

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘENÍ

Katedra vodního hospodářství a environmentálního
modelování



Diplomová práce

**Studie řešení kapacitních problémů na kanalizační síti s uplatněním
nejnovějších poznatků hospodaření s dešťovými vodami.**

Vedoucí práce: doc. Ing. Jakub Štibinger, CSc.

Autor: Petr Petřů

Praha 2015

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Katedra biotechnických úprav krajiny

Fakulta životního prostředí

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Petr Petruš

Voda v krajině

Název práce

Studie řešení kapacitních problémů na kanalizační síti s uplatněním nejnovějších poznatků hospodaření s dešťovými vodami.

Název anglicky

Design of a resolution of capacity problems in urban drainage system with applying the latest SuDs approaches.

Cíle práce

Cílem práce je optimalizovat hospodaření s dešťovými vodami (HDV) v urbanizovaném území, kdy při velkých přívalových deštích dochází k nadkapacitnímu plnění kanalizační sítě, které často vede k výtoku dešťové vody z kanalizace na povrch. Práce ukazuje možnosti snížení odtoku dešťové vody z urbanizovaného povrchu pomocí HDV na konkrétním případě kanalizace v obci Česká Skalice, tak aby se minimalizovaly kapacitní problémy a zároveň se zlepšil vodní režim uprostřed obytné zástavby.

Metodika

1. Úvod, Cíle práce, Teoretické podklady HDV, Městská hydrologie, způsoby HDV – popis
2. Případová studie HDV – praktická část DP
Popis území případové studie, Metodika, Návrh řešení kapacitních problémů kanalizace s pomocí HDV
3. Srovnání stavu odtokových poměrů po návrhu HDV, Ekonomická analýza návrhů, Diskuze, Závěr

Doporučený rozsah práce

40 – 60 stran (tabulky, grafy)

Klíčová slova

hospodaření s dešťovými vodami, městská hydrologie, povrchový odtok, vsakování

Doporučené zdroje informací

CIRIA, 2007: The SUDS Manual. CIRIA, London, UK, 514 s.

KREJČÍ, V., GUJER, W., HLAVÍNEK, P., ZEMAN, E., 2002: Odvodnění urbanizovaných území: Koncepční přístup. Brno, 562 s.

MANSELL, M. G., 2003: Rural and Urban Hydrology. Thomas Telford, London.

Předběžný termín obhajoby

2015/06 (červen)

Vedoucí práce

doc. Ing. Jakub Štibinger, CSc.

Konzultant

Ing. Sobota, Ing. Synáčková, Ing. Macek

Elektronicky schváleno dne 1. 4. 2015

prof. Ing. Petr Sklenička, CSc.

Děkan

V Praze dne 22. 04. 2015

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně, pod vedením doc. Ing. Jakuba Štibingera, CSc., a že jsem uvedl všechny laterální prameny, ze kterých jsem čerpal.

V Praze dne 22.4.2015

Petr Petřů

Poděkování,

Chtěl bych na těchto pár řádcích poděkovat panu doc. Ing. Jakubu Štibingerovi, CSc., za odborné vedení mé diplomové práce.

Dále bych rád poděkoval panu Ing. Janu Škripkovi za odborné konzultace, panu Ing. Lubomíru Mackovi, CSc., za poskytnutí softwaru a panu Bc. Antonínovi Bednáři za svolení k použití dat Českokalických vodáren s.r.o.

Hlavně děkuji své rodině a svým blízkým za jejich neutuchající podporu, která mě doprovázela během studijních let.

Abstrakt

V práci jsou představeny způsoby hospodaření s dešťovými vodami v urbanizovaném území a její použití při řešení kapacitních problémů kanalizací. Řešeným územím je část obce Česká Skalice, kde jsou pozorovány kapacitní problémy veřejné kanalizace při velkých srážkových událostech. Práce navrhuje několik možností, které snižují velké průtoky v kanalizační síti v řešeném území a pomocí výpočtového programu SiteFlow řeší hydraulické poměry v kanalizační síti před a po navržených změnách. Dále práce řeší ekonomickou návratnost navržených opatření. Vytvořené řešení prezentuje možnost použití opatření zvyšující retenci vody v městské zástavbě k docílení snížení škod způsobených kapacitně nedostatečnou kanalizační sítí a zlepšení zadržení části srážkových vod v místě jejich dopadu. Výsledky této práce seznamují čtenáře s dosud málo rozšířeným způsobem změny nakládání dešťových vod v urbanizovaném území, které přináší nejen částečný návrat k původním hydrologickým podmínkám území, ale také napomáhá řešit kapacitní problémy veřejných kanalizačních sítí.

Klíčová slova: hospodaření s dešťovými vodami, odtokové poměry, urbanizované území, kanalizace, retence vody

Abstract

This thesis deals with a capacity problem with the sewage system in the city of Ceska Skalice in the Czech Republic. With the knowledge of the sustainable drainage urban system (SuDs) a technical solution of dealing with the insufficient capacity of the sewage system without having to change the sewage system can be designed. This thesis first of all, describes what SuDs is and how this particular system is applied within the Czech Republic. There is also description of the stormwater and its impact on sewage system in the urban areas. The second part of the work contains case study of applying chosen SuDs solution to solve the problem in the Ceska Skalice sewage system. There is the comparison of the condition of the sewage system beforehand and after applying the SuDs. The concluding part of the thesis presents the results however, pros and cons of using the SuDs approach to improve better urban drainage system.

Keywords: urban drainage, stormwater, sustainable drainage system, decentralized devices

Obsah

1. ÚVOD	9
2. CÍLE PRÁCE	10
3. MĚSTSKÁ HYDROLOGIE	11
3.1. ZMĚNY VODNÍHO REŽIMU KRAJINY POD VLIVEM URBANIZACE	11
3.1.1. <i>Změny v povrchovém odtoku</i>	<i>12</i>
3.1.2. <i>Dopad urbanizace na podzemní vody.....</i>	<i>13</i>
3.2. MĚSTSKÉ ODVODNĚNÍ	13
3.2.1. <i>Současný stav městského odvodnění.....</i>	<i>14</i>
3.2.2. <i>Přetížení odvodňovacích sítí.....</i>	<i>15</i>
3.2.3. <i>Funkčnost čistíren odpadních vod.....</i>	<i>17</i>
3.2.4. <i>Nová koncepce městského odvodnění.....</i>	<i>17</i>
4. HOSPODAŘENÍ S DEŠŤOVÝMI VODAMI	19
4.1. TECHNICKÉ ŘEŠENÍ HDV	19
4.2. HDV V ZAHRANIČNÍ	21
4.3. HOSPODAŘENÍ S DEŠŤOVÝMI VODAMI Z POHLEDU LEGISLATIVY	22
4.4. OPATŘENÍ HDV	24
4.4.1. <i>Vsakovací nádrž.....</i>	<i>24</i>
4.4.2. <i>Vsakovací šachta</i>	<i>25</i>
4.4.3. <i>Propustné zpevněné povrchy.....</i>	<i>26</i>
5. CHARAKTERISTIKA ÚZEMÍ.....	28
5.1. GEOLOGICKÉ PODMÍNKY	29
5.2. GEOMORFOLOGICKÉ PODMÍNKY	29
5.3. PEDOLOGICKÉ PODMÍNKY	29
5.4. KLIMATICKÉ PODMÍNKY	30
5.5. HYDROLOGICKÉ A HYDROGEOLOGICKÉ PODMÍNKY	31
5.6. POPIS ŘEŠENÉHO ÚZEMÍ	31
5.6.1. <i>Kanalizační síť řešeného území v interakci se zbytkem obce.....</i>	<i>32</i>
6. METODIKA.....	35
6.1. MODELOVÁNÍ SRÁŽKODTOKOVÝCH PROCESŮ	35
6.1.1. <i>Výpočetní software SiteFlow</i>	<i>35</i>
6.1.2. <i>Vstupní data modelu.....</i>	<i>37</i>
6.2. SESTAVENÍ SIMULAČNÍHO MODELU	37
6.2.1. <i>Parametry kanalizační sítě.....</i>	<i>38</i>
6.2.2. <i>Parametry sub-povodí.....</i>	<i>39</i>
6.2.3. <i>Návrhový déšť</i>	<i>40</i>
6.3. SOUČASNÝ STAV KANALIZAČNÍ SÍTĚ.....	41
6.3.1. <i>Výsledky posouzení stávající kanalizační sítě.....</i>	<i>41</i>
6.3.2. <i>NÁVRH DALŠÍHO POSTUPU ŘEŠENÍ.....</i>	<i>42</i>

