EO), kde je požadavek na NL 75 % a na ostatní látky obsaženy v dešťovém odtoku

60 %. V následující tabulce (Tab. 6.1.4) jsou všechny hodnoty vyšší než požadované minimum.

Tab. 6.1.4 Účinnost OKD03 při srážkách - říjen 2017

| Jednotná kanalizace stoka D | | OKD03 | | ÚČINNOST | |
|--------------------------------|---------|---------------|--------------|---------------|--------------|
| | | 3. 10. 2017 | 29. 10. 2017 | 3. 10. 2017 | 29. 10. 2017 |
| | | 12:05 - 12:20 | 9:00 - 9:30 | 12:05 - 12:20 | 9:00 - 9:30 |
| C_{JK} | mg/l | mg/l | mg/l | % | % |
| NL | 709.75 | 176 | 270 | 92.19 | 88.02 |
| BSK_5 | 307.38 | 72 | 130 | 92.62 | 86.68 |
| $CHSK_{Cr}$ | 802.505 | 200 | 350 | 92.15 | 86.27 |
| P_{celk} | 3.768 | 3.28 | 2.84 | 72.59 | 76.27 |
| $N-NH_4^+$ | 18.497 | 3.94 | 2.55 | 93.29 | 95.66 |
| N_{celk} | 45.497 | 10.7 | 13.6 | 92.59 | 90.59 |

6.1.3 Posouzení stavebního stavu

Odlehčovací komora je ve velmi dobrém stavu, je plně funkční, bez zjevných příčin poruchy. Nenachází se zde žádné praskliny, zdivo ani čedičový odklad není nikde poškozen. Také nejsou viditelné vady v důsledku vydroleného pojiva. Nedochozí zde ani k posunutí trubních spojů stokového potrubí v podélném ani radiálním směru. Nikde v prostoru odlehčovací komory není viditelná okolní zemina ani kořeny rostlin. Nebyly zpozorovány ani ulpívající látky jako je tuk nebo hniloba. Také zde není patrné větší množství usazenin a nebyl nalezen žádný škůdce.

6.1.4 Plnění funkce objektu – poměr ředění

Objekt odlehčovací komory byl podroben úpravě, díky které se zabránilo vtoku říční vody do kanalizačního systému. Zároveň se upravily poměry ředění a voda, která je odlehčovaná, natolik nezatěžuje recipient.

Průtok Q_{pokr} byl odečten ze záznamu nátoků do OKD03. Z dat, která byla zaznamenána hladinoměrem na přepadu do odlehčovací stoky, byl odečten čas a k němu příslušný průtok.

V měsíci srpnu proběhly 2 větší dešťové události ihned po sobě. Pro vyhodnocení byla použita data z měření hladiny H2 na odlehčovací trati OKD03.

Tab. 6.1.5 Určení poměru ředění pro OKD03 - srpen 2017

| | SRPEN | | | |
|------------|-------------|-----|-------------|-----|
| | 10. 8. 2017 | | 10. 8. 2017 | |
| Q_{hmax} | 8.02 | l/s | 8.02 | l/s |
| H2 | 23 | mm | 287 | mm |
| Q_{pokr} | 316.96 | l/s | 162.69 | l/s |
| n | 38.52 | - | 19.29 | - |

Ředící poměr byl určen s nízkou přesností, jelikož při prvním dešti byla z měřicích přístrojů obdržena neúplná data. Při druhém dešti stoupla hladina v odlehčovací stoce o téměř 30 cm během minuty. V tomto případě už však byla všechna data v pořádku a pokud by neprobíhal monitoring v každé sekundě, nelze dosáhnout přesnějšího výsledku.

Pro měsíc říjen proběhlo obdobné vyhodnocení s výsledky v následující tabulce (Tab. 6.1.6).

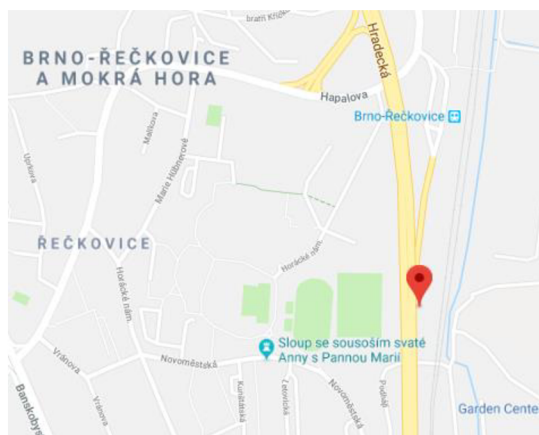
Tab. 6.1.6 Určení poměru ředění pro OKD03 - říjen 2017

| | ŘÍJEN | | | |
|------------|-------------|-----|--------------|-----|
| | 3. 10. 2017 | | 29. 10. 2017 | |
| Q_{hmax} | 6.52 | l/s | 6.52 | l/s |
| H2 | 28 | mm | 61 | mm |
| Q_{pokr} | 122.41 | l/s | 118.61 | l/s |
| n | 17.77 | - | 17.19 | - |

V měsíci říjnu byly zaznamenány také 2 deště. Ačkoliv se jejich maximální průtok odlehčovací komorou značně liší, počátek odlehčení byl zaznamenán zřejmě v podobný čas, a proto je zde ředící poměr velmi podobný. Bezpečně vyhoví hodnotám 1 : 5 až 1 : 8, které jsou požadovány v EN 752 (2017).

6.2 ODLEHČOVACÍ KOMORA: OK1 KARÁSEK LOUČKY

Odlehčovací komora OK1 Karásek Loučky (Pařízkův mlýn) se nachází ve městě Brně v rámci katastrálního území Řečkovice a Mokrá hora. Svou polohou spadá do sběrného řadu C. V případě odlehčení jsou přepadající vody odvedeny do řeky Ponávky.



Obr. 6.2.1 Umístění OK Karásek Loučky [29]



Obr. 6.2.2 Přesná poloha OK1 [29]

Odlehčovací komora OK1 Karásek Loučky (Pařízkův mlýn) je konstrukčně řešená jako odlehčovací komora s horizontální dělicí stěnou (viz kapitola 3.1.5). Materiál stoky je beton, vnitřní žlab u přívodu splaškových vod je obložen čedičovým obkladem. Dimenze stoky v místě nátoku do odlehčovací komory je DN1600. Odlehčovací stoka, která pokračuje do recipientu, je dimenze DN1000. [12]

Při dešti, u kterého dojde k přelití, je zředěný průtok rozdělen – jedna část stále teče pod horizontální dělicí stěnou na ČOV a druhá část v podobě odlehčovaného množství přetéká horní částí dělicí stěny a pomocí stěn, které se obloukově stáčí, je navedena k odlehčovací stoce. Odlehčovací stoka je vidět na následujícím obrázku (obr. 6.1.2.3), v pozadí za ní se nachází stoka, která odvádí splaškové vody. Část hrany dělicí horizontální stěny jde vidět na (obr. 6.1.2.4) a pohled na průtok natékajících splašků pod dělicí stěnou (obr. 6.1.2.5).



Obr. 6.2.3 Odlehčovací profil OK1

V odlehčovací komoře OK1 Karásek Loučky se měřící technika nachází až nad odtokem do odlehčovací stoky (obr. 6.1.2.3). Odlehčovací stoka je také osazena přístrojem pro zachycení a monitoring plovoucích větších znečišťujících předmětů, které jsou v recipientu nežádoucí.

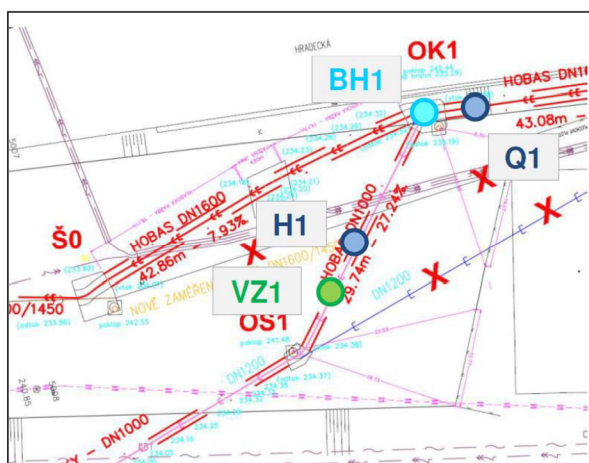


Obr. 6.2.5 Přívodní splašková stoka



Obr. 6.2.4 Splaškový průtok pod dělicí stěnou

6.2.1 Vstupní data pro OK1



Q1 = nátok na OK1 Karásek Loučky,
měření průtoku v l/s,

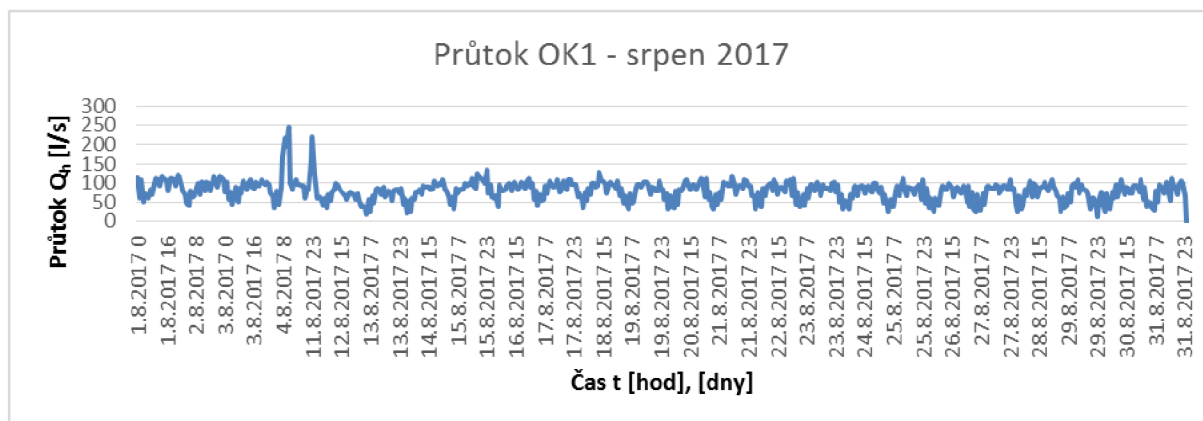
BH1 = hladina v OK1 Karásek Loučky,
měření hladiny v mm

VZ1 = odlehčovací trať OK1
Karásek Loučky, hodnocení míry
znečištění,

H1 = odlehčovací trať OK1 Karásek
Loučky, měření hladiny v mm.

