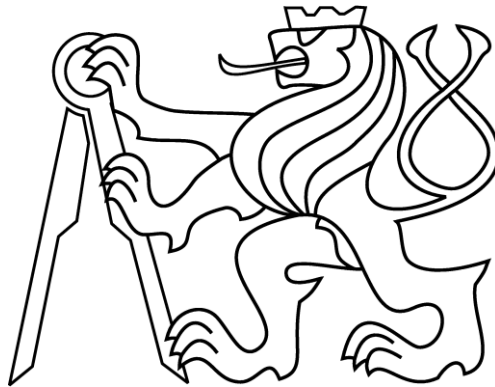


**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ
FAKULTA STAVEBNÍ
KATEDRA ZDRAVOTNÍHO A EKOLOGICKÉHO INŽENÝRSTVÍ**



**SNÍŽENÍ ODVÁDĚNÉHO MNOŽSTVÍ
SRÁŽKOVÝCH A BALASTNÍCH VOD VE MĚSTĚ
PLANÁ NAD LUŽNICÍ**

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Bc. KATEŘINA BARTUŠKOVÁ

Vedoucí diplomové práce: doc. Ing. David Stránský, Ph.D.

Leden 2018



ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Bartůšková Jméno: Kateřina Osobní číslo: 410671
Zadávací katedra: Katedra zdravotního a ekologického inženýrství
Studijní program: Stavební inženýrství
Studijní obor: Vodní hospodářství a vodní stavby

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce: Snížení odváděného množství srážkových a balastních vod ve městě Planá nad Lužnicí

Název diplomové práce anglicky: Reduction of storm water flow and infiltration/inflow in Planá nad Lužnicí sewer system

Pokyny pro vypracování:

Práce bude obsahovat teoretickou a praktickou část. Teoretická část bude zaměřena na rešerši možných způsobů hospodaření s dešťovou vodou v městském povodí. Praktická část se bude sestávat z popisu metodického postupu a z výsledkové části.

Cílem této diplomové práce je posouzení možností hospodaření s dešťovými vodami a snížení množství balastních vod na území města Planá nad Lužnicí. Práce bude obsahovat identifikaci potenciálu HDV, volbu způsobu odvodnění, návrh technického řešení, jeho efektivitu a orientační ekonomické zhodnocení.

Seznam doporučené literatury:

Krejčí, V. a kol. (2002). Odvodnění urbanizovaných území – Koncepční přístup
Butler, D. (2000). Urban Drainage
CIRIA (2000). SUDS Manual

Jméno vedoucího diplomové práce: doc. Ing. David Stránský, Ph.D.

Datum zadání diplomové práce: 6. 10. 2017

Termín odevzdání diplomové práce: 7. 1. 2018

Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku

Podpis vedoucího práce

Podpis vedoucího katedry

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat diplomovou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v diplomové práci a při citování postupovat v souladu s metodickou příručkou ČVUT „Jak psát vysokoškolské závěrečné práce“ a metodickým pokynem ČVUT „O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací“.

Datum převzetí zadání

Podpis studenta (ky)

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracovala samostatně a že jsem uvedla veškeré použité informační zdroje v souladu s Metodickým pokynem o etické přípravě vysokoškolských závěrečných prací.

V Praze dne 5. 1. 2018

Podpis:

Kateřina Bartůšková

Poděkování:

Ráda bych poděkovala doc. Ing. Davidu Stránskému, Ph.D. za odborné vedení, rady a připomínky k této diplomové práci. Za poskytnutí materiálů, odborných rad a spolupráci při průzkumu terénu děkuji především zaměstnancům firmy ČEVAK a.s., VST s.r.o. a stavebnímu referentu Ing. Milanu Maříkovi. Velké díky patří mé rodině a přátelům za podporu při psaní této závěrečné diplomové práce.



ANOTACE

Cílem této závěrečné práce je popsat problematiku balastních a dešťových vod v jednotné kanalizaci včetně opatření, která lze provést pro snížení množství těchto vod ve stokové síti. Řešení je provedeno pro konkrétní město Planá nad Lužnicí, kde po průzkumu terénu a vyhodnocení naměřených průtoků jsou navržena možná řešení se zhodnocením jejich přínosů.

Klíčová slova: stokový systém, jednotná kanalizace, balastní voda, dešťová voda, hospodaření s dešťovou vodou, snížení množství odpadních vod, ekonomické posouzení

ANOTATION

The main aim of my final thesis is to describe problems of ballast water and rainwater in a combined sewer system, including a measures, which we should be taken to reduce amount of that water in the sewer system. The solution is made for the particular town Planá nad Lužnicí, where possible solutions are suggested after the field research and the evaluation of detected flow rate. An evaluation of the benefits of these solutions is provided.

Keywords: sewer system, combined sewer system, ballast water, rainwater, sustainable urban drainage systems, reduction of storm water, economic assessment



OBSAH

1	Úvod	9
2	Současný stav problematiky	11
2.1	Městské odvodnění	11
2.1.1	Druhy vod	12
2.1.2	Typy stokových sítí	13
2.2	Balastní vody	14
2.2.1	Zdroje balastních vod	14
2.2.2	Důsledky balastních vod.....	15
2.2.3	Identifikace a stanovení množství balastních vod.....	15
2.2.4	Opatření proti vniku balastních vod do stokového systému.....	18
2.2.5	Legislativa v oblasti balastních vod	24
2.3	Dešťové vody.....	26
2.3.1	Zdroje a znečištění dešťového odtoku.....	26
2.3.2	Důsledky dešťových vod v jednotné kanalizaci	28
2.3.3	Identifikace dešťových vod	30
2.3.4	Opatření proti vniku dešťových vod do jednotné kanalizace	31
2.3.5	Legislativa a dotační politika v oblasti dešťových vod	47
2.3.6	Stočné	51
3	Cíle diplomové práce.....	53
4	Zájmové území	54
4.1	Popis obce a historie odvodnění	54
4.2	Současný stav stokové sítě.....	56



4.3	Model stokové sítě	58
5	Metodika.....	65
5.1	Balastní vody	65
5.1.1	Identifikace zdrojů a výpočet množství za rok 2017.....	65
5.1.2	Výpočet množství balastních vod v letech 2015 a 2016	68
5.1.3	Návrh jednotlivých opatření	69
5.1.4	Ekonomické posouzení, přínosy a doba návratnosti	70
5.2	Dešťová voda.....	71
5.2.1	Kategorizace území	71
5.2.2	Návrh a dimenzování jednotlivých zařízení	72
5.2.3	Ekonomické posouzení, přínosy a doba návratnosti	75
5.2.4	Porovnání zatížení stokové sítě matematickým modelem.....	78
6	Výsledky a diskuze.....	79
6.1	Balastní vody	79
6.1.1	Identifikace zdrojů.....	79
6.1.2	Výpočet množství za rok 2016	81
6.1.3	Vyhodnocení trendů	82
6.1.4	Návrh jednotlivých opatření	84
6.1.5	Environmentální a ekonomické posouzení, přínosy a návratnosti	86
6.2	Dešťové vody.....	88
6.2.1	Kategorizace území	88
6.2.2	Návrh a dimenzování jednotlivých zařízení	91
6.2.3	Ekonomické posouzení, přínosy a doba návratnosti	94



6.2.4	Porovnání zatížení stokové sítě matematickým modelem.....	96
7.	Závěr.....	98
	Seznam zdrojů	101
	Seznam zkratk.....	108
	Seznam obrázků.....	109
	Seznam tabulek.....	111
	Seznam příloh.....	112



1 ÚVOD

S rozvíjející se městskou infrastrukturou a tedy i zvýšeným množstvím nezpevněných ploch, se zvyšuje i povrchový odtok způsobený spadlými srážkami. Na menších městech a vesnicích vzrůstá i počet obyvatel. I přes postupně snižující se spotřebu vody, způsobuje vyšší počet obyvatel vyšší množství odpadních vod. Stokové sítě i čistírny odpadních vod se navrhují na výhledový stav, takže se další desítky let nemusí řešit kapacita jednotlivých prvků městského odvodnění. Problém ale nastává v případech, kdy stokovou sítí protékají vody, které jsou relativně čisté nebo dokonce čisté. Tyto vody snižují kapacitu potrubí, opotřebovávají potrubí a zejména technická zařízení jako jsou např. čerpadla a vyvolávají problémy při čištění na čistírnách odpadních vod. Svým charakterem zředí odpadní vody při čištění, mění teplotu a tím ztěžují technologii čištění. Důsledkem jsou zvýšené finanční náklady na provoz stokové sítě (zejména při čerpání) a čištění odpadních vod na čistírnách.

V jednotné stokové síti se vyskytují i dešťové vody, které ale zde nepůsobí jako vody balastní. Nicméně se dnes přistupuje k řešení hospodařit s dešťovou vodou tak, že její odvedení do jednotné kanalizace je až na posledním místě. Hospodaření s dešťovou vodou přímo u zdroje nejen že zvyšuje zásobu podzemní vody vsakováním, šetří vodu pitnou, chrání vodní toky před znečištěním (méně časté přepady v odlehčovacích komorách), ale i nezatěžuje nárazově stokovou síť a čistírnu odpadních vod. Hospodaření s dešťovou vodou je stále ve fázi, kdy se šíří osvěta pomocí motivačních nástrojů. Vzniká stále více projektů na využití dešťové vody. Oproti hospodaření s dešťovou vodou v nové zástavbě, se dešťové vody vůbec neřeší v té stávající. Legislativní rámec není v České republice natolik striktní jako v jiných zemích a proto není pro majitele stávajících rodinných domů žádoucí nesvádět dešťové vody do kanalizace. V rozkvětu jsou i ekonomické nástroje jako je dotační politika a osvobození od povinnosti platit stočné.

Tato diplomová práce svým obsahem navazuje na bakalářskou práci Vyhodnocení balastních vod v Plané nad Lužnicí. V té bylo zjištěno, že balastní vody tvoří v bezdeštném období cca 70 % veškerých odpadních vod proudících stokovým systémem ve městě.

V teoretické části je popsán současný stav problematiky městského odvodnění. Dále je rešerše rozdělena na část problematiky balastních vod a část problematiky dešťových vod. U obou částí jsou uvedeny zdroje příslušných vod, důsledky, jejich identifikace a následná



opatření vhodná pro vyřešení problému. Nezbytnou složkou je legislativní rámec, který se zabývá danou problematikou.

Praktická část práce je stejně jako teoretická rozdělena do dvou částí. V obou případech jsou výsledkem navržená opatření z důvodu snížení množství vod ve stokové síti, která jsou důsledkem průzkumu terénu a měření na stokové. Závěrem je zhodnocena efektivita všech opatření.



2 SOUČASNÝ STAV PROBLEMATIKY

2.1 MĚSTSKÉ ODVODNĚNÍ

Městské odvodnění (dále jen „MO“) je inženýrská disciplína, která je nezbytnou součástí vodního hospodářství urbanizovaných povodí. Hlavními prvky MO jsou stoková síť, čistírna odpadních vod, vodní toky a podzemní voda. MO má rozhodující význam nejen pro osobní hygienu obyvatel, ale i pro obecnou hygienu v urbanizovaném území a přispívá i k ochraně nemovitostí před záplavami. Správná funkce je zajištěna podporou legislativy, administrativní strukturou a zejména vhodně zvoleným technickým vybavením.

Dosavadní řešení úloh v MO se označuje jako sektoriální, což znamená, že problémy se všemi prvky se řeší odděleně a strategie ochrany vodních zdrojů a vodních toků vychází z emisní strategie. Opatření jsou převážně řešena technickým způsobem. Naopak integrované řešení řeší prvky MO jako jeden celek. Vodní toky a vodní zdroje jsou chráněny imisně, což znamená, že je strategie zaměřená na řešení identifikovatelných problémů ve vodních tocích.

Nová koncepce MO se postupně přibližuje přirozenému způsobu odvodnění v nezastavěných oblastech. Na rozdíl od technických systémů, kterými jsou omezování infiltrace a podpora povrchového odtoku, zrychlení povrchového odtoku, zmenšení retenčních objemů, bodové znečištění vodních toků a centrální svedení odpadních vod do čistírny, probíhá odvodnění v přirozených a nezastavěných povodích mnohem pomaleji a objem transportované vody je podstatně menší. Optimálním řešením je zabránit rychlému odtoku odpadní vody a mísení silně a nepatrně znečištěných odpadních vod. Dešťové vody ze střech jsou vhodným způsobem vsakovány nebo recyklovány, odtok dešťové vody ze silnice je jednoduše mechanicky předčištěn a pomalu odváděn a teprve silně znečištěné odpadní vody bohaté na dusík a fosfor se odvádí na čistírnu odpadních vod (dále jen „ČOV“). Při možnosti řízení přepadu dešťové vody v jednotné kanalizaci je odtok do recipientu umožněn až po úplném vyčerpání retenční kapacity a zároveň jsou separovány hrubé a usaditelné látky. [1] [2]

Vývoj MO v dešťových vodách postupně přechází z centralizovaného na decentralizovaný systém odvodnění.



DECENTRALIZOVANÝ SYSTÉM ODVODNĚNÍ (dále jen „DSO“) [3]

- řeší problém tam, kde vznikl za prostředky toho, kdo ho způsobil
- zmírňuje důsledky pokročilé urbanizace a změn klimatu
- účinněji chrání majetek a zdraví obyvatel před záplavami
- srážkovou vodu vsakuje nebo ji zadržuje a zpomaluje její odtok
- přibližuje koloběh vody v urbanizovaných územích jeho přirozené podobě
- splňuje kritéria udržitelného rozvoje měst a obcí

DSO nezahrnuje jen objekty a zařízení HDV, ale také přístupy a opatření, která přispívají k zachování přirozeného koloběhu vody v přírodě.

Cílem koncepce MO do budoucnosti je plně vyhovovat zásadám trvale udržitelného rozvoje. Koncepce by měla splňovat následující čtyři kritéria [2]:

1. *Pro stejný nebo vyšší stupeň aktivit použijte méně energie a surovin.*
2. *Nepřenášej řešení problémů do jiných lokalit, do jiného období a nezatěžuj řešením jiné osoby (dej přednost lokálním a okamžitým řešením a nezatěžuj obyvatelstvo, které řešený problém nevyvolalo).*
3. *Zabraňuj dlouhodobému snižování a poškozování vodních zdrojů a půdního fondu.*
4. *Podporuj začlenění společenských aspektů do přirozeného cyklu vody a potravin.*

Těmto kritériím technika a technologie v MO doposud neodpovídá a jejich splnění není možné očekávat v krátké době.

2.1.1 DRUHY VOD

Splaškové vody – odpadní vody z kuchyní, koupelen, WC, z praní prádla, technické občanské vybavenosti organického původu

Dešťové vody – vody ze všech druhů atmosférických srážek spadlých na zemský povrch organického i anorganického znečištění

- silně znečištěné – odtékají z nezpevněných ploch průmyslových a zemědělských areálů, vysoce frekventované komunikace
- mírně znečištěné – odtékají ze střech, pěších zón, zahrad, parků



Průmyslové – vody použité při výrobním procesu i v zemědělství

Infekční vody – vody z infekčních oddělení nemocnic a laboratoří obsahující choroboplodné zárodky (zásady pro vypouštění do stokové sítě udává ČSN 75 6406)

Oplachové vody – vody použité při čištění komunikací, parkovišť, chodníků

Balastní vody – neznečištěné vody, dle ČSN 75 0161 [4] jsou definovány jako „*nežádoucí přítok vody do stokového systému a přípojek (převážně přítok podzemní vody netěsnostmi systému)*“.

2.1.2 TYPY STOKOVÝCH SÍTÍ

Existují tři typy stokových sítí: jednotná, oddílná a modifikovaná.

JEDNOTNÁ

V jednotné soustavě se směšují splaškové i dešťové vody a jsou společně odváděny na ČOV. Stoky jsou dimenzovány na větší průtoky, které zahrnují i dešťový odtok. V jednotné dešťové kanalizaci tedy nejsou dešťové vody považovány za vody balastní. Na jednotné kanalizaci se budují odlehčovací komory (dále jen „OK“), do kterých při vyšších průtocích přepadá odpadní voda a následně je vedena do recipientu nebo dešťové nádrže. [5] [6]

ODDÍLNÁ

Oddílná stoková soustava se skládá ze splaškové a dešťové stoky. Splaškové vody jsou odváděny na ČOV, zatímco dešťové do recipientu. Dešťové stoky mohou být zatrubněny nebo mohou být tvořeny povrchovými rigoly. Předpokladem je, že dešťová voda nevykazuje větší znečištění. Pokud tomu tak není, je vhodné vodu odvádět do dešťové nádrže a následně na ČOV. [5] [6] Pokud se v oddílné splaškové kanalizaci vyskytují srážkové vody (např. vniknutím přes větrací otvory v poklopech), jsou považovány za vody balastní.



MODIFIKOVANÁ

Princip modifikované soustavy spočívá v tom, že splaškové vody jsou odváděny hluboko uloženou splaškovou stokou a dešťové vody mělce uloženým potrubím. Při přívalovém dešti se nejprve plní splašková stoka a po jejím zahlcení na úroveň dna dešťové stoky se teprve začne plnit spojovacím potrubím dešťová stoka. Z dešťové stoky je voda odváděna do recipientu. [6]

2.2 BALASTNÍ VODY

2.2.1 ZDROJE BALASTNÍCH VOD

Stoková síť může být zatěžována balastními vodami nárazově nebo kontinuálně.

Do nárazových zatížení se řadí havárie vodovodních řadů a přítoky podzemní vody, která vniká do potrubí při výstavbě stok nebo jiných inženýrských sítí popř. podzemních staveb.

Za nejčastěji vyskytující se kontinuálně přiváděný zdroj balastních vod do systému se považuje vnik vody do stok netěsnostmi spojů, do objektů na stokové síti a napojení stok na objekty. Dalším zdrojem může být drenážní potrubí, které snižuje hladinu podzemní vody na místech pro výstavbu nebo na zemědělských plochách. Pokud je stoková síť starší, mohou být do kanalizace svedeny podzemní přítoky ze zrušených potoků či rybníků. Mezi kontinuální zdroje spadá i odvádění pitné a užitkové vody netěsnými vodovodními sítěmi nebo domovními instalacemi. Za balastní vody jsou považovány i chladicí neznečištěné vody z továren a černá napojení odpadních vod. Kontinuální přítok balastních vod do stoky je ovlivněn především hladinou podzemní vody vzhledem k uložení stoky. [7]

Zdroje balastních vod můžeme také rozdělit na bodové a difuzní. Mezi bodové nátoky balastních vod se řadí nepovolená napojení odpadních i dešťových vod (černé přípojky, neznámé drenáže) a poškození potrubí v konkrétním místě. Infiltrace plošně poškozeným potrubím nebo netěsnostmi spojů se považují za difuzní neboli plošný zdroj.



2.2.2 DŮSLEDKY BALASTNÍCH VOD

Po větších dešťových událostech nebo při tání sněhu se zvyšuje průtok v jednotné kanalizaci. Kromě nárazového zatížení systému dešťovými vodami může být kanalizace zatížena kontinuálně i vodami balastními. Dochází tak k častým přepadům v OK. Pokud je vyčerpaná kapacita stoky, může docházet ke zpětnému proudění a tím i k zaplavení sklepů, domácností a zahlcení šachet, což vede k povrchovému odtoku odpadní vody po komunikacích. Odpadní vody volně tekoucí po povrchu ohrožují veřejné zdraví a porušují státní předpisy o ochraně životního prostředí. [8]

Důsledkem vysokého průtoku balastních vod v kanalizaci je přítok velkého množství vody na ČOV, což hydraulicky zatěžuje objekty ČOV. Splašková voda je ředěna a ochlazována, a tím negativně ovlivňuje biologické čištění a zvyšují se náklady na provoz ČOV. Minimalizace přítoku odpadních vod může zvýšit životnost zařízení a čištění. [9]

Nežádoucí výskyt balastních vod zbytečně namáhá čerpadla při dopravě odpadních vod na ČOV a zkracuje tak životnost těchto drahých strojů.

Následkem čerpání a čištění balastních vod je zvýšená sazba stočného pro spotřebitele. Problémy způsobené balastními vodami jsou spojeny s nemalými náklady na provoz, údržbu a opravu. V krajním případě může dojít i k zaplavení ulic odpadní vodou a je nutné komunikace vyčistit. Pokud se tak nestane, může provozovatel kanalizace platit pokutu. [8]

2.2.3 IDENTIFIKACE A STANOVENÍ MNOŽSTVÍ BALASTNÍCH VOD

Aby bylo možné zdroje balastních vod identifikovat, je třeba získat důležité podklady a informace o stokové síti v dané lokalitě. Jsou to mapy kanalizace, záznamy o údržbě, minulé studie, reporty, počty přepadů z OK, zaplavení komunikací a rozhovory s obyvateli a pracovníky, kteří spravují kanalizaci. Další potřebné informace jsou mj. kapacitní poměry, množství srážek. [8] Poté příslušná firma vytipuje měrné profily na stokové síti, kde osadí měřicí přístroje. Povodí se většinou rozdělí na dílčí povodí, aby byla data konkrétnější. Přístroje jsou umístěny v šachtách, do kterých je možné se dostat a přístroje osadit. Pro měření průtoku se používá průtokoměr nebo hladinoměr, ze kterého se data přepočítávají na průtok při známém průměru potrubí (značky Nivus, Fiedler, ...). [10]



Pomocí následujících třech metod lze spočítat množství balastních vod [11]. Pro potřebná měření ke stanovení výsledku postačí záznamy z měření, které měří průtoky kontinuálně (čerpací stanice, vodoměry).

1. Metoda dlouhodobých bilancí

- nutné vyřadit dešťový odtok a znát měření na přivaděči pitné vody
- porovnání odběrů pitné vody z řady s reálně naměřenými objemy na stokové síti
- výhoda: poměrně přesná metoda při znalosti veškerých dat
- nevýhoda: do kanalizace se nedostane veškerá voda fakturovaná

2. Metoda minimálních nočních průtoků

- nejpoužívanější metoda
- předpokládá se, že veškerá voda ve stokové síti v nočních hodinách (2 – 4 hod ráno) v bezdeštném období je voda balastní
- výhoda: v menších městech velmi věrohodné (méně častý noční provoz)
- nevýhoda: ve velkých městech častý noční provoz, nepřesnost měření trvale osazených přístrojů při nízkých průtocích

3. Metoda časové změny hmotnostního toku specifických polutantů

- prostředkem je kvantita i kvalita
- nutné vyřadit dešťový odtok
- vhodné ukazatele: CHSK, NL, teplota, vodivost, N – NH₄⁺
- nutný konstantní průtok i koncentrace splašků
- výhoda: velmi přesné určení okamžitých hodnot
- nevýhoda: nelze identifikovat bodové zdroje

Konkrétní bodový zdroj lze identifikovat metodami např. testování kouřem (převážně pro oddílné dešťové stoky) nebo barvivem. Velmi používaná metoda pro zjištění bodového zdroje je vizuální kontrola. [8] Kamerový průzkum umožňuje revizi poškozených nebo zacpaných profilů a identifikaci černých napojení. Průzkum je schopen zjistit trasu, spád kanalizace i velikost trhlin. [12]



Vizuální prohlídka se provádí pomocí televizního inspekčního systému a výsledkem je digitální záznam s přesným staničením. Na trhu je široké spektrum kamer (Obr. 1) od jednoduchých, tzv. kufrových analogových nebo digitálních s kamerami na tlačných tyčích či strunách až po digitální zařízení pevně zabudovaná ve speciálním vozidle, které je uvnitř vybaveno „pracovnou“. Kamery, které jsou součástí TV systému umístěného ve vozidle, kontrolují prostředí pomocí otočné kamerové hlavy. Lze prozkoumat i domovní přípojky do vzdálenosti 30 m. Vyhodnocení prohlídky se provádí podle ČSN EN 13 508 Posuzování stavu venkovních systému stokových sítí. Proškolený pracovník vyhodnotí záznam kamery a zapíše vady pomocí kódovacího systému [13]



Obr. 1 Kamera sloužící k optické kontrole [47]

Novou metodou pro lokalizaci zdrojů balastních vod je Squid. Malý „míček“ je spuštěn do potrubí a měří pH a teplotu po trase, kterou urazí. Tato metoda je ale prozatím v testovací části a vymysleli ji Adrian Koller a Christoph Ort. [14]



2.2.4 OPATŘENÍ PROTI VNIKU BALASTNÍCH VOD DO STOKOVÉHO SYSTÉMU

Sanace zahrnuje opatření ke znovuobnovení nebo zlepšení stávajících systémů stokových sítí a kanalizačních přípojek. Je to souhrnný název pro opravu, renovaci nebo obnovu stok a kanalizačních přípojek. V některých případech je žádoucí i výstavba stok v nové trase.