7.	NÁVRH OPATŘENÍ HDV	43
7.1.	ZÁSADY NÁVRHU OPATŘENÍ HDV	45
7.1.1.	<i>Proveditelnost</i>	45
7.1.2.	<i>Připustnost</i>	46
7.1.3.	<i>Způsoby likvidace srážkových vod</i>	46
7.1.4.	<i>Propustnost půd</i>	47
7.1.5.	<i>Návrhový déšť</i>	50
7.2.	OPATŘENÍ A.....	51
7.2.1.	<i>Popis návrhu</i>	51
7.2.2.	<i>Návrh průlehu s rýhou</i>	51
7.3.	OPATŘENÍ B.....	55
7.3.1.	<i>Popis návrhu</i>	55
7.3.2.	<i>Návrh městského rybníku</i>	56
7.4.	OPATŘENÍ C.....	59
7.4.1.	<i>Popis návrhu</i>	59
7.4.2.	<i>Návrh podzemních vsakovacích zařízení</i>	59
7.5.	OPATŘENÍ D	62
7.5.1.	<i>Popis návrhu</i>	62
7.5.2.	<i>Návrh retenční podzemní nádrže</i>	62
8.	EKONOMICKÁ ANALÝZA	66
8.1.	OPATŘENÍ A.....	66
8.2.	OPATŘENÍ B.....	67
8.3.	OPATŘENÍ C.....	68
8.4.	OPATŘENÍ D	69
8.5.	ALTERNATIVNÍ ŘEŠENÍ.....	69
8.6.	ÚDRŽBA ZAŘÍZENÍ	70
8.7.	MOTIVAČNÍ NÁSTROJE	70
9.	VÝSLEDKY	72
9.1.	ZLEPŠENÍ STAVU V ULICI DRUŽSTEVNÍ.....	72
9.2.	ZLEPŠENÍ STAVU V ULICI KOMENSKÉHO	73
9.3.	ZLEPŠENÍ STAVU V RÁMCI CELÉHO ÚZEMÍ	75
9.4.	ALTERNATIVNÍ ŘEŠENÍ	76
9.5.	VYHODNOCENÍ FINANČNÍCH NÁKLADŮ	77
9.6.	SHRNUTÍ VÝSLEDKŮ	78
10.	DISKUZE.....	80
11.	ZÁVĚR.....	83
12.	SEZNAM LITERATURY	85
13.	PŘÍLOHY	93

1. ÚVOD

Za poslední desetiletí se výrazně zintenzivnilo zastavování půdy nepropustnými plochami. Plošná prostorová expanze lidských sídlišť nabírá takové rychlosti, při které je u nás zastavěno 14 ha půdy během jednoho dne (MZe, 2012). Zásahy do krajiny, jimiž si my jako lidé chceme přetvořit naše okolí do podoby takové, aby nám sloužila, výrazně mění hydrologické podmínky území (Hall, 1984; Mansell, 2003). Stavbou dálnic pro rychlejší a pohodlnější dopravu, stavbou domů, ve kterých chceme bydlet, budov ve kterých chceme prostor pro naši práci, těmi všemi a ještě mnohými dalšími si vytváříme na dosud přírodním povrchu nepropustné plochy. Co se dešťové vody, dopadající na takové povrchy týče, hlavním úkolem vodohospodářů, urbanistů a projektantů v této oblasti doposud bylo odvést vodu z území pokud možno co nejrychleji a nejbezpečněji pryč. V posledních letech se do popředí dostává nový přístup v řešení problematiky odvodnění urbanizovaných území, který je založen na zachycení co největšího množství srážkové vody v území a její likvidace v rámci území, anebo alespoň zpomalení jejího odtoku z území. Tento přístup je u nás znám pod názvem hospodaření s dešťovými vodami (HDV).

Vzhledem ke snižování zásob podzemní vody, vysychání pramenů toků, klimatickým změnám a častému výskytu bleskových povodní je přechod k odvodnění urbanizovaného území podle principů udržitelného rozvoje, kdy jsou v co nejvyšší míře napodobovány přirozené odtokové charakteristiky území před urbanizací, nevyhnutelný (Kubelková et al., 2013). Takový přístup naplňuje rámcovou směrnici o vodě Evropského parlamentu a Rady z 23. října 2000 (Směrnice 2000/60/ES, 2000), jejíž cíle lze v kontextu této práce formulovat jako „zajištění udržitelného užívání vodních zdrojů, jakožto i zmírnění účinků povodní a období sucha“. Za poslední léta bylo u nás na téma HDV publikováno nespočet prací, jejichž autoři se v nich zamýšlejí nad budoucím vývojem a současně poskytují návod a nastiňují směr, kterým by se odborníci při řešení tohoto komplexního problému měli dát (Krejčí et al., 2002; Hlavínek et al., 2007; Stránský et al., 2007). Hlavní společnou tezí, kterou autoři sdílejí, je snaha zadržet v urbanizované krajině co největší množství dopadající dešťové vody, zpomalit její odtok do kanalizace a především nechat distribuci této vody přírodním procesům jako je infiltrace či výpar. Docílení takového přístupu je realizováno různými opatřeními, ať už se jedná o vsakování vody, přechod z centralizovaného způsobu odvádění dešťových vod na decentralizovaný, přes retenci s řízeným odtokem až po plošnou redukci nepropustných ploch. V této práci jsou způsoby HDV popsány, a na konkrétním případě je ukázána aplikovatelnost některých z nich, společně s vyhodnocení jejich účinnosti.

2. CÍLE PRÁCE

Za cíle práce jsem si stanovil seznámení s vlivem urbanizace na vodní režim krajiny a odtokové poměry v území. K tomu se vztahuje účel městského odvodnění. Na několika stranách je popsáno k jakým problémům při odvodnění urbanizovaných území může dojít.

Hlavním cílem práce ale je návrh zařízení HDV, který vyřeší kapacitní problémy na jednotné kanalizační síti v řešeném území obce Česká Skalice. Proto bylo nutné nejprve popsat co HDV je a jak se naplňují její zásady pro nakládání s dešťovou vodou. Pak má práce dvě části. Cílem první části je podle platných norem navrhnout jednotlivá opatření HDV. Cílem druhé části je posoudit srážkoodtokovým modelem v softwaru SiteFlow jejich účinnost na snížení zatížení kanalizace v obci Česká Skalice a porovnat tyto výsledky s možností rekonstrukce kanalizace.

3. MĚSTSKÁ HYDROLOGIE

3.1. ZMĚNY VODNÍHO REŽIMU KRAJINY POD VLIVEM URBANIZACE

V přirozeném neurbanizovaném prostředí se odtok hydrologických srážek neboli srážko-odtokový proces realizuje skrze povrchový odtok, podpovrchový odtok, odtok podzemní vody a odtokem korytem toku. K hlavním procesům dešťového odtoku patří infiltrace, výpar a podpovrchová retence.