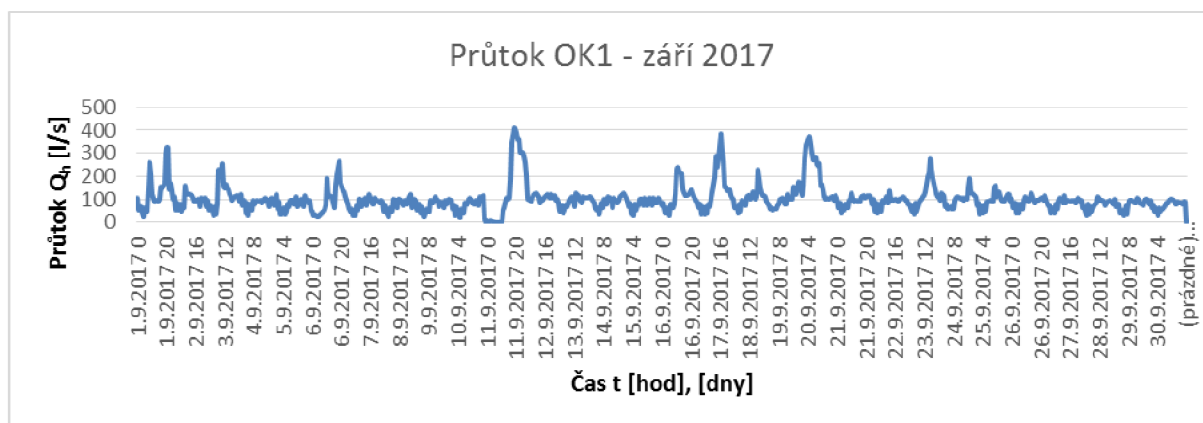
Obr. 6.2.6 Situace OK1 Karásek Loučky [16]

Pro posouzení byly zvoleny stejné měsíce jako u předchozí komory, tedy srpen, září a říjen. V měsíci srpnu (Graf 6.2.1) můžeme vidět dva deště, první z nich proběhl 4. 8. 2017 v 7:08 ráno a druhý na něj navazoval 11. 8. 2017 v 17:23 odpoledne. Oba dešťové průtoky dosáhly maxima mezi 200 až 250 l/s.

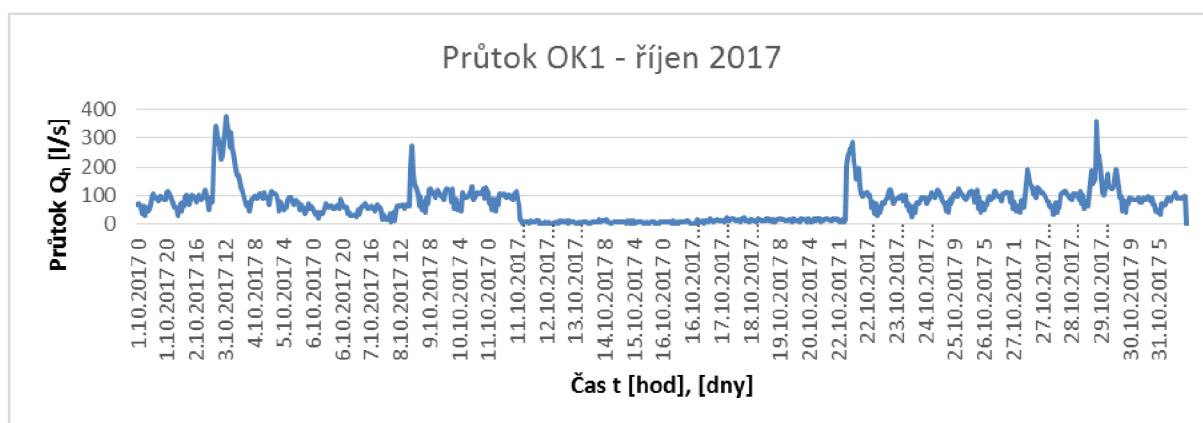


Graf 6.2.1 Průtok do OK1 srpen 2017

Měření nátoku na OK1 Karásek Loučky v měsíci srpnu, kde kromě dvou dešťových událostí v první třetině měsíce natékal do odlehčovací komory jenom splaškový přítok.

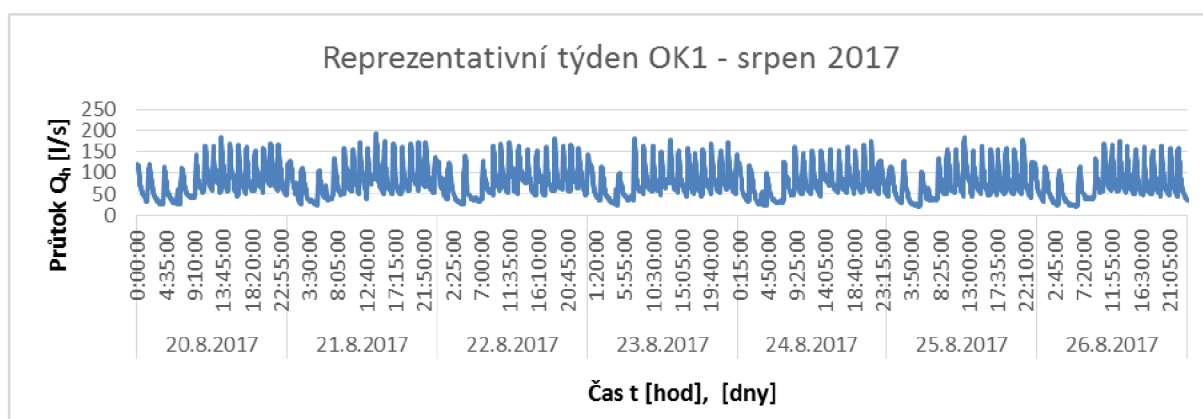


Graf 6.2.2 Přítok do OK1 září 2017



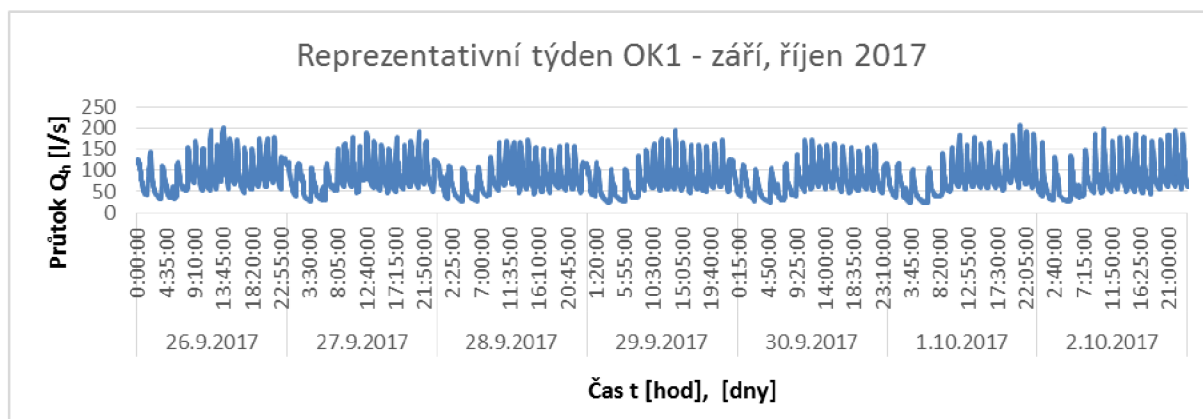
Graf 6.2.3 Přítok do OK1 říjen 2017

Reprezentativní bezdeštný týden z této odlehčovací komory v měsíci srpnu byl zvolen na období 20. 8. 2017 až 26. 8. 2017.



Graf 6.2.4 Reprezentativní bezdeštný týden OK1 - srpen 2017

Vzhledem k pravděpodobnému výpadku měřicí techniky není možné použít shodný bezdeštný týden jako u předchozí komory. Proto byl zvolen následný reprezentativní týden jako přelom září a října, a to od 26. 9. 2017 do 2. 10. 2017.



Graf 6.2.5 Reprezentativní bezdeštný týden OK1 - září, říjen 2017

Z jednotlivých grafů a hodnot reprezentativních bezdeštných týdnů byly opět zvoleny reprezentativní bezdeštné dny sloužící k určení maximálního a minimálního hodinového průtoku.



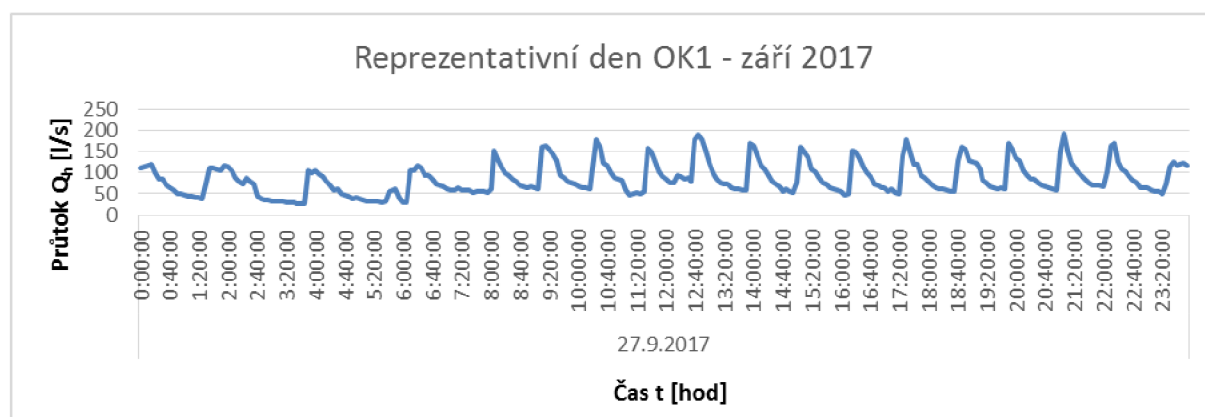
Graf 6.2.6 Reprezentativní bezdeštný den OK1 - srpen 2017

Při reprezentativním bezdeštném dni bylo v OK1 Karásek Loučky dosaženo hodinového maxima $Q_{hmax} = 179,66$ l/s mezi 18–19 hodinou. Minimum $Q_{hmin} = 38,22$ l/s bylo naměřeno mezi 2–3 hodinou ránní.