Podle zdroje (zda se jedná o bodový nebo difuzní) a charakteru poškození je volena vyhovující metoda sanace. Mezi nejčastější poškození patří netěsnosti (ve spárách objektů, v místě napojení na kanalizační šachtu), deformace nebo prolomení stěny trouby, překážky ve stoce (inkrustace, vniklé předměty jako překážky, prorůstající kořeny), polohové odchylky stok (vertikální, horizontální, osové), koroze, mechanické opotřebení a trhliny (podélné, příčné, paprskovitě vycházející z jednoho místa). [2]

2.2.4.1 LOKÁLNÍ OPRAVY PODZEMNÍCH VEDENÍ

Lokálně jsou opravovány drobné poruchy, deformace a netěsnosti, které nenarušují celkovou funkci systému, ale zhoršují hospodárnost kvůli vnikům nežádoucích vod. Před samotnou opravou je třeba potrubí důkladně prozkoumat a vyčistit. Opravy neprůlezných vedení se uskutečňují pod dohledem videokamery, přičemž některé metody je možné provádět jen s částečným omezením provozu. [13]

Opravy netěsností dvousložkovou kapalinou

Metoda, která se v jiných státech nazývá Penetryn nebo Seal-i-Tryn se hodí pro opravu netěsných spojů hrdlových trub, podélné a příčné praskliny kanalizačního potrubí libovolného materiálu kromě stok zděných z cihel. Průřez sanovaných potrubí může být kruhový nebo vejčitý, nesmí však být zdeformovaný a musí mít hladký nezkorodovaný povrch. Při použití packeru (ucpávky) je možné potrubí provozovat do 50% své průtočné kapacity. Do opravovaného úseku se spustí videokamera a packer a pomocí navijáku se vtáhnou na konkrétní místo opravy. Nafukovací manžety packeru utěsní potrubí kolem místa



opravy a do prostoru mezi manžetami se začne vhánět dvousložková pryskyřičná kapalina s přetlakem 30 kPa. Potřebná doba pro zgelovatění směsi je maximálně 30 s. Vodotěsnost se prověřuje tlakem vzduchu a poté jsou manžety vyfouknuty a packer se přemístí na další sanované místo. [13]

Opravy lokálně mechanicky poškozených trub

Podmínkou použití této metody nazývané Jansen je možnost protažení nafukovací vložky o délce 1,5 m s válcovým pláštěm z tvrdé gumy poškozeným místem. Potrubí se musí před samotnou sanací očistit od sedimentů a menších úlomků a je nutné odřezat kořeny, které zasahují puklinami do renovovaného úseku. Pod dohledem videokamery se do potrubí zatáhne packer a nafoukne se tak, aby konce přiléhaly na neporušená místa potrubí. Otvory v gumovém plášti se vhání dvousložková pryskyřice, která proniká do dutin a pórů v zemině za potrubím. Zatvrdnutí směsi probíhá 15 minut a potrubí pak dosáhne původního tvaru a pevnosti. Tato metoda je vhodná i pro opravu potrubí, do nichž vniká podzemní voda, neboť má polyuretanová směs konzistenci medu a je vháněna pod tlakem, takže rychle utěsňuje poškozená místa. [13]

Záplatové metody oprav lokálně porušených vedení

Záplatou lze opravit porušení typu trhliny, výmoly nebo díry po kořenech. Metoda se nazývá Renoline, Short Liner, Part Liner nebo Eko Liner. Speciální flexibilní packer se na povrchu nafoukne do velikosti DN opravovaného potrubí a přilepí se na něj záplata z umělých vláken, která je napuštěna epoxidovou pryskyřicí. Poté se packer vyfoukne a provozní šachtou se vpraví do sanovaného potrubí. Zde se znovu nafoukne horkým vzduchem, což urychlí vytvrdnutí záplaty. Po vytvrzení se packer znovu vyfoukne a vytáhne z potrubí. Tloušťka záplaty se pohybuje od 2 do 10 mm (v případě více vrstev). Na povrchu záplaty je přebytek epoxidu, aby se při aplikaci dostal i do trhlinek a byla zajištěna účinnější oprava. [13]



Opravy s použitím kanálobotů

Pod dohledem videokamery lze opravit prakticky všechny typy poruch v potrubí z betonu, azbestocementu, kameniny, plastbetonu, železobetonu i oceli. Mezi vybavení většiny kanálobotů patří podvozek s brusným kotoučem, frézovací, vrtná a injektážní hlava, zařízení na nanášení tmelu, šterkovací a pažící přípravek a přívod malty. Robot je vodotěsný a proti přehřátí se používá voda stříkající z trysky. Kanáloboti se používají pro odfrézování tvrdých usazenin a vzrůstajících kořenů, odřezávání přečnávajících konců kanalizačních přípojek, vyfrézování podélných a příčných trhlin a prasklin a jejich zatřením dvousložkovým epoxidovým tmelem, ucpání větších děr epoxidem a následné vyhlazení hladítkem. [13]

2.2.4.2 CELOPLOŠNÉ OPRAVY VNITŘNÍCH POVRCHŮ PODZEMNÍCH VEDENÍ

Pro celoplošné opravy potrubí se používá celá řada metod. Společným znakem je to, že se vůbec nezmění světlý průměr potrubí (nebo jen lehce, do 20 mm) a zůstane zachován i tvar.

Opravy s použitím dvousložkových kapalin

Celoplošné opravy s použitím dvousložkových kapalin se provádí tam, kde není narušena statická funkce a zároveň je tam tolik trhlin a netěsností, že by použití záplat bylo nevhodné. Princip spočívá v uzavření potrubí od šachty k šachtě, kde se provede sanace celého úseku v rámci jedné operace. Používá se metoda Superaqua nebo metoda s použitím kanálgelu BRK. Obě metody jsou použitelné i pod hladinou podzemní vody. Přetlak musí být minimálně o 200 kPa vyšší než je tlak podzemní vody. Kvalita práce se kontroluje zkouškou vodotěsnosti. Lze sanovat libovolný tvar i velikost potrubí. Nejefektivnější sanace se projevuje u potrubí DN 50 až 600 s objemem do 10 m³. [13]



Cementace vnitřního povrchu potrubí

V kanalizačním potrubí se cementace používá především pro opravu betonových, železobetonových a zděných stok kruhového průřezu s obroušeným povrchem transportem splavenin. Mimo jiné snižuje také drsnost povrchu potrubí. Nanáší se povlaky v tloušťce od 3 do 12 mm. Před vlastním sanováním je třeba potrubí důkladně vyčistit a zřídit pracovní šachty kvůli osazení cementačních zařízení. Cementová malta se nanáší speciálním zařízením na lyžinách nebo kolejovém podvozku taženého pomocí lana a navijáku konstantní rychlostí. V přední části je otočná tryska, která rovnoměrně stříká maltu na povrch a synchronizovaně s tryskou ji rameno s hladítkem uhlazuje. Pro cementaci se používá prefabrikovaná směs portlandského cementu a čistého křemičitého písku. V agresivním prostředí se používají síranové a hlinitanové cementy. Provoz potrubí může být znovu obnoven až po cca 40 hodinách od nanesení vrstvy cementu. [13]

Vytvoření výstelky z epoxidových pryskyřic

Tenčí povrch než cementace vytváří tzv. epoxidace, což je nanášení vícesložkové směsi s relativně krátkou dobou zpracování. Výstelkové směsi jsou buď dopravovány již smíchané, nebo se míchají až ve stříkací pistolí. Výhodou je odolnost proti působení agresivních látek, ale nevýhodou je relativně rychlý obrus tenkého povlaku. [13]

Opravy potrubí výstelkovými hadicemi (hadicový relining)

Hadicový relining se provádí u starých podzemních vedení s nenarušenou statickou funkcí nebo jen částečně narušenou. Při renovaci se vtahuje nebo vplavuje hadice z geotextilie (nylon, plst, stříž ze skelných vláken), která je na vnitřním povrchu opatřena vodotěsnou vrstvou z polyetylenu nebo polyuretanu. Oprava se provádí pro kruhové i nekruhové průřezy (vejčité, tlamové, eliptické). Průřez potrubí musí být po celé délce opravy konstantní. Výstelková hadice se ještě před zatažením napustí z vnější strany epoxidovou nebo jinou pryskyřicí a po zatažení se tlakem páry, vody nebo vzduchu přitlačí k povrchu sanovaného potrubí. Po vytvrzení tak vznikne vodotěsná vrstva, která plní částečně funkci statickou. Otvory pro přípojky se vyříznou do hotové výstelky



kanálrobotem. Vzhledem k výhodnosti této metody byly vyvinuty modifikované metody, např. Metoda Insituform (vytvrzování teplou vodou), Brocher – Inliner (vytvrzování teplou vodou), Process Phoenix (vytvrzování stlačeným vzduchem) nebo vytvrzování UV zářením. [13]

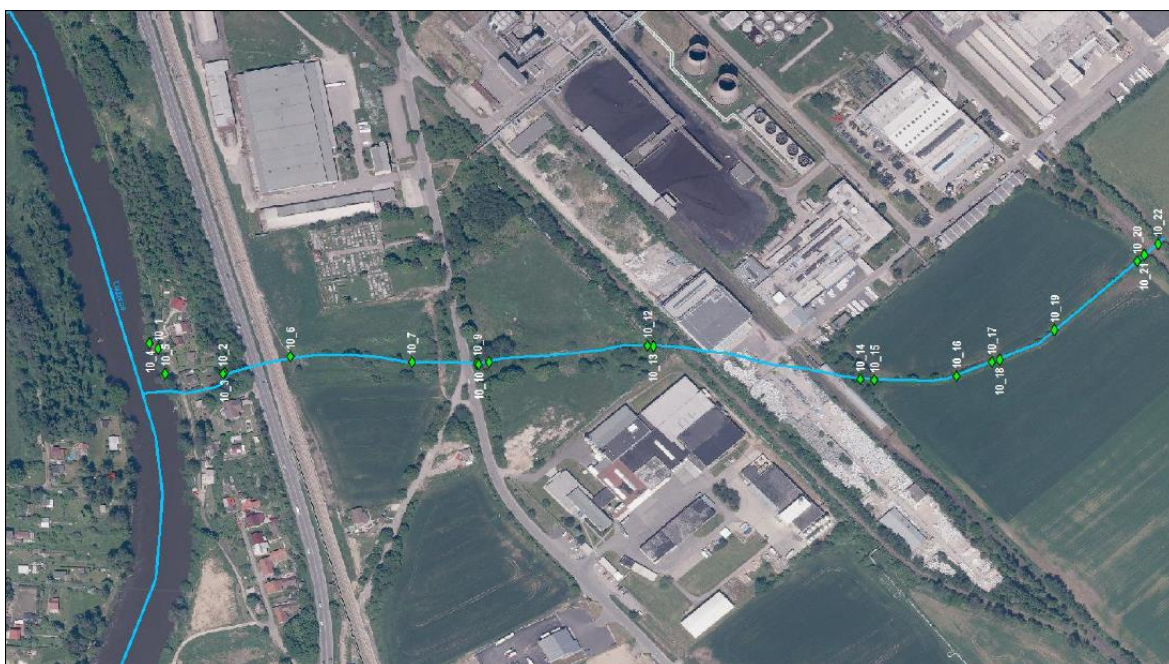
2.2.4.3 OPRAVY VEDENÍ S NARUŠENOU STATICKOU FUNKCÍ

Metody pro opravu vedení s narušenou statickou funkcí spočívají v zatahování nových převážně plastových trub do starých, které jsou porušené nebo zdeformované. Relining se používá pro trouby betonové, kameninové, železobetonové, azbestocementové i litinové. Volný prostor mezi novým a starým potrubím se vyplňuje cementovou maltou. Nové potrubí musí mít maximálně průměr, který odpovídá nejmenšímu průměru starého potrubí v dané trase. Nemusí to ale hned znamenat snížení průtočné kapacity. Nové hladké potrubí vykazuje lepší průtočné podmínky než staré opotřeбенé inkrustované potrubí. Mezi metody reliningu spadá zatahování krátkých trub, zatahování dlouhých trub, zatahování dočasně zdeformovaných trub, zatahování navíjených trub a zatahování trub s žebrovaným vnějším povrchem. [13]

2.2.4.4 VÝSTAVBA NOVÝCH VEDENÍ

Pokud je přítok balastních vod do potrubí významný, přichází na řadu svedení těchto vod pomocí nových svodnic nebo dešťové kanalizace do povrchových vod. Dle kvality BV je možné s nimi i hospodařit (výstavba soustavy studní).

Při výstavbě nových vedení je důležité znát vedení ostatních sítí, majtkové poměry, geotechnické podmínky a další. Výstavbou svodnic je podporován výpar (Obr. 2). Pokud je tedy výstavba svodnic možná, je to nejlevnější a nejefektivnější řešení. Pokládka nového potrubí se může provést s výkopem nebo pomocí bezvýkopových metod.



Obr. 2 Svodnice v Plané nad Lužnicí [37]

BEZVÝKOPOVÉ PRÁCE

Volba metod závisí na požadované přesnosti ve směrovém a výškovém uspořádání, blízkosti ostatních sítí technického vybavení, průměru trub, délce potrubí, geologických a hydrologických podmínek v trase.

- metody neřízené – konstrukčně jednoduché, nenáročné soupravy na obsluhu i na elektrickou energii, omezena použitelnost z důvodu průměru, délky, geologických podmínek
 - metoda s propichovacím kladivem
 - metoda vodorovného beranění s uzavřeným čelem vodicí trouby
 - metoda s vodorovnou zatlačovanou vodicí troubou s rozšiřovací hlavou
 - metoda s vodorovným beraněním nebo protlakem s otevřeným čelem
 - metody vodorovného vrtání
 - metody příklepného vrtání
 - metody vodorovného propichování s rozšiřovací hlavou



- metody řízené – soupravy s dálkovým ovládním, umožňují zabudovat trouby a kabely přesně do požadované trasy a v případě potřeby vyrovnat vzniklé směrové a výškové odchylky
 - o metody s roztlačováním zeminy
 - o metody s odběrem zeminy
 - protlak s vodící trůbkou
 - mikrotunelování
 - směrové vrtání [13]

2.2.5 LEGISLATIVA V OBLASTI BALASTNÍCH VOD

V této legislativní části práce jsou uvedeny některé důležité informace ze zákonů a norem týkající se problematiky balastních vod.

2.2.5.1 ZÁKONY

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

Zákon uvádí veškeré informace o vodovodech a kanalizacích. Vodovod musí být uložen nad horní hranou kanalizace. Pokud je možné odvádět balastní vody dešťovou kanalizací do recipientu, lze toto potrubí uložit nad vodovodní přípojku. [15]

2.2.5.2 NORMY

ČSN 75 0161 Vodní hospodářství – Terminologie v inženýrství odpadních vod

Dle normy jsou balastní vody definovány jako *nežádoucí přítok vody do stokového systému a přípojek (převážně přítok podzemní vody netěsnostmi systému)*. [16]



ČSN 75 6401 Čistírny odpadních vod pro ekvivalentní počet obyvatel (EO) větší než 500

Norma udává, že *přítok balastních vod na ČOV by měl být co nejmenší (15 % z denního průměrného bezdeštného průtoku)*. [17]

TNV 75 6925 Obsluha a údržba stok

Prevence proti poškození stok a následnému nátoku podzemních vod se provádí obsluhou a údržbou stok. Norma uvádí, že se v rámci obsluhy a údržby mj. kontrolují a zajišťují volné přístupy, čistí stoky a jejich strojní zařízení, odstraňují nánosy a jiné překážky nebo provádí drobné stavební úpravy a opravy. [18]

ČSN EN 752 Odvodňovací systémy vně budov

Norma popisuje dešťové stoky a potrubí, které slouží ke shromažďování a odvádění dešťového odtoku z povodí. Velikost maximálního průtoku odpovídá intenzitě a době trvání deště, velikosti a typu nepropustných ploch. Dešťové stoky se navrhují tak, aby byly omezeny povodňové průtoky. Podle rizik účinků na osoby a majetek se stanovuje stupeň ochrany. Mimo výstavby dešťové kanalizace lze použít i jiné metody k redukci dešťového odtoku, kterými jsou vsakování, minimalizace nepropustných ploch napojených na odvodňovací systém a zpoždování a škrcení přítoků.

Při návrhu čerpacích stanic se přihlíží k těmto hlediskům: celkové náklady, spotřeba energie, požadavky na obsluhu a údržbu, rizika a účinky poruch, bezpečnost a ochrana zdraví veřejnosti, působení životního prostředí a jakost a vlastnosti odpadních vod. Tyto hlediska jsou přímo úměrná průtoku vody. Pokud se tedy sníží průtoky vod v kanalizaci vhodným způsobem, sníží se i spotřeba energie a naopak se zvýší živostnost čerpadel. [19]



2.3 DEŠŤOVÉ VODY

2.3.1 ZDROJE A ZNEČIŠTĚNÍ DEŠŤOVÉHO ODTOKU

DEŠŤOVÝ ODTOK

Dešťový odtok je transformovaný proces reálného deště do tzv. efektivního deště. Rozdíl mezi reálným (historickým, modelovým) deštěm a efektivním deštěm je ztráta. Ta je tvořena řadou procesů: omočení ploch (střech, silnic, vegetace), povrchová retence (louže), infiltrace (parky, dlažba se spárami), trvalé ztráty a výpar. [2]

ZNEČIŠTĚNÍ DEŠŤOVÉHO ODTOKU

Na znečištění dešťového odtoku se podílí látkové znečištění urbanizovaného území a znečištění vzduchu. Z hlediska původu je možné jej rozdělit do tří kategorií. První jsou rozpuštěné a nerozpuštěné látky v atmosférických srážkách. Můžeme je nazvat tzv. mokrou depozicí, protože k tomuto znečištění dochází při promývání atmosféry za deště. Druhou kategorií tvoří tzv. suchá depozice, kterou tvoří znečištění z urbanizovaných ploch vzniklé dopravou a řadou dalších civilizačních aktivit. A třetí kategorie je tvořena znečištěním vzniklým reakcí dešťové vody s různými materiály.

Při mokré i suché depozici převládají dusičnany, sírany, chloridy, uhličitany, vápník, hořčík, amonné ionty. Mezi vedlejší látky znečištění spadá železo, mangan, draslík, fosfáty, křemík, hliník, zinek, olovo, měď, kadmium a celá řada organických látek, které lze vyjádřit pomocí CHSK nebo DOC. Z materiálů, které jsou smáčeny deštěm, se může vyplavovat vápník, měď, hliník, křemík z betonových ploch, zinek, kadmium, organické látky z asfaltových povrchů, umělých hmot a barevných nátěrů. [2]

Kyseliny a kyselinotvorné látky pocházejí převážně z antropogenních zdrojů, kterými jsou spalování fosilních paliv a výfukových plynů motorových vozidel, spalování umělých hmot s obsahem PVC. Zdrojem zásaditých látek jsou amonné ionty v hnojivech při erozi půdy a uhličitany při erozi půdy v přirozeném pozadí. [2] Pokud převládají v atmosférických srážkách minerální kyseliny, dochází k tzv. kyselým dešťům.



Automobilová doprava

Znečištění prostředí z automobilové dopravy se tvoří každý den jak spalováním pohonných hmot, tak i opotřebením pneumatik, korozí, opotřebením spojky, brzdového obložení a povrchu vozovek. Výrazné zvýšení chloridů v dešťových vodách způsobuje solení vozovky v zimních měsících. Používáním inertních posypových materiálů (šterk, písek) se zvyšuje množství transportovaných pevných částic dešťovými vodami. [2]

Průmysl

K průmyslovému znečištění dochází při manipulaci se surovinami a při jejich následném zpracování. Část znečištění je způsobena mytím strojů, ztrátou olejů a protimrzoucími chemikáliemi ve strojích.

Odpadky, zvířata a vegetace

Velmi viditelné znečištění způsobují lidé odhazováním různých odpadků na zem a nepovolenými skládkami. Zdrojem bakteriologického a organického znečištění je moč a výkaly domácích nebo divokých zvířat na chodnicích, vozovkách i parcích. Uhynulá zvířata mohou být zdrojem infekčních onemocnění. Znečištění způsobuje i odumřelá vegetace. Klacky, větve a posekaná tráva může zapříčinit např. ucpání uličních vpustí.

Látky z povrchu budov a dalších objektů

Především mechanické znečištění tvořené částičky cihel, krytiny střech, betonu, asfaltu nebo skla ovlivňuje kvalitu dešťové vody, která přichází do kontaktu s povrchem budov. Mohou se ale uvolňovat i toxické látky při kontaktu dešťové vody s natřenými střechami, ploty a lavičkami. [2]

Pro stanovení velikosti znečištění je důležité znát délku dešťového období, intenzitu atmosférických srážek, objem dešťového odtoku, délku bezdeštného období a povrch, ze kterého odtéká srážka.

V dešťové vodě se odráží jak přirozené prostředí zemského povrchu (eroze půdy, mořské soli), tak i antropogenní znečištění způsobené především kouřovými plyny



a dopravou. Složení dešťové vody není jen otázkou lokálních podmínek, ale látky mohou být přenášeny vlivem větru i na velké vzdálenosti.

POŽADAVEK NA KVALITU

Ze složení dešťové vody je patrné, že její kvalita je znečištěna řadou látek vyskytujících se v místních podmínkách (znečištění vzduchu, charakter plochy, atd.). Koncentrace látkového znečištění v průběhu deště kolísá. Proto hospodařením s dešťovou vodou nesmí dojít k ohrožení lidského zdraví, kvality pitné vody a ke znečištění životního prostředí. [2]

2.3.2 DŮSLEDKY DEŠŤOVÝCH VOD V JEDNOTNÉ KANALIZACI

Dešťový odtok v urbanizovaném povodí způsobuje problémy kvantitativní i kvalitativní. Zvýšené množství a zhoršená kvalita dešťového odtoku z jednotlivých nemovitostí způsobuje mimo jiné tyto dopady [2] [20]:

- zvýšení průtoku ve stokové síti za deště
- zvýšení hydraulického zatížení a látkového znečištění za deště na ČOV
- hydraulický stres organismů v malých vodních tocích
- zvýšení přepadů OK za deště
- snížení zásobování podzemní vody
- akutní a chronická toxicita
- snížený výpar

LÁTKOVÉ ZNEČIŠTĚNÍ Z PŘEPADŮ ODLEHČOVACÍCH KOMOR ZA DEŠŤĚ

Současné poznatky, které vycházejí z několika projektů zabývajících se vlivem MO na vodní toky, jsou: ovlivnění kvality vody, ovlivnění hydrologického režimu, ovlivnění morfologického režimu. Důsledkem je změna složení a struktury biocenózy.



Příčinou látkového znečištění vodních toků v souvislosti s MO za deště je krátkodobé vyústění z kanalizace. Mezi látky, které ovlivňují kvalitu vody ve vodním toku, patří látky organické (splaškové vody z domácností), rostlinné živiny (fosfor a dusík), amoniak, dusitan, nerozpuštěné látky, těžké kovy a pesticidy. Možným důsledkem při odstraňování organického znečištění může být deficit kyslíku.

Při dešti mohou být do jednotné stokové sítě zaústěny silně znečištěné odpadní vody a v případě jejich přepadu z OK mohou kontaminovat vodní tok. Aby k tomu nedocházelo, koncepční řešení spočívá v zachycení těchto odpadních vod v místě vzniku a jejich následné postupné vypouštění do jednotné stokové sítě po odeznění dešťového odtoku. Předpokladem úspěšného řešení je úzká spolupráce mezi producentem odpadních vod, řešitelem tohoto problému a provozovatelem stokové sítě. [2]

ČOV ZA DEŠTĚ

Na jednotné stokové síti je většina ČOV navrhována na čištění jen části odpadních vod přítékajících při dešťových událostech (většinou dvojnásobku až čtyřnásobku bezdeštného průtoku). Volná kapacita čistírny je tedy poměrně malá, avšak maximální hydraulické zatížení může být dosaženo i při méně vydatných deštích nebo tání sněhu.

Během dešťové události se mnohonásobně zvyšuje množství shrabků a písku. Jeho nedostatečné odstraňování může ucpávat potrubí, poškodit čerpací techniku nebo se usazovat v aeračních nádržích. Při vysokém zatížení biologického stupně se může vypláchnout biomasa z aktivační do dosazovací nádrže, což může vést k úplnému odplavení suspendovaných látek do recipientu. Růst biomasy může být zpomalen poklesem teploty odpadní vody. V dosazovací nádrži dochází za deště ke snížení usazování vloček kalu. Rychlost proudění způsobuje zkratové proudy mezi přítokem do nádrže a odtahem vratného kalu. V dosazovací nádrži také dochází ke zpomalení tvorby vločkového mraku. Několikahodinový únik kalu z dosazovací nádrže na menších čistírnách může mít za následek několikátý denní nárůst koncentrace rozpuštěných látek na odtoku z ČOV. [2]



ÚBYTEK PODZEMNÍ VODY

Zásoby pitné vody se velmi rychle tenčí. Jedním ze zdrojů pitné vody je voda podzemní, která je dotována vodou dešťovou. Vlivem nárůstu kritických dešťů, které jsou způsobeny globálními změnami klimatu, se voda nestíhá vsakovat a tím zásobovat podzemní vodu. Podzemní rezervoáry vznikají tisíce let, ale jejich obnova dešťovou vodou je ve srovnání s lidskou spotřebou pomalejší. Úbytek podzemní vody je způsoben populačním růstem, nároky na zástavbu a těžební činností. Dle expertů z NASA je situace kritická v Indii, Pákistánu a severní Africe. Je ale otázkou, kdy se problémy začnou týkat i Evropy respektive České republiky. [21]

2.3.3 IDENTIFIKACE DEŠŤOVÝCH VOD

Pro zjištění chování stokové sítě při a po dešťových událostech je vhodné použít matematický model vytvořený pro konkrétní lokalitu. K vytvoření kalibrovaného modelu je potřeba monitoring sítě a samotné modelování. Výhodou při modelování je GIS (geografický informační systém). Programy, které zjednoduší práci inženýrů a používají se pro návrh a posouzení stokových sítí jsou Storm Water Management Model (výsledky jsou soubory čísel a grafy), Modelling of Urban Sewers (výsledky jsou přehledné grafické formy), Mike Urban (výpočtem může být povrchový odtok, proudění vody, kvalita vody a transport sedimentů ve stokové síti). Model v Mike Urban je jednorozměrný matematický model od společnosti DHI Water and Environment simulující neustálené proudění ve stokovém systému. Propojením s GIS systémy je umožněna možnost práce s ortofotomapou, informacemi o správě majetku a např. i geometrií a topologií trubní sítě. Odtok z povodí je rozdělen na dvě složky odtoku – rychlou a pomalou složku. Výsledným odtokem je součet obou složek odtoku.