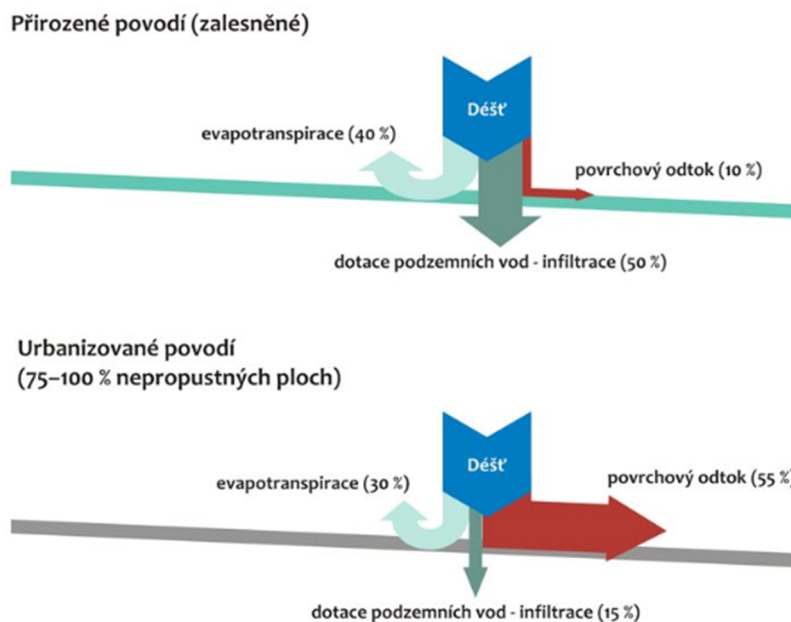
Velikost a průběh odtoku jsou ovlivněny několika faktory:

- hydrologickými srážkami (déšť, sníh),
- charakterem prostředí (klíma, roční období),
- charakterem podloží (propustnost, hladina podzemní vody) a
- parametry koryta (drsnot, tvar, spád).

V povodí, ve kterém proběhla urbanizace, platí do jisté míry výše popsané chování a procesy také, s tím rozdílem, že jejich průběh a relativní význam je pozměněn (*Krejčí et al., 2002*). Nejen urbanizace, ale jakákoli změna krajinného pokryvu má zásadní vliv na distribuci vody v území (*Oki et al., 2013*). Leopold (1968) ze všech možných změn krajinného pokryvu uvádí urbanizaci jako změnu s největším dopadem na hydrologické podmínky území a definuje čtyři vzájemně související efekty změny povrchu na vodní režim krajiny:

- změna ve výšce odtoku,
- změna ve velikosti objemu celkového odtoku,
- zhoršení kvality vody,
- úbytek přirozeného výskytu povrchové vody.

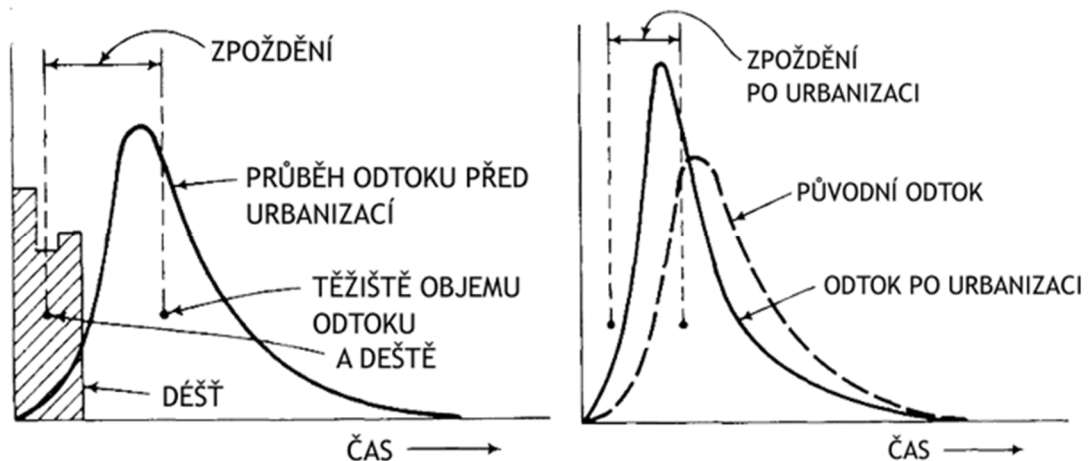
Foster (1988) zmiňuje, že urbanizací jsou způsobeny další, tentokrát hůře měřitelné změny jakými jsou změny v existujících mechanismech dotování zásob podzemních vod, četnosti jejího výskytu, objemu a kvalita vod proudící do zásob podzemních vod. Zrychlení odtoku vody z povodí a snížení infiltrace nejsou jediným pozměněným procesem koloběhu vody v krajině. Redukce ploch vegetačního pokryvu sebou také přináší snížení evapotranspirace (*Grimmond, Oke, 1999*). Vliv urbanizace na evapotranspiraci je ze všech třech zmíněných procesů nejhůře pozorovatelný, což je způsobeno obtížným popisem procesů, které se na snížení podílejí, jako je vliv teplotních ostrovů či snížená vlhkost půdy vlivem nepropustných povrchů (*Gwenzi, Nyamadzawo, 2014*).



Obr. 1: V povodích s přírodním vegetačním krytem se infiltruje až 50 % dopadající srážky a jen pouze 10% odeče prostřednictvím povrchového odtoku. V hustě zastavěných území se podíl srážky odečtený povrchovým odtokem více než zpětinásobí (IREAS, 2007).

3.1.1. ZMĚNY V POVRCHOVÉM ODTOKU

Když dešťové kapky dopadají na neurbanizovaný povrch, většina vody se vsákne do horní nesaturované vrstvy půdy, kudy dále pomalu proudí do nižších vrstev až dosáhne podzemních zvodní. Základním předpokladem tohoto jevu je dostatečně propustný povrch. S výstavbou nepropustných ploch se podíl propustných ploch v území snižuje, což vede ke zrychlení povrchového odtoku a nárůstu špičky průtoku (Mansell, 2003). Změna průběhu odtokové křivky vlivem urbanizace je zobrazena na Obr. 2. Větší část objemu srážky je po zpevněném povrchu odváděna do dešťových vpustí a stokou sítí odtéká pryč z území. Negativním výsledkem výše popsaných změn odtoku je zesílení fyzikálních procesů v tocích jako je eroze a břehová nestabilita (Booth, Henshaw, 2001) a zvýšení výskytu bleskových povodní (Hollis, 1975; Moscrip, Montgomery, 1997). Mansell (2003) se zmiňuje, že vliv urbanizace na povodňové události je výraznější především u krátkých intenzivních dešťů než u dlouhotrvajících méně intenzivních srážkových událostech. V neposlední řadě zrychlený odtok vede k hydraulickému přetížení čistíren odpadních vod (AČE, 2008), které způsobuje méně efektivní čištění odpadních vod.



Obr. 2: Hydrogram zobrazuje vliv urbanizace na změnu tvaru odtokové křivky (Leopold, 1968).

3.1.2. DOPAD URBANIZACE NA PODZEMNÍ VODY

U podzemní vody platí, že čím je podíl přímého odtoku z území větší, tím je menší množství vody, které by se mohlo vsáknout a dosáhnout hladiny zásob vody (Leopold, 1968). Odlesňování a zpevňování povrchů, obojí jako nevyhnutelný výsledek urbanizace, vede k ovlivnění zásob podzemních vod a proudění podzemních vod do povrchových vodních těles (Arnold, Gibbons, 1996). Ros a Peters (2001) studiem výsledků mnohaletého měření průtoků a hladin podzemních vod v několika totožných povodí s různou mírou urbanizace dospěli k výsledku, že v urbanizovaných povodí byl minimální zůstatkový průtok v letních měsících o 25% - 35% menší než u podobných povodí s menší mírou urbanizace, což bylo způsobeno snížením zásob podzemních vod vlivem rozšiřování zpevněných povrchů. Naopak Evett et al (1994) nedokázal najít mezi celkem 16 urbanizovanými a neurbanizovanými povodí v Severní Karolíně korelaci naměřených minimálních zůstatkových průtoků. Jak uvádí Sharp (2010), taková situace je typická spíše v aridních oblastech. I přesto, že některé výzkumy ztrátu podzemních vod vlivem urbanizace nepotvrzují, většina jasně dokládá negativní dopad na zásoby podzemních vod.