Odlehčovací komorou OK1 Karásek Loučky v měsíci srpnu protekl pouze jeden déšť, jehož maximální průtok byl naměřen 16,68 l/s. Celkový objem tohoto deště byl 6,807 m³. Prostřednictvím odlehčovacích stoky se do recipientu nedostalo žádné znečištění, objem odlehčené vody je totiž 0 m³. Souhrn všech průtoků je v následující tabulce (Tab. 6.2.1).

Tab. 6.2.1 Souhrnná tabulka OK1 - srpen 2017

| SRPEN | | |
|---------------|--------|----------------|
| Q_{hmax} | 179.66 | l/s |
| Q_{hmin} | 38.22 | l/s |
| $Q_{děšťmax}$ | 16.68 | l/s |
| $V_{děšť}$ | 6.807 | m ³ |
| V_{OK} | 0 | m ³ |



Graf 6.2.7 Reprezentativní bezdeštný den OK1 - září 2017

V září 2017 při reprezentativním bezdeštném dni bylo naměřeno $Q_{hmax} = 192,84$ l/s v obvyklé hodinové špičce, tedy mezi 20–21 hodinou. Také minimum $Q_{hmin} = 60,9$ l/s odpovídá většině vyhodnocených dat a to i svým časovým intervalem mezi 4–5 hodinou ranní.

V měsíci září roku 2017 byl zaznamenán maximální dešťový průtok odlehčovací komorou 26,96 l/s. Celkový objem dešťové vody, která byla do odlehčovací komory přivedena, byl 7,0764 m³. Celkový objem odlehčení byl zaznamenán opět 0 m³.

Tab. 6.2.2 Souhrnná tabulka OK1 - září 2017

| ZÁŘÍ | | |
|---------------|--------|----------------|
| Q_{hmax} | 192.84 | l/s |
| Q_{hmin} | 60.9 | l/s |
| $Q_{děstmax}$ | 26.96 | l/s |
| $V_{děst}$ | 7.0764 | m ³ |
| V_{OK} | 0 | m ³ |

6.2.2 Posouzení účinnosti odlehčovací komory OK1

Účinnost odlehčovací komory OK1 Karásek Loučky ve vybraném časovém intervalu nelze určit. Komora kapacitně vyhověla všem dešťům, které při monitorovaném období zasáhly město Brno. Vzhledem k tomu, že vyšlo odlehčené množství zředěné vody 0 m³, nebyl k dispozici žádný rozbor vody, ty totiž probíhaly pouze při průtoku odlehčovací stokou. Pokud by byl aplikován stejný vzorec (5.1) jako u předchozí komory (6.1.2), dosáhla by výsledná hodnota účinnosti 100 %. V následující tabulce (Tab. 6.2.3) jsou uvedeny pouze výsledky z rozboru měřených a vyhodnocených pro stoku C jednotné kanalizace ve městě Brně z roku 2007.

Tab. 6.2.3 Vybrané ukazatele znečištění stoky C [16]

| Jednotná kanalizace stoka C | |
|--------------------------------|--------|
| c_{JK} | mg/l |
| NL | 660.55 |
| BSK ₅ | 103.84 |
| CHSK _{Cr} | 395.41 |
| P _{celk} | 2.89 |
| N-NH ₄ ⁺ | 3.97 |
| N _{celk} | 19.72 |

6.2.3 Posouzení stavebního stavu

Odlehčovací komora OK1 Karásek Loučky byla také v nedávné době rekonstruována. Proto je její stav velmi dobrý. Podrobný popis stavu odpovídá kapitole 6.1.3.

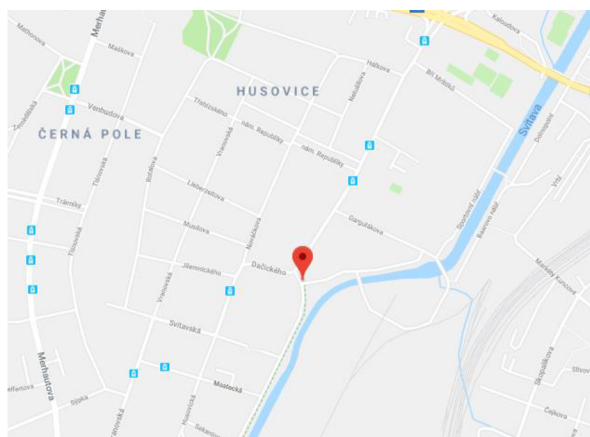
6.2.4 Plnění funkce objektu – poměr ředění

Při rekonstrukci kmenové stoky C došlo k úpravě odlehčovací komory OK1 (Karásek Loučky). Z hodnot, které byly naměřeny z monitoringu vyplývá, že odlehčovací komora svou funkci plní. Vlivem úpravy byla odlehčovací stoka během monitorovaného období nevyužita.

Hodnota Q_{pokr} ze vzorce (6.1), což je hodnota průtoku odlehčovací komorou při počátku odlehčení, se liší od Q_{hmax} pouze o 3 l/s. Hodnota výšky odlehčené vody v odlehčovací stoce H1 (6.1), měřená na přepadu, dosahuje maximální hodnoty 5 mm. Tato hodnota je velmi nízká, proto se nedá posoudit, zda se skutečně jedná o odlehčení vlivem přelití zředěné vody přes přepad, nebo jde pouze o přítok dešťové vody šachtami při menším dešti, u kterého nedocházelo k odlehčení vody. Proto poměr ředění nelze přesně určit.

6.3 ODLEHČOVACÍ KOMORA: OKD05 DAČICKÉHO

Odlehčovací komora OKD05 Dačického (Feromat) se nachází ve městě Brně v rámci katastrálního území Husovice. Svou polohou spadá do sběrného řadu D. V případě odlehčení jsou přepadající vody odvedeny do řeky Svitavy.



Obr. 6.3.1 Umístění OK Dačického [29]

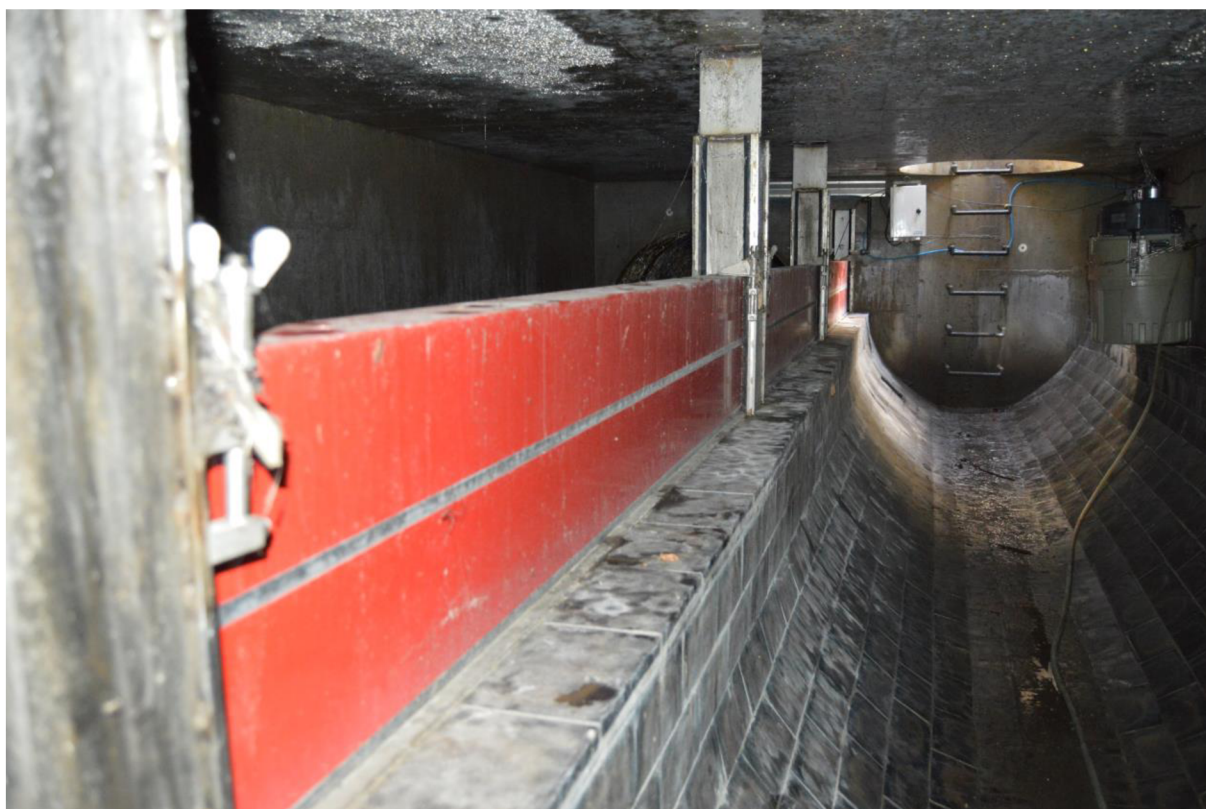
Odlehčovací komora OK05 Dačického (Feromat) je konstrukčně řešená jako odlehčovací komora s jednostranným přímým bočním přepadem (viz kapitola 3.1.2). Materiál stoky je beton, vnitřní žlab u přívodu splaškových vod je obložen čedičovým obkladem a jeho dimenze je DN1400. Dimenze stoky v místě nátoku do odlehčovací komory je DN1000. [12]