Vývoj simulačních modelů je nyní ve čtvrté generaci. Uživateli napomáhá systémová výpomoc (hlášení chyb, usnadnění práce) a propojení s geografickými informačními systémy. Pracovní postup pro vytvoření simulačního modelu se dá shrnout do několika bodů [22]:



1. *Definice výpočetní úlohy (identifikace problému)*
2. *Definice studovaného systému (vytyčení prostoru a času)*
3. *Tvorba výpočetního modelu (schematizace odvodňovacího systému)*
4. *Volba simulačního programu (výběr z dostupných programů)*
5. *Příprava dat (data vstupní, systémová a data pro kalibraci a verifikaci)*
6. *Kalibrace a verifikace simulačního modelu (kalibrovat model podle skutečnosti)*
7. *Vlastní výpočet*
8. *Posouzení a interpretace výsledků*

2.3.4 OPATŘENÍ PROTI VNIKU DEŠŤOVÝCH VOD DO JEDNOTNÉ KANALIZACE

Proti vniku dešťových vod do kanalizace se využívají opatření realizovatelná přímo u zdroje. Pokud jsou dešťové vody z nějakého důvodu již svedeny do jednotné kanalizace, využívá se opatření tzv. end-of-pipe.

Na jednotné stokové síti jsou před ČOV stavěny dešťové nádrže, které zachytávají odpadní vodu a po dešťovém odtoku je čerpána voda z této nádrže na ČOV. Mají tedy funkci retenční a slouží ke zpoždění odtoku dešťové nebo směsné vody. Někde jsou zbudovány jen OK se stavebním opatřením za účelem zachycení určité části látkového znečištění. Za účelem úspory financí na čerpání, je žádoucí minimalizovat dešťové vody v kanalizaci stejně jako balastní. [2]

V posledních letech je užívání dešťové vody, její retence, evapotranspirace a infiltrace mnohem významnějším faktorem v MO než v minulosti. Vlivem nárůstu spotřeby pitné vody i výstavby zastavěných ploch v urbanizovaných povodích, tedy i zvětšení objemu a špičky dešťového odtoku, je dnes řešení soustředěno do užívání dešťové vody bez nároku na kvalitu pitné vody. Ta podporuje úsporu právě pitné vody a přispívá k ochraně vodních zdrojů. [2]

Jako účinné a ekonomicky výhodné řešení je přechod od centrálního odvádění dešťových vod k decentralizovanému systému. Při rozhodování o volbě možných opatření je nezbytné přihlédnout k ochraně vodních toků, podzemní vody a půdy před znečištěním.



Musí být známy hydrogeologické podmínky pro infiltraci dešťové vody. Dalším faktorem je látkové znečištění dešťového odtoku a zájmy obyvatelstva (komfort odvodnění a zdravotní riziko). [2]

V mnoha vyspělých zemích byl zahájen celospolečenský transformační proces s cílem změnit přístup k dešťové vodě. Po celém světě je instalována celá řada objektů pro retenci a infiltraci dešťové vody. Velká část z nich ale bohužel nesplňuje požadavky na funkčnost, estetičnost a snadné udržování a provozování. Tyto chyby jsou způsobeny zejména tím, že koncepce udržitelného hospodaření s dešťovými vodami vyžaduje komplexní mezioborový přístup (technický, legislativní, ekonomický, institucionální). [3]

Při návrhu optimálních řešení je nutná spolupráce investora, architekta nebo projektanta od tradičních řešení. Pokud se tak nestane, může být řešení HDV pro okolí i nebezpečné. V některých případech striktní dodržení požadavku v §20 vyhlášky č. 501/2006 Sb. tj. vymežit stavební pozemek tak, aby bylo vyřešeno přednostně vsakování, může ve výsledku znamenat nevhodné řešení HDV a následné problémy. [23]

HOSPODAŘENÍ S DEŠŤOVOU VODOU V ČESKÉ REPUBLICE

V České republice se v posledních letech zrealizovala řada projektů, které pomohly principy HDV přiblížit veřejnosti a začlenit je mj. do koncepcí odvodnění měst. Přesto se ale HDV vnímá spíše jako pouhá alternativa k dosud běžnému způsobu odvodnění.

Nedostatečnou roli v prosazování vodohospodářské politiky hraje stát, jehož výklad klíčových paragrafů je nedostačující, stejně jako komunikace s profesními sdruženími, absence grantů zabývajících se problematikou dešťových vod a osvěta. [3]

2.3.4.1 MOŽNOSTI UŽÍVÁNÍ DEŠŤOVÉ VODY V SOUČASNOSTI

Potenciál dešťových vod v současnosti stoupá. Existuje řada možností pro užívání málo znečištěné dešťové vody, mezi které patří:

- zavlažování zelených ploch (zahrady, sídliště, sportovní areály, ...)
- použití v domácnostech (splachování WC, praní prádla)



- mytí aut a stavebních strojů, oplach komunikací
- použití v živnostenských provozech a průmyslu [2]

2.3.4.2 VSAKOVÁNÍ

Před realizací vsakovacího zařízení je nutný geologický průzkum, který zhodnotí možnost vsakování. Aspekty, které ovlivňují technické řešení vsakování, jsou především prostorové možnosti, které ovlivní, zda se bude realizovat povrchové vsakovací zařízení nebo podzemní vsakovací zařízení. Směrodatný poměr pro hydraulické zatížení vsakovacího zařízení a jeho čisticí účinek je A_{red}/A_{vsak} . Důležité je také znát sklon terénu. Při sklonu větším než 5% je povrchové vsakování (zejména plošné) nevhodné či dokonce nemožné. [24] U každé stavby musí být známy sousedské právní vztahy a možnost ohrožení sousedních staveb realizovaným vsakovacím zařízením. Níže jsou uvedeny možnosti vsakovacích zařízení pro různé druhy znečištění dešťových vod.

SRÁŽKOVÉ VODY PŘÍPUSTNÉ

- povrchová i podzemní vsakovací zařízení

SRÁŽKOVÉ VODY PODMÍNEČNĚ PŘÍPUSTNÉ

- povrchové vsakování přes zatravněnou humusovou vrstvu nebo podzemní vsakovací zařízení po předčištění

SRÁŽKOVÉ VODY POTENCIÁLNĚ VYSOCE ZNEČIŠTĚNÉ

- nutné zachytit celý objem, předčistit a před vypuštěním do vsakovacího zařízení prokázat vyhovující kvalitu
- nutný souhlas vodoprávního úřadu [24]

2.3.4.3 ODVÁDĚNÍ DO POVRCHOVÝCH VOD

Pokud není možné dešťovou vodu vsakovat, přistoupí se k řešení odvádění do povrchových vod (Obr. 3). U každé stavby je nutné provést průzkum podmínek



pro odvádění dešťových vod do vod povrchových, svodnic nebo dešťové kanalizace. U jednoduchých staveb se za proveditelné považuje gravitační odvodnění do povrchových vod v délce do 100 m, v případě větších stavebních projektů až do 500 m. Přípustnost odvádění dešťových vod závisí na druhu a množství znečištění, požadované míře ochrany povrchových vod a také na ohrožení hydrobiologickým stresem, který může být způsoben nárazově vysokým průtokem.

U méně znečištěných vod není nutné předčištění. Dešťové vody z pozemních komunikací a parkovišť je nutné vhodným způsobem (mechanicky) předčistit podle míry znečištění. Odtok z kovových střech o ploše větší než 500 m², které nejsou ošetřeny, je nutné předčistit v zařízení s adsorpcí těžkých kovů.

Při dimenzování jednotlivých opatření k odvádění dešťových vod do vod povrchových je podle TNV 75 9011 doporučena hodnota specifického odtoku 3 l/(s.ha), ale hodnota regulovaného odtoku z jednoho zařízení HDV nemá být větší než 0,5 l/s. Pokud jsou dešťové vody odváděny stávajícími svodnicemi nebo dešťovou kanalizací, stanoví možný odtok správce nebo provozovatel/vlastník. Preferenci v odvádění do povrchových vod mají svodnice, které podporují výpar a snížení kulminačních průtoků. [24]



Obr. 3 Svedení dešťové vody potrubím do povrchových vod [48]



2.3.4.4 ODVÁDĚNÍ DO JEDNOTNÉ KANALIZACE

Odvádění do jednotné kanalizace je krajním případem, jak odvést dešťovou vodu. Až teprve když není možné vsakování ani odvádění do povrchových vod je přípustné toto řešení. Při napojení do jednotné kanalizace nesmí být překročeny hodnoty ukazatelů znečištění stanovené v kanalizačním řádu a je nutné realizovat zařízení proti vniknutí nerozpuštěných látek (ČSN 75 6101 a ČSN EN 752) a ropných látek (ČSN 75 6551, ČSN EN 858-1 a ČSN EN 858-2). [24]

Při odvádění dešťových vod do jednotné kanalizace je nutné vodu zdržet pomocí regulačního zařízení. Každý retenční objekt je vybaven regulátorem odtoku, v případě možného zpětného vzduť zpětnou armaturou a bezpečnostním přelivem, který převádí průtoky způsobené vyšší než návrhovou srážkou.

Specifický odtok je doporučen 3 l/(s.ha) a hodnota regulovaného odtoku ze zařízení HDV nemá být nižší než 0,5 l/s. Preferenci v odvádění do jednotné kanalizace mají svodnice, které podporují výpar a snižují kulminační průtoky. [24]

2.3.4.5 ZAŘÍZENÍ A OBJEKTY HDV

Upřednostňovány by měly být povrchové objekty z důvodu výparu vody do ovzduší a tato opatření také vedou k lepšímu předčištění dešťových vod pomocí průsaku přes zatravněnou humusovou vrstvu. Ze stejného důvodu se preferuje i přívod vody k jednotlivým zařízením HDV po povrchu, tedy pomocí svodnic nebo žlábků. Jednotlivá opatření HDV je možné vzájemně kombinovat. Výhodou všech níže zmíněných opatření je realizace nejenom u novostaveb, ale i při rekonstrukcích odvodnění stávající zástavby. [3]



2.3.4.5.1 NEZPEVNĚNÉ POVRCHY

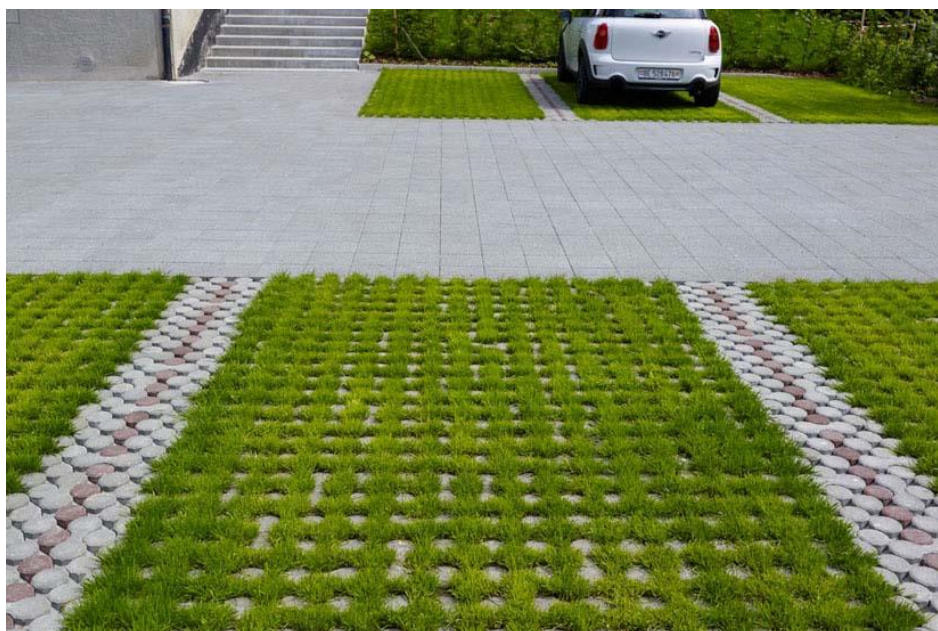
Tam, kde není potřeba realizovat účelovou zpevněnou plochu, je výhodné ponechat nezpevněný povrch. Do této kategorie spadají i plochy, které měly být nějakým způsobem využity, ale nikdy k jejich využití nedošlo a tzv. brownfields (Obr. 4), což jsou plochy již neplnící svoji původní funkci. [3]



Obr. 4 Brownfields Chempark Záluží [49]

2.3.4.5.2 PROPUSTNÉ ZPEVNĚNÉ POVRCHY

Při návrhu odvodňovacího systému je nutné ponechat co nejvíce propustných nezpevněných povrchů, nejlépe s vegetačním pokryvem v přirozeně sníženém terénu. Na méně frekventovaných komunikacích a parkovištích se navrhují propustné zpevněné povrchy. Vhodným materiálem jsou propustné (Obr. 5) nebo polopropustné dlažby z kamene nebo betonu se spárami, porézní asfalt či zatravněné štěrkové vrstvy. [3]



Obr. 5 Propustná ekologická dlažba typu ECOSAVE značky GODELMANN [50]

2.3.4.5.3 VEGETAČNÍ STŘECHY

Vegetační střechy jsou vícevrstvé systémy, které zahrnují konstrukci střechy, filtrační vrstvu a vegetační pokryv. Přínosy vegetačních s šterkových střech jsou snížení dešťového odtoku a kulminačních průtoků, zvýšení evapotranspirace a také estetická funkce a ochlazování budov. Vegetační střechy se navrhují ve sklonu maximálně 1:3 a šterkové se navrhují jako ploché. Filtrační vrstva střech musí být dobře propustná, musí mít vysokou retenční schopnost a nízkou měrnou hmotnost. Těmto kritériím odpovídají upravené granulované expandované jílové materiály. Vegetační střechy se dělí na extenzivní a intenzivní.

EXTENZIVNÍ VEGETAČNÍ STŘECHY

Extenzivní vegetační pokryv (Obr. 6) je tvořen druhy s nízkou mírou růstu a nízkými nároky na údržbu. Vhodnými rostlinami jsou především suchomilné rostliny (mech, sukulent, traviny, byliny). Navrhují se na plochých i sklonitých střechách jako nepochozí střechy (pouze přístup za účelem údržby). [24]



Obr. 6 Extenzivní vegetační střecha [51]

INTENZIVNÍ VEGETAČNÍ STŘECHY

Na rozdíl od extenzivních jsou intenzivní střechy (Obr. 7) navrhovány jako pochozí s okrasnou funkcí. Mimo travin se lze vysazují i keře a stromy, které ale zvyšují zatížení celé střešní konstrukce. [24]



Obr. 7 Intenzivní zelená střecha [52]

2.3.4.5.4 AKUMULACE A VYUŽITÍ DEŠŤOVÝCH VOD

Akumulovaná dešťová voda v soukromých i městských nemovitostech se využívá pro splachování WC, zavlažování (zahrad i městských parků), praní prádla, kropení a čištění silnic. Je to tedy náhrada a úspora pitné vody. Dělí se na systémy pro využívání dešťové vody pouze pro zavlažování (snížené nároky na jakost) a na systémy pro využívání dešťové vody pro další činnost, kde je požadována lepší kvalita dešťové vody a technologické vybavení systému. Akumulační systémy pro využití dešťových vod se umísťují mezi odvodňovanou plochu a prvek HDV. Z hlediska znečištění je nejvhodnější dešťovou vodou pro využití voda ze střešních povrchů. [3]

2.3.4.5.5 VSAKOVÁNÍ BEZ REGULOVANÉHO ODTOKU

PLOŠNÉ VSAKOVÁNÍ

Dešťová voda je bez retence přiváděna k vsakovací ploše rovnoměrně, aby byl zatížen celý vsakovací prostor. Opatření je náročnější na místo, protože vyžaduje alespoň 20%



z odvodňované zpevněné plochy. Sklon terénu by měl být maximálně 1:20 a tento způsob vsakování je vhodný u parkovišť a liniových staveb. Při překročení vsakovací kapacity je nutné odvést vodu do povrchových vod nebo jednotné kanalizace.

VSAKOVACÍ PRŮLEH

Mělká povrchová vsakovací zařízení se zatravněnou humusovou vrstvou se nazývají vsakovací průlehy (Obr. 8). Používají se v takových případech, kdy není k dispozici dostatečně velká plocha k plošnému vsakování. Delší zadržování vody zvyšuje riziko snížení vsakovací schopnosti a úhynu vegetačního krytu, proto je toto opatření určeno pouze ke krátkodobému zdržení vody. Čisticí schopnost průlehu se zvyšuje tím, že přívod vody je navrhován povrchový rovnoměrný po délce průlehu přes zatravněný pruh. Poměr mezi redukovanou odvodňovanou plochou A_{red} a vsakovací plochou A_{vsak} se doporučuje v rozmezí $5 < A_{red}/A_{vsak} \leq 15$. [24]

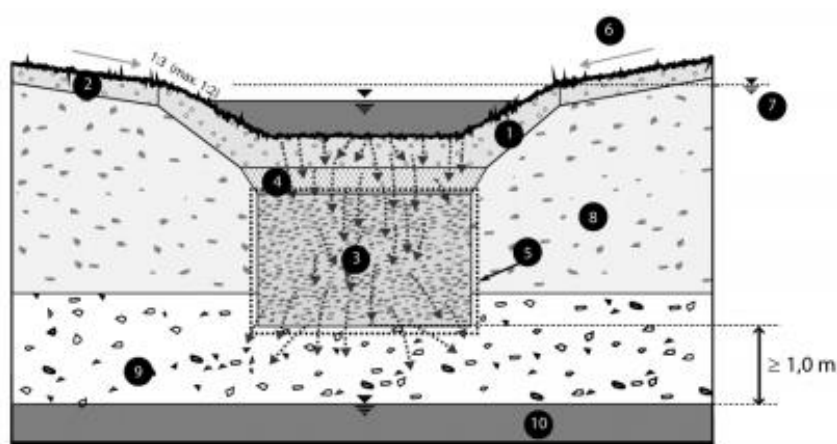


Obr. 8 Vsakovací průleh v Mnichově [53]



VSAKOVACÍ PRŮLEH – RÝHA

Prvek HDV nazývaný průleh – rýha se skládá (Obr. 9) z průlehu se zatravněnou humusovou vrstvou a ze štěrkové rýhy, která je umístěna pod ním. Rýha je vyplněná štěrkovým materiálem frakce 16/32 nebo prefabrikovanými bloky. Toto opatření se navrhuje tam, kde půdní a horninové prostředí vykazuje nedostatečnou vsakovací schopnost. Poměr mezi redukovanou odvodňovanou plochou A_{red} a vsakovací plochou A_{vsak} se doporučuje v rozmezí $5 < A_{red}/A_{vsak} \leq 15$. [24]



- 1 - Zatravněná humusová vrstva průlehu; tl. $\geq 0,3$ m, $K \geq 1.10^{-5}$ m/s
- 2 - Ohumusování, osetí; tl. $\approx 0,1$ m
- 3 - Retenční/vsakovací rýha (štěrk 16/32mm / prefabrikované bloky)
- 4 - Píščito-hlinitá vrstva, tl. $\geq 0,1$ m, $K \geq 1.10^{-4}$ m/s

- 5 - Geotextilie
- 6 - Plošný povrchový přítok
- 7 - Max. retenční hladina; $h \leq 0,3$ m
- 8 - Nedostatečně propustné půdní a horninové prostředí
- 9 - Propustné půdní a horninové prostředí
- 10 - Max. hladina podzemní vody

Obr. 9 Schéma vsakovacího průlehu s rýhou [24]

VSAKOVACÍ NÁDRŽ

Vsakovací nádrž (Obr. 10) disponuje výraznou retenční funkcí se vsakováním přes zatravněnou humusovou vrstvu. Pokud se jedná o vsakovací nádrž je poměr mezi redukovanou odvodňovanou plochou A_{red} a vsakovací plochou A_{vsak} větší než 15. Sklon svahů se navrhuje maximálně 1:4 s ohledem na bezpečnost pohybu osob a živočichů a hloubka nadržení se pohybuje v rozmezí od 0,3 m až 2 m. V některých případech je žádoucí



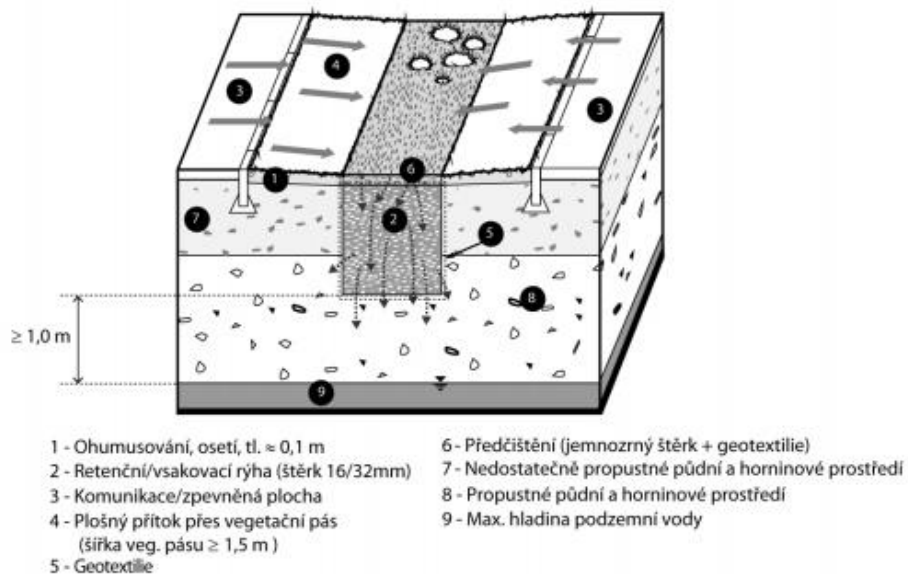
zvážit nutnost předčištění pro zamezení kolmatace a opevnění nádrže v případě bodového zaústění.



Obr. 10 Povrchová vsakovací nádrž [54]

VSAKOVACÍ RÝHA

Vsakovací rýha (Obr. 17) je liniové zařízení pro retenci a vsakování do propustnějších půdních a horninových vrstev vyplněné štěrkovým materiálem. Dešťová voda se do rýhy přivádí přes zatravněný pás, což zlepšuje předčištění.



Obr. 11 Schéma vsakovací rýhy s povrchovým plošným přítokem [24]



PODZEMNÍ PROSTORY VYPLNĚNÉ ŠTĚRKEM NEBO BLOKY

Podzemní prostory pro vsakování dešťové vody (Obr. 12), které jsou vyplněné štěrkem zrnitosti 16/32 nebo prefabrikovanými bloky, jsou zpravidla plošnými objekty, kam se voda přivádí přes vstupní šachtu nebo vstupní otvor.



Obr. 12 Vsakovací tunel [54]

VSAKOVACÍ ŠACHTA

Šachty slouží k bodovému vsakování pouze u vymezených typů odvodňovaných ploch. Navrhují se na základě posouzení vhodnosti vsakování z hlediska ochrany jímacích zdrojů. Šachty by neměly prostupovat vrstvami s malou propustností, které účinně chrání podzemní vody.

2.3.4.5.6 VSAKOVÁNÍ S REGULOVANÝCH ODTOKEM

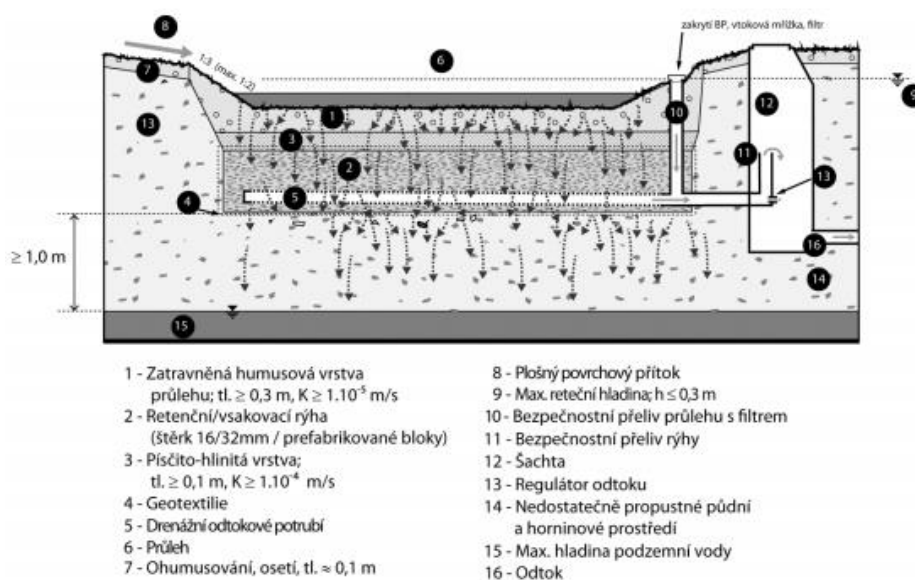
Pokud půda nedisponuje dostatečně vhodnými vsakovacími schopnostmi, je nutné kombinovat vsakování s regulovaným odtokem do povrchových vod nebo jednotné



kanalizace. Nejvhodnějším řešením je použití vsakovacích zařízení s regulovaným odtokem, jež mají filtraci vody zajištěnou přes zatravněnou humusovou vrstvu.

VSAKOVACÍ PRŮLEH – RÝHA S REGULOVANÝM ODTOKEM

Průleh – rýha s regulovaným odtokem (Obr. 13) je vsakovací zařízení, kde je rýha odvodněna drenážním potrubím zakončeným regulátorem odtoku. Průleh i rýha mají samostatné bezpečnostní přelivy. Přeliv u průlehu musí být chráněn před vniknutím nečistot do potrubí s ohledem na připojený regulátor průtoku. Úroveň bezpečnostního přelivu rýhy by neměla přesáhnout horní hranu rýhy.