3.2. MĚSTSKÉ ODVODNĚNÍ

Dosavadní koncepce odvádění vod z urbanizovaného území byla založena na co nejrychlejším odvedení srážkových vod z území za účelem ochrany nemovitostí. Tento přístup je nazýván tzv. klasickým přístupem (AČE, 2008), kdy se budují zejména systémy jednotné kanalizace, kterou jsou splaškové vody společně s dešťovými odváděny na čistírnu odpadních vod. Dnes se od této letité praxe pomalu opouští a do popředí se v posledních letech dostává nová koncepce městského odvodnění (Krejčí et al., 2002), která se snaží přibližovat přirozenému způsobu odvodnění v nezastavěných území a která zmírňuje negativní dopady urbanizace na hydrologický režim krajiny.

3.2.1. SOUČASNÝ STAV MĚSTSKÉHO ODVODNĚNÍ

Dosavadní koncepce městského odvodnění, spočívající v napojení veškerých odpadních vod v urbanizovaném území a jejich rychlého odvedení z území, vznikla již před více než 150 lety a do dnešní doby neprošla nikterak zásadní změnou (*Krejčí et al., 2002*). V historii městského odvodnění se vždy uplatňovaly požadavky společnosti, která po dlouhou dobu nijak nelpěla na ochraně vodních toků a vodních zdrojů. Do sítě jsou tak svedeny nejen splaškové vody z domácností a odpadní vody z provozů, ale také vody srážkové, tající sněh, drenážní vody, přepady z vodojemů a další (*Kaňka, 2013*).

V současné době rozlišujeme tři základní typy stokových soustav, kterými jsou vody z území odváděny:

Jednotná kanalizace

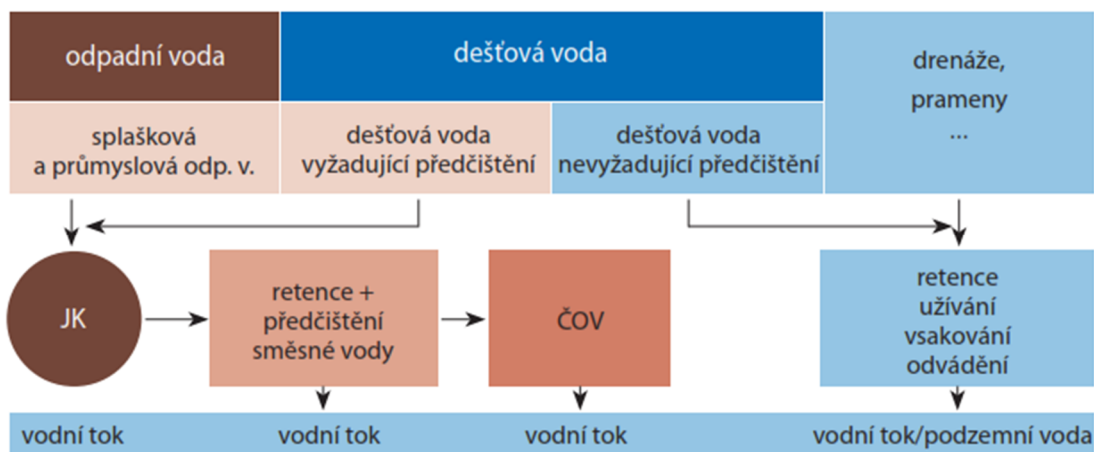
Je typická pro většinu velkých urbanizovaných sídel v České Republice. V rámci jednotné kanalizace jsou veškeré odpadní vody odváděny společným potrubím až na čistírnu odpadních vod (ČOV). Snížení objemu přiváděné vody na ČOV během srážkových událostí je prováděno přes odlehčovací komoru. Odlehčovací komorou je odváděna bez předchozího čištění část objemu, která se z větší části skládá z vody srážkové, rovnou do recipientu. Mnohdy jsou na stokové síti vybudovány umělé zařízení pro akumulaci odpadních vod, ze kterých se postupně vody vypouštějí na ČOV (*Kaňka, 2013*).

Oddílná kanalizace

Jak již název napovídá, oddílná kanalizace se skládá z oddělených potrubí, kdy na jedno jsou napojeny pouze vody splaškové a odpadní z průmyslových provozů a druhou jsou odváděny vody srážkové. Oddílná kanalizace je většinou budována v menších obcích a tam, kde se nenacházejí chráněné vodní toky, které by mohly být ohroženy vypouštěním přes odlehčovací komory (*Kaňka, 2013*).

Kombinovaná kanalizace

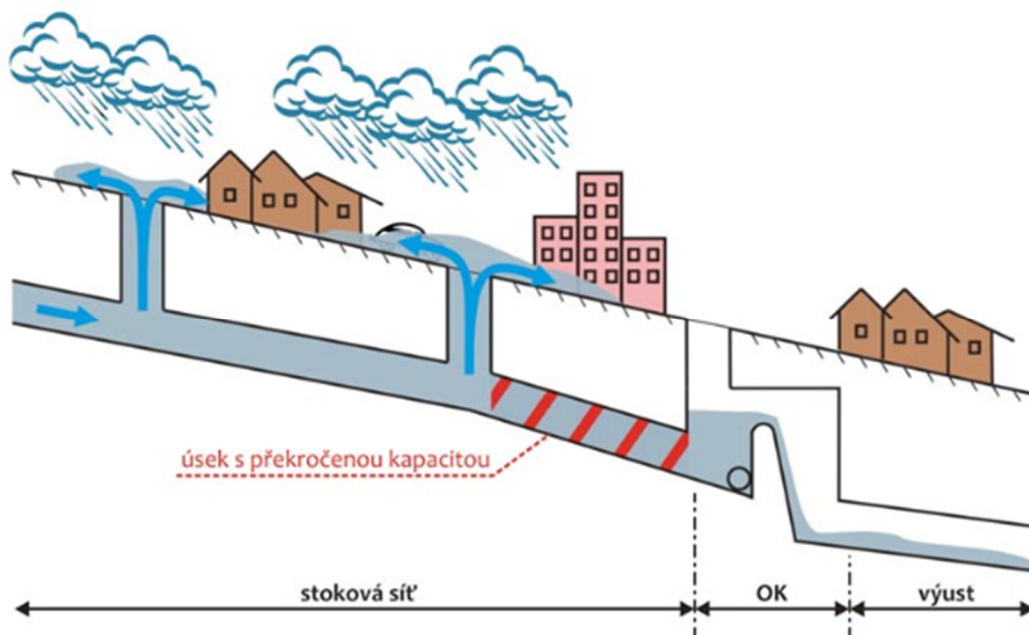
Kombinovaná kanalizace je výsledkem poznání, že ani jednotná ani oddílná kanalizace není z hlediska dnešních potřeb ideální. Kombinovaná kanalizace je založena na vzájemné kombinaci výhod obou výše zmíněných typů. Vzniká úpravou existující stokové sítě, nebo vytvořením citlivějšího koncepčního základu pro nově budovanou stokovou síť s důrazem na odklonění co největšího množství srážkových vod ze systému (*Mžp, 2009*).



Obr. 3: Schéma principu kombinované jednotné kanalizace (Mžp, 2009).