Obr. 6.3.2 Přesná poloha OK05 [29]



Obr. 6.3.3 Odtok splaškových vod na ČOV



Obr. 6.3.4 Přepadová stěna z hradidlových uzávěru

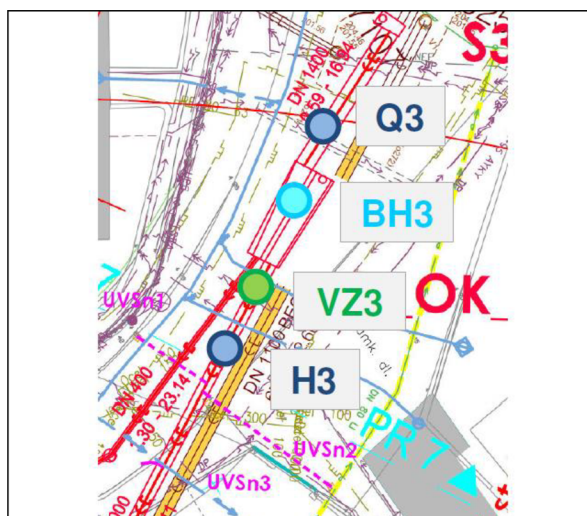


Obr. 6.3.5 Odlehčovací stoka



Obr. 6.3.6 Vyústění odlehčovací stoky do Svitavy

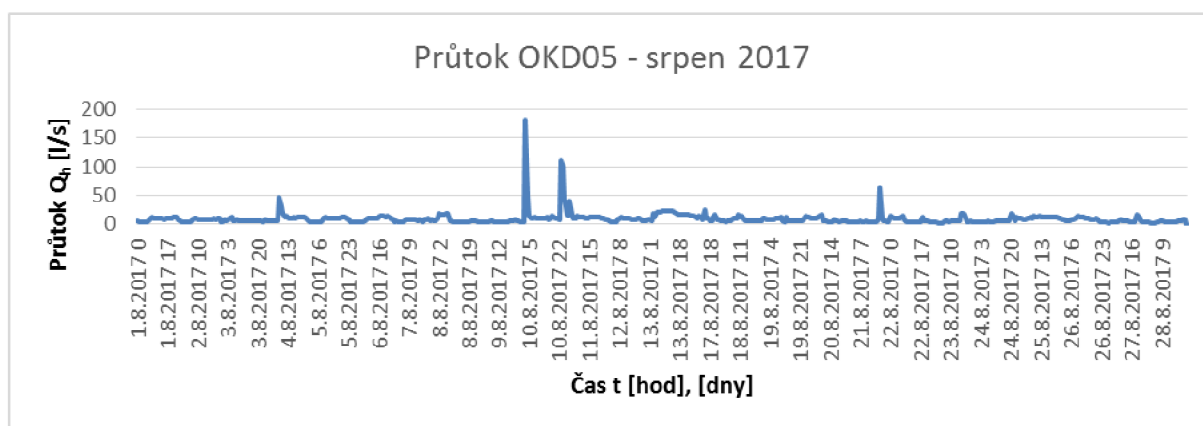
6.3.1 Vstupní data pro OKD05



- Q3 = nátok na OKD05 Dačického, měření průtoku v l/s,
- BH3 = hladina v OKD05 Dačického, měření hladiny v mm
- VZ3 = odlehčovací trať OKD05 Dačického, hodnocení míry znečištění,
- H3 = odlehčovací trať OKD05 Dačického, měření hladiny v mm.

Obr. 6.3.7 Situace OKD05 Dačického [16]

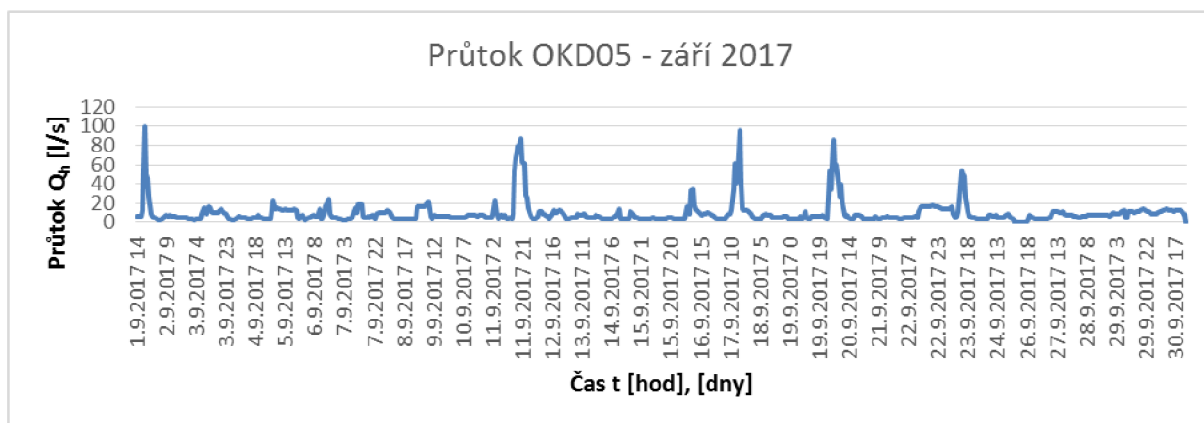
Pro posouzení účinnosti odlehčovací komory OKD05 Dačického bylo vybráno stejné období jako u předchozích odlehčovacích komor, tedy srpen, září a říjen 2017. Na křivce kontingenčního grafu můžeme vidět špičky, které znamenají dešťový průtok. V měsíci srpnu (Graf 6.3.1) protekla dešťová voda odlehčovací komorou 10. 8. 2017 v 5:00 ráno a ve 22:00 večer.



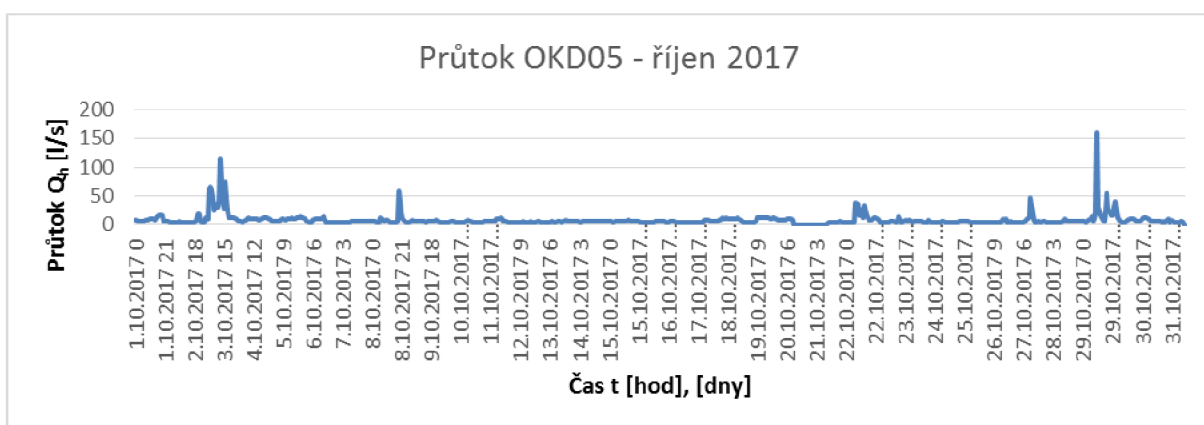
Graf 6.3.1 Průtok do OKD05 srpen 2017

V září roku 2017 nebylo možné najít bezdeštný týden, a proto bude měsíc září opět vynechán a reprezentativní týden bude vybrán z měsíce srpna a října.

V měsíci září je možné v grafu vidět deště, které dosahovaly maximálního nátoků do odlehčovací komory okolo 100 l/s. A došlo k nim 1. 9. 2017 ve 14:00, 11. 9. 2017 ve 21:00, 17. 9. 2017 v 10:00 a 20. 9. 2017 ve 14:00. Stejně lze hodnoty vyčíst i v grafu za říjen.