Obr. 13 Schéma vsakovacího průlehu s rýhou s regulovaným odtokem [24]

VSAKOVACÍ NÁDRŽ S REGULOVANÝM ODTOKEM

Regulátor odtoku u vsakovací nádrže s regulovaným odtokem je umístěn ve sdruženém objektu s bezpečnostním přelivem.



VSAKOVACÍ RÝHA S REGULOVANÝM ODTOKEM

Podzemní rýha s regulovaným odtokem je vsakovací zařízení, kde je rýha odvodněna drenážním potrubím zakončeným regulátorem odtoku. Úroveň bezpečnostního přelivu rýhy by neměla přesáhnout úroveň horní strany stavební konstrukce.

2.3.4.5.7 RETENCE S REGULOVANÝM ODTOKEM

SUCHÉ RETENČNÍ DEŠŤOVÉ NÁDRŽE (POLDRY)

Suché retenční nádrže neboli poldry (Obr. 14) jsou povrchové nádrže, které jsou plněny dešťovou vodou z odvodňované plochy a regulovaně se vyprazdňují pomocí regulátoru odtoku, který je umístěn v nejnižším bodě nádrže. Plochy poldrů se navrhují s vegetačním pokryvem a u vtoku do nádrže se doporučuje vytvořit konstrukčně oddělený usazovací prostor pro omezení vniku sedimentů a nerozpuštěných látek.



Obr. 14 Poldr sloužící k retenci dešťové vody v centru zástavby v Mnichově [53]



PODZEMNÍ RETENČNÍ DEŠŤOVÉ NÁDRŽE

Podzemní retenční nádrže se umísťují vně budovy a jsou tvořeny potrubím velkého průměru nebo jámkou z betonu, plastu či plastových bloků izolovaných fólií. Součástí konstrukce musí být uzavíratelný otvor pro přístup a odvětrání a regulátor odtoku umístěn v nejnižším bodě nádrže.

RETENČNÍ DEŠŤOVÉ NÁDRŽE SE ZÁSOBNÍM PROSTOREM

Retenční dešťové nádrže se zásobním prostorem se tvoří okrasný prvek v obytné zástavbě a v parcích. Kromě estetické funkce slouží především k transformaci povodňové vlny a řízeně vyprazdňují retenční prostor, který je užíván k různým účelům. Regulátor odtoku musí být umístěn na hladině zásobního prostoru nádrže. Některé retenční nádrže se zásobním prostorem lze provozovat jako biotop s biologickým čištěním vody.

UMĚLÉ MOKŘADY

Umělé mokřady (Obr. 15) slouží k retenci vody, regulaci odtoku a také úpravě jakosti vody a zlepšení vlhkostních poměrů. Jsou to mělké nádrže se stálým nadržáním a s flórou, která plní čisticí funkci. Regulátor odtoku je umístěn na hladině stálého nadržání.



Obr. 15 Umělý mokřad [55]

Regulační zařízení

- clony ve svislé stěně
- clony ve svislé stěně s více otvory
- clony s vertikálním zatopeným nátokem
- malé vírové ventily
- čerpadlo

2.3.5 LEGISLATIVA A DOTAČNÍ POLITIKA V OBLASTI DEŠŤOVÝCH VOD

Zákon č. 254/2001 Sb., o vodách a zákon č. 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích používají termín „srážková voda“, zatímco zákon č. 183/2006 Sb. o územním plánování a stavebním řádu užívá pojem „dešťová voda“. Zákon č. 254/2001 Sb., o vodách považuje za srážkové vody pouze povrchové vody vzniklé dopadem atmosférických srážek na stavby. Z kontextu, kde se používá pojem „dešťová voda“ vyplývá, že se jedná o odvádění vody povrchové vzniklé ze srážkových vod. Není tedy vymezen obecný pojem pro vodu,



která dopadla z atmosféry na zemský povrch a následně je nějakým způsobem likvidována. V této diplomové práci je používán termín „dešťová voda“. [25] [15]

V této legislativní části práce jsou uvedeny některé důležité informace ze zákonů, vyhlášek a norem týkající se problematiky dešťových vod.

2.3.5.1 ZÁKONY

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

Při provádění staveb nebo jejich změn nebo změn jejich užívání jsou stavebníci povinni zabezpečit zásobování vody, odvést, čistit, popřípadě jiným způsobem zneškodnit odpadní vody. Jsou povinni zajistit vsakování nebo zadržování a odvádění povrchových vod vzniklých dopadem srážek na tyto stavby. Při nesplnění podmínek nesmí být povolena stavba, změna stavby před dokončením, užívání stavby ani vydáno rozhodnutí o dodatečném povolení stavby nebo rozhodnutí o změně užívání stavby. Mimo pozemek může být tedy vypouštěna pouze dešťová voda z bezpečnostních přelivů nebo z regulovaných odtoků.

Dle zákona o vodách se HDV prvek nepovažuje za vodní dílo, není tedy potřeba povolení nebo souhlas vodoprávního úřadu vzhledem k tomu, že od povolení a souhlasu jsou osvobozeny stavby sloužící k zachytávání povrchových vod používající jednoduchá zařízení na jednotlivých pozemcích. Pro zařízení na HDV není dle zákona potřeba povolení k nakládání s vodami, ale je nutné vyjádření odborně způsobilé osoby (hydrogeologa). [25] [3]

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

Ze zákona vyplývá, že vlastník kanalizace je povinen umožnit připojení na kanalizaci, ale neřeší napojení dešťových vod na oddílnou kanalizaci. Dále je zde mj. řešeno zpoplatnění za odvádění odpadních vod a ekonomická motivace k přestavbě na decentrální způsob odvodnění. Zákon řeší zpoplatnění za odvádění dešťových vod do jednotné kanalizace.

Dalším poznatkem ze zákona o vodovodech a kanalizacích je to, že vlastník vodovodní přípojky je povinen zajistit, aby byla vodovodní přípojka provedena tak, aby nebylo možné



znečistit vodu ve vodovodu. To se týká hlavně dopouštění akumulčních nádrží pitnou vodou pro potřebu využití v domácnosti. Při osazení podzemních akumulčních nádrží se musí pamatovat na nezámrnou hloubku. [15]

Zákon č. 13/1997 Sb., o pozemních komunikacích

Součástí dálnice, silnice nebo místní komunikace je kanalizace včetně úprav k odvádění vody, lapolů a sedimentačních nádrží slouží-li výhradně k odvádění povrchových vod z této komunikace. V ostatních případech je součástí pouze dešťová vpust' se šachtou a přípojkou do kanalizačního řadu. [26]

Vyhláška č. 501/2006 Sb., o obecných požadavcích na využívání území

Vyhláška řeší konkrétní priority z hlediska způsobu hospodaření s dešťovými vodami na pozemku. Uvádí, že před vsakováním by měla být dešťová voda využita jiným způsobem, tj. použít ji jako vodu užitkovou pro závlahu nebo pro splachování WC. Pokud není možné vsakování nebo užití vody, je nezbytné vodu zadržovat a následně regulovaně odvádět oddílnou kanalizací do povrchových vod. Jestliže není možné ani odvádění dešťových vod oddílnou kanalizací, vypouští se odpadní vody do jednotné kanalizace. Nedostatkem ve vyhlášce je fakt, že každý majitel nemovitosti musí řešit HDV samostatně, nelze tedy mísit jeho dešťovou vodu s dešťovou vodou od jiných majitelů nemovitostí.

Dle vyhlášky je vsakování dešťových vod splněno, pokud je poměr výměry části pozemku schopné vsakování k celkové výměře pozemku v případě samostatně stojícího rodinného domu a stavby pro rodinnou rekreaci nejméně 0,4, v případě řadového domku a bytového domu 0,3. [3] [27]

2.3.5.2 NORMY

TNV 75 9011 Hospodaření se srážkovými vodami

Norma obsahuje pravidla pro koncepce i jednotlivá zařízení a objekty HDV i v podmínkách, kdy není možné vsakování (kapitola 2.3.4.5). Dle normy by mělo být na pozemku alespoň 30 % z celkové zastavěné plochy pozemku uzpůsobeno pro zadržení vody, aby se voda mohla odpařit do ovzduší. Při volbě odvodnění musí být rozhodnuto



i o příjemci vod z bezpečnostních přelivů. Odvádění dešťových vod do vod povrchových se řeší primárně opatřením u zdroje, tj. snížení či prevence srážkového odtoku přímo v místě jeho vzniku a snížení znečištění. Dalším možným řešením je opatření na pozemku odvodňované nemovitosti či přímo sousedícím s odvodňovanou pozemní komunikací (průlehy, rýhy, vsakovací šachty). Vhodné jsou i opatření společná pro více pozemků (zaústění regulovaných odtoků a vod z bezpečnostních přelivů z decentrálních objektů např. do suchých zatravněných retenčních nádrží nebo umělých mokřadů).

Plocha, která bude potřebná pro vsakování, odpovídá cca 10 až 20 % redukované plochy celého odvodňovaného stavebního pozemku. [24]

ČSN 75 9010 Vsakovací zařízení srážkových vod

Norma řeší problematiku HDV jen z části. Zabývá se pouze vsakováním dešťové vody z jednotlivých staveb bez kontextu s celým odvodňovacím systémem oblasti nebo města. Neřeší odvodnění stavby v případě nemožnosti vsakování a disponuje dalšími nedostatky pro HDV. [28]

2.3.5.3 DOTACE

Dotační program Dešťovka by měl motivovat vlastníky a stavebníky obytných domů k udržitelnému a efektivnímu hospodaření s dešťovou vodou a tím snížit množství potřeby vody z povrchových a podzemních zdrojů.

Během roku 2017 byly vypsány dvě výzvy programu. V úvodní výzvě stačil pouhý den na rozebrání dotací. Největší zájem byl o kombinovaný systém na zachytávání dešťové vody na zalévání a na splachování v domácnosti, o který požádali dvě třetiny žadatelů. V druhé výzvě celková alokace činila dvojnásobek finančních prostředků vymezených SFŽP, tedy 240 mil Kč. Pozitivním zjištěním bylo nejen to, že lidé chtěli ušetřit zdroje pitné vody a zvýšit dostupnost vody v suchém období, ale i to, že se o efektivním HDV začalo více mluvit. [29]



Lidé mohli žádat o dotace na tyto při programy:

1. Akumulace srážkové vody pro zálivku zahrady
2. Akumulace srážkové vody pro splachování WC a zálivku zahrady
3. Využití přečištěné odpadní vody s možným využitím srážkové vody

V bodech 2 a 3 mohli žádat vlastníci stávajících domů i novostaveb na území ČR. Dotace na akumulaci srážkové vody mohli žádat vlastníci stávajících domů pouze v lokalitách zasažených nedostatkem vody. Seznam těchto lokalit je aktualizován a uveřejněn na webu SFŽP. Výše dotace pro jednotlivé žádosti nepřekročí 50 % způsobilých výdajů. [29]

I přesto, že neexistuje povinný seznam certifikovaných výrobků, není možné zažádat o dotaci na zachytávání vody do sudu pod okapem. Akumulovaná voda v sudu přichází do přímého kontaktu s vnějším prostředím a v letních měsících si neudrží potřebnou teplotu pro zajištění hygienické nezávadnosti. Stejně tak kontakt vody s opotřebovaným povrchem sudu může mít nežádoucí účinky na kvalitu akumulované vody.

2.3.6 STOČNÉ

V zákoně 274/2001 Sb. je uvedeno, že vlastník kanalizace má právo na úplatu za odvádění odpadních vod neboli stočné, pokud ze smlouvy nevyplývá, že stočné se platí provozovateli kanalizace. Toto právo vzniká momentem vniku odpadní vody do kanalizace.

Stočné má jednosložkovou nebo dvousložkovou formu. Jednosložková forma je součinem ceny podle cenových předpisů a množství odebrané vody podle § 16 nebo vypouštěných odpadních vod a srážkových vod podle § 19. V případě dvousložkové formy se k jednosložkové přičítá ještě pevná složka stanovená v závislosti na kapacitě vodoměru, profilu přípojky nebo ročního množství odebrané vody.

Od povinnosti platit stočné jsou osvobozeny plochy silnic, dálnic, místních komunikací a účelových komunikací veřejně přístupných, plochy drah celostátních a regionálních, zoologické zahrady, veřejná a neveřejná pohřebiště a plochy nemovitostí určených k trvalému bydlení a domácností. Z toho vyplývá, že osvobození od placení



stočného snižuje motivaci k HDV. Např. v Německu je odvádění dešťové vody zpoplatněno, všichni se tedy snaží, aby na ČOV přitékalo co nejméně vody. Je samozřejmostí, že osvobozeny jsou i jednotky požární ochrany při záchranných a likvidačních pracích.

Pokud odběratel prokazatelně (osazení podružného zálivkového vodoměru) využije více než 30 m³ vody z vodovodu za rok na zálivku, může uplatnit slevu na stočném. [3] [15]



3 CÍLE DIPLOMOVÉ PRÁCE

Cílem diplomové práce je snížení množství balastních a dešťových vod ve stokové síti ve městě Planá nad Lužnicí. Výsledkem bude množství odpadní vody, kterým je zbytečně zatěžována stoková síť, čerpací stanice a čistírna odpadních vod. Výstupem budou také ekonomické a environmentální přínosy. Strukturu lze rozdělit na dílčí cíle balastních a dešťových vod.

DÍLČÍ CÍLE:

BALASTNÍ VODY

1. Identifikace zdrojů a výpočet množství za rok 2017 – provést měření a kamerovou prohlídku na vytipovaných místech a vyhodnotit měření
2. Výpočet množství v letech 2015 a 2016 - metodou nočních minim spočítat množství balastních vod
3. Vyhodnocení trendů – porovnání množství v letech 2014, 2015 a 2016 (s využitím bakalářské práce na téma Vyhodnocení množství balastních vod v Plané nad Lužnicí)
4. Návrh opatření - navrhnout možná řešení pro snížení balastních vod v jednotné kanalizaci
5. Environmentální a ekonomické posouzení, přínosy a doba návratnosti

DEŠŤOVÉ VODY

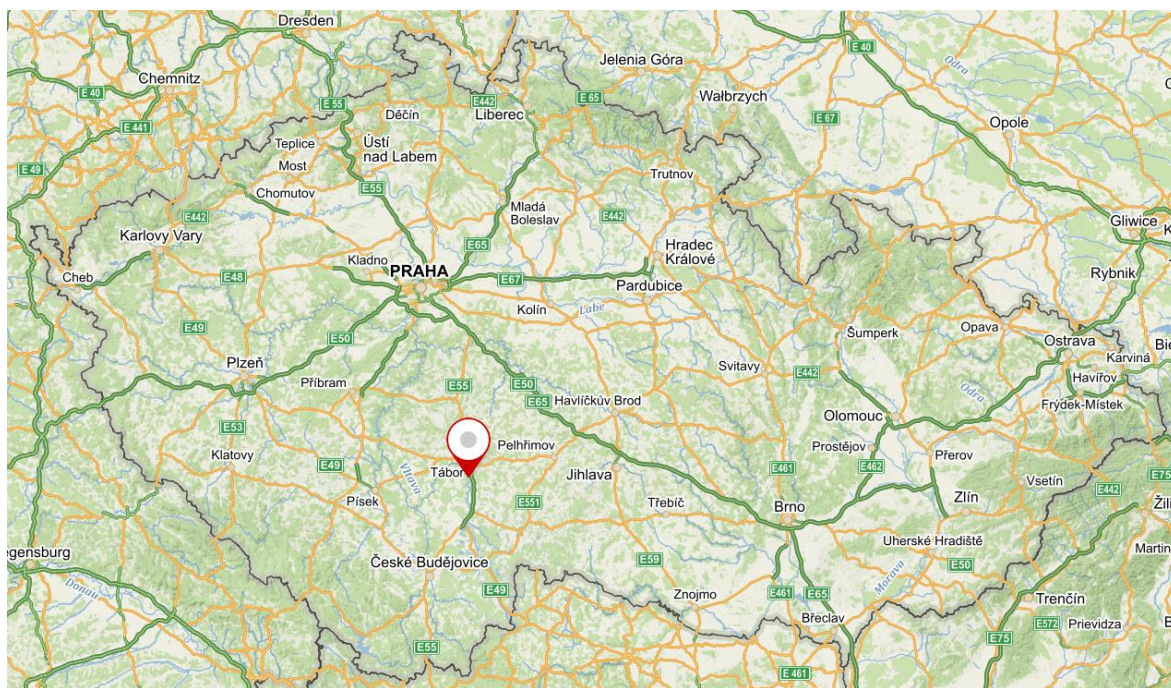
1. Kategorizace území – identifikovat potenciál hospodaření s dešťovými vodami v zájmové lokalitě
2. Návrh opatření – v případě vhodných podmínek pro HDV opatření tato opatření navrhnout a popř. nadimenzovat, v opačném případě navrhnout jiná řešení pro odpojení dešťové vody od jednotné kanalizace
3. Ekonomické posouzení, přínosy a doba návratnosti



4 ZÁJMOVÉ ÚZEMÍ

4.1 POPIS OBCE A HISTORIE ODVODNĚNÍ

Město Planá nad Lužnicí leží na řece Lužnici 7 km jižně od okresního města Tábor v severní části Jihočeského kraje (Obr. 16). Od roku 2013 vede kolem města dálnice D3 na České Budějovice. Planá nad Lužnicí leží na hlavním železničním tahu Praha – Linz. První písemné zmínky o městě pochází ze 13. století, kdy bylo město součástí pražského biskupství. Mezi vlastníky města byli Vilém z Rožmberka, Petr Vok a později Šternberkové a Lobkovicové. Po roce 1848 se Planá stala samosprávnou obcí, kde největší rozkvět zažila díky výstavbě železnice a voroplavbě. Po vyhlášení nezávislosti Československa vznikaly podniky jako Madeta, Silon nebo Masokombinát a byl založen Sokol a postavena nová škola a knihovna.



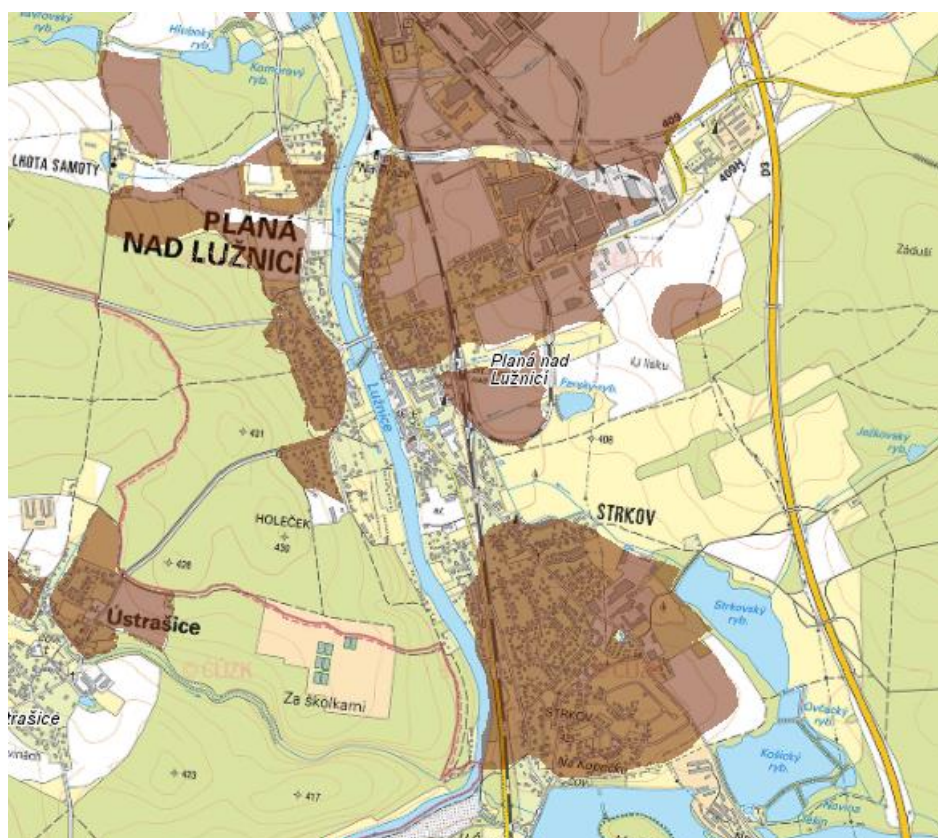
Obr. 16 Zájmové území [56]

Dle aktuálních dat Statistického úřadu z roku 2017 má Planá nad Lužnicí 4 028 obyvatel. Na území města se nachází 1222 budov s číslem popisným a 454 s číslem evidenčním. Z celkové plochy zabírá vodní plocha 152 ha, orná půda, zahrada, sady, travní porost a lesní pozemky 1655 ha a zastavěná a ostatní plocha 334 ha. [30] [31]



K historii odvodnění se nedochovaly téměř žádné dokumenty. K budování kanalizace došlo patrně v druhé polovině 20. století, kdy byly zatrubněny přirozené odtoky odpadní vody do řeky Lužnice. Významný posun přišel v roce 1990, kdy byly veškeré odpadní vody podchyceny pobřežním sběračem a přečerpávány pomocí čerpadel v ČS do průmyslového sběrače a následně vedeny na Areálovou ČOV (dále jen AČOV) do Tábora. [31]

Dle klimatické klasifikace spadá toto území do mírně vlhké a teplé oblasti. Průměrná roční teplota se pohybuje okolo 8 °C. V létě dosahuje teplota hodnot převyšující 20 °C a v zimě klesá k -10 °C. Největší měsíční úhrny srážek připadají na květen až srpen, nejméně srážek spadne v únoru a březnu. Výška sněhové pokrývky dosahuje 20 až 40 cm a sníh taje prakticky od prosince do dubna. [32] Půdy s vysokou vsakovací schopností jsou vyznačeny hnědě na Obr. 17.



Obr. 17 Půdy s vysokou vsakovací schopností [33]



4.2 SOUČASNÝ STAV STOKOVÉ SÍTĚ

Město Planá nad Lužnicí je téměř 100% odkanalizováno. Jen z asi 20 rodinných domů je svedena odpadní voda do jímky, která se pravidelně vyváží. Jedná se o domy v ulici V Hlinkách a Ve Strži, kde nejsou vhodné spádové podmínky pro gravitační odkanalizování. Většina odpadní vody je svedena do jednotné kanalizace gravitačně, některá i tlakově. Jen část dešťových vod je svedena do dešťové kanalizace.

Některé stoky jsou v obci déle než 85 let, většina byla postavena v letech 1965 – 1975 z betonu o průměru DN 300, DN 400 a DN 500. Na kanalizačním systému se nachází šest funkčních odlehčovacích komor (čtyři z nich mají nastavitelnou výšku hrany), tři přečerpávací stanice, tři pískové komory a jedna centrální čerpací stanice. Kanalizační pobřežní sběrač je budován tak, aby odkanalizoval současné i výhledové zástavby včetně přilehlé rekreační zástavby. Trasa sběrače DN 630 a DN 800 prochází údolní pravou nivou řeky Lužnice a je uložen do fluviálních uloženin řeky. Hladina podzemní vody koresponduje s hladinou vody v řece. Město nemá svoji ČOV, tak je veškerá odpadní voda napojena na jednotný kanalizační systém Tábořské aglomerace a vedena na AČOV. Na stokovou síť je napojeno 1396 kanalizačních přípojek. [34] [35]

Vlastníkem kanalizace i ČOV je Vodárenská společnost Tábořsko s.r.o. a provozovatelem je ČEVAK a.s., provozní středisko Tábor.

KANALIZAČNÍ SÍŤ

Celková délka kanalizační sítě včetně svodnic měří 37 485 m. Nejpoužívanějšími materiály potrubí jsou beton, PVC, PE, PP, dále pak kamenina, ocel a kanalizační cihly. Průměry potrubí se pohybují od DN 50 do DN 1200. Hlavní stoky jsou označeny písmeny „A“ až „I“ a všechny vedou do pátevní stoky „B“ vedoucí od firmy ELK do ČS u VHL. Odtud je voda čerpána průmyslovým sběračem „PP“, který vede souběžně se stokou „A“ rovnoběžně se železniční tratí. [32] [34]

AREÁLOVÁ ČISTÍRNA ODPADNÍCH VOD

Na AČOV jsou svedeny odpadní vody z části Táboř, Sezimova Ústí, Plané nad Lužnicí a z průmyslových objektů. V letech 2013 – 2014 prošla čistírna modernizací a stala se tak jednou z nejmodernějších v zemi. Čistí odpadní vodu od 90 000 EO, což činí



v průměru 3,7 mil. m³ ročně. Na AČOV je použita obvyklá kombinace mechanického a biologického procesu. Hlavní linka se skládá ze dvou kontinuálních linek, proto bylo možné čistírnu intenzifikovat za plného provozu. Odtok z čistírny je do řeky Lužnice na říčním kilometru 41,7 ČHP 1-07-04-066. [35]

ČERPACÍ STANICE ODPADNÍCH VOD

Splaškové vody jsou na ČS přiváděny pobřežním sběračem „B“ v poměru ředění 1:4. ČS je navržena jako podzemní monolitický železobetonový objekt s nadzemní částí a konstrukcí pro případné vytažení čerpadel z jímky. Odpadní vodu čerpají dvě stejná čerpadla KSB typu KRTE 150 – 401/354 UG – S s příkonem 38 kW, čerpacím množstvím 79,89 l/s a výtlačnou výškou 28,21 m. Čerpadla spínají podle hladiny vody v nádrži, kterou měří ultrazvukový hladinoměr. Veškerá data jako hladina, poruchy a chod čerpadel jsou přenášena na centrální dispečink vlastníka kanalizace. [34]

MONITORING VOD

V Plané nad Lužnicí se průtok a hladina OV měří v měrném profilu Q4bH, který je umístěn v centrální ČS u VHL. V rámci projektu „Realizace systému měření na kanalizační síti a srážek ve městech Tábor, Planá nad Lužnicí a Sezimovo Ústí“ byla umístěna do ČS řídicí jednotka, průtokoměr a hladinoměr. Řídicí jednotka firmy Fiedler je umístěna v domku ČS a lze na displeji odečítat hladinu, průtok OV nebo teplotu. Průtokoměr s KDO senzorem je umístěn co nejdále do potrubí ve dně, aby nedocházelo k ovlivnění hladiny z čerpací jímky. V nátokové části je typizovaný nerezový rozpěrný kruh pevně kotvený do stěny potrubí. Výška hladiny je měřena tlakovým čidlem LMK858 od firmy BD Senzor. Čidlo je umístěno pod nerezovým krytem. Množství srážek je měřeno člunkovým srážkoměrem typu SR03, který je umístěn v centru města na střeše domu s pečovatelskou službou v ulici Zákostelní. Srážkoměr je nevytápěný a je opatřen korunkou proti sedání ptáků na hranu válce. [36]

BALASTNÍ VODY

Již analýzou provozního stavu byl zjištěn nátok balastních vod v západní části města v bezejmenné ulici u domu č. p. 218. Dle průzkumu patří mezi největší problémy nátok balastních vod v oblasti Ústrašická, který zatěžuje čerpací stanici na levém břehu řeky



Lužnice a další oblastí vykazující problémy je kanalizace okolo Farského rybníka, kde odtok z rybníka, kanalizační a vodovodní potrubí vedou v jednom průchodu. Tato oblast byla vyřešena přeložením vodovodního a kanalizačního potrubí. Bylo také zjištěno, že hlavní sběrač „B“ bývá zatěžován manipulacemi na centrální čerpací stanici u VHL a při malém sklonu potrubí dochází k ukládání sedimentů.