3.2.2. PŘETÍŽENÍ ODVODŇOVACÍCH SÍTÍ

Zhušťování zástavby, zpevňování povrchů cest a odstavných ploch a napojování nových sídlištních celků na stávající stokovou síť mnohdy za přívalových dešťů vede k přetížení těchto systémů. Výsledkem je vysoké vzduší hladin, což vede k zaplavování sklepních prostorů a v extrémních případech i k vytékání vody na povrch (Obr. 5). V případech, kdy na základě intenzivní lokální srážky dojde v urbanizovaném území k výtoku vody z kanalizační sítě na povrch, mluvíme o povodňové situaci v urbanizovaném území. Situace, při které vlivem nedostatečné kapacity trubní sítě dojde k povodňové situaci, je zobrazena na Obr. 4.



Obr. 4: Povodeň v urbanizovaném území způsobená intenzivní lokální srážkou. Zaplavení je způsobeno nedostatečnou kapacitou potrubí. Takové zaplavení je krátkodobé (v řádu sekund a minut). (IREAS, 2007)

Přetížení sítě

Návrh odvodňovací sítě se posuzuje pro zátěžové deště podle místních požadavků ne ochranu staveb (citace). K přetížení sítě dochází z mnoha různých důvodů, jmenovitě:

- nedostatečnou kapacitou profilů;
- překročením četnosti zátěžového deště použitého u dimenzování;
- hydraulicky nedostatečným uspořádáním spojení potrubí a objektů na sítí;
- nevhodným nastavením přepadových hran odlehčovacích komor a dešťovým zdrží;
- nevhodným nastavením škrťacích či regulačních armatur pro řízení odtoků (Dašek, 1997).

Standardní povolená četnost přetížení sítí je dnes s výskytem 1x za 5 let (Šrytr *et al.*, 1998). V posledních letech výzkumy (Grum *et al.*, 2006) potvrzují trend ve změně intenzit a periodicitě výskytu přívalových dešťů s krátkou dobou trvání, což má za následek častější výskyt přetížení systémů odvodnění při přívalových deštích, než na jaké byly původně dimenzovány. Otázkou tak zůstává, do jaké míry měnit zavedené normy a uzpůsobit dimenzování kanalizačních sítí, jejichž životnost se pohybuje v řádu desítek let, novým poznatkům o výskytu a rozložení přívalových srážek.



Obr. 5: Výtok vody na povrch jako odpověď kanalizační sítě na přívalový déšť v americkém městě Seattle v roce 2010. Zdroj: <http://www.seattlepi.com>.

Možné způsoby řešení přetížení

Z hlediska hydraulických podmínek by se zdálo jako nejvhodnější řešení prosté zvětšení přetížených stokových profilů. Sanace stokové sítě ale představuje komplexní úlohu ovlivněnou více faktory. Šejnoha a Sklenář (2010) zmiňují 6 základních faktorů obnovy kanalizačního systému:

- strukturání hlediska (stáří, stavební stav, ...);
- hydraulická hlediska;
- provozní hlediska;
- ekonomická hlediska;
- potřeba koordinace s jinými stavbami;
- společenská hlediska.

Za ekonomická hlediska lze považovat návratnost investice do rekonstrukce sítě, která se odvíjí především od rozsahu možných škod následkem přetížení. Dojde-li například k zatopení okolí jednou za 5 nebo 10 let, lze tyto stavy za určitých podmínek tolerovat, pokud se finanční náklady na odstranění škod způsobených zatopením jeví jako výhodnější než rekonstrukce (Dašek, 1997).

Dašek (1997) popisuje 3 možnosti snížení přetížení stávajících odvodňovacích sítí:

- omezení přítoku dešťových a balastních vod;
- využití akumulčních objemů stok;
- zvětšení profilů stok.

A právě zamezením přítoku dešťových vod do kanalizace se zabývá nová koncepce městského odvodnění (viz níže).

3.2.3. FUNKČNOST ČISTÍREN ODPADNÍCH VOD

Během srážkové události je efektivita ČOV snížena oproti bezdeštnému období (Krejčí *et al.*, 2002). Čistírny odpadních vod jsou navrhovány na průměrné hodnoty přivádění znečištění v odpadních vodách vztažené na průměrný denní přítok Q_{24} (ČSN 75 6401). Hydraulické a látkové zatížení ČOV přesahující návrhové hodnoty při deštích vede ke snížení účinnosti čištění, neboť doba zdržení přiváděné vody do aktivačních a dosazovacích nádrží je výrazně zkrácena (AČE, 2008). Z provozu středně velkých ČOV vyplývá, že množství dešťového průtoku čistírnou činí až 50% celoročního odtoku vod z ČOV (Koníček, Štastný, 1996).

3.2.4. NOVÁ KONCEPCE MĚSTSKÉHO ODVODNĚNÍ

Všechny výše popsané problémy se snaží řešit nová koncepce městského odvodnění, která začíná dávat důraz na tzv. decentralizovaný způsob odvodnění

(Stránský, 2013). Decentralizovaný způsob se snaží zajistit hospodaření s atmosférickou srážkou přímo v místech jejího dopadu (Šenkapoulová, 2013). Nepatrně znečištěné vody ze střech a dalších zpevněných ploch, pokud projdou procesem předčištění, jsou přednostně zasakovány a pouze silně znečištěné vody jsou zpomaleny a řízeně dopraveny kanalizací na ČOV (Krejčí et al., 2002). Nová koncepce zároveň musí nadále splňovat požadavky, které jsou kladeny na dosavadní způsob městského odvodnění, tedy zaručí, že nebude ve větší než přípustné míře ohroženo vlastní urbanizované území a vody povrchové a podzemní (AČE, 2008).

Zvláštní pozornost je v nové koncepci městského odvodnění věnována silně znečištěným vodám (např. z průmyslu apod.), jejichž vypouštění by mělo být během srážkových událostí pozdrženo (např. akumulací v akumuláčnících nádržích v místě jejího vzniku) a provedeno až po zmenšení dešťového odtoku. Tím se zaručí efektivnějšímu čištění těchto vod, neboť se zabrání zředěním z dešťovou vodou a možným zaústěním do recipientu přes odlehčovací komoru (Krejčí et al., 2002). Platí, že čím menší je zředění škodlivé látky ve vodě putující na ČOV, tím účinněji je voda čištěna (Qasim, 1999). Nová koncepce městského odvodnění je neoddelitelná od přístupu hospodaření s dešťovými vodami.

4. HOSPODAŘENÍ S DEŠŤOVÝMI VODAMI

Stránský (2013) popisuje hospodaření s dešťovými vodami (HDV) jako:

„Základem HDV je tzv. decentralizovaný způsob odvodnění, jehož podstatou je zabývat se srážkovým odtokem v místě jeho vzniku a vracet ho do přirozeného koloběhu vody. V nejužším slova smyslu jsou přírodě blízká opatření a zařízení HDV taková, která podporují výpar, vsakování a pomalý odtok do lokálního koloběhu vody. V širším slova smyslu sem patří i zařízení, která alespoň určitým způsobem přispívají k zachování přirozeného koloběhu vody a k ochraně vodních toků, např. akumulací a užíváním dešťové vody nebo retencí a regulovaným (opožděným) odtokem do stokové sítě.“

Pozitiv, které zavádění opatření HDV přináší je nespočet. Mezi zásadní řadíme:

- snížení průtoku v kanalizaci, a tím zabránění snížení životnosti stávajícího systému, popř. snížení nároku na dimenze nového systému,
- snížení hydraulického a látkového zatížení ČOV za deště,
- podporu přirozené obnovy podzemních vod,
- snížení spotřeby pitné vody využitím dešťové tam, kde může pitnou nahradit (závlaha),
- zlepšení mikroklimatu (podporou výparu),
- estetický přínos - v případě využití potenciálu specifických zařízení (jezíčko, zelená střecha).