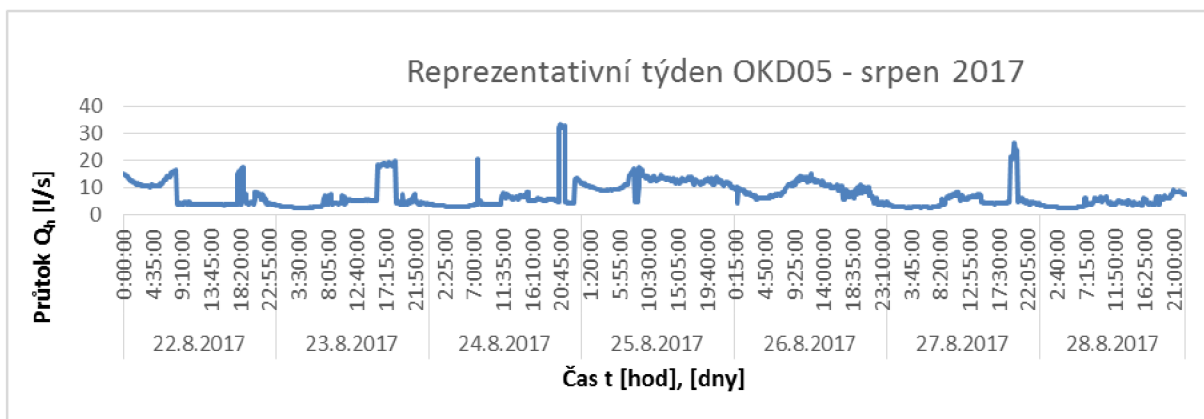


Graf 6.3.2 Přítok do OKD05 září 2017



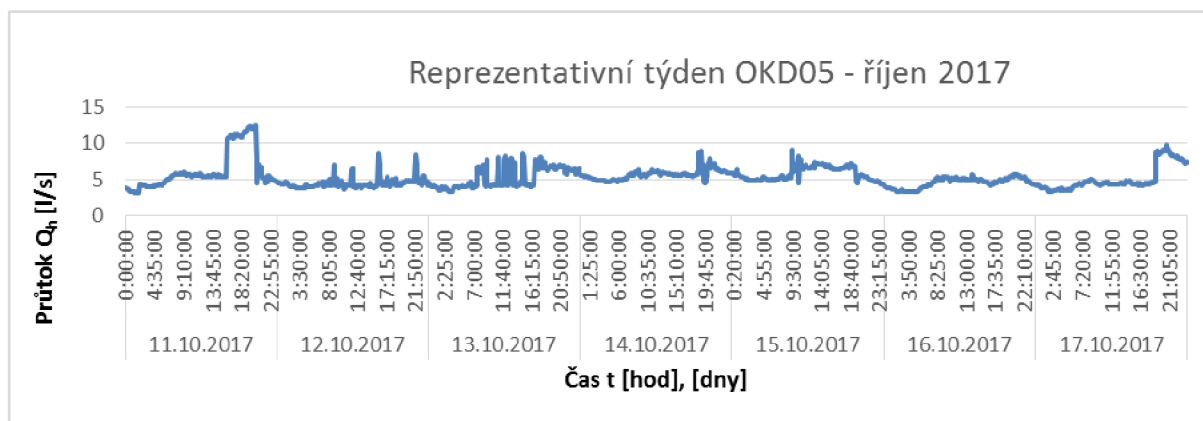
Graf 6.3.3 Přítok do OKD05 říjen 2017

Reprezentativní bezdeštný týden z měsíce srpna byl zvolen od 22. 8. 2017 do 28. 8. 2017.



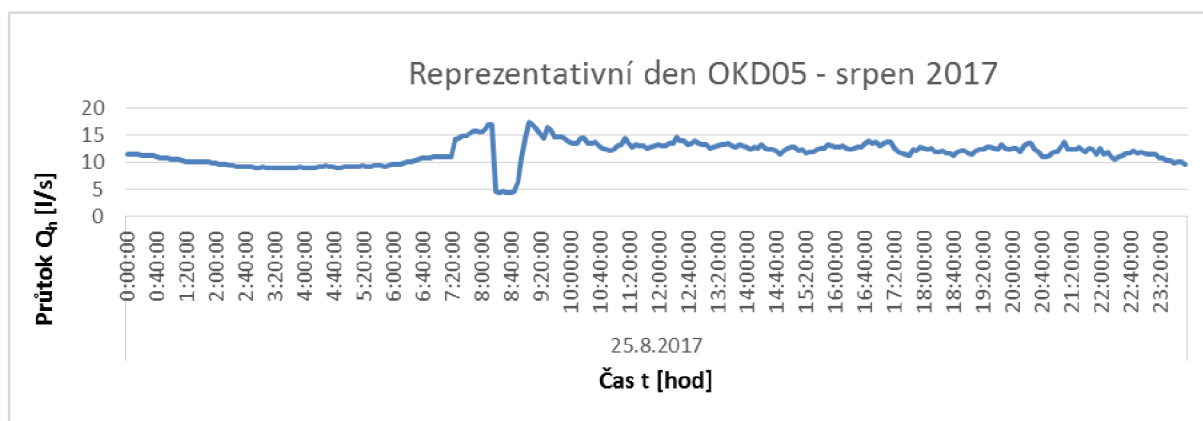
Graf 6.3.4 Reprezentativní bezdeštný týden OKD05 - srpen 2017

Za měsíc říjen 2017 byl reprezentativní bezdeštný týden vybrán od 11. 10. 2017 do 17. 10. 2017.



Graf 6.3.5 Reprezentativní bezdeštný týden OKD05 - říjen 2017

Grafy a hodnoty reprezentativních bezdeštných týdnů slouží k volbě reprezentativních dnů, které poté slouží k určení maximálního a minimálního hodinového průtoku. Daným reprezentativním bezdeštným dnem byl zvolen pátek 25. 8. 2017.



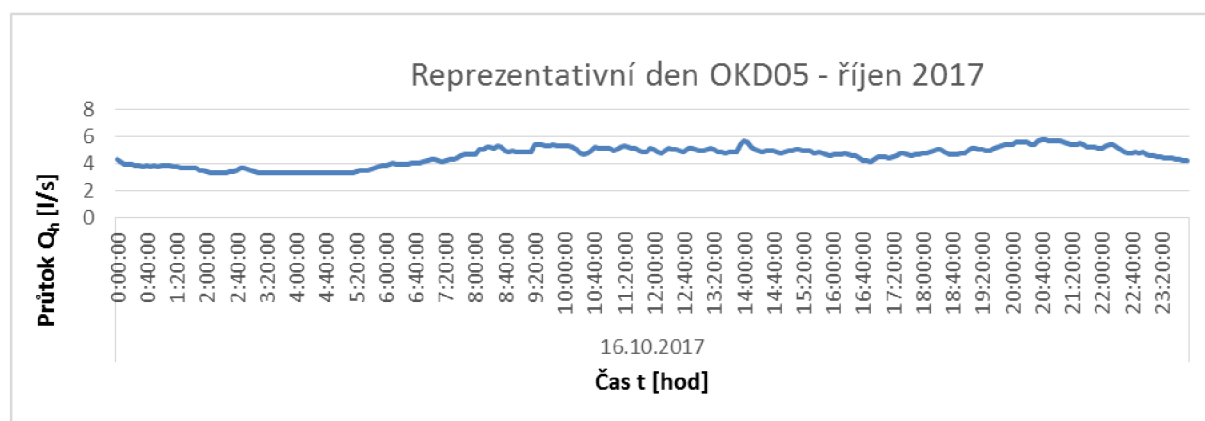
Graf 6.3.6 Reprezentativní bezdeštný den OKD05 - srpen 2017

Z reprezentativního bezdeštného dne bylo určeno hodinové maximum $Q_{hmax} = 17,23$ l/s, kterého bylo dosaženo mezi 9–10 hodinou. Hodinového minima $Q_{hmin} = 9,1$ l/s nastalo mezi 3–4 hodinou ranní. Maximální průtok při dešti byl zaznamenán 334,16 l/s. Celkový objem dešťových srážek za měsíc srpen byl 1476,45 m³. Objem zředěné vody, která protekla odlehčovací stokou, dosáhl hodnoty 122,424 m³.

Tab. 6.3.1 Souhrnná tabulka OKD05 - srpen 2017

| SRPEN | | |
|--------------|---------|----------------|
| Q_{hmax} | 17.23 | l/s |
| Q_{hmin} | 9.1 | l/s |
| $Q_{dščmax}$ | 334.16 | l/s |
| $V_{dšč}$ | 1476.45 | m ³ |
| V_{OK} | 122.424 | m ³ |

Reprezentativní bezdeštný den za měsíc říjen bylo zvoleno pondělí 16. 10. 2017.



Graf 6.3.7 Reprezentativní bezdeštný den OKD05 - říjen 2017

Pro reprezentativní bezdeštný den v měsíci říjnu roku 2017 v OKD05 bylo naměřeno hodinové bezdeštné maximum $Q_{hmax} = 5,76$ l/s mezi 20–21 hodinou, minimální hodinový průtok $Q_{hmin} = 3,33$ l/s byl zaznamenán mezi 4–5 hodinou ranní. Dále byl zaznamenán maximální průtok při dešti 229,69 l/s. Celkový objem dešťových srážek dosáhl hodnoty 1983,76 m³. Objem odlehčené vody byl 10,6098 m³.

Tab. 6.3.2 Souhrnná tabulka OKD05 - říjen 2017

| ŘÍJEN | | |
|---------------|---------|----------------|
| Q_{hmax} | 5.76 | l/s |
| Q_{hmin} | 3.33 | l/s |
| $Q_{dešťmax}$ | 229.69 | l/s |
| $V_{dešť}$ | 1983.76 | m ³ |
| V_{OK} | 10.6098 | m ³ |

6.3.2 Posouzení účinnosti odlehčovací komory OKD05

Posouzení účinnosti odlehčovací komory bylo provedeno dle vzorce (5.1) s aplikací na jednotlivé měsíce. Znečištění vybraných ukazatelů pro jednotnou kmenovou stoku D bylo převzato z metodiky zpracování dat. [16] Složení vody v odlehčovací stoce bylo převzato z rozborů odebraného vzorku v OKD05 Dačického při dešťové události. Následným použitím vzorce (5.1) pro výpočet účinnosti bylo dosaženo hodnot, které bezpečně vyhoví podmínkám z kapitoly 5.1 (Tab. 5.1.2), kde je minimální požadované množství u NL (nerozpuštěné látky) 75 %, a u ostatních látek, které jsou hodnoceny v dešťovém odtoku, by účinnost měla dosáhnout 60 %. Tomuto kritériu vyhovují všechny porovnávané ukazatele. Všechny hodnoty jsou uvedeny v tabulce (Tab. 6.3.3).

Tab. 6.3.3 Účinnost OKD05 při srážkách - srpen 2017

| Jednotná kanalizace stoka D | | OKD05 | ÚČINNOST |
|--------------------------------|---------|-------------|-------------|
| | | 10. 8. 2017 | 10. 8. 2017 |
| c_{JK} | mg/l | mg/l | % |
| NL | 709.75 | 234 | 97.27 |
| BSK ₅ | 307.38 | 110 | 97.03 |
| CHSK _{Cr} | 802.505 | 365 | 96.23 |
| P _{celk} | 3.768 | 3.58 | 92.12 |
| N-NH ₄ ⁺ | 18.497 | 5.94 | 97.34 |
| N _{celk} | 45.497 | 19.8 | 96.39 |

Při určování účinnosti v měsíci říjnu roku 2017 bylo zjištěno, že objem vod, které byly odlehčeny, je v porovnání s objemem dešťů velmi malý. Objem odlehčených vod je zde roven zhruba 0,5 % z celkového objemu dešťů. Rozbor vody při takto malém odlehčení nebyl proveden. Při aplikaci stejného vzorce jako pro měsíc srpen by účinnost OKD05 byla téměř 100%.