4.3 MODEL STOKOVÉ SÍTĚ

V rámci projektu „Koncepční studie odvodnění a zásobování pitnou vodou Planá nad Lužnicí“ byl vytvořen detailní model pro analýzu kapacitních vlastností sítě při srážkových událostech. Pro simulaci srážko-odtokového modelu byl využit základní srážko-odtokový simulační model MIKE URBAN. Model obsahuje všechny uliční stoky včetně svodnic, ale neobsahuje žádné domovní přípojky.

Měrná kampaň probíhala od října do prosince 2011. Pro výpočty byly použity deště z lokality Tábor, které zatěžovaly povodí přepočteným Šifaldovým deštěm s periodicitou dva roky a délkou trvání 15 min, 30 min, 60 min a 120 min. V modelu bylo na území Plané nad Lužnicí definováno 123 povodí (Obr. 18).

Mezi klíčové parametry získané využitím modelu patří hodnoty z vodohospodářské bilance (celkový objem odpadních vod, hydrologických balastních vod, srážkových odpadních vod, splaškových a průmyslových vod, ...), z odlehčovacích komor (počet přepadů, celkový čas přepadů, celkový odlehčený objem, poměr ředění, atd.), přetížení stokové sítě (maximální průtoky, hladiny v šachtách, atd.).

Obecně lze říci, že stoková síť je dle modelu kapacitně dostačující, jen v některých úsecích (Obr. 19) tlaková čára vystoupá více jak 10 cm nad horní záklenek potrubí po dobu delší než 10 minut.



Obr. 18 Povodí kanalizační sítě pro současný stav [37]



Obr. 19 Přetížení kanalizační sítě 15 minutovou zatěžovací srážkou s periodicitou opakování dva roky, intenzita 158 l/s.ha [37]

V závěrečné zprávě odvodnění jsou obecně doporučeny následující opatření:

- odstranit balastní vody, snížit přetížení objektů externími vodami
- zpomalit povrchový odtok – využívat retenci, HDV
- omezit míchání silně a mírně znečištěných odpadních vod

Cílem projektu je také posouzení vlivu výhledového stavu odvodnění města (Obr. 20) s důrazem na kapacitu sítě. Prvním předpokladem do budoucna je hospodaření s dešťovými vodami přímo v místě jejich vzniku a druhým je svedení dešťové vody, která se nachází



v blízkosti dešťové kanalizace nebo svodnic, bez omezení s přihlédnutím ke stávající kapacitě. Výhledově je počítáno s nárůstem ekvivalentních obyvatel o 2375. Identifikované balastní vody jsou ve výhledovém stavu s opatřením svedeny do řeky Lužnice.



Obr. 20 Přetížení výhledového stavu - změny v realizaci + opatření na kanalizaci [37]



Oblasti, kde je kanalizace přetížena i po návrhu opatření, jsou navržena výhledová řešení typu: výstavba dešťové kanalizace nebo zvětšení průměru potrubí. Výstavbou poldru, kam by byly svedeny svodnice z Malého Farského a Strkovského rybníka, by se snížil přítok do Farského rybníka.

MOŽNOSTI NAKLÁDÁNÍ S DEŠŤOVÝMI VODAMI

U stávajících ploch se nepočítá s dalším připojením dešťových vod na jednotnou kanalizaci. Na rozvojových plochách bude prosazováno nakládání s dešťovými vodami v místě vzniku a u stávající zástavby zůstane HDV nezměněné. V závěrečné zprávě jsou obecně uvedena opatření HDV, která se dnes používají.

PRŮZKUM BALASTNÍCH VOD NA JEDNOTNÉ A SPLAŠKOVÉ KANALIZACI

Dílčími cíli průzkumu balastních vod bylo provést dvoudenní noční měření balastních vod na síti, vyhodnotit množství a definovat problematické lokality.

Balastní vody zatěžující stokový systém v Plané nad Lužnicí lze rozdělit do dvou skupin. První zdrojem jsou balastní vody vnikající/přitékající z přirozených povodí v okolí města a druhé vody mají svůj původ v infiltraci netěsnostmi systému uloženého podél řeky Lužnice.

Ve dnech 2. – 4. 7. 2013 mezi půlnocí a čtvrtou hodinou ranní bylo provedeno měření na 39 měrných místech na území města. Při měření v nočních hodinách se předpokládá, že veškeré vody, které protékají stokovou sítí, jsou vodami balastními. Bylo také důležité provést měření ve dnech, kdy neprší a již několik dní nepršelo. Dešťový odtok se může projevit po dobu několika následujících bezdeštných dní.

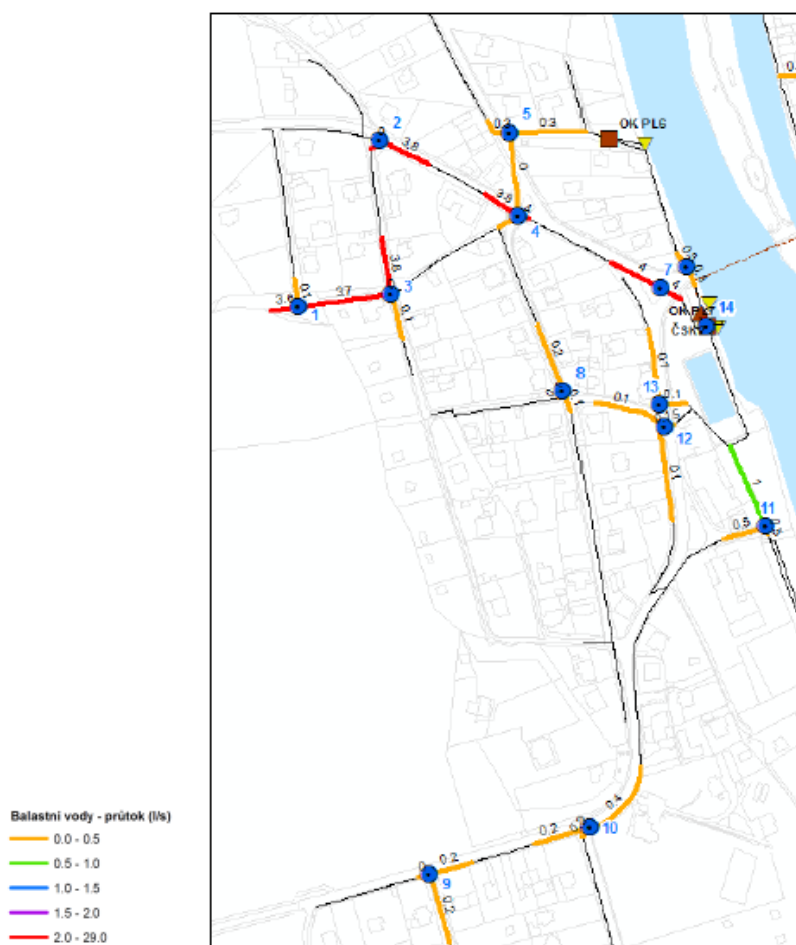
V profilu MP_1 byl zjištěn významný nátok z extravilánového povodí o proměnné intenzitě (Tab. 1), který dále pokračuje na ČS 2, kde se spojí s druhým významnějším přítokem (Obr. 21). Vzhledem k dílčí velikosti povodí, které je zdrojem těchto vod,



lze poměrně obtížně odstranit celý tento zdroj. V úvahu připadá nejbližší odvodnění do vodního toku povrchově nebo výstavbou dešťové kanalizace.

Tab. 1 Souhrnná tabulka s oblastmi zatěžovanými extravilánovými vodami [37]

<u>Lokalita</u>	<u>Množství (l/s)</u>
MP_1, ID 6031228, ulice bezejmenná, Ústrašice	3.6
MP_23, ID 6033442, ulice ČSLA, Na Skalách	0.1



Obr. 21 Oblast Ústrašická [37]

V MP_29 byl zjištěn významný průtok 6,5 l/s (Tab. 2), který byl ale ve velké míře způsoben havárií vodovodní přípojky. Předpokládá se běžný průtok 1,3 l/s. V průběhu měrné kampaně probíhaly stavební práce na protipovodňových opatřeních. Zvýšené množství



infiltrovaných vod bylo prokázáno v okolí drobných vodních toků a řeky Lužnice. Možný vliv na množství můžou mít již zmíněné stavební práce. Každopádně je doporučena postupná rekonstrukce kanalizačních úseků se zohledněním stáří stok. [37]

Tab. 2 Souhrnná tabulka s oblastmi zatěžovanými infiltrací s okolního prostředí [37]

<u>Lokalita</u>	<u>Množství (l/s)</u>
Nátok na ČSK 2 (MP_14,6, oblast Ústrašická)	7.3 (MP_1 – 3.6)
Nátok na ČSK 3 (MP_16,17, oblast Na Břehách)	0.35
Nátok na OK 1 (MP_23, oblast Strkov)	6.2
Nátok do sběrače B (MP_25, střed města)	2
Nátok do sběrače B (MP_29, z ulice ČSLA)	6.5
Uzávěrný profil sběrač B (MP_38, před ČSK 4)	29
Ostatní	0.3

Přítok na uzávěrný profil sběrače B (MP_38, před ČSK 4) byl v nočních minimech změřen na 29 l/s. Vzhledem k velikosti města se zdá průtok nereálně vysoký. Takové množství nepřitéká na ČSK 4 ani během měřených denních průtoků.



5 METODIKA

Metodika popisuje, jak byly zjištěny zdroje balastních vod a jak lze konkrétně minimalizovat jejich množství společně s vodami dešťovými proudícími v jednotné kanalizační síti města Planá nad Lužnicí.

5.1 BALASTNÍ VODY

5.1.1 IDENTIFIKACE ZDROJŮ A VÝPOČET MNOŽSTVÍ ZA ROK 2017

Dle měrné kampaně realizované firmou DHI a.s. v červenci 2013 byly vytipované některé šachty, které by mohly prokazovat vyšší průtok v nočních hodinách. Při přípravě na podzimní měření v roce 2017 byly zvoleny některé stejné šachty a některé nové. Ty nové byly zvoleny na stejné větvi jako ty již vytipované, ale proti směru toku odpadních vod z toho důvodu, aby byl zdroj identifikován přesněji. Celkem bylo stanoveno k měření 6 šachet a 2 čerpací stanice (Příloha 1).

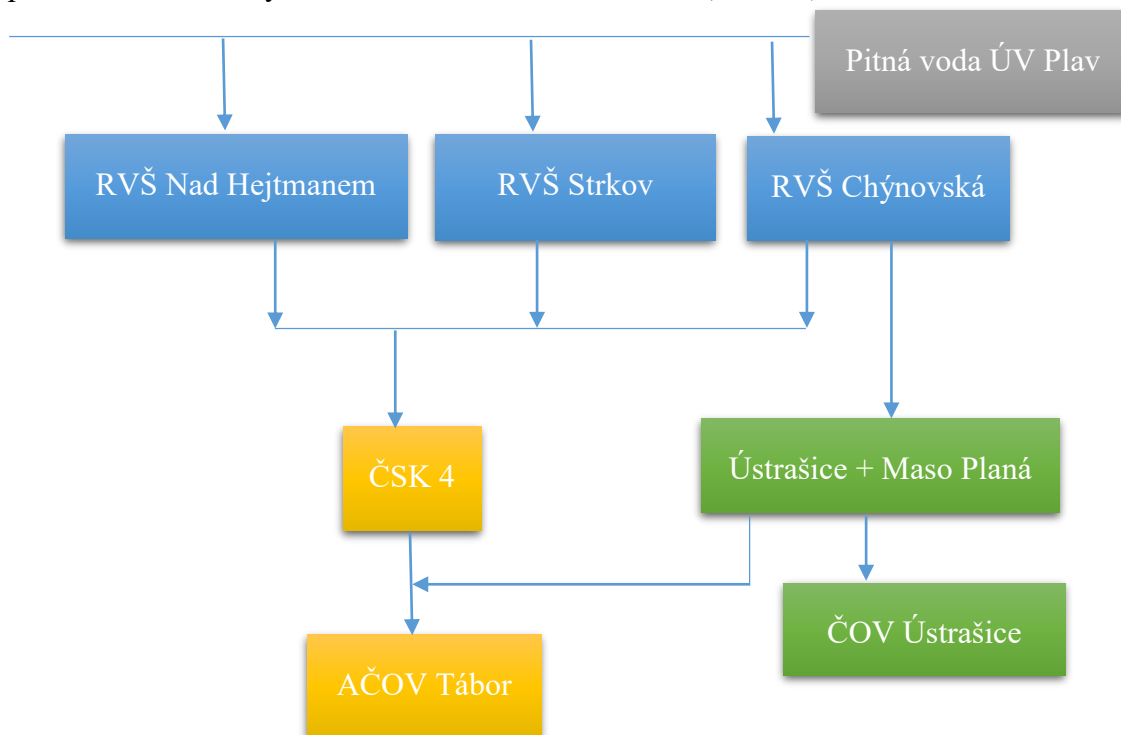
Měření bylo provedeno 27. 11. 2017 v nočních a dopoledních hodinách. Tento den byl zvolen proto, že naposledy pršelo 21. 11. 2017 a předpokládalo se, že obě složky dešťového odtoku (rychlá i pomalá) již odtekly. Zároveň se v podzimních měsících vyskytují deště s nižší intenzitou a srážková voda má čas se infiltrovat do půdních vrstev a tudíž se projeví infiltrované vody v kanalizaci ve větším množství než v letních měsících.

Pro měření průtoku byly použity tři metody. Průtok ve čtyřech šachtách byl měřen pomocí průtočného těsnicího vaku (Obr. 22), na čerpací stanici ČSK 2 – Ústrašická se použila objemová metoda a průtok v ČSK 4 – U VHL byl zjištěn z dat na dispečinku (jediný trvale osazený průtokoměr). Průtok ve dvou zbylých šachtách byl menší ale nikoli zanedbatelný, a proto byla hodnota pouze odhadnuta.



Obr. 22 Měření průtoku průtočným vakem v šachtě u Farského rybníka

Z celkového přítoku do uzávěrného profilu na ČSK 4 byla odečtena aktuální spotřeba vody naměřená na třech vodoměrných šachtách získaných z dispečinku, aby bylo možné stanovit množství balastních vod. Z RVŠ Chýnovská odebírají vodu nedaleké Ústrašice, které mají svoji ČOV, a Maso Planá, které má noční provoz a vypouští odpadní vody do stokové sítě až za čerpací stanici ČSK 4. Odběr z RVŠ Chýnovská, který bude odečten od přítoku na ČSK 4, byl z tohoto důvodu snížen o 50 % (Obr. 23).



Obr. 23 Schéma pro stanovení množství balastních vod



Pro zjištění konkrétního zdroje balastních vod byl použit kamerový průzkum (Obr. 24). Ten se prováděl jak na jednotné tak oddílné dešťové kanalizaci z důvodu napojení na jednotnou. Samotné prohlídce kamerou předcházelo tlakové čištění potrubí (Obr. 25).



Obr. 24 Provádění kamerového průzkumu



Obr. 25 Čistící vysokotlaké vozidlo



Při průzkumu kamerou je nutné zaznamenat veškeré přípojky, trhliny, porušení stěn a dna potrubí. U zjištěných vyšších nátoků při průzkumu a měření se při kamerové prohlídce kladl důraz na možná napojení balastních vod. Z každé kamerové prohlídky se odevzdává protokol.

5.1.2 VÝPOČET MNOŽSTVÍ BALASTNÍCH VOD V LETECH 2015 A 2016

V bakalářské práci Vyhodnocení balastních vod v Plané nad Lužnicí [36] byla vyhodnocena data za rok 2014 a 2015 pomocí metody denních bilancí průtoku. V této práci bylo úkolem vyhodnotit data z minimálních nočních průtoků, které natékaly na ČSK 4 u VHL v roce 2015 (z důvodu porovnání použitých metod) a 2016. Předpokládá se, že v nočních hodinách protékají stokovou sítí pouze vody balastní. Nicméně pro upřesnění výpočtu byly tyto průtoky sníženy o průměrný odběr spotřeby vody v nočních hodinách.

Minimální noční průtoky poskytl vlastník kanalizace VST s.r.o. Na dispečink je každý den odeslaná hodnota minimálního průtoku v nočních hodinách. Z této denní řady průtoků je nutné odebrat nulové hodnoty a hodnoty, kdy je průtok ovlivněn dešťovým odtokem. Ty způsobují zvýšení průtoku v kanalizaci. Pro stanovení datové řady, která nebude započítávána do výpočtu, byl použit následující postup.

Denní přítoky na čerpací stanici byly vykresleny do grafu. Za počátek deště se považoval den, kdy byla srážkoměrem zaznamenaná srážka přesahující 1 mm. Tyto dny byly shodné s nárůstem denních průtoků na čerpací stanici. Konec zvýšeného průtoku nebylo možné jednoznačně určit, avšak pro ohraničení zvýšených hodnot byl považován den, kdy přítok na ČSK 4 klesl na úroveň bezdeštného průtoku. Od této doby se předpokládalo, že průtok již neovlivňovaly deště, ale pouze infiltrace společně s průtokem splaškových vod.

Ze zbylých dat byl spočten průměrný průtok v nočních hodinách v l/s. Pro stanovení procentuálního zastoupení balastních vod v celkovém bezdeštném přítoku odpadních vod na ČSK 4 bylo nezbytné přepočíst průměrný průtok v nočních hodinách na průměrný denní průtok balastních vod v m³/den. Přepočet se prováděl na základě předpokladu, že stejné množství balastních vod, které protékají kanalizací v noci, protéká i během dne.



Průměrný denní průtok balastních vod byl žádoucí pro finální stanovení finanční návratnosti v letech a pro porovnání s daty z předchozích let vypočtených pomocí jiné metody.

5.1.3 NÁVRH JEDNOTLIVÝCH OPATŘENÍ

Jak bylo již uvedeno v rešerši, lze identifikovat bodové nebo difuzní zdroje balastních vod. Jednotlivá řešení vycházejí ze zjištění konkrétních zdrojů a množství balastních vod. Opatření v této práci se zaměřují zejména na bodové zdroje balastních vod. Návrhy na snížení balastních vod vycházejí z rešerše, kde jsou popsána možná řešení prováděná na stokové síti v České republice i zahraničí. Na vědomí se při návrhu berou i doporučení od provozovatele a finanční stránka opatření.

Pokud se při kamerovém průzkumu zjistilo plošné poškození, přistoupilo se k návrhu vhodné sanace potrubí. Při identifikaci bodového zdroje se přistupovalo poněkud odlišně. Nutné je zdroj podchytit (řešení nepovoleného napojení vod není předmětem této práce) a pokud to umožňují podmínky, vodu využívat.

V řadě případů je efektivnější a finančně dostupnější zdroj podchytit a svést dešťovou kanalizací nebo svodnicí do řeky. Při návrhu výstavby potrubí v nové trase byla brána v úvahu především morfologie terénu a majtkové poměry. Tam, kde to bylo možné, se dala přednost povrchovému svedení do řeky pomocí svodnic nebo žlábků. Řešení je finančně výhodnější a zejména podporuje výpar.



5.1.4 EKONOMICKÉ POSOUZENÍ, PŘÍNOSY A DOBA NÁVRATNOSTI

Orientační rozpočet nového potrubí byl stanoven na základě tabulkových hodnot (Tab. 3) z Metodického pokynu pro orientační ukazatele výpočtu pořizovací ceny objektů. [38] Cena 1 metru odvodňovacího žlábků včetně pokládky je 4 030,- Kč. [39] [40] Dle potřeb provozovatele byly finančně vyhodnoceny pouze pokládky nového potrubí či odvodňovacích žlabů včetně navýšení o 20 % jako případná finanční rezerva. Do rozpočtu nebyly zahrnuty případné přeložení informačních sítí a další úpravy spojené s výstavbou daných opatření. Pokud bylo možné řešit situaci více než jedním způsobem, jsou navržena i jiná možná řešení, která jsou následně finančně porovnána z hlediska návratnosti.

Tab. 3 Měrný cenový ukazatel typového objektu stoky kruhové včetně pokládky a zemních prací [35]

DN	materiál potrubí					
	železobeton, sklolaminát		kamenina		PVC, PE	
	z ⁷⁾	n ⁸⁾	z	n	z	n
mm	C _{mu} v Kč/bm potrubí					
250	6710	5260	6740	5280	5750	4280
300	7360	5830	7130	5620	6410	4880
400	8290	6690	8410	6810	7240	5640
500	9110	7440	9980	8350	8290	6620
600	10380	8640	11220	9500	9690	7950
800	13230	11420	17290 ^{x)}	15500 ^{x)}	14660	12850 ^{xx)}
1000	16010	14130	24480 ^{x)}	22590 ^{x)}	18370	16490 ^{xx)}
1200	19250	17290				
1400	22910	20880				

Doba návratnosti vyjadřuje počet let, kolik je potřeba k zaplacení výstavby systému bez provozních nákladů. Myšlenka pro náklady na provoz je taková, že po odpojení balastních vod z jednotné kanalizace, která je provozována, se provoz přenesse na nové potrubí čítající právě odpojené množství balastních vod. Pro zjištění finanční návratnosti bylo nutné vypočítat, kolik stojí 1 m³ odpadní vody vyčerpání na čistírnu a vyčistit. Zaplacená roční částka distributorovi elektrické energie pro potřebu čerpání byla zjištěna od vlastníka kanalizace a dle již známého množství čerpaných vod bylo možné stanovit potřebnou cenu pro čerpání 1 m³ odpadní vody. K tomu byla připočtena ještě částka, za kterou se vyčistí 1 m³ odpadní vody na AČOV v Táboře. V ceně čerpání nebyla započtená částka



na pravidelnou údržbu čerpadel a jiných zařízení. Odpadní vody na levém břehu řeky jsou čerpány v ČSK 2. Pro stanovení nákladů na vyčerpání 1 m³ odpadní vody nejsou k dispozici potřebné materiály. Cena je stanovena na základě úvahy, že čerpací stanice čerpá 25 % odpadních vod z celkového množství ve městě a náklady na elektrickou energii jsou také zjištěny od vlastníka. Návratnost se počítala jednoduše pomocí roční úspory bez uvažování opotřebení.

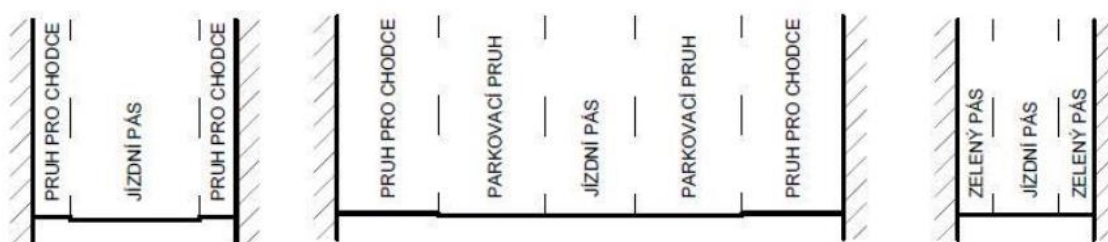
5.2 DEŠŤOVÁ VODA

5.2.1 KATEGORIZACE ÚZEMÍ

Na základě průzkumu terénu byla zjišťována možnost hospodaření s dešťovými vodami z důvodu snížení jejich množství v jednotném kanalizačním systému. Potenciál vykazovaly místní komunikace, budovy ve vlastnictví města Planá nad Lužnicí i rodinné domy.

Komunikace

Srážková voda odtékající z komunikací je sváděna do jednotné kanalizace. Pouze některé úseky silnic jsou svedeny do dešťové kanalizace a vsakování je podporováno jen na části území. Pro návrh HDV opatření bylo nutné zařadit veškeré místní komunikace do kategorií podle příčného profilu. Jednotlivé kategorie pro potenciál hospodaření s dešťovými vodami byly použity z diplomové práce Jakuba Knapa (Obr. 26). [41] Při osobním průzkumu se braly v potaz počty jízdnic pruhů, zatravněné pásy, chodníky, parkovací pruhy, materiál komunikací a výška obrubníku.