4.1. TECHNICKÉ ŘEŠENÍ HDV

Stránský (2013) dále pojednává o typech objektů, které výše citovanou definici naplňují. Mezi ně se řadí např. vegetační střechy, propustné zpevněné povrchy, vsakovací průlehy, plošné vsakování, vsakovací nádrže, vsakovací rýhy, podzemní vsakovací bloky, vsakovací šachty, suché retenční nádrže, retenční nádrže se zásobním prostorem atd. O vybraných typech zmíněných objektů je více pojednáno v kapitole 4.4.

Dešťová voda, zachycená ve zmíněných objektech, je likvidována:

- infiltrací,
- evapotranspirací,
- retencí pro pozdější vypuštění,
- akumulaci pro pozdější využití

s tím, že volba jednotlivých objektů je dána právě požadavkem na způsob likvidace dešťových vod. Faktorů ovlivňující výběr správného zařízení HDV je ale mnohem více. Mezi zásadní se řadí míra znečištění srážkových vod, prostorové a geologické podmínky apod.

Vsakování srážkových vod

Největší důraz na způsob likvidace srážkových vod je infiltrace.

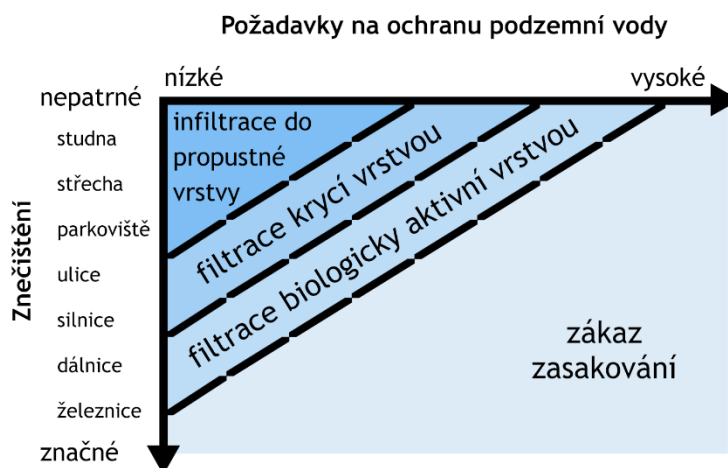
Synáčková (2003) rozděluje zařízení pro cílenou infiltraci do 3 skupin na:

- decentralizovaná zařízení,
- semi-centrální zařízení,
- centrální zařízení.

Synáčková (2003) o decentralizovaných zařízení hovoří v případech, kdy k vsaku dochází přímo na pozemku, jinými slovy v místě tvorby odtoku dešťové vody. Semi-centrální zařízení definuje jako vsakovací systém, do kterého jsou svedeny dešťové vody z více pozemků, a zároveň se nacházejí v jeho bezprostřední blízkosti. Centrální vsakovací zařízení pak přijímá dešťové vodu z velkých celků (>1 ha) i ze vzdálenějších míst, které jsou do centrálního vsakovacího zařízení dopraveny stokovou sítí.

Opatření HDV ve vztahu k samočisticím procesům

Srážkové vody obsahují znečišťující látky, které mohou svou mírou koncentrace znečistit podzemní vody. V mnoha případech (odvíjející se od míry znečištění a druhu látky) lze ještě před vsakováním vody nežádoucí látky odbourat. V zásadě platí, že znečištění vod tvoří okrajové podmínky vsakování (Obr. 6) (Krejčí et al., 2002).



Obr. 6: Schématické znázornění okrajových podmínek pro zasakování dle Gujer (1999).

Srážkové vody putující do zařízení HDV jsou znečištěny širokým spektrem různých látek anorganického a organického původu. Synáčková (2003) zmiňuje především těžké kovy, sloučeniny fosforu, dusíku a anionty silných minerálních kyselin. Z organických látek pak vysoké zastoupení ropných látek dioxinů a pesticidů. Srážkové vody sebou přenášejí také velké množství nerozpuštěných látek v podobě půdních částic (Krejčí et al., 2002). Ty jsou nejlépe zachyceny

v kalových jímkách, kde dochází k její sedimentaci, nebo jsou zachyceny ve vegetační vrstvě povrchových opatření. Čistící schopnost opatření HDV je dána především samotným typem zařízení. Například Boot a Leavitt (1999) a Brattebo a Booth (2003) zkoumali míru znečištění srážkové vody naftovými oleji ve vodě, která se infiltrovala přes zpevněný propustný povrch a té která jen ztekla po asfaltovém povrchu. V obou případech byl prokázán výrazný rozdíl mezi obsahy naftových olejů v jednotlivých vzorcích ve prospěch dobrých filtračních schopností propustných zpevněných ploch.

4.2. HDV V ZAHRANIČNÍ

Hospodaření s dešťovými vodami, způsobem jakým je prezentován v této práci, nemá v České republice dlouhou tradici. Většina inspirací, na jejímž základě se HDV začíná v posledních letech uplatňovat i u nás, je přebírána ze zahraničí (Německo, Švýcarsko, Velká Británie, atd.), kde uvědomění, že dešťová voda je zdroj, se kterým je i v urbanizovaných území nutné nakládat co nejcitlivěji, se zakotvilo do tamních norem, legislativního rámce a myšlení lidí již před mnoha lety.

V každé zemi napříč kontinenty je přistupováno ke koncepci HDV různě, a to podle kulturních, klimatických a politických podmínek dané země. V jednotlivých zemích se sice nepatrně liší provedení HDV ale jeho hlavní účel, tedy hospodařit s vodou v místě jejího vzniku, je bez rozdílu.

V zahraničí je termín odpovídající českému Hospodaření s dešťovými vodami znám pod mnoha různými názvy (Fletcher et al., 2014). V anglicky mluvících zemích se nejčastěji používají termíny:

- Sustainable Urban Drainage System (Velká Británie),
- Low-Impact Development (USA, Nový Zéland),
- Water Sensitive Urban Design (Austrálie),
- Best Management Practices (USA, Kanada).

V evropských zemích pak například:

- Alternative techniques (Francie),
- Lokalt omhändertagande av dagvatten (Švédsko),
- dezentrale Regenwasserbewirtschaftung (Německo).

Pomalou, ale přesto slibně se rozvíjející zakotvení HDV v našich normách a legislativě má oproti výše zmíněným zemím ještě stále mezery. Tak například v USA má téměř každý ze států (a v mnoha případech i samotných měst) vlastní několikasetstránkový manuál uzpůsobený prostředí, ve kterém má být aplikován. V manuálech se poměrně přesně popisuje zařízení HDV od návrhu, přes zavedení až po zpětné hodnocení účinnosti (CVC, 2011; Minnesota Stormwater Steering Committee, 2006). Odborná i laická veřejnost tak má možnost seznámit se s možnostmi jaké HDV

nabízí. Nežádka kdy se tyto manuály ale i jiné publikace snaží samotnou laickou motivovat k výstavbě zařízení HDV na jejich vlastním pozemku (*Bannerman, Considine, 2003; McCarthy, 2013*).