6.3.3 Posouzení stavebního stavu

Odlehčovací komora OKD05 Dačického byla podrobena úpravě při nedávné rekonstrukci kmenové stoky D, proto je její stav velmi dobrý. Podrobný popis stavebního stavu odpovídá kapitole 6.1.3.

6.3.4 Plnění funkce objektu – poměr ředění

Objekt OKD05 byl upraven, aby bylo zabráněno nátoku vody z recipientu do odlehčovací stoky. Dále by měla odlehčovací komora sloužit k úpravě ředících poměrů. Všechny tyto požadavky plní, a proto je možné odlehčovací komoru posoudit jako plně funkční.

Poměr ředění byl určen podle vzorce (6.1) v kapitole (6.1.4). Průtok byl odečten pomocí časových dat, kdy pro danou výšku odlehčení H3 je dán čas počátku odlehčení. K tomuto časovému záznamu byla nalezena příslušná hodnota s nátokem do OKD05. Maximální hodinový průtok byl převzat z tabulky (6.3.1). Ředící poměr n odpovídá (1+n). V daném případě je ředící poměr roven 17,98 a vyhoví poměrům požadovaným v tabulce (5.1.1).

Tab. 6.3.4 Určení poměru ředění pro OKD05 - srpen 2017

| | SRPEN | |
|-------------------|-------------|-----|
| | 10. 8. 2017 | |
| Q _{hmax} | 17.23 | l/s |
| H3 | 15 | mm |
| Q _{pokr} | 327 | l/s |
| n | 17.98 | - |

Pro měsíc říjen 2017 bylo použito stejného postupu jako pro měsíc srpen. Odlehčení zde bylo velmi nízké. Poměr ředění vycházel z dat pro reprezentativní bezdeštný den, kde maximální

hodinový průtok splaškové vody vyšel v porovnání s měsícem srpnem značně nižší. Proto lze poměr ředění, který je zde 32,2, určit pouze s nižší přesností.

Tab. 6.3.5 Určení poměru ředění pro OKD05 - říjen 2017

| | ŘÍJEN | |
|------------|--------------|-----|
| | 29. 10. 2017 | |
| Q_{hmax} | 5.76 | l/s |
| H3 | 9 | mm |
| Q_{pokr} | 191.23 | l/s |
| n | 32.200 | - |

6.4 SHRNU TÍ

Pro vyhodnocení účinnosti bylo zpracováno mnoho dat. Snahou bylo zpracovat co nejpřesnější výsledky, ale velmi často se ukázalo, že i časový krok 1 minuta je naprosto nedostačující při počátku odlehčení.

U OKD03 Hálkova/Bratří Mrštíku způsobil déšť nárůst výšky hladiny z 0 na 287 mm během 1 minuty. Navíc zde došlo k výpadku ultrazvukového hladinoměru, a proto byla převzata data od BVK, a.s. a ta byla upravena, protože tyto měřicí přístroje jsou v komoře stále a měří jenom každých 10 minut. Proto při hodnocení měsíce srpna vyšla účinnost NL 30,72 %, přičemž požadavek je podle tabulky (Tab. 5.1.2) 75 %, BSK₅ vyšlo pouhých 24,15 %, P_{celk} 26,50 %, požadováno je přitom 60 %. V měsíci říjnu už měřicí přístroje fungovaly a účinnost vycházela přes 80 %, někdy i 90 %. Poměry ředění u měsíce srpna vyšly také mimo očekávání (1+38,52), proto jsou pro tuto komoru pravděpodobnější výsledky z měsíce října (1+17,77) a (1+17,19). Skutečné poměry ředění pro tuto komoru nejsou známy, protože nebyly provozovatelem poskytnuty, proto určené hodnoty není možné porovnat.

V OK1 Karásek Loučky zase nebyl zaznamenán v průběhu monitoringu žádný déšť, který by byl odlehčen a celkový objem odlehčené vody za vyhodnocované měsíce vyšel 0 m³. Z tohoto důvodu nebylo možné posoudit odlehčovací komoru na poměr ředění ani na účinnost, protože vzorky zředěné vody se odebíraly pouze za deště v odlehčovací stoce.

V poslední komoře ODK05 Dačického byly naměřeny značné výkyvy v hodinových maximech z reprezentativních bezdeštných dnů. Je možné, že rozdíly byly způsobeny letním (prázdninovým) a podzimním reprezentativním měsícem (srpen a říjen 2017). Objem odlehčené vody byl v měsíci srpnu 122,424 m³ a v měsíci říjnu 10,6098 m³, což je příliš málo na to, aby bylo možno odebrat vzorky. Proto byla účinnost určena pouze pro měsíc srpen a ve všech případech vyšla přes 90 %, což je dle tabulky (Tab. 5.1.2) vyhovující. Poměr ředění byl určen pro oba měsíce a vyšel (1+17,98) a (1+32,2). Jako k jediné z posuzovaných komor je možné přiřadit hodnoty z tabulky (Tab.5.2.1), kde je uveden poměr ředění dle projektu (1+2,24) a dle skutečnosti (1+26,6).

Často jde i na grafech průtoků jednotlivých měsíců vidět výpadky. Častými příčinami těchto výpadků jsou vybité baterie, nebo nefunkční technika a čekání na dodání nové měřicí

techniky. V případě delších výpadků byla použita data z měřicích přístrojů BVK, a.s. (Brněnské vodárny a kanalizace a.s.), které ale měří hladinu každých 10 minut, a tak byla potřeba interpolace, která se nikdy nedá při průchodu srážky přesně určit. Také bylo nutné řešit časový režim – převzatá data od BVK, a.s. byla v zimním časovém režimu a měřicí technika, která byla rozmístěna centrem AdMaS - University of Technology (Advanced Materials, Structures and Technologies) v letním časovém režimu.

Měření bylo rozsáhlé a spoustu dat bylo potřeba dohledat, popřípadě změnit vyhodnocované období. Jednalo se o první sérii měření. Podle příručky „*Zpráva, metodika vyhodnocení přínosů rekonstrukce a dostavby kanalizace ve městě Brně pro rok 2017*“ nyní probíhá měření pro rok 2018, poté bude následovat v letech 2019 a 2020. Všechna tato navazující měření už budou probíhat v plném rozsahu, a to od 10. 3. do 31. 10. daného roku. [11]

Všechny informace a výsledky vyhodnocení byly konzultovány a budou předány provozovateli (BVK, a.s.).

7 ZÁVĚR

Bakalářská práce se zabývá problematikou odlehčovacích komor. V první části je výčet legislativních dokumentů, na které byly nalezeny odkazy v průběhu zpracování práce. Následně byl zpracován výčet druhů odlehčovacích komor, jejich stručný popis a materiály, které jsou dnes pro tyto odlehčovací objekty používány. V další kapitole je popsáno, jak se technicky řeší objekty odlehčovacích komor, jak mají být správně stavebně zařazeny, možnosti, jak určit množství zředěných odpadních vod, výčet hydraulických vzorců k určení délky přelivné hrany u přímého i bočního přelivu a délky škrťací tratě. V poslední části teoretické části byla zpracována rešerše emisní a imisní ochrany, pro které existují metodické příručky a evropské směrnice. Jsou zde uvedeny hodnoty (viz kapitola 5.1), kterých chceme dosáhnout při hodnocení účinnosti odlehčovacích komor.

Druhá část bakalářské práce se věnuje praktické části, která se skládá z posouzení účinnosti odlehčovacích komor na jednotné stokové síti ve městě Brně. Je zde zpracován výčet odlehčovacích komor z kanalizačního řádu města Brna. A následně jsou vybrány 3 odlehčovací komory, u kterých je zpracováno posouzení účinnosti, určení poměru ředění, posouzení stavebního stavu a plnění funkce odlehčovacího objektu.

Ke každé z vybraných odlehčovacích komor je na začátku přesné umístění na mapě, které bylo určeno pomocí GPS souřadnic, které poskytl provozovatel. Následně je u komory série fotografií, které byly pořízeny při prohlídce odlehčovací komory. Z dat, které poskytlo město Brno, jsou zpracovány kontingenční grafy s průběhem nátoku do odlehčovací komory a s viditelnými výkyvy v podobě dešťového nátoku do odlehčovací komory. Je zde také viditelný první výpadek, který proběhl v měsíci září a byl zapříčiněn vybitou baterií. Tato odlehčovací komora se nachází v oploceném uzamčeném areálu, a tak je obtížné se ke komoře dostat. Z grafů, které ukazují měsíční nátoky, byly vybrány vždy 2 reprezentativní týdny z různých měsíců. Z reprezentativních týdnů se vybraly reprezentativní dny. Reprezentativním dnem je vždy běžný pracovní den. Ke každému reprezentativnímu dni je zpracováno bezdeštné hodinové maximum a minimum. Pro celý měsíc je určen maximální dešťový průtok, celkový objem dešťů a z toho určen objem odlehčené vody.

Pro každou kmenovou stoku (C a D), na které vybrané odlehčovací komory leží, je z metodické příručky [11] převzata tabulka s vybranými ukazateli znečištění, která byla pro tyto účely poskytnuta provozovatelem. Při každém odlehčení docházelo k odběru vzorku v odlehčovací stoce. Tyto vzorky byly odevzdány na rozbor. Výsledky z rozborů byly vyhodnoceny a sloužily k určení účinnosti odlehčovacích komor, která byla porovnávána s hodnotami danými v kapitole (5.1).

Další kapitola se zabývá posouzením stavebního stavu jednotlivých komor. Tyto komory byly rekonstruovány nedávno, a tak bylo jejich hodnocení velmi podobné.