Obr. 26 Nejčastěji vyskytující se typy příčného profilu komunikace (typ B, typ E a typ F)



Rodinné domy

Pro návrh HDV opatření byl vybrán rodinný dům, který svými parametry společně se zahradou zastupuje většinu ze 465 rodinných domů v Plané nad Lužnicí. Vzorový dům musel mít téměř shodnou plochu, materiál a tvar střechy, plochu zahrady a umístění vzhledem k řece jako většina rodinných domů ve městě.

Městské budovy

Pro snížení množství dešťových vod v jednotné kanalizaci byly vybrány budovy ve vlastnictví města Planá nad Lužnicí, které s dešťovými vodami ze střech nijak nehospodaří ani je nevypouští do dešťové kanalizace. Při řešení potenciálu HDV hrály důležitou roli tyto aspekty: vhodný pozemek pro umístění HDV zařízení, povrch terénu, hladina podzemní vody, množství srážkové vody a přítomnost dešťové kanalizace.

5.2.2 NÁVRH A DIMENZOVÁNÍ JEDNOTLIVÝCH ZAŘÍZENÍ

Komunikace

Průzkumem byly komunikace rozděleny do jednotlivých kategorií. Pro komunikace byly obecně doporučeny možnosti hospodaření s dešťovou vodou. Přihlédnuto bylo převážně k umístění HDV prvku, sklonovým poměrům, materiálu povrchu vozovky i chodníku. Z doporučení nevyplývá přeložení informačních sítí a vykácení stromů a keřů.

Rodinné domy

Jako HDV opatření na soukromých pozemcích s rodinným domem byla navržena akumulční nádrž, kde se bude zadržovat dešťová voda ze střech a následně využita na zalévání zahrad. Akumulční nádrž byla navržena na srážky vyskytující se ve vegetačním období roku 2016 v Jihočeském kraji, tj. duben až říjen ($h = 494$ mm).

Prvním úkolem v dimenzování akumulční nádrže bylo spočítat množství vody, které oteče ze střechy rodinného domu ve vegetačním období.



$$W_1 = A_{red} \cdot h \quad (1)$$

A_{red} redukována plocha střechy = $A \cdot \psi$ (A = plocha střechy, ψ = součinitel odtoku, pro šikmé = 0,9) [m^2]

h srážkový úhrn ve vegetačním období [m]

Dále bylo třeba spočítat množství vody potřebné pro zálivku. Potřeba na zalévání se v podmínkách ČR uvažuje 25 l/m^2 /týden. Po přenásobení vegetačním obdobím (31 týdnů) vychází potřeba 775 l/m^2 . Tuto potřebu z větší části pokryje objem dešťové vody, která spadne přímo na zelenou plochu ve vegetačním období, konkrétně to je 494 l/m^2 . Zbytek, tedy 281 l/m^2 , je třeba dodat z jiného zdroje. Ze známé plochy zeleně A_z se následně vypočte množství vody potřebné pro zálivku z akumulace W_2 .

$$W_2 = A_z \cdot q_z \quad (2)$$

A_z plocha zeleně [m^2]

q_z potřeba pro zálivku z jiného zdroje než z dešťové vody přímo spadlé na zelenou plochu [l/m^2]

Akumulační nádrž se navrhuje na menší objem W_{min} z obou spočtených (W_1 a W_2) podle rovnice:

$$AN = 0,098 \cdot W_{min} \quad (2)$$

0,098 třítydenní akumulace dešťových vod v nádrži ve vegetačním období, $21/214 = 0,098$ [-]

Městské budovy

U návrhu HDV zařízení u městských budov bylo počítáno se vsakovacím zařízením. V nevhodných podmínkách pro vsakování byla navržena dešťová kanalizace se svedením do řeky. Nevhodné vsakovací podmínky byly u budov, které se nacházejí v blízkosti řeky a hladina podzemní vody dosahuje úrovně 1 až 1,5 m pod terénem.



Vsakovací prvky

Většinu podloží v zájmové lokalitě tvoří písčito-hlinité podloží. Pro návrh vsakovacích zařízení je doporučeno pro písčito-hlinité podloží použít orientační hodnotu koeficientu vsaku $k_v = 1 \cdot 10^{-4}$ m/s. Podloží je velmi vhodné pro zasakování, pokud se nachází hladina podzemní vody aspoň 1 m pod dnem vsakovacího zařízení. Proto byla vsakovací zařízení navržena u budov nacházející se alespoň 60 m od řeky.

U budov byla vypočtena redukovaná plocha střechy A_{red} pomocí vzorce (1), kde byla plocha střechy získána z katastru nemovitostí. Po prostudování přilehlých pozemků a jejich vlastníků byla vytipována potenciálně vhodná místa pro HDV opatření. Tato místa se nachází co nejbližší odvodňované ploše, aby při sklonu potrubí 0,3 % nemuselo být HDV opatření výrazně zahloubené a tím by ani nenarušilo estetický prostor veřejné zeleně. Pokud se vsakovací prvek bude nacházet na původní trase mezi dešťovým svodem a vypouštěním dešťové vody do kanalizace, výhodou budou snížené náklady na budování bezpečnostního přepadu z HDV opatření do kanalizace stávajícím potrubím.

Pro dimenzování HDV prvku bylo nutné znát srážkové úhrny pro danou lokalitu. Pro tuto práci byly použity návrhové srážky z ČSN 75 9010 [28] stanovené pro lokalitu Tábor (Tab. 4). HDV prvky se většinou navrhují na pětiletý déšť, proto byla použita data s návrhovou periodicitou $p = 0,2$.

Tab. 4 Návrhové úhrny srážek pro lokalitu Tábor [28]

Místo	Nadmořská výška [m n. m.]	Periodicita p [-]	Doba trvání srážek t_c [min]							
			5	10	15	20	30	40	50	60
Tábor	441	0,2	11,9	16,4	18,4	19,7	21,8	23,2	25,1	28,6
		0,1	13,8	19,1	21,4	23,2	25,6	27,1	29,4	33,5

Pro každou dobu trvání byl spočten potřebný objem vsakovacího zařízení V_{VZ} dle vzorce (5).

$$V_{VZ} = \frac{h_d}{1000} \cdot (A_{red} + A_{vz}) - \frac{1}{f} \cdot k_v \cdot A_{vsak} \cdot t_c \cdot 60 \quad (5)$$

H_d návrhový úhrn srážek [mm]

A_{vz} plocha vsakovacího prvku = $(0,1 - 0,3) \cdot A_{red}$ [m²]



f součinitel bezpečnosti vsaku = 2

t_c doba trvání srážky [min]

Na největší retenční objem vsakovacího zařízení, bylo navrženo HDV opatření. Následně byla spočtena i hloubka vsakovacího prvku, která nesměla překročit 0,5 m, aby nemuselo být osazeno zábradlí nebo jiné bezpečnostní prvky podél opatření. Pro kontrolu byla vypočtena doba prázdnění vsakovacího zařízení T_{pr} dle vzorce (6), která nesměla překročit hodnotu 72 hodin.

$$T_{pr} = \frac{V_{VZ}}{Q_{vsak}} \quad (6)$$

$$Q_{vsak} = \frac{1}{f} \cdot k_v \cdot A_{vsak} \quad (7)$$

Dešťová kanalizace

U budov, kde nebylo možné z nějakého důvodu navrhnout vsakovací prvek, byla navržena dešťová kanalizace. Většina míst, která nebyla vhodná pro vsakování, se nachází podél řeky Lužnice, kde je vysoko hladina podzemní vody. V úvahu by přicházelo pouze retenční zařízení pro zpomalení odtoku do řeky. Většina dešťové kanalizace byla navržena jako PVC 300 a svedena do řeky přes pozemky města. Navržená délka dešťového potrubí byla změřena orientačně z Mapy.cz od dešťového svodu do řeky, případně do již stávajícího dešťového potrubí. Dešťové vody budou převážně ze střech, a proto nebude dle informací provozovatele vyžadován poplatek za vypouštění vod a ani předčištění.

5.2.3 EKONOMICKÉ POSOUZENÍ, PŘÍNOSY A DOBA NÁVRATNOSTI

Komunikace

Opatření na komunikacích bylo navrženo typově, ale nebylo vyčísleno ekonomické posouzení. Po navržených opatřeních, respektive změně povrchu komunikací byla posouzena efektivita. Celkový součinitel odtoku byl vypočten váženým průměrem



s uvážením zastoupení jednotlivých ploch v profilu. Pomocí současných a navržených součinitelů odtoku byl procentuálně stanoven rozdíl ve změně povrchového odtoku.

Rodinné domy

Bylo třeba spočítat náklady N_1 , které budou ušetřeny, pokud se pro zalévání zahrady použije dešťová voda z akumulční nádrže oproti pitné vodě z vodovodního řadu. Předpokladem pro vzorový dům byla absence vlastního zdroje pitné vody a osazený závlivkový vodoměr. Pro výpočet nákladů na pitnou vodu bylo třeba znát cenu vodného, která se zaplatí za vodu potřebnou pro závlivku při absenci jakékoliv akumulace dešťové vody dle vzorce (8). Cena za vodné V je uvedena v Tab. 5.

Tab. 5 Ceny vodného a stočného včetně DPH [57]

Cena pro vodné		Cena pro stočné		Celkem	
bez DPH	včetně DPH	bez DPH	včetně DPH	bez DPH	včetně DPH
41,15	47,32	39,47	45,39	80,62	92,71

$$N_2 = W_2 \cdot V \quad (8)$$

N_2 náklady na pitnou vodu z řadu při absenci akumulčního zařízení [Kč]

W_2 množství potřebné vody pro závlivku za celé vegetační období [m^3]

V cena za vodné včetně DPH [$\text{Kč}/\text{m}^3$]

Poté byly spočteny roční náklady, které budou odváděny při realizaci HDV opatření. Za užívání dešťové vody pro závlivku z akumulční nádrže se nebude platit nic, ale bylo nutné spočítat, kolik bude stát závlivka pro zahradu, pokud nevystačí množství vody v AN podle vzorce (9). Pořizovací náklady na akumulční nádrž byly zjištěny z ceníku dodavatele akumulčních nádrží (Tab. 6).

$$N_1 = (W_2 - W_1) \cdot V \quad (9)$$

N_1 náklady při realizaci akumulční nádrže [Kč]

W_1 množství vody, která oteče ze střechy za vegetační období [m^3]



V cena za vodné včetně DPH [Kč/m³]

Tab. 6 Nabídka plastových akumulčních nádrží [58]

objem nádrže [l]	pořizovací cena [Kč]
3 000	24 684,-
4 500	30 734,-
6 000	33 154,-

Je počítáno, že pořizovací náklady budou z poloviny dotovány státem popř. městem formou dotací. Planá nespadá do suchých oblastí v programu Dešťovka. Pokud by nebyla přiznaná dotace v rámci programu Dešťovka, počítá se se spolufinancováním města. Poté je spočtena doba návratnosti při realizaci akumulční nádrže. V prvním roce je samozřejmě počítáno s pořizovacími náklady na nádrž i čerpadla, v ostatních letech už jen s náklady na vodné při nedostatku akumulované dešťové vody pro zálivku. Vzhledem k předpokladu, že si bude majitel AN spravovat nádrž sám, budou ho zatěžovat pouze nároky na čas, ale nikoli na finance.

Městské budovy

Pro každou střechu popř. přilehlý zpevněný pozemek ve vlastnictví města bez HDV opatření byl spočten objem dešťové vody a následně byla vyčíslena cena za odvádění srážkové vody do kanalizace dle Tab. 7, která obsahuje mj. položku na čerpání a čištění této vody na AČOV.

Tab. 7 Cena za odvádění srážkové vody do kanalizace [57]

Pohyblivá složka		Pevná složka		Celkem	
bez DPH	včetně DPH	bez DPH	včetně DPH	bez DPH	včetně DPH
39,47	45,39	6,44	7,41	45,91	52,80

Zároveň byly spočteny náklady na jednotlivá navržená opatření včetně 20 % na rezervy při realizaci. Opět zde není počítáno s provozními náklady na HDV zařízení



a provoz dešťového potrubí je uvažován stejně jako v kapitole balastních vod této práce. Cena potrubí je spočtena dle Tab. 3 a vsakovací prvky podle ceny za 1 m³ navrženého objemu, která byla orientačně stanovena na 10 658,- Kč [42]. Závěrem byla spočtena doba návratnosti. Do 15 let byla návratnost považována za přijatelnou.

5.2.4 POROVNÁNÍ ZATÍŽENÍ STOKOVÉ SÍTĚ MATEMATICKÝM MODELEM

Jak se změní zatížení stokové sítě v Plané nad Lužnicí po realizaci navržených opatření, bylo zjištěno využitím matematického modelu poskytnutého VST, s.r.o.

V povodí zatíženém roční řadou dešťů v roce 2015 byla provedena kontinuální simulace pro celý rok s využitím modelu z generelu kanalizace pro výhledový stav. Současný stav je namodelován podle skutečnosti již v roce 2005 a bylo tedy počítáno s výhledovým stavem. Navržené odpojení ploch je uvažováno jako dlouhodobý proces. Provedeny byly dvě simulace. V první byly ponechány všechny plochy tak, jak bylo počítáno ve výhledovém stavu. A v druhé simulaci byly odpojeny navržené nepropustné plochy.

Z celkové plochy zpevněných povrchů na jednotlivých povodích byly odebrány střechy budov ve správě města společně s přílehlými zpevněnými plochami. Dle uvážení byl snížen celkový počet nepropustných ploch, který zahrnuje mj. střechy rodinných domů a komunikace. Procentuální snížení vychází z realistických myšlenek pro HDV opatření a výměnu materiálu komunikací.

Výsledkem byla roční změna množství odpadních vod naměřených na ČSK 4 a zároveň i změna přepadů z odlehčovacích komor za rok.

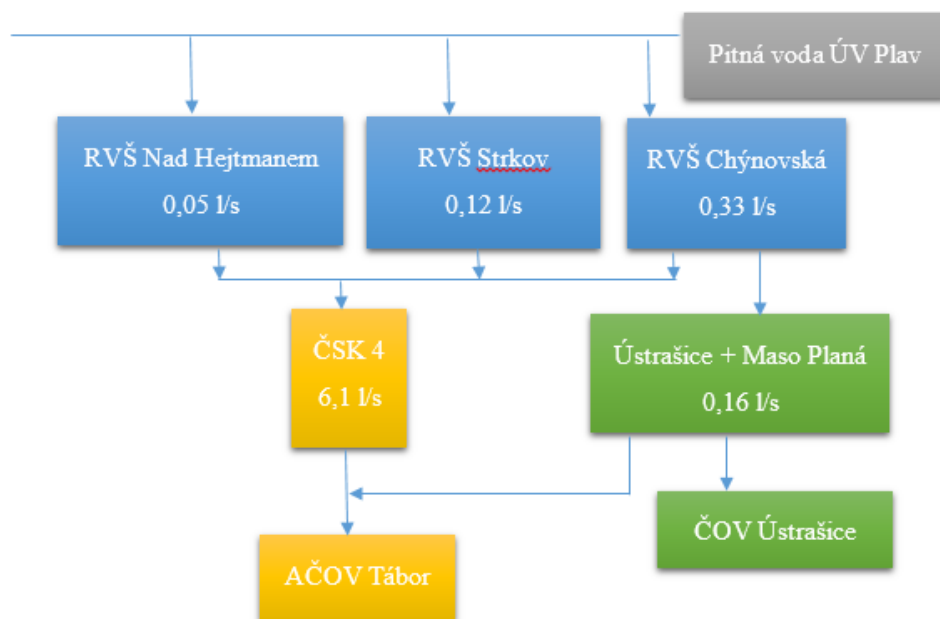


6 VÝSLEDKY A DISKUZE

6.1 BALASTNÍ VODY

6.1.1 IDENTIFIKACE ZDROJŮ

Měření na dvou čerpacích stanicích byla pouze informativní na množství průtoku. Celkem na čerpací stanici ČSK 4 přitékalo v noci 6,1 l/s. Po odečtení průtoku zaznamenaných na všech RVŠ v Plané nad Lužnicí (dle schématu na Obr. 27), protéká na tomto uzávěrném profilu 5,77 l/s balastních vod. Z toho 1,6 l/s natéká z části města na levém břehu řeky Lužnice. Tři měření byla provedena na dešťové kanalizaci a tři na jednotné kanalizaci (Příloha 1). Konkrétně bylo identifikováno celkem 31 % ze všech možných zdrojů na stokové síti. Fotografie měrných profilů jsou uvedeny v Příloze 2, fotky byly ale pořízeny o 14 dní později než průzkum.



Obr. 27 Schéma pro stanovení množství balastních vod s konkrétními hodnotami

V šachtě MP 3 (jednotná kanalizace) byl nalezen bodový zdroj o průtoku 0,4 l/s. Jedná se o odtok z již zrušeného malého rybníka, do kterého jsou zaústěny vody z lesní vodoteče. V požeráku na odtoku z rybníka jsou osazeny česle.

V MP 4 (jednotná kanalizace) byl změřen průtok 0,1 l/s. Směrem, ze kterého přitéká přípojka do šachty, se nachází soukromý rybníček. Ten je zřejmě napojen na kanalizaci.



Průtok měřený v MP 5 (jednotná kanalizace) dosahoval hodnoty 0,35 l/s, proto byl zde proveden kamerový průzkum. Ten ukázal, že stoka vedoucí boční soudkou ulice Příčná nezačíná dle map před domem s č.p. 817, ale začíná již někde na pozemku p.č. 368/1. Pro nezpevněné dno v šachtě spojující známý a neznámý úsek není možné provést kamerový průzkum do neznámé šachty.

Nejvyšší zjištěný přítok byl 0,65 l/s v MP 6 (dešťová kanalizace). Použitím kamerového průzkumu byl identifikován levostranný nátok v blízkosti Farského rybníka (Obr. 28). V hrázi rybníka se nenachází viditelný odtok do kanalizace. Největším problémem je ale fakt, že je tato dešťová kanalizace napojena právě v šachtě MP 6 na jednotnou kanalizační síť.



Obr. 28 Identifikovaný zdroj v dešťové kanalizaci u Farského rybníka

Průtok v šachtě MP 7 (dešťová kanalizace) byl pouze odhadnut na množství 0,2 l/s. Přítok vod je zřejmě způsoben napojenými drenážemi z drážního tělesa. V této šachtě se nachází dešťová přípojka, která nebyla svedena do dešťové kanalizace vedoucí souběžně se železniční tratí.



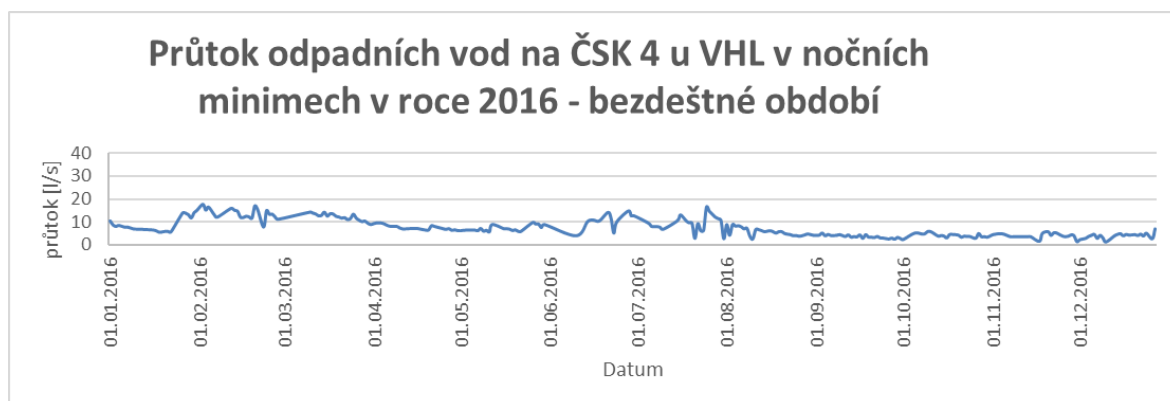
Do MP 8 (dešťová kanalizace) přitéká cca 0,1 l/s, který byl také pouze odhadnut. Dešťová kanalizace vedoucí za rodinnými domky je také napojena na jednotnou.

Pokud budeme považovat den měření jako den průměrný na hodnoty průtoku, byl by v roce 2017 denní průtok balastních vod na ČSK 4 u VHL 499 m³.

6.1.2 VÝPOČET MNOŽSTVÍ ZA ROK 2016

Na území města vykazoval srážkoměr hodnotu 486 mm srážek za rok 2016. Oproti ročnímu průměru z dat ČHMÚ jsou data s plánského srážkoměru o 200 mm nižší [43]. Srážkoměr v Plané není vytápěn, tudíž neměří srážku způsobenou sněhem. Při vyhodnocování množství balastních vod v nočních minimech v roce 2016 bylo z roční řady vyjmuto 75 dní, kdy byl zvýšený průtok způsoben dešťovými událostmi. Dalších 11 dní bylo vyjmuto z důvodu chybného měření a velmi vysoké hodnoty (až šestinásobky) přitékaly na ČSK 4 v období od 29.2. do 9.3. 2016, které se do průměrného nátoku také nepočítaly. Dle teplotních dat dostupných z ČHMÚ přišla koncem února jarní obleva a začal tát sníh při teplotách kolem +9°C. Proto byl výrazně zvýšen průtok odpadních vod ve stokové síti.

Ze zbylých 270 dní byl stanoven průměrný průtok odpadních vod, který byl snížen o průměrný odběr v nočních hodinách 0,5 l/s. Výsledkem je 7,2 l/s a po převedení na průměrný denní průtok balastních vod 622 m³/den (Obr. 29).



Obr. 29 Minimální průtok odpadních vod na uzávěrném profilu v nočních hodinách



Pro porovnání dat v následující kapitole byla stejným způsobem vyhodnocena data z minimálních nočních průtoků v roce 2015. Srážková data za rok 2015 byla vyhodnocena již v bakalářské práci. Roční srážkový úhrn činil 499 mm a celkem bylo vyřazeno 103 dní. Minimální noční průtoky činily 6,0 l/s a v denním průtoku balastních vod 520,7 m³/den.

6.1.3 VYHODNOCENÍ TRENDŮ

V následující tabulce (Tab. 8) jsou uvedeny všechny spočtené průtoky z bakalářské [36] i této diplomové práce.

Tab. 8 Výsledky stanovení balastních vod za roky 2014, 2015 a 2016

	roční úhrn srážek [mm]	průtok odpadních vod na ČSK 4 za bezdeštného období [m ³ /den]	balastní vody z dlouhodobých bilancí [m ³ /den]	zastoupení balastních vod v celkovém nátoku na ČSK 4 odpadních vod počítaných z dlouhodobých bilancí [%]	balastní vody z minimálních průtoků [m ³ /den]	zastoupení balastních vod v celkové nátoku na ČSK 4 odpadních vod počítaných z minimálních průtoků [%]
2014	507	2059	1620	79	-	-
2015	499	1369	927	68	521	38
2016	486	1663	-	-	622	37

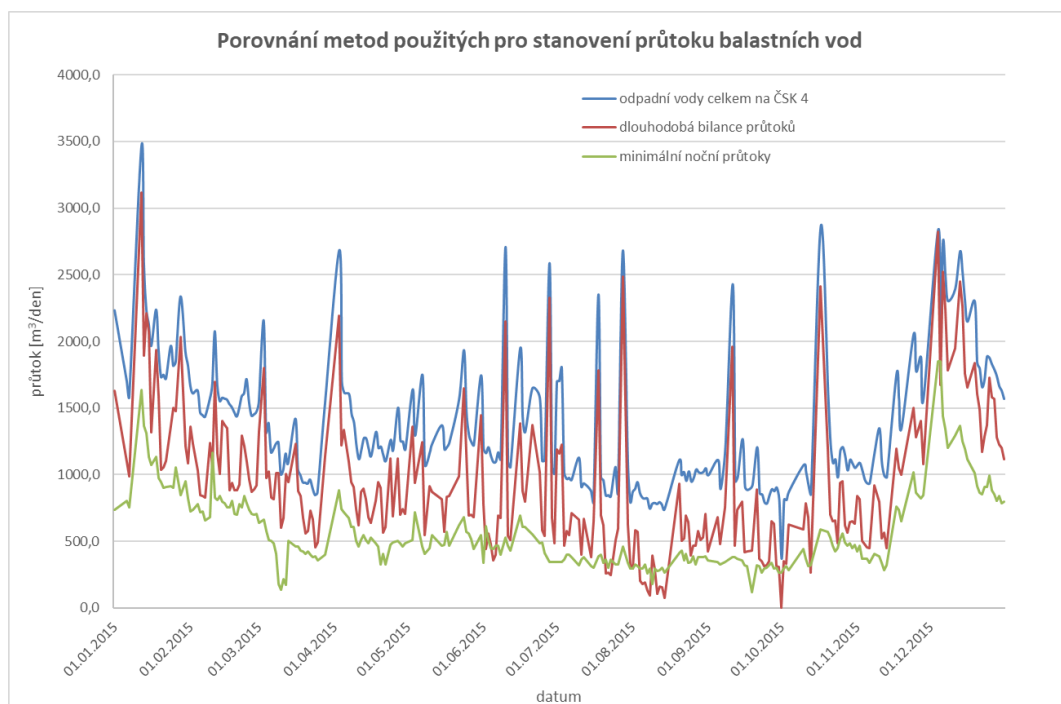
Z již předchozích sledování a výsledků je podíl balastních vod velmi vysoký. Dle normy ČSN 75 6401 [17] by na ČOV mělo z celkového množství odpadních vod natékat max. 15% vod balastních. Odpadní vody z Plané přitékají na AČOV do Tábora, kde bylo v roce 2016 vyčištěno 3 812 488 m³ vody. Balastní vody pouze z Plané činily v tomto roce



7,5 % z celkového množství na AČOV, kde napojení obyvatelé tvoří pouze 15 % ze všech napojených obyvatel.