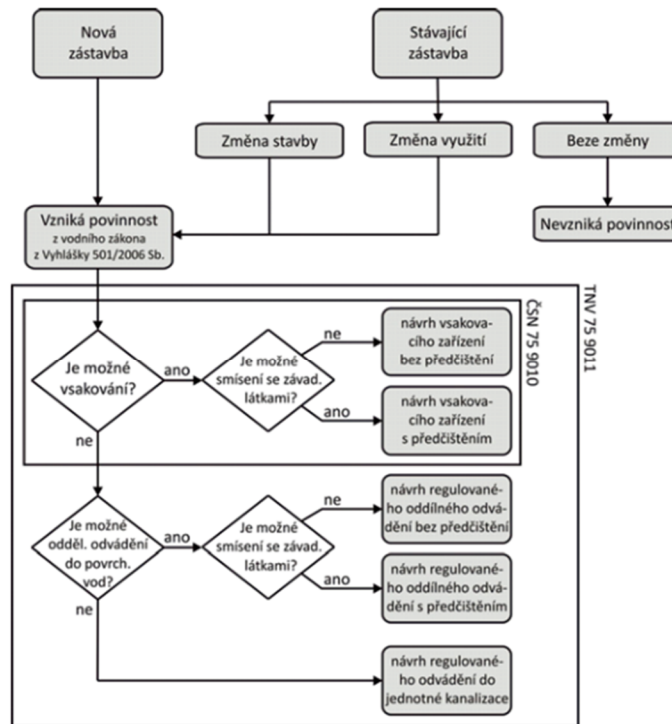
4.3. HOSPODAŘENÍ S DEŠŤOVÝMI VODAMI Z POHLEDU LEGISLATIVY

Optimální řešení problematiky srážkových povrchových vod v urbanizovaném území sebou přináší vedle nutnosti podpůrných technických norem (ČSN 75 9010, TNV 75 9011), šíření osvěty mezi společnostmi či respektování tuzemských ekonomických podmínek také potřebné nové právní předpisy (*Šenkapoulová, 2013*).

V České republice si HDV své místo na slunci stále ještě hledá. Jistý nárůst zájmu o tuto tematiku je však patrný už i v legislativě, kdy v ní poprvé od roku 2006 můžeme vidět definovány základní principy udržitelného nakládání s dešťovou vodou. V roce 2006 byl do vyhlášky č. 501/2006 Sb. o obecných požadavcích na využívání území stavebního zákona č. 183/2006 Sb., o územním plánování a stavebním řádu zakotven § 20, který vymezuje stavební pozemek vždy tak, aby na něm bylo vyřešeno vsakování nebo odvádění srážkových vod ze zpevněných plochu udělující vlastníkovu povinnost hospodařit se srážkovou vodou přímo na jeho pozemku a to v souladu s myšlenkou udržitelného HDV. Znění vyhlášky č. 501/2006 Sb., se mění novou vyhláškou č. 269/2009 Sb., ve které § 20 odst. 5 písm. c) tuto povinnost definuje následovně:

Stavební pozemek se vždy vymezuje tak, aby na něm bylo vyřešeno vsakování nebo odvádění srážkových vod ze zastavěných ploch nebo zpevněných ploch, pokud se neplánuje jejich jiné využití; přitom musí být řešeno:

- *přednostně jejich vsakování, v případě jejich možného mísení se závadnými látkami umístění zařízení k jejich zachycení, není-li možné vsakování,*
- *jejich zadržování a regulované odvádění oddílnou kanalizací k odvádění srážkových vod do vod povrchových, v případě jejich možného smísení se závadnými látkami umístění zařízení k jejich zachycení, nebo*
- *není-li možné oddělení odvádění do vod povrchových, pak jejich regulované vypuštění do jednotné kanalizace.*



Obr. 7: Diagram rozhodovacího procesu hospodaření se srážkovou vodou vyplývající z právního rámce a norem ČSN 75 9010 a TNV 75 9011 (Kubelková et al., 2013).

Stránský (2013) a Vítek (2012) ovšem upozorňují, že v současné době zásady a technické předpisy, podle kterých by bylo možné odvodnění staveb podle principů HDV navrhovat, schvalovat, povolovat, provozovat a spravovat ještě nejsou podrobně rozpracovány.

Co ze zákonů vyplývá a co zákony pro samotný návrh odvodnění staveb předepisují Vítek (2012) shrnuje do pěti bodů:

1) Ze staveb resp. stavebních pozemků, na něž se vztahuje stavební a vodní zákon a jejich prováděcí předpisy, srážkovou vodu přednostně vsáknout, když ji nejde zadržet v retenčních objektech odvodňovaných staveb a regulovaně odvést do vodoteči nebo dešťové nebo jednotné kanalizace.

2) Stavby musí mít zajištěno odvedení veškeré srážkové vody, kterou nelze vsáknout do podzemí, do vodoteči nebo do dešťové nebo do jednotné kanalizace.

3) Zařízení ke vsaku srážkové vody do podzemí ev. k její retenci aplikovat na každém stavebním pozemku, k němuž se vztahují i ostatní povinnosti na jejich vybavení, např. vlastní splašková a dešťová kanalizační přípojka, vodovodní přípojka, přípojka elektrické energie, vlastní příjezd atd.

4) Vlastníkovi kanalizace povinnost umožnit připojení, pokud je odvodňovaná stavba nebo stavební pozemek v dosahu jeho kanalizace, způsobem, který vyplývá ze vzájemné polohy stavby a kanalizace.

5) *Osvobodit od placení stočného za odvedenou dešťovou vodu veškeré dálnice, silnice a komunikace, plochy drah a plochy nemovitostí určených k trvalému bydlení a domácnosti.*

4.4. OPATŘENÍ HDV

Zařízení k naplňování zásad HDV je nespočet, a ještě větší jsou možnosti jejich kombinací.

4.4.1. VSAKOVACÍ NÁDRŽ

Základní popis

Vsakovací nádrž je označován povrchový objekt s výraznou retenční funkcí se vsakováním přes humusovou vrstvu (*TVN 75 9011*). Vsakovací nádrže jsou navrženy, jako zatravněné terénní prohlubně, vhodné k likvidaci srážkové vody z řady objektů nebo i větších urbanizovaných celků. Vsakovací nádrže jsou vhodným objektem HDV v méně až středně hustě zastavěných oblastech s nepropustnou plochou mezi 38% až 66% (*CIRIA, 2007*).

Podmínky návrhu

Nádrž musí být navržena tak, aby všechna voda zadržaná v objektu byla infiltrována do 72 hodin (*ČSN 75 9010*). Pro splnění této podmínky je klíčová hydraulická vodivost půdy a úroveň hladiny podzemní vody. Hydraulická vodivost podloží by měla být $K > 1 \cdot 10^{-5} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ a hladina podzemní vody by měla být minimálně 1 m pod vsakovací plochou. Sklony svahů nádrže by neměly být větší než 1:4 s ohledem k bezpečnosti pohybu osob a živočichů (*TVN 75 9011*). Oblasti, ze kterých by měla být dešťová voda zasakována do podzemních vod, by neměly obsahovat průmyslové a komerční objekty, objekty u kterých hrozí únik toxických látek (benzínové pumpy, autoservisy) a další objekty u kterým může dojít k vlivem srážky k úniku tzv. „zdrojových materiálů“ (*CIRIA, 2007*). Pod pojmem zdrojový materiál si zde lze například představit jemné částičky písku, splavovány z místní pískovny. V případech, kdy není zcela možné zabránit nadměrnému znečištění vod vstupující do infiltrační nádrže, je nutné opatřit nádrž tzv. „pre-treatment“, což jsou objekty, které svou funkcí sníží obsah škodlivých látek a sedimentu ve srážkové vodě ještě předtím, než voda vstoupí do vsakovací nádrže (*CIRIA, 2007*). Jako tyto objekty může být použita například kalová jímka či zatravněné příkopy. Vsakovací nádrž musí být opatřena bezpečnostním přelivem, konstruovaným tak, aby byl schopen převést větší deště bez přetečení vody do okolí. Podrobněji je o technickém řešení vsakovací nádrže pojednáno v (*TVN 75 9011, ČSN 75 9010*).