V poslední kapitole, která se věnuje jednotlivým odlehčovacím komorám, je hodnocení, zda objekt odlehčovací komory plní svou funkci. Vzhledem k tomu, že určené výsledky nebylo možné porovnat s hodnotami z kanalizačního řádu, protože tam ještě nejsou zařazeny, bylo nutné vycházet pouze z vyhodnocených dat. Poměr ředění byl určován podle vzorce

uvedeného v metodické příručce [11] a nikoliv ze vzorce uvedeného v rešerši. U této hodnoty bylo vycházeno z minimální hodnoty ředění 1 : 5 až 1 : 8, kterou všechny komory, u kterých došlo k odlehčení, splnily. Jedinou komorou, která měla data k porovnání, byla OKD05 Dačického. U této komory bylo vyhodnoceno, že přesnější hodnota z měsíce srpna je vyšší než hodnota, která je uvedena jako hodnota poměru ředění dle projektu, ale nižší než je v kanalizačním řádu uvedeno jako poměr ředění ve skutečnosti.

V poslední kapitole této bakalářské práce je shrnutí všech výsledků a popis zpracování včetně uvedení důležitých hodnot, které byly naměřeny a vyhodnoceny.

8 POUŽITÁ LITERATURA

- [1] HLAVÍNEK, Petr, Jan MIČÍN a Petr PRAX. *Příručka stokování a čištění*. Brno: NOEL 2000, c2001. ISBN 80-86020-30-4.
- [2] TNV 75 6262. *Odlehčovací komory a separátory*. ČR: Český normalizační institut, 2003.
- [3] HOBAS CSO Chamber. [Http://www.hobas.cz/](http://www.hobas.cz/) [online]. Pischeldorfer Strasse 128, 9020 Klagenfurt, Austria: HOBAS, 2013, 06/2013 [cit. 2018-03-18]. Dostupné z: http://www.hobas.cz/fileadmin/Daten/REFERENCES/H CZ/Documents/1308_HOBAS_CS O Chamber E.pdf
- [4] Městské standardy pro kanalizační zařízení. [Https://www.brno.cz/sprava-mesta/dokumenty-mesta/mestske-standardy/](https://www.brno.cz/sprava-mesta/dokumenty-mesta/mestske-standardy/) [online]. Brno: Statutární město Brno, 2010 [cit. 2018-03-18]. Dostupné z: https://www.brno.cz/fileadmin/user_upload/sprava_mesta/magistrat_mesta_brna/OI/dokumenty/Standardy_pro_kanalizacni_zarizeni.pdf
- [5] Odlehčovací komory kanalizace v Brně. *Druhé Brno* [online]. Brno: Druhé Brno, 2014 [cit. 2018-05-22]. Dostupné z: <http://druhebrno.smerem.cz/tema/Odleh%C4%8Dovac%C3%AD%20komory%20kanalizace%20v%20Brn%C4%9B>
- [6] Asociace čistírenských expertů České republiky. *Metodická příručka posouzení stokových systémů urbanizovaných povodí*. Praha, 2009.
- [7] REKONSTRUKCE OK 1C V MADARSKÉ ULICI. [Http://www.ko-ka.cz/cz/](http://www.ko-ka.cz/cz/) [online]. Praha 6: ko-ka s.r.o, 2005 [cit. 2018-03-18]. Dostupné z: http://www.ko-ka.cz/cz/kanalizace_Madarska_OK_1C.asp
- [8] Prefabrikované odlehčovací komory. [Http://www.asio.cz/](http://www.asio.cz/) [online]. Brno: ASIO, spol s.r.o, 2011 [cit. 2018-03-18]. Dostupné z: <http://www.asio.cz/cz/as-sok>
- [9] Koncová odlehčovací komora kmenové stoky C v Praze - Bubenci. *Časopis Stavebnictví.*, 2012(06-07/12), 44-47. DOI: MK ČR E17014.
- [10] *Kanalizační řád pro statutární město Brno, město Kuřim, město Modřice, obec Česká a Želešice*. Brno, 2011.
- [11] HLAVÍNEK, Petr. *Vyhodnocení přínosů projektu „Rekonstrukce a dostavba kanalizace v Brně: Zpráva, metodika vyhodnocení přínosů RD KB pro rok 2017*. Brno, 2017.
- [12] HLAVÍNEK, Petr. *Vyhodnocení přínosů projektu „Rekonstrukce a dostavba kanalizace v Brně“: Zpráva, technické podmínky monitoringu RD KB pro rok 2017*. Brno, 2017.
- [13] URČIKÁN, Pavel a Dušan RUSNÁK. *Stokovanie a čistenie odpadových vôd: Stokovanie II Objekty na stokovej sieti*. 1. Bratislava: STU, 2011. ISBN 978-80-227-2854-6.
- [14] *EHS 91/271. Council Directive 91/271/EEC of 21 May 1991 concerning urban waste-water treatment*, EU, 1991.

- [15] *ES 2000/60, Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000 establishing a framework for Community action in the field of water policy* EU, 2000.
- [16] *ČSN 75 6101 Stokové sítě a kanalizační přípojky*. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2012, str. 44.
- [17] *ČSN EN 13508-2 +A1*. Český normalizační institut, 2012, str. 162.
- [18] *ČSN EN 752 Odvodňovací systémy vně budov – Vedení kanalizace*. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2017, str. 94.
- [19] *ČSN EN 206+A1 Beton – Část 1: Specifikace, vlastnosti, výroba a shoda*. Český normalizační institut, 2018, str. 88.
- [20] *ČSN 01 3463 Výkresy inženýrských staveb-Výkresy kanalizace*. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 1997, str. 44.
- [21] *Nariadení 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*. Český normalizační institut, 2015, str. 64
- [22] *Zákon č. 254/2001 Sb. o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon)*. Český normalizační institut, 2001, str. 5617.
- [23] *Zákon č. 274/2001 Sb. o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů (zákon o vodovodech a kanalizacích)*. Český normalizační institut, 2001, str. 6465.
- [24] KREJČÍ, V. a kol. *Odvodnění urbanizovaných území*. NOEL 2000, 2002.
- [25] HLAVÍNEK, Petr, Jan MIČÍN, Petr PRAX, Petr HLUŠTÍK a Radim MIFEK. *Stokování a čištění odpadních vod: Studijní opora, modul 1, 2*. Brno, 2006.
- [26] MIČÍN, Jan. *Stokování a čištění odpadních vod I - Stokování*. Brno, 1980.
- [27] HLAVÍNEK, Petr a Jiří HLAVÁČEK. *Čištění odpadních vod: praktické příklady výpočtů*. Brno: NOEL 2000, 1996. ISBN 80-86020-00-2
- [28] Sweco Hydroprojekt a.s. *Seznam technických norem: Vodní hospodářství, kvalita půdy, odpadové hospodářství*. Centrum technické normalizace, 2018.
- [29] Google Maps. *Google* [online]. Czechia, 2018 [cit. 2018-05-23]. Dostupné z: <https://www.google.com/maps>
- [30] *ČSN ISO 7144*. Praha: Český normalizační institut, 1997

SEZNAM TABULEK

| | |
|---|----|
| Tab. 4.2.1 Stanovení podmínek pro činnost odlehčovacích komor [2]..... | 20 |
| Tab. 5.1.1 Emisní kritéria a jejich doporučené hodnoty [6]..... | 26 |
| Tab. 5.1.2 Minimální účinnosti [%] odvádění dešťového odtoku [6]..... | 27 |
| Tab. 5.2.1 Imisní kritéria používaná pro odlehčovací komory v okolních státech [6]..... | 28 |
| Tab. 5.2.1 Výčet dešťových oddělovačů na stokové síti města Brna [10]..... | 29 |
| Tab. 6.1.1 Souhrnná tabulka OKD03 - srpen 2017..... | 37 |
| Tab. 6.1.2 Souhrnná tabulka OKD03 - říjen 2017..... | 38 |
| Tab. 6.1.3 Účinnost OKD03 při srážkách - srpen 2017..... | 38 |
| Tab. 6.1.4 Účinnost OKD03 při srážkách - říjen 2017..... | 39 |
| Tab. 6.1.5 Určení poměru ředění pro OKD03 - srpen 2017..... | 40 |
| Tab. 6.1.6 Určení poměru ředění pro OKD03 - říjen 2017..... | 40 |
| Tab. 6.2.1 Souhrnná tabulka OK1 - srpen 2017..... | 45 |
| Tab. 6.2.2 Souhrnná tabulka OK1 - září 2017..... | 46 |
| Tab. 6.2.3 Vybrané ukazatele znečištění stoky C [16]..... | 47 |
| Tab. 6.3.1 Souhrnná tabulka OKD05 - srpen 2017..... | 53 |
| Tab. 6.3.2 Souhrnná tabulka OKD05 - říjen 2017..... | 54 |
| Tab. 6.3.3 Účinnost OKD05 při srážkách - srpen 2017..... | 55 |
| Tab. 6.3.4 Určení poměru ředění pro OKD05 - srpen 2017..... | 55 |
| Tab. 6.3.5 Určení poměru ředění pro OKD05 - říjen 2017..... | 56 |

SEZNAM GRAFŮ

| | |
|---|----|
| Graf 6.1.1 Přítok do OKD03 srpen 2017 | 35 |
| Graf 6.1.2 Přítok do OKD03 září 2017 | 35 |
| Graf 6.1.3 Přítok do OKD03 říjen 2017..... | 35 |
| Graf 6.1.4 Reprezentativní bezdeštný týden OKD03 - srpen 2017..... | 36 |
| Graf 6.1.5 Reprezentativní bezdeštný týden OKD03 - říjen 2017..... | 36 |
| Graf 6.1.6 Reprezentativní bezdeštný den OKD03 - srpen 2017..... | 36 |
| Graf 6.1.7 Reprezentativní bezdeštný den OKD03 - říjen 2017 | 37 |
| Graf 6.2.1 Přítok do OK1 srpen 2017 | 43 |
| Graf 6.2.2 Přítok do OK1 září 2017 | 44 |
| Graf 6.2.3 Přítok do OK1 říjen 2017..... | 44 |
| Graf 6.2.4 Reprezentativní bezdeštný týden OK1 - srpen 2017..... | 44 |
| Graf 6.2.5 Reprezentativní bezdeštný týden OK1 - září, říjen 2017 | 45 |
| Graf 6.2.6 Reprezentativní bezdeštný den OK1 - srpen 2017..... | 45 |
| Graf 6.2.7 Reprezentativní bezdeštný den OK1 - září 2017 | 46 |
| Graf 6.3.1 Přítok do OKD05 srpen 2017 | 51 |
| Graf 6.3.2 Přítok do OKD05 září 2017 | 52 |
| Graf 6.3.3 Přítok do OKD05 říjen 2017..... | 52 |
| Graf 6.3.4 Reprezentativní bezdeštný týden OKD05 - srpen 2017..... | 52 |
| Graf 6.3.5 Reprezentativní bezdeštný týden OKD05 - říjen 2017..... | 53 |
| Graf 6.3.6 Reprezentativní bezdeštný den OKD05 - srpen 2017..... | 53 |
| Graf 6.3.7 Reprezentativní bezdeštný den OKD05 - říjen 2017 | 54 |