V roce 2014 bylo množství balastních vod na ČSK 4 vyšší než v letech následujících. V roce 2015 se zřejmě projeví důsledky opatření provedených u Farského rybníka, kde byla kanalizace přeložena z původní trasy vedoucí společně s odtokem z rybníka.

Pokud porovnáme obě metody (Obr. 30) pro stanovení balastních vod v roce 2015, je rozdíl 30 % a více balastních vod přitéká během dne. Za přesnější metodu je obecně považována metoda nočních průtoků, ale zde je pravděpodobné, že měřicí přístroj (průtokoměr na ČSK 4) vykazuje nepřesnosti v měření nízkých průtoků. Zároveň je možné, že část rozdílu tvoří denní nátoky od obyvatel v rodinných domcích, kteří mají vlastní zdroje pitné vody a nevykazují vypouštění splaškové vody do kanalizace. Při zvážení této možnosti s uvažováním spotřeby vody 100 l/os/den vychází, že 3 630 EO používá vodu z jiného zdroje a vypouští ji neoprávněně do kanalizace. Vzhledem k počtu obyvatel v Plané (4 028 obyvatel) je možnost, že je spíše neoprávněně napojena některá firma nebo ubytovací zařízení, kde je větší spotřeba vody na jednoho zaměstnance/lůžko.



Obr. 30 Rozdíly v průtocích naměřených různými metodami



6.1.4 NÁVRH JEDNOTLIVÝCH OPATŘENÍ

Řešení pro jednotlivé MP jsou znázorněny v mapách v Příloze 3.

MP 3 – Rybník – Zahradní

Nejvhodnějším řešením je svést tento vydatný bodový zdroj dešťovou kanalizací do vodoteče. Po konzultaci s provozovatelem bylo doporučeno nevést novou dešťovou kanalizaci v trase jednotné kanalizace, protože právě ta je vedena po soukromých pozemcích vzhledem ke spádovým podmínkám. Nová trasa povede v tělesech místních komunikací, ale počátečních 130 m se povede proti sklonu komunikace s výraznějším zahloubením. Při uvážení minimálního sklonu potrubí, hloubky založení a převýšení bude v délce 130 m od zdroje hloubka založení cca 4,5 m. Výpust' do řeky bude situována na levém břehu řeky Lužnice za mostem. Celkem bude mít navržené potrubí PVC 300 délku 474 m.

MP 4 – Pionýrská 198

Zdrojem je pravděpodobně bodový nátok ze zahradního rybníčku. Odtok by neměl být zaústěn do jednotné kanalizace, pokud k tomu nemá vlastník rybníka povolení. Návrh na odpojení tohoto méně vydatného bodového zdroje je svést vody do řeky. Prvních 50 m bude muset vést v potrubí PVC 250 kvůli spádovým podmínkám a dalších 250 m povede podél komunikace žlábkem do řeky. Odvodňovací žlab bude z polymerického betonu.

MP 5 – Příčná č.p. 153 (soudka)

Při kamerovém průzkumu nebylo možné dokončit prohlídku kvůli nezpevněnému dnu v šachtě, která je zakrytá. Vhodné by bylo tuto šachtu nalézt a provést kamerový průzkum i do části kanalizace, která není zakreslená v mapě. I přesto ale bude zřejmě původ vod z drenáží podél železniční trati. Nenachází se zde pozemek vhodný pro vsakování nebo retenci těchto vod a tak bude nejvhodnější výstavba nové dešťové kanalizace PVC 300 v délce 140 m. Ta bude napojena na nově navrženou dešťovou kanalizaci popsanou níže (viz MP 7). Dešťová stoka povede v tělese komunikace souběžně se stokou splaškovou.

MP 6 – Farský rybník – dešť. kanal. ČSLA č.p. 515

Do této šachty přitékají vody z dešťové kanalizace a míchají se s vodami z jednotné kanalizace. Vzhledem k vysoké hladině podzemní vody a blízké vzdálenosti rybníka není



vhodné vodu vsakovat. Nejlepším řešením je vybudovat dalších 45 m dešťové kanalizace, která bude tyto dešťové vody svádět do odtoku z Farského rybníka. Materiál bude použit stejný jako ve stávající dešťové kanalizaci, tedy BE 300.

MP 7 – Drenáže od podchodu ČD – Husova č.p. 839

Řešením v této lokalitě je přepojit přípojku směřující od železniční trati na dešťovou kanalizaci, která vede podél trati. A zároveň tuto stávající dešťovou kanalizaci odpojit od jednotné a souběžně s ní vést nové potrubí do řeky Lužnice. S přihlédnutím na hladinu podzemní vody a příčný řez komunikace není možné svádět vodu do řeky povrchově ani zpomalit její odtok. Přepojení bude ze stejného materiálu jako stávající dešťové potrubí, tedy PVC 300 v délce 15 m a nové souběžné potrubí položené v tělese komunikace bude v PVC 400 dlouhé 345 m. PVC 300 bude křížit komunikaci jednou a PVC 400 dvakrát. Tímto opatřením nejen, že odvedeme balastní vody z ulice Husova a Příčná (MP 5), ale i právě dešťové vody z ulice Nádražní.

MP 8 – Dešťová kanalizace Nová ul. č.p. 685

Nejvhodnějším řešením je HDV opatření na soukromých pozemcích. V blízkosti se nenalézá vhodný městský pozemek pro vsakování ani retenci. Možná je i výstavba dešťové kanalizace PVC 300 v délce 250 m, která by sváděla i další dešťové vody z části za železnicí. HDV opatření, jež by mohlo být realizováno na jednotlivých pozemcích je akumulární nádrž pro zálivku (viz kapitola 5.2.2 – rodinné domy).

Opatření byla zvolena na základě konzultace s provozovatelem stokové sítě. Většinou se jedná o výstavbu nových dešťových kanalizací, které jsou svedeny do řeky. Dle provozovatele nebudou v této lokalitě žádány poplatky spojené s vypouštěním vod do vodoteče. 69 % zdrojů balastních vod nebylo konkrétně identifikováno. Nátok na ČSK 2 byl 1,6 l/s a sem natékají vody z MP 3 (0,4 l/s) a MP 4 (0,1 l/s). Víme tedy, že na levobřežní části města zbývá identifikovat 1,1 l/s. A stejnou úvahou dojdeme k neznámým zdrojům balastních vod na pravém břehu řeky Lužnice, které tvoří 2,86 l/s.

Hlavní pobřežní sběrač vedoucí podél řeky Lužnice je ocelový s obetonováním. I přesto, že je uložen pod hladinou vody v řece, není pravděpodobné, že vody infiltrují



do kanalizace ve větším množství. Část neidentifikovaných zdrojů balastních vod je zřejmě stejného původu jako již identifikované, tedy menší bodové nátoky (0,1 až 0,2 l/s) poblíž zelených ploch. Z důvodu časového nedostatku provozovatele nebyly tyto zdroje prozatím dohledány a nejsou tak součástí této práce. Infiltraci podzemní vody není možné identifikovat, ale vzhledem ke stáří některých stok by bylo vhodné provést sanaci potrubí.

6.1.5 ENVIRONMENTÁLNÍ A EKONOMICKÉ POSOUZENÍ, PŘÍNOSY A NÁVRATNOSTI

Za spotřebovanou energii (61 018 kWh) při provozu čerpadel v roce 2016 na ČSK 4 bylo zaplacen 170 000,- Kč. Celkem přiteklo na tento měrný profil za rok 688 657 m³. Náklady na vyčerpání 1 m³ odpadní vody jsou tedy 0,25,- Kč a vyčištění 1 m³ odpadní vody na AČOV činí 11,51,- Kč. Celkové náklady na 1 m³ odpadní vody na čerpání a čištění jsou 11,76,- Kč. Spotřebovaná energie na ČSK 2 stála ve stejném roce 21 000,- Kč a bylo vyčerpáno uvažovaných 25 % z 688 657 m³, tedy 172 164 m³. Náklady na vyčerpání 1 m³ na ČSK 2 jsou 0,12,- Kč.

Množství balastních vod naměřených na bodových zdrojích při průzkumu v listopadu 2017 je přenásobeno poměrem balastních vod v roce 2016 ku balastním vodám v roce 2017 z důvodu dlouhodobé dynamiky systému, tj. $665/449 = 1,33 (Q_u)$. Je to proto, že naměřené množství na konkrétní šachtě je pouze okamžité, nevykazuje tedy průměrné hodnoty.

Pro jednotlivá možná řešení jsou spočtené náklady na realizaci s využitím Tab. 3. Náklady jsou počítány dle Metodického pokynu [38]. Až pětkrát výhodněji vychází výstavba nového vedení potrubí bezvýkopovými technologiemi než metodou s výkopem. [44]. Tento fakt by měl vzít v úvahu vlastník kanalizační sítě.

Poté je vypočtena návratnost. Při výpočtu ceny na čištění balastních vod na AČOV se nebere v úvahu cena za provoz 1 m³, tedy doprava, údržba, atd. Nezanedbatelný je provoz čerpadel a vyčištění odpadních vod, proto se počítá návratnost pouze s těmito dvěma položkami. Myšlenka je taková, že po odstranění 31 % balastních vod z jednotné kanalizace, která je provozována, se provoz přenesne na nové potrubí čítající právě 31 % balastních vod. Neuvažuje se tedy s úsporou ani s náklady. Ceny a návratnosti jsou uvedeny v Tab. 9.



U návrhu opatření MP 6 vychází návratnost 1 rok a je považována za velmi přijatelnou. Při výpočtu návratnosti samostatně pro MP 5 a MP 7, jejichž opatření spolu úzce souvisí, vychází návratnost 6,2 a 31,4 roku. Opatření na MP 5 ale nelze bez opatření na MP 7 realizovat, proto uvažujeme opatření jako celek a návratnost vychází 15,4 roku. U opatření na MP 3 vychází návratnost 18,4 roku. I když doba návratnosti přesahuje 15 let, lze považovat opatření za poměrně přijatelné, protože tento zdroj vykazuje výrazné nátoky do jednotné kanalizace. Nevýhodně se jeví opatření na profilech, kde je zjištěn přítok balastních vod 0,2 l/s a nižší.

Výdaje celkem za balastní vody, o kterých byl zjištěn jejich původ, jsou 873 419,- Kč za rok. Náklady na čerpání vod v MP 3 a MP 4 jsou navýšeny o čerpání na ČSK 2. Pokud by bylo uvažováno s realizací pouze přijatelných opatření (zeleně vyznačených v Tab. 9), je navrženo 1019 m nového potrubí. Opatření stojí 8,15 mil Kč a celková návratnost při realizaci všech opatření najednou vychází necelých 10 let.

Tab. 9 Ekonomické posouzení navržených řešení pro odpojení balastních vod

MP	umístění	Q [l/s]	Q _u [l/s]	Q _u [m ³ /den]	Q _u [m ³ /rok]	výdaje			navržené opatření		návratnost [roky]	realizovatelná investice
						čerpání [Kč/rok]	čištění na ČOV [Kč/rok]	celkem [Kč/rok]	délka [m]	cena [Kč]		
3	Rybník - Zahradní	0,40	0,53	46,2	16863	6 239	194 093	200 332	474	3 646 008	18,2	ANO
4	Pionýrská 198	0,10	0,13	11,6	4216	1 560	48 523	50 083	300	1 554 000	31,0	NE
5	Příčná č.p. 153 (soudka)	0,35	0,47	40,4	14755	3 689	169 831	173 520	140	1 076 880	6,2	ANO
6	Farský rybník - dešť. kanal. ČSLA č.p. 515	0,65	0,87	75,1	27402	6 851	315 401	322 252	45	314 820	1,0	ANO
7	Drenáže od podchodu ČD - Husova č.p. 839	0,20	0,27	23,1	8432	2 108	97 047	99 154	360	3 112 740	31,4	NE
8	Dešťová kanalizace Nová ul. č.p.685	0,10	0,13	11,6	4216	1 054	48 523	49 577	250	1 923 000	38,8	NE
5+7	Příčná + Husova	0,55	0,74	63,5	23187	5 797	266 878	272 675	500	4 189 620	15,4	ANO
	SUMA	1,80	2,41	207,9	75884	21 500	873 419	894 919	1019	8 150 448	9,1	
	Nedohledané zdroje	3,96	5,29	457,4	166 944	41 736	1 921 522	1 963 258				

Po realizaci navržených opatření bude přínosem zejména vyšší životnost čerpadel, nižší ředění odpadních vod na AČOV. Dle toho, jak by se k celé situaci postavil provozovatel, mohla by být snížena i platba za stočné.



Environmentální přínosy balastních vod úzce souvisí s množstvím vod dešťových. Po realizaci opatření budou nižší přepady v odlehčovacích komorách, snížený hydraulický stres, nižší toxicita.

Neidentifikované zdroje balastních vod stojí ročně necelé 2 mil Kč. Jako další krok pro snížení balastních vod v Plané nad Lužnicí by se měl provést průzkum kanalizace v závislosti na stáří stok a dohledat možné bodové zdroje, což nebylo z časových důvodů provozovatele v rámci průzkumu možné.

6.2 DEŠŤOVÉ VODY

6.2.1 KATEGORIZACE ÚZEMÍ

Komunikace

Celkově bylo zhodnoceno 57 ulic ve městě, které byly zařazeny do jednotlivých kategorií (Tab. 10) dle příčného řezu (Obr. 26). Některé ulice nemohly být jednoznačně zařazeny do skupin A - F, protože jedna strana měla odlišné rozložení komunikace než ta druhá. 11 ulic mělo příčný profil tvořen pouze jízdním pásem JP a navazoval přímo plot a jedna ulice LC se nacházela v lese.

Tab. 10 Zařazení komunikací do kategorií

typ	počet komunikací
A	0
B	1
C	0
D	0
E	0
F	25
B/E	2
B/F	9
B/JP	4
F/JP	4
JP	11
LC	1
celkem	57



Lepší podmínky pro vsakování z hlediska povrchu terénu vykazovala pouze ulice Javorová, která je vedena po lesním pozemku a ulice Nad Hejtmanem (Obr. 31), kde je povrch tvořen dlažebními kostkami. Povrch ostatních jízdnic pruhů je tvořen asfaltem či betonem. V některých případech byl kolem silnice vybudován vsakovací průleh (Obr. 32). Převážně v nové zástavbě tvoří problémy vysoký obrubník (Obr. 33). Zelený pás sice podél jízdnic pruhů vede, ale srážková voda odtékající z povrchu vozovky nemůže být do tohoto pásu vsakována.



Obr. 31 Dlažební kostky v ulici Nad Hejtmanem



Obr. 32 Vsakovací průleh podél ulice Soukenická



Obr. 33 Vysoký obrubník v ulici Kaprová



Rodinné domy

Pro tuto práci byl vybrán rodinný dům (Příloha 4), který svými parametry společně se zahradou zastupuje většinu rodinných domů v Plané nad Lužnicí. Až na výjimky jsou domy postaveny ve vzdálenosti cca 100 m nebo dostatečně nad hladinou vody v řece, kterou kopíruje hladina podzemní vody v blízkosti řeky. Vzorový dům má sedlovou střechu o ploše 125 m². Plocha zahrady, která obklopuje dům je 616 m², ale zeleň zaujímá cca 80 %. Plocha, na kterou bude počítána potřeba zálivky, je tedy 500 m².

Městské budovy

Výčet jednotlivých budov je uveden v Tab. 11 společně s výměrou. Součástí Přílohy 4 je i půdorysný průmět odvodňované plochy.

Tab. 11 Budovy ve vlastnictví města vhodné pro návrh opatření

číslo	název budovy	A _{red} [m ²]
1	Mateřská škola	881
2	Bytový dům	458
3	Základní škola	2 583
4	Městský úřad	581
5	Dům s pečovatelskou službou	1 365
6	Zdravotní středisko	841
7	Tenisová hala	1 046
8	Panelový dům	553
9	Sběrný dvůr	1 701
10	Restaurace MAXIM	529

6.2.2 NÁVRH A DIMENZOVÁNÍ JEDNOTLIVÝCH ZAŘÍZENÍ

Komunikace

Vsakovací podmínky nebyly zjištěny konkrétně pro jednotlivé části města. Hlinito-písčité podloží vyskytující se ve velké části Plané nad Lužnicí vykazuje vhodné vsakovací podmínky. Pro konkrétní návrhy by bylo potřeba udělat hydrogeologický průzkum na více částech města. Asi 20 % ulic se nachází v blízkosti řeky, kde se nachází hladina podzemní vody 1 – 1,5 m pod terénem. V těchto místech není možné vsakování. Dál od řeky by vsakování už mohlo být realizovatelné, zelené pásy se podél vozovky také vyskytují,



ale nevýhodou je, že jsou používány ve velké míře jako parkovací pruhy nebo se v těsné blízkosti nachází stavba. Nebyly by tak splněny dostatečné odstupové vzdálenosti. V části ulic by to bylo možné svádět vodu povrchově do řeky, ale ve většině případů je reálnější dešťová kanalizace vzhledem k nedostatku místa.

Profil typ B

U tohoto typu není možná retence podél ulic z důvodu nedostatku místa. Ze stejného důvodu není možné ani povrchové vsakování, jediné podzemní. Povrchový odtok by mohl být sváděn žlábkou s kovovou mřížkou do nejbližší dešťové kanalizace, popřípadě na vzdálenější plochy, kde by už retence mohla být realizována. Většina chodníků je ve městě dlážděná a silnice jsou převážně asfaltové. Výměnou asfaltu za polopropustný materiál by byl povrchový odtok snížen cca o 50 %, ale výměna celého povrchu vozovky by byla velmi nákladná. [28]

Profil typ E

Profil s parkovacími pruhy a pruhy pro chodce na obou stranách vozovky se nikde ve městě nenachází, ale jednostranný parkovací pruh ano (typ B/E). Pruh pro chodce je většinou tvořen opět dlážděnými kostkami, ale parkovací pruh asfaltem. Materiál parkovacího pruhu by bylo vhodné nahradit zatravnovacími tvárnicemi. Ty mají sice větší náročnost na údržbu, ale snižují povrchový odtok.

Profil typ F

Profil se zelenými pásy po obou stranách vozovky se vyskytuje v zájmové lokalitě nejčastěji. Problémem je ale vysoký obrubník, který zabraňuje vsakování povrchového odtoku do zeleně. Tam, kde by bylo možné vsakování do zeleného pásu, by bylo vhodné odstranit vysoký obrubník a nahradit ho velmi nízkým, popř. po několika metrech vyměnit část obrubníku za žlábek vedoucí z vozovky do vsakovacího objektu. Velmi často se zelený pás používá i jako částečné parkování. V tomto případě je vhodné pouze plošné vsakování bez přítomnosti příkopů a rýh. Tam, kde je zelený pás přerušen asfaltovým nebo dlážděným vjezdem se doporučuje použít odvodňovací žlab překrytý shora kovovou mřížkou, nebo osadit porézní potrubí umožňující větší vsak.



Rodinné domy

Množství vody, které odteče ve vegetačním období ze střechy rodinného domu o ploše 125 m^2 , je spočteno podle rovnice (1) a vychází $W_1 = 56 \text{ m}^3$. 281 l/m^2 vody je třeba dodat vegetaci pro správný růst ve vegetačním období. Při ploše zahrady 500 m^2 je objem potřebné vody pro zálivku $W_2 = 140 \text{ m}^3$. Na menší z objemů W_1 a W_2 byla navržena akumulární nádrž, tedy na objem W_1 . Podle rovnice (3) pro návrh velikosti akumulární nádrže byl spočten potřebný objem nádrže, který činí $5,5 \text{ m}^3$. Výrobce uvádí nejbližší vyšší objem nádrže 6 m^3 .

Městské budovy

Podrobný popis řešení u jednotlivých budov ve vlastnictví města je uveden v Příloze 4 v podobě katalogových listů. Některé výsledné hodnoty jsou uvedeny v Tab. 12.

Tab. 12 Shrnutí navržených opatření

číslo	název budovy	$A_{red} [\text{m}^2]$	objem vod $[\text{m}^3/\text{rok}]$	vsak [ano/ne]	dešťové potrubí	HDV prvek		
					délka [m]	A_{red}/A_{vsak}	typ	objem $[\text{m}^3]$
1	Mateřská škola	881	600	ne	15	-	-	-
2	Bytový dům	458	312	ne	15	-	-	-
3	Základní škola	2 583	1 759	ne	50	-	-	-
4	Městský úřad	581	396	ne	20	-	-	-
5	Dům s pečovatelskou službou	1 365	930	ne	24	-	-	-
6	Zdravotní středisko	841	573	ano	-	10	průleh	13,5
7	Tenisová hala	1 046	712	ano	-	10	průleh	16,5
8	Panelový dům	553	377	ano	-	10	průleh	9
9	Sběrný dvůr	1 701	1 158	ano	-	3	vsak. bloky	13
10	Restaurace MAXIM	529	360	ne	40	-	-	-

U šesti z deseti městských budov byla navržena dešťová kanalizace vzhledem ke špatným podmínkám pro vsakování. Podle poměru A_{red}/A_{vsak} byl třikrát navržen vsakovací průleh a v areálu sběrného dvora podzemní vsakování se vsakovacími bloky z důvodu nutnosti ponechání zpevněného povrchu.

V některých případech by bylo vhodné posoudit realizaci akumulárních nádrží s následným využitím pro splachování WC, praní a zalévání zeleně. Konkrétně by to bylo možné u soustavy budov Dům s pečovatelskou službou, Městský úřad Planá nad Lužnicí a restaurace MAXIM.



6.2.3 EKONOMICKÉ POSOUZENÍ, PŘÍNOSY A DOBA NÁVRATNOSTI

Komunikace

Nejsou nadimenzována konkrétní opatření pro jednotlivé ulice, tudíž není možné ekonomicky posoudit HDV opatření a jejich návratnost. Zlepšením podmínek pro hospodaření s dešťovou vodou na komunikacích by se zmenšil povrchový odtok srážkové vody a jeho následné odvedení do jednotné kanalizace.

Přínos z hlediska změny povrchu komunikace je vyjádřen v Tab. 13. Při dvouletém 15-ti minutovém dešti je vydatnost v nedalekém Táboře 158 l/s.ha. [37] V jednotlivých profilech byly navrženy změny povrchu komunikace, chodníku i parkovacích pruhů. Součinitel odtoku byl použit pro sklon terénu 1 – 5 %. Změnou povrchu se povrchový odtok zmenší v některých profilech až o 20 %.

U profilu B se předpokládá, že chodník je stejně jako komunikace z asfaltu.

V profilu E se již počítalo s tím, že jsou všechny chodníky dlážděné a materiál se bude měnit pouze na parkovacích pruzích. Místo asfaltových se použijí polopropustné tvárnice.

V profilu F se počítalo s tím, že před změnou je zelený pás oddělen od vozovky vysokým obrubníkem, proto nemá vsakování do zeleně vliv na povrchový odtok z vozovky. Po navrženém opatření část povrchového odtoku odtéká do zeleného pásu a vsakuje se.



Tab. 13 Posouzení součinitele povrchového odtoku

Typ OP	zastoupení OP [%]	současný souč. odtoku ψ	navržený součinitel odtoku ψ
PROFIL TYP B			
komunikace	70	0,8	0,8
chodník	30	0,8	0,6
celkový součinitel odtoku		0,8	0,74
současný povrchový odtok	126,4	l/s.ha	
povrchový odtok při výměně povrchů	116,92	l/s.ha	
snížení povrchového odtoku o	7,50%		
PROFIL TYP E			
komunikace	50	0,8	0,8
parkovací pruh	30	0,8	0,3
chodník	20	0,6	0,6
celkový součinitel odtoku		0,76	0,61
současný povrchový odtok	120,08	l/s.ha	
povrchový odtok při výměně povrchů	96,38	l/s.ha	
snížení povrchového odtoku o	19,74%		
PROFIL TYP F			
komunikace	80	0,8	0,8
zelený pás	20		0,1
celkový součinitel odtoku		0,8	0,66
současný povrchový odtok	126,4	l/s.ha	
povrchový odtok při výměně povrchů	104,28	l/s.ha	
snížení povrchového odtoku o	17,50%		

Rodinné domy

Náklady N_2 na zalévání zahrady pitnou vodou jsou 6 650,- Kč za rok za předpokladu osazení závlivkového vodoměru. Při realizaci zvoleného HDV opatření nejsou náklady na akumulovanou vodu žádné. 84 m³ bude potřeba dodat z vodovodního řádu, což činí za vegetační období 3 980,- Kč. Ročně bude uspořeno 2 670,- Kč.

Požizovací náklady na akumulční nádrž o objemu 6000 l jsou 33 000,- Kč a na čerpadlo 10 000,- Kč. Náklady na realizaci jsou 12 000,- Kč [45], celková cena je tedy 55 000,- Kč. Fixní dotace programu Dešťovka pro tento typ HDV opatření je 20 000,- Kč a variabilní dotace pro nádrž o objemu 6 000 l je 21 000,- Kč. [29] Celková dotace by byla 41 000,- Kč, ale dotační program nabízí pouze 50 % spolufinancování HDV opatření, tedy výši maximálně 27 500,- Kč. Totéž je pořizovací cena pro budoucího majitele HDV opatření.



Doba návratnosti byla spočtena bez provozních nákladů. Při roční úspoře 2 670,- Kč vychází doba návratnosti mezi 10. a 11. rokem, což se jeví jako finančně efektivní opatření.