SEZNAM OBRÁZKŮ

| | |
|---|----|
| Obr. 3.1.1 OK s přepadem přímým kolmým [1]..... | 10 |
| Obr. 3.1.2 OK s přepadem přímým šikmým [1] | 10 |
| Obr. 3.1.3 OK s přepadem přímým obloukovým [1] | 10 |
| Obr. 3.1.4 OK s přepadem přímým lomeným [1] | 10 |
| Obr. 3.1.5 OK s přepadem přímým šikmým [24] | 11 |
| Obr. 3.1.6 OK s přepadem jednostranným šikmým [1] | 11 |
| Obr. 3.1.7 OK s přepadem jednostranným přímým [1] | 11 |
| Obr. 3.1.8 OK s přepadem oboustranným šikmým [1] | 12 |
| Obr. 3.1.9 OK s přepadem jednostranným v oblouku [1] | 12 |
| Obr. 3.1.10 OK s přepadem jednostranným přímým [24] | 12 |
| Obr. 3.1.11 OK s přepadem přímým kolmým a se škrťací tratí [1] | 12 |
| Obr. 3.1.12 OK s přepadem bočním šikmým a se škrťací tratí [1] | 12 |
| Obr. 3.1.13 OK s přepadajícím paprskem [1] | 13 |
| Obr. 3.1.14 OK s přepadajícím paprskem splaškové vody[24] | 13 |
| Obr. 3.1.15 Půdorys OK s horizontální dělicí stěnou [1]..... | 14 |
| Obr. 3.1.16 OK s horizontální dělicí stěnou – odtok na ČOV [1]..... | 14 |
| Obr. 3.1.17 OK s horizontální dělicí stěnou – odtok do recipientu [1]..... | 14 |
| Obr. 3.1.18 Trubní OK [1] | 15 |
| Obr. 3.1.19 Nátok do odlehčovací komory [9] | 15 |
| Obr. 3.1.20 Schéma koncové odlehčovací komory v Praze Bubenči [7]..... | 15 |
| Obr. 3.1.21 Trubní OK od firmy HOBAS [3]..... | 15 |
| Obr. 3.2.1 Kameninový obklad na betonové stoce [5]..... | 16 |
| Obr. 3.2.2 Betonová odlehčovací komora s čedičovou výstelkou [8]..... | 17 |
| Obr. 3.2.3 Čedičový obklad odlehčovací komory [7]..... | 17 |
| Obr. 3.2.4 Sklolaminátová odlehčovací komora od firmy HOBAS [3]..... | 18 |
| Obr. 3.2.5 Odlehčovací komora z plastu (ztracené bednění) od firmy ASIO [8] | 18 |
| Obr. 3.2.6 Štěrbínová plastová odlehčovací komora od firmy ASIO [8]..... | 18 |
| Obr. 4.3.1 Průběh hladiny podél přelivné hrany bočního přelivu [1] | 24 |
| Obr. 6.1.1 Umístění OKD03 Hálkova (Bratři Mrštíků) [29] | 32 |
| Obr. 6.1.2 Umístění OK v areálu [29]..... | 32 |
| Obr. 6.1.3 Profil odlehčovací stoky..... | 33 |
| Obr. 6.1.4 Odtok splaškové vody na ČOV..... | 33 |
| Obr. 6.1.5 Bezdeštný průtok v OK Hálkova | 34 |

| | |
|---|----|
| Obr. 6.1.6 Situace OKD03 Háalkova [16] | 34 |
| Obr. 6.2.1 Umístění OK Karásek Loučky [29] | 40 |
| Obr. 6.2.2 Přesná poloha OK1 [29]..... | 41 |
| Obr. 6.2.3 Odlehčovací profil OK1 | 41 |
| Obr. 6.2.4 Splaškový průtok pod dělicí stěnou | 42 |
| Obr. 6.2.5 Přírodní splašková stoka..... | 42 |
| Obr. 6.2.6 Situace OK1 Karásek Loučky [16] | 43 |
| Obr. 6.3.2 Umístění OK Dačického [29] | 48 |
| Obr. 6.3.1 Přesná poloha OK05 [29]..... | 48 |
| Obr. 6.3.3 Odtok splaškových vod na ČOV | 49 |
| Obr. 6.3.4 Přepadová stěna z hradidlových uzávěru | 49 |
| Obr. 6.3.5 Odlehčovací stoka | 50 |
| Obr. 6.3.6 Vyústění odlehčovací stoky do Svitavy | 50 |
| Obr. 6.3.7 Situace OKD05 Dačického [16] | 51 |

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

- Q_1 ... nátok do odlehčovací komory [l/s]
 Q_2 ... nátok do ČOV [l/s]
 Q_3 ... průtok odlehčené vody [l/s]
 $Q_{zřed}$... průtok zředěné vody [l/s]
 Q_{hmax} ... maximální hodinový bezdeštný odtok splašků [l/s]
 $Q_{spl} = Q_{24}$... průměrný denní bezdeštný průtok splašků [l/s]
EO ... poček ekvivalentních obyvatel [-]
 m ... násobek ředění [-]
 $(1+n)$... poměr ředění [-]
 S_{red} ... redukováná plocha povodí [ha]
 S ... neredukovaná plocha povodí [ha]
 φ ... součinitel odtoku [-]
 q_m ... intenzita mezního deště [l/s/ha]
 a ... bezrozměrná veličina [-]
 K ... součinitel zahrnující vliv splaškových vod [-]
 PO ... počet obyvatel v povodí [-]
 x ... exponent závislý na hustotě obyvatel [-]
 $Q_{dešť,max}$... současný odtok dešťových vod [l/s]
 i_n ... nejnižší intenzita blokového deště [l/s/ha]
 K_r ... součinitel zohledňující jakost vody ve vodním toku [-]
 Q_{270} ... průtok vody ve vodním toku dosažený, případně překročený 270 dní v roce [m³/s]
 μ ... součinitel přepadu [-]
 b ... délka přelivné hrany odlehčovací komory [m]
 h ... výška přepadu [m]
 g ... tíhové zrychlení [g/s²]
 α ... Coriolisovo číslo [-]
 v ... přítoková rychlost [m/s]
 z ... polohová výška dna nad srovnávací rovinou [m]
 y ... hloubka vody nade dnem [m]
 m_s ... součinitel přepadu [-]
 s ... výška přelivu [m]
 Q ... průtok ve zvoleném příčném průřezu [l/s]
 i_0 ... sklon dna [-]

i_E ... sklon čáry energie [-]

S_p ... průřezová plocha [m²]

B ... šířka v hladině [m]

x ... vzdálenost od počátku přeprahu [m]

d ... průměrná šířka přetékající vody nad přelivem [m]

Q_{OK} ... přepadající množství vody [m³.s⁻¹]

y_x ... výška přepadající vody ve vzdálenosti x [m]

α_x ... úhel mezi směrem přitékající vody a přelivem [-]

h_v ... výška hladiny přetékající vody nad přelivem [m]

D ... profil škrťací tratě [m]

L ... délka škrťací tratě [m]

I_p ... sklon tlakové čáry [-]

I_s ... sklon dna škrťací tratě [-]

η ... účinnost odvádění látek na čistírnu odpadních vod [%]

V_{JK} ... roční množství celkového odtoku odváděného kanalizací [m³/rok]

V_{bezde} ... roční množství bezdeštného odtoku odváděného kanalizací [m³/rok]

$V_{dešť}$... roční množství dešťového odtoku přitékajícího do kanalizace [m³/rok]

V_{OK} ... roční množství vody odtékající z dešťových oddělovačů do recipientu [m³/rok]

c_{JK} ... koncentrace v odtoku jednotnou kanalizací [mg/l],

c_{OK} ... koncentrace ve vodě odtékající z dešťových oddělovačů do recipientu [mg/l]

$\eta_{dešť}$... je účinnost odvádění dešťového odtoku a rozpuštěných látek na čistírnu odpadních vod [%]

Q_{pokr} ... průtok OK v okamžiku, kdy právě začíná odlehčovat [l/s]

SUMMARY

The first part of this bachelor's thesis includes the legislation of the overflow chambers. The following list provides a short description of the individual types of the overflow chambers and building materials which we use the most often. The thesis deals with technical proposal and hydraulic computation. The allowable pollution of diluted water is presented by dint of emission limits and pollution limits which are caused by the overflow chambers.

In the practical part of this thesis were selected three overflow chambers from more than eighty which are in the combined sewerage system in Brno. These three overflow chambers were individually evaluated to meet their function. There were selected three representative months (august, september, october) from these representative months were picked representative rainless weeks. From these weeks were selected representative rainless days and with these days we performed calculation. The ratio of dilution was calculated per formula from the methodical manual. [11] The results were not possible to compare with the values from the sewerage law. These overflow chambers were the latest built or current moved and they were not subsumed in the sewerage law. But the ratio of dilution was more than the limited value. The overflow chambers were evaluated to their construction conditions. If there was diluted flow with the compositional analysis it would be possible to determine efficiency.

The chambers were monitoring during measuring campaign in 2017 by Advanced Materials, Structures and Technologies. Now starts second phases measuring campaign for the year 2018.