Městské budovy

Ceny jednotlivých opatření jsou uvedeny v Tab. 14. Celková cena všech opatření navržených u městských budov je 1 854 943,- Kč. Za odvod dešťové vody u budov, které nejsou určeny k trvalému bydlení, je účtovaná částka 52,80,- Kč za 1 m³ vypuštěné vody do kanalizace a celkové náklady na roční odvod vody do kanalizace jsou 293 479,- Kč. Jednotlivé doby návratnosti vychází velmi pozitivně. Při realizaci veškerých opatření najednou by byla doba návratnosti 6 let. Při uvažování akumulace a využití dešťových vod pro splachování WC a praní v komplexu budov s čísly 4, 5 a 10 by doba návratnosti vycházela delší z důvodů vysokých pořizovacích nákladů na HDV prvek. Dalším finančním přínosem realizace opatření je možná snížená cena stočného, která vychází z množství odpadních vod odváděných do stokové sítě.

Tab. 14 Náklady na jednotlivé typy opatření včetně doby návratnosti

číslo	název budovy	dešťové potrubí		HDV prvek		celkem cena vč. 20 % [Kč]	návratnost	
		délka [m]	cena [Kč]	objem [m ³]	cena [Kč]		stočné ze srážkové vody [Kč/rok]	doba návratnosti [roky]
1	Mateřská škola	15	73 200	-	-	87 840	31 678	3
2	Bytový dům	15	96 150	-	-	115 380	0	
3	Základní škola	50	320 500	-	-	384 600	92 876	4
4	Městský úřad	20	128 200	-	-	153 840	20 891	7
5	Dům s pečovatelskou službou	24	117 120	-	-	140 544	0	
6	Zdravotní středisko	-	-	13,5	143 883	172 660	30 240	6
7	Tenisová hala	-	-	16,5	175 857	211 028	37 611	6
8	Panelový dům	-	-	9	95 922	115 106	0	
9	Sběrný dvůr	-	-	13	138 554	166 265	61 163	3
10	Restaurace MAXIM	40	256 400	-	-	307 680	19 021	16
	Celkem					1 854 943	293 479	6

6.2.4 POROVNÁNÍ ZATÍŽENÍ STOKOVÉ SÍTĚ MATEMATICKÝM MODELEM

Od modelu byla odpojena nepropustná plocha všech deseti městských budov včetně jejich přilehlých zpevněných pozemků. Ke snížení nepropustných ploch přispívá akumulace dešťové vody ze střech některých rodinných domů a vhodná změna povrchu komunikací, proto byla celková zpevněná plocha snížena o 15 %.



Roční množství přepadů z OK bylo sníženo ze 48 401 m³ na 28 348 m³. Procentuálně se díky navrženým opatřením snížily přepady o 41 %. Průtok odpadních vod, který je čerpán na ČSK 4 se díky opatření snížil z původních 373 603 m³/rok (výsledek z bakalářské práce 585 312 m³/rok je vyšší z toho důvodu, že ve výhledovém stavu simulace jsou odpojeny zdroje balastních vod) na 365 854 m³/rok, tedy jen o 2 %. Simulace byly provedeny pouze za rok 2015. Dlouhodobý průměr by se mohl o něco lišit. Navržená opatření k redukci dešťových vod v jednotné kanalizaci budou mít výraznější vliv na vodní tok než na čerpání odpadní vody. Díky sníženým přepadům se sníží environmentální vlivy na vodní toky, tj. hydraulický stres vodních organismů, riziko povodní, akutní toxicita.



7. ZÁVĚR

Cílem diplomové práce bylo navrhnout opatření ke snížení množství balastních a dešťových vod v jednotné stokové síti ve městě Planá nad Lužnicí. Ke snížení množství byla navržena opatření, na stokové síti a v povodí, přibližující se přirozenému způsobu městského odvodnění. Navržená opatření volně navazují na doporučení v závěru Koncepční studie odvodnění z roku 2011, kterými bylo odstranit balastní vody a snížit přetížení objektů externími vodami, zpomalit povrchový odtok a omezit míchání silně a mírně znečištěných odpadních vod.

Na základě průzkumu bylo zjištěno, že celá kanalizační síť není dodnes přesně zmapovaná. Dalším faktem je napojení dešťové kanalizace na jednotnou stokovou síť města. Dešťová kanalizace tak neplní svoji funkci.

V části řešení balastních vod byly identifikovány zdroje 31 % balastních vod v síti. Navržená opatření spočívají převážně ve vybudování nových dešťových kanalizací, které svádí dešťové vody přímo do řeky. Doba návratnosti při realizaci všech opatření najednou vychází do deseti let. I při uvážení, že realizace nebude probíhat najednou, se jeví opatření jako přínosné. Odpojením nalezených zdrojů balastních vod klesne nátok odpadních vod na čerpací stanici o 12 %. Náklady na čerpání a čištění se sníží o 843 000,- Kč za rok.

Potenciál pro hospodaření s dešťovou vodou vykazovaly rodinné domy, budovy ve vlastnictví města a místní komunikace. Koeficient vsaku byl brán pouze orientačně $1 \cdot 10^{-4}$ m/s s přihlédnutím skladby podloží, proto se doporučuje provést podrobný hydrogeologický průzkum před samotnou realizací navržených opatření. Výměnou materiálu na místních komunikacích by se snížil povrchový odtok na některých typech komunikací o 20 %. Reálně je možné vyměnit povrch vozovek, chodníků nebo parkovacích pruhů až při plánované rekonstrukci. Oproti tomu navržené prvky u městských budov mohou být otázkou blízké budoucnosti. Celková doba návratnosti vychází kolem 6 let, stejně tak jako návratnost většiny opatření realizovaných zvlášť. Pro využití dešťové vody na pozemku, kde stojí rodinný dům, byla navržena podzemní akumulární nádrž, ze které se bude používat dešťová voda na zalévání zahrady. Při uvažování dotace na HDV prvek se doba návratnosti pohybuje mezi 10. a 11. rokem.



Dle Kvalitativního a kvantitativního průzkumu postojů k udržitelnému hospodaření se srážkovými vodami [46] bylo zjištěno, že 57 % lidí užívá pro své potřeby pouze vodu z vodovodního řádu bez ohledu na to, že lze vodu při některých činnostech nahradit jiným zdrojem. Pro ně by bylo využití dešťové vody řešením, jak ušetřit. Už 41 % respondentů se snaží nějakým způsobem zadržet dešťovou vodu, ať už v sudech, nadzemních nádržích či podzemních. V městské zástavbě vypouští dešťové vody 40 % lidí přímo do kanalizace. Ochota zachycovat dešťovou vodu stoupá s nutností za ni platit. Motivací k většímu využití dešťové vody je zejména zrušení výjimek ze zpoplatnění v zákoně 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích. Další motivací jsou dotace na nádrže, zdražení pitné vody, slevy na stočném a dostatečná informovanost veřejnosti. Pokud se k tomuto problému postaví město Planá nad Lužnicí čelem, je ve městě veliký potenciál akumulacních nádrží s následným využitím srážkové vody.

Většina navržených opatření vychází přívětivě dle doby návratnosti. Nicméně náklady na veškeré prvky jsou spočteny orientačně a doba návratnosti v konkrétních případech může vycházet mírně odlišně. Řada opatření je obtížně realizovatelná, protože chybí vhodné plochy pro vsakování nebo je hladina podzemní vody příliš vysoko.

Provedenou simulací na modelu stokové sítě zatížené roční řadou dešťů v roce 2015 bylo zjištěno, že po realizaci navržených opatření pro snížení množství dešťové vody v jednotné kanalizaci, se snížil přítok na čerpací stanici jen o 2 % za rok. Nicméně jsou veškerá opatření navržena zodpovědně k životnímu prostředí. Množství přepadů do řeky bylo sníženo ročně o 40 %.

Do budoucna je doporučeno identifikovat zbylé zdroje balastních vod, protože kamerová prohlídka celé stokové sítě v Plané nad Lužnicí nebyla pro potřeby diplomové práce technicky možná. Do budoucna doporučuji prohlídku zbylých částí za účelem nalezení zbývajících bodových zdrojů balastních vod a identifikaci stavebního stavu sítě jako indikátoru difúzního přítoku balastních vod. Zároveň je doporučeno identifikovat individuální zdroje vypouštění (studny), které nejsou v tuto chvíli provozovateli známy.

Provozovatel stokové sítě by mohl motivovat plátce stočného v zájmové lokalitě tím, že po snížení odpadních vod v kanalizaci, sníží i cenu stočného. Je pravděpodobné, že v budoucnu bude vyžadován poplatek za přepady z OK. Hospodařením s dešťovou vodou



bude tento poplatek ušetřen a environmentálními dopady budou sníženy hydraulický stres organismů žijících ve vodním toku, akutní toxicita a snížené riziko povodní.

Veškerá opatření pro hospodaření s dešťovými vodami a opatření ke snížení balastních vod jsou otázkou odvahy celé společnosti. Čím dříve přijme společnost změny, tím budou globální dopady z hlediska životního prostředí a životního komfortu pro další generace mírnější. Důležitá je však spolupráce všech odborníků a motivace ze strany státu.



SEZNAM ZDROJŮ

- [1] BUTLER, D. a J.W. DAVIES. *Urban drainage*. Abingdon: Spon Press, 2004. ISBN 0-415-30607-8.
- [2] KREJČÍ, Vladimír. *Odvodnění urbanizovaných území: koncepční přístup*. Vyd. 1. Brno: NOEL 2000, 2002. ISBN 80-86020-39-8.
- [3] VÍTEK, Jiří, David STRÁNSKÝ, Ivana KABELKOVÁ a Vojtěch BAREŠ. *Hospodaření s dešťovou vodou v ČR*. Vydání první. Praha: 01/71 ZO ČSOP Konikle, 2015. ISBN 978-80-260-7815-9.
- [4] ČSN 75 0161. *ČESKÁ TECHNICKÁ NORMA: Vodní hospodářství - Terminologie v inženýrství odpadních vod*. 2008.
- [5] HÁNKOVÁ, D. *Kanalizační stoky* [online]. 2005 [cit. 2017-10-23]. Dostupné z: <http://people.fsv.cvut.cz/www/hanekpav/K154/PDF/Stokovani.pdf>
- [6] HLAVÍNEK, Petr, Jan MIČÍN a Petr PRAX. *Příručka stokování a čištění odpadních vod: Popis principu a systémů odvádění odpadních vod : technologie čištění odpadních vod a zpracování kalů* [online]. Brno: Ardec, 2006, 1 elektronický optický disk. [cit. 2018-01-06].
- [7] NYPL, CSc., a CSc., SYNÁČKOVÁ. *Zdravotně inženýrské stavby 30: Stokování*. 1. vyd. Praha: ČVUT, 1998, 149 s. ISBN 800101729X.
- [8] *Global water: Inflow and infiltration* [online]. 2015 [cit. 2016-05-18]. Dostupné z: <http://www.globalw.com/support/inflow.html>



- [9] *Susdrain: Pumping wastewater* [online]. b.r. [cit. 2018-01-06]. Dostupné z: <http://www.susdrain.org/delivering-suds/using-suds/benefits-of-suds/Pumping-wastewater>
- [10] *Katalog VODOVODY-KANALIZACE 2015: Měřicí, regulační a řídicí systémy* [online]. 2015 [cit. 2017-10-24]. Dostupné z: http://vystava-vodka.cz/webkatalog/category_6423
- [11] STRÁNSKÝ, Ph.D., *METODICKÁ PŘÍRUČKA POSOUZENÍ STOKOVÝCH SYSTÉMŮ URBANIZOVANÝCH POVODÍ* [online]. 2009 [cit. 2018-01-06]. Dostupné z: http://www.opzp2007-2013.cz/soubor-ke-stazeni/17/5237-01052009_metodicka_prirucka_stokovy_system_090604.pdf
- [12] *V SERVIS: Kamerový průzkum kanalizace* [online]. b.r. [cit. 2017-10-24]. Dostupné z: <https://www.vservis.cz/kamerovy-pruzkum-kanalizace/>
- [13] KLEPSATEL, František a Jaroslav RACLAVSKÝ. *Bezvýkopová výstavba a obnova podzemních vedení*. Bratislava: Jaga, 2007, 144 s. ISBN 978-80-8076-053-3.
- [14] *GitHub: Eawag - SQUID* [online]. 2017 [cit. 2017-11-13]. Dostupné z: <https://github.com/eawag-squid/SQUID/wiki>
- [15] *Zákon č. 274/2001 Sb.: Zákon o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů (zákon o vodovodech a kanalizacích)*. In: . 2001. Dostupné také z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2001-274>
- [16] *ČSN 75 0161 Vodní hospodářství: Terminologie v inženýrství odpadních vod*. 2008.
- [17] *ČSN 75 6401: Čistírny odpadních vod pro ekvivalentní počet obyvatel (EO) větší než 500*. 2014.



- [18] *TNV 75 6925: Obsluha a údržba stok.* 2007.
- [19] *ČSN EN 752 Odvodňovací systémy vně budov.* 2008.
- [20] STRÁNSKÝ, David a Ivana KABELKOVÁ. *Hospodaření se srážkovými vodami na stavebním pozemku a jeho důsledky pro územní plánování.* In: . b.r.
- [21] *Aktuálně.cz: Úbytek podzemní vody je kritický, žízeň hrozí stamilionům* [online]. In: . 2015 [cit. 2017-10-30]. Dostupné z: zpravy.aktualne.cz/zahranici/ubytok-podzemni-vody-je-kriticky-zizen-hrozi-stamilionum
- [22] BOHATCOVÁ, Žaneta. *Simulační model stokové sítě Praha - Suchdol.* Praha, 2017. Bakalářská práce. ČVUT. Vedoucí práce Ing. Karel Kříž, Ph.D.
- [23] KUK, Richard a Jiří VÍTEK. *Městské vody 2017: Příklady využití HDV v současné praxi: Od zdi ke zdi.* 2017. ISBN 978-80-86020-85-3.
- [24] *TNV 75 9011: Hospodaření se srážkovými vodami.* 2013.
- [25] *Zákon č. 254/2001 Sb.: Zákon o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon).* In: . 2001. Dostupné také z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2001-254#cast1>
- [26] *Zákon č. 13/1997 Sb., o pozemních komunikacích.* In: . 1997. Dostupné také z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/1997-13>
- [27] *Vyhláška č. 501/2006 Sb.: Vyhláška o obecných požadavcích na využívání území.* In: . 2006. Dostupné také z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2006-501>
- [28] *ČSN 75 9010: Vsakovací zařízení srážkových vod.* In: . 2012.



- [29] *Dešťovka ... ani kapku nazmar!* [online]. b.r. [cit. 2017-12-27]. Dostupné z: <https://www.dotacedestovka.cz/>
- [30] *Výpis z katastru nemovitostí: Kat. území: 721336 Planá nad Lužnicí.* 2017.
- [31] *Město Planá nad Lužnicí: Město a jeho správa* [online]. 2016 [cit. 2018-01-06]. Dostupné z: <http://www.plananl.cz/mesto-a-jeho-sprava/>
- [32] *Povodňový plán města Planá nad Lužnicí: Hydrologické poměry* [online]. 2014 [cit. 2018-01-06]. Dostupné z: http://www.jihocesky.dppcr.cz/web_552828/index.html?hydro_pom.htm
- [33] *Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v.v.i.: Půda v mapách* [online]. b.r. [cit. 2017-11-14]. Dostupné z: <https://mapy.vumop.cz/>
- [34] *Provozní řád kanalizace Planá nad Lužnicí.* b.r.
- [35] *Kanalizační řád pro aglomerace měst Tábor, Sezimovo Ústí, Planá nad Lužnicí* [online]. ČEVAK, 2013 [cit. 2018-01-06]. Dostupné z: https://www.cevak.cz/documents/verejne/plana_nad_luznici
- [36] BARTUŠKOVÁ, Kateřina. *Vyhodnocení balastních vod v Plané nad Lužnicí.* Praha, 2016. Bakalářská práce. ČVUT. Vedoucí práce Ing. Marcela Synáčková, CSc.
- [37] *Koncepční studie odvodnění a zásobování pitnou vodou Planá nad Lužnicí - část: kanalizace - koncepční řešení.* DHI a.s., 2013.
- [38] *Metodický pokyn pro orientační ukazatele výpočtu pořizovací (aktualizované) ceny objektů do Vybraných údajů majetkové evidence vodovodů a kanalizací, pro Plány rozvoje vodovodů a kanalizací a pro Plány financování obnovy vodovodů a kanalizací*



- [online]. 2010 [cit. 2017-12-14]. Dostupné z: http://eagri.cz/public/web/file/40871/Metodicky_pokyn_CENY___2009.pdf
- [39] ACO Česká republika: *Venkovní odvodnění* [online]. b.r. [cit. 2018-01-05]. Dostupné z: <http://www.aco.cz/>
- [40] *Odvodňovací žlaby* [online]. b.r. [cit. 2018-01-05]. Dostupné z: <http://odvodnovaci-zlaby.com/>
- [41] KNAP, Jakub. *Hospodaření s dešťovou vodou z komunikací na území městské části Praha 4*. 2017. Diplomová práce. ČVUT. Vedoucí práce Doc. Ing. David Stránský, Ph.D.
- [42] MAUN, Josef. *Návrh řešení srážkového odtoku v jednotné kanalizaci Horních Počernic*. Praha, 2014. Diplomová práce. ČVUT. Vedoucí práce David Stránský.
- [43] Český hydrometeorologický ústav: *Územní srážky* [online]. b.r. [cit. 2017-12-23]. Dostupné z: <http://portal.chmi.cz/historicka-data/pocasi/uzemni-srazky#>
- [44] ŠVEJDOVÁ, Nikola. *Rekonstrukce stoky*. Praha, 2016. Bakalářská práce. ČVUT. Vedoucí práce Ing. Marcela Synáčková, CSc.
- [45] JEŘÁBEK, Michal. *Studie využití dešťových vod pro objekty města Litoměřic*. 2017. Diplomová práce. ČVUT. Vedoucí práce Doc. Ing. David Stránský, Ph.D.
- [46] KABELKOVÁ, Ivana, David STRÁNSKÝ, Kristýna RYBOVÁ, Pavel RAŠKA a Lenka SLAVÍKOVÁ. *Městské vody 2017: Kvalitativního a kvantitativního průzkumu postojů k udržitelnému hospodaření se srážkovými vodami*. Ardec, 2017.
- [47] Gvoždík s.r.o.: *Optická kontrola potrubí kamerou* [online]. 2011 [cit. 2017-11-22]. Dostupné z: <http://gvozdik.cz/cz/opticka-kontrola-potrubí-kamerou.php>



- [48] *Depositphotos: Potrubí do řeky - Stock* [online]. b.r. [cit. 2017-11-22]. Dostupné z: <https://cz.depositphotos.com/6436615/stock-photo-pipe-into-the-river.html>
- [49] *Jančík David: Průmysl/Industry* [online]. b.r. [cit. 2017-12-03]. Dostupné z: <http://www.david-jancik.cz/fotogalerie/prumysl-industry>
- [50] *Bydlení IQ: Ekologické dlažby* [online]. 2013 [cit. 2017-11-21]. Dostupné z: <http://www.bydleni-iq.cz/temata/materialy-a-technologie/ekologicke-dlazby/>
- [51] *ABS - portál: Zelené střechy jako revitalizace města* [online]. 2013 [cit. 2017-11-21]. Dostupné z: <https://www.asb-portal.cz/stavebnictvi/strechy/zelene-strechy-jako-revitalizace-mesta>
- [52] *ACRE: Zelené střechy intenzivní* [online]. b.r. [cit. 2017-11-21]. Dostupné z: <http://www.acre.cz/cs/menu/sluzby-a-realizace/realizace-zelenych-strech/zelene-strechy-intenzivni/>
- [53] *Počítáme s vodou: Hospodaření s dešťovými vodami v krajině a zastavěných oblastech* [online]. b.r. [cit. 2017-11-22]. Dostupné z: www.pocitamesvodou.cz
- [54] *ASIO čištění a úprava vod: Hospodaření se srážkovými vodami* [online]. 2017 [cit. 2017-11-22]. Dostupné z: <http://www.asio.cz/cz/688.hospodareni-se-srazkovymi-vodami>
- [55] *MOKŘADY ochrana a management: Budování nových tůní* [online]. 2017 [cit. 2017-11-22]. Dostupné z: <http://www.mokrady.wbs.cz/Budovani-novych-tuni.html>
- [56] *Mapy.cz* [online]. b.r. [cit. 2017-05-10]. Dostupné z: <https://mapy.cz/zakladni?x=14.4340161&y=48.9076248&z=12>



[57] ČEVAK: *Planá nad Lužnicí - Ceník vodného a stočného* [online]. b.r. [cit. 2017-12-19]. Dostupné z: <https://www.cevak.cz/qf/cs/ramjet/moje-obec/cenik-vodne-stocne?localPartId=121339>

[58] *Fiskars: Plastové nádrže* [online]. b.r. [cit. 2017-11-22]. Dostupné z: <https://www.az-shop.cz/plastove-nadrze/jak-vybrat-nadrz>



SEZNAM ZKRATEK

AČOV	Areálová čistírna odpadních vod v Táboře
AN	akumulační nádrž
CSO	centralizovaný systém odvodnění
ČHP	číslo hydrologického pořadí
ČOV	čistírna odpadních vod
ČS	čerpací stanice
DOC	rozpuštěný organický uhlík (Dissolved Organic Carbon)
DSO	decentralizovaný systém odvodnění
EO	ekvivalentní obyvatel
HDV	hospodaření s dešťovou vodou
CHSK	chemická spotřeba kyslíku
MO	městské odvodnění
MP	měrný profil
OK	odlehčovací komora (dešťový oddělovač)
OV	odpadní vody
RVŠ	redukční vodoměrná šachta
SFŽP	Státní fond životního prostředí



SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 3 Kamera sloužící k optické kontrole [47]

Obr. 2 Svodnice v Plané nad Lužnicí [37]

Obr. 3 Svedení dešťové vody potrubím do povrchových vod [48]

Obr. 4 Brownfields Chempark Záluží [49]

Obr. 5 Propustná ekologická dlažba typu ECOSAVE značky GODELMANN [50]

Obr. 6 Extenzivní vegetační střecha [51]

Obr. 7 Intenzivní zelená střecha [52]

Obr. 8 Vsakovací průleh v Mnichově [53]

Obr. 9 Schéma vsakovacího průlehu s rýhou [24]

Obr. 10 Povrchová vsakovací nádrž [54]

Obr. 11 Schéma vsakovací rýhy s povrchovým plošným přítokem [24]

Obr. 12 Vsakovací tunel [54]

Obr. 13 Schéma vsakovacího průlehu s rýhou s regulovaným odtokem [24]

Obr. 14 Poldr sloužící k retenci dešťové vody v centru zástavby v Mnichově [53]

Obr. 15 Umělý mokřad [55]

Obr. 16 Zájmové území [56]

Obr. 17 Půdy s vysokou vsakovací schopností [33]

Obr. 18 Povodí kanalizační sítě pro současný stav [37]

Obr. 19 Přetížení kanalizační sítě 15 minutovou zatěžovací srážkou s periodicitou opakování dva roky, intenzita 158 l/s.ha [37]

Obr. 20 Přetížení výhledového stavu - změny v realizaci + opatření na kanalizaci [37]



Obr. 21 Oblast Ústrašická [37]

Obr. 22 Měření průtoku průtočným vakem v šachtě u Farského rybníka

Obr. 23 Schéma pro stanovení množství balastních vod

Obr. 24 Provádění kamerového průzkumu

Obr. 25 Čisticí vysokotlaké vozidlo

Obr. 26 Nejčastěji vyskytující se typy příčného profilu komunikace (typ B, typ E a typ F)

Obr. 47 Schéma pro stanovení množství balastních vod s konkrétními hodnotami

Obr. 28 Identifikovaný zdroj v dešťové kanalizaci u Farského rybníka

Obr. 29 Minimální průtok odpadních vod na uzávěrném profilu v nočních hodinách

Obr. 30 Rozdíly v průtocích naměřených různými metodami

Obr. 31 Dlažební kostky v ulici Nad Hejtmanem

Obr. 32 Vsakovací průleh podél ulice Soukenická

Obr. 33 Vysoký obrubník v ulici Kaprová



SEZNAM TABULEK

- Tab. 1 Souhrnná tabulka s oblastmi zatěžovanými extravilánovými vodami [35]
- Tab. 2 Souhrnná tabulka s oblastmi zatěžovanými infiltrací s okolního prostředí [35]
- Tab. 3 Měrný cenový ukazatel typového objektu stoky kruhové včetně pokládky a zemních prací [35]
- Tab. 4 Návrhové úhrny srážek pro lokalitu Tábor [26]
- Tab. 5 Ceny vodného a stočného včetně DPH [52]
- Tab. 6 Nabídka plastových akumulčních nádrží [54]
- Tab. 7 Cena za odvádění srážkové vody do kanalizace [52]
- Tab. 8 Výsledky stanovení balastních vod za roky 2014, 2015 a 2016
- Tab. 9 Ekonomické posouzení navržených řešení pro odpojení balastních vod
- Tab. 10 Zařazení komunikací do kategorií
- Tab. 11 Budovy ve vlastnictví města vhodné pro návrh opatření
- Tab. 12 Shrnutí navržených opatření
- Tab. 13 Posouzení součinitele povrchového odtoku
- Tab. 14 Náklady na jednotlivé typy opatření včetně doby návratnosti



SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1 – Situace měrných profilů

Příloha 2 – Foto měrných profilů

Příloha 3 – BV – Návrhy řešení

Příloha 4 – Katalogové listy městských budov a rodinného domu