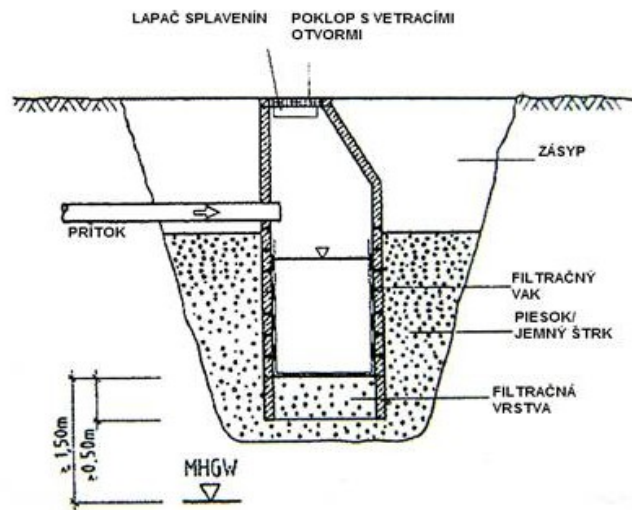
Údržba

Pravidelné kontroly opatření jsou důležité pro udržení jeho funkčnosti. K hlavním částí údržby patří sečení trávy, které by mělo být prováděno během vegetační sezóny v pravidelném intervalu jednou za měsíc. Kontrola dna nádrže, bezpečnostního přepadu popř. kalové jímky by měla být prováděna minimálně jednou do měsíce a po každém přívalovém dešti (TVN 75 9011).

4.4.2. VSAKOVACÍ ŠACHTA

Základní popis

Vsakovací šachty jsou vertikální válcovité objekty s retenčním prostorem převážně skládané z betonových skruží. Výška objektu přesahuje její šířku. Funkce vsakovací šachty spočívá v okamžité akumulaci vody a pozvolném bodovém vsakování do půdy. Šachty mají nezakryté dno, přes které je únik vody do půdy uskutečňován. Pro vyšší rychlost prázdnění se stěny můžou opatřit otvory. Ačkoli jsou vsakovací šachty převážně instalovány jako solitéry, pokud kapacitně nedostačují, může jich být sériově propojeno i několik najednou. Do vsakovacích šachet se zaústí svody odvádějící vodu ze střech (CIRIA, 2007). Šachty jsou ve výkopu obsypány pískem nebo štěrkem a spodní část vnitřního prostoru je vyplněna filtračním materiálem.



Obr. 8: Řez zasakovací šachtou. Zdroj: www.voda.tzb-info.cz.

Podmínky návrhu

Jako u všech vsakovacích zařízení i u vsakovací šachty je podmínkou dostatečná propustnost půdy. Hladina podzemní vody musí být minimálně 1 m pod vsakovací plochou (ČSN 75 9010). Podle předpokládaného znečištění vody je nutné zvážit před šachtu osazení čistící jímky, neboť samotná šachta je pro čištění nedostačující. Jako jedna z mále opatření jsou vsakovací šachty náročné na prostorové podmínky.

Nicméně je třeba zajistit, že ke vsakování bude docházet v takové výšce, v jaké neohrozí okolní objekty. Šachta musí umožňovat přístup pro údržbu. Proto se opatřuje poklopem a stupačkami. Šachta dále musí splňovat bezpečné odvedení přebytečné vody, to je realizováno například trubkovým bezpečnostním přelivem.

Údržba

Vsakovací šachta je velmi nenáročná na údržbu, nicméně vyžaduje alespoň jednoroční inspekci, při které se odstraní nahromaděný sediment, vyčistí filtrační šachty, a zkontroluje průchodnost potrubí, které přivádí vodu do šachty (CIRIA, 2007).

4.4.3. PROPUSTNÉ ZPEVNĚNÉ POVRCHY

Základní popis

Propustné zpevněné plochy se řadí společně se zelenými střechami do typu opatření, u kterých je kapka vody doslova přímo zasakována v místě, na který dopadá (CIRIA, 2007). Oproti ostatní opatřením tak mají výhodu, že i když o nich mluvíme jako o opatření HDV ve skutečnosti především plní funkci pro kterou byly vytvořeny (možnost parkování automobilů, zastřešení objektu), zatímco ostatní jsou budovány čistě pro účely HDV. Propustné zpevněné plochy mají mnoho podob. Ať už se jedná o klasické zatravnovací tvárnice nebo novinky jako propustný beton, nejčastější technické řešení jsou betonová dlažba se spárami, které umožňují proudění vody. Voda spárami proudí přes štěrkovou a pískovou vrstvu a do půdy je se vsakuje.



Obr. 9: Pokládka betonové dlažby na štěrkovou vrstvu. Zdroj: <http://www.hardscapemagazine.com>.

Podmínky návrhy

Pro výstavbu propustných zpevněných ploch není podmíněčně nutná dobrá propustnost zeminy. V případech nedostatečné propustnosti se na kraje štěrkové

vrstvy umístí drenáž, která je svedena do jímky, odkud voda přepadá do potrubí končící v kanalizaci, v lepším případě v jiném zařízení HDV. Opatření je náročné na technické znalosti, jelikož musí mimo odvodnění také splňovat svoji primární funkci. Výstavba je tak podmíněna koordinací jak vodohospodářů, tak odborníků v oboru dopravních stavbách. U provedení s drenáží je nezbytné drenážní trubky zakrýt vodopropustnou geotextílií, aby nedocházelo k zanášení (CIRIA, 2007).

Údržba

Propustné zpevněné plochy s drenáží by měli projít prohlídkou s četností nejméně jednou do roka, při které se kontrolují prvky zaručující odvedení vody, jako jsou drenážní trubky (CIRIA, 2007). Další údržba je v rámci standardní údržby vozovek a komunikací.

5. CHARAKTERISTIKA ÚZEMÍ

Město Česká Skalice se rozkládá v Úpsko-metujské tabuli v Královéhradeckém kraji, na území okresu Náchod. Město je vzdáleno přibližně 35 km severovýchodně od Hradce Králové a 8 km západně od města Náchod. Město má rozlohu 17,36 km² a k datu 1. 1. 2013 mělo celkem 5178 obyvatel (ČSÚ), což odpovídá hustotě osídlení 298 obyv./km². Město svým charakterem nejlépe odpovídá typickému českému malému městu s bohatou historií a tradicí v zemědělské produkci.

Nadmořská výška se pohybuje v rozmezí od 270 do 300 m. n. m. Městem protéká řeka Úpa, která na sever od města svými zářezy vytvořila Babiččino údolí. Jihovýchodně od města se rozkládá vodní nádrž Rozkoš.



Obr. 10: Poloha zájmového území. Zdroj: autor.

5.1. GEOLOGICKÉ PODMÍNKY

Geologicky město Česká Skalice spadá do oblasti Českého masivu, region Česká křídlová pánev - pokryvné útvary a postvariské magmatity. Spodní patro je v místech zájmového území budováno horninami krkonošsko-jezerského krystalika, na kterém se nacházejí sedimenty české křídlové pánve. Údolí Úpy je zaříznuto do různých typů usazenin. V severní části se převážně jedná o červené pískovce a slepence permského stáří v podloží cenomanských svrchnokřídlových souvrství. Ve střední části vystupují svrchnokřídlové sedimenty společně s arkózy a slepenci svrchního karbonu. Severně od města v jižní části Babiččina údolí převažují jemnozrnné usazeniny svrchní křídy. Plošina nad údolní hrou je místy pokryta pleistocenními říčními štěrky. Svahy údolí jsou překryty zvětralinami. V okolí České Skalice jsou slínovce s polohami či konkracemi vápenců, rytmy slínovec - vápenec turonského stáří a fluvialní štěrkopískové sedimenty. Severně jsou místy také zastoupeny písčité slínovce až jílovce spongilitické a místy i silicifikované, překryty pleistocenními eolickými sprašemi a sprašovými hlínami.

5.2. GEOMORFOLOGICKÉ PODMÍNKY

Území České Skalice spadá do Úpsko-metujské tabule, která je severní částí geomorfologického celku Orlické tabule. V širším celku je součástí východní partií Východočeské tabule. Jde o plochou pahorkatinu na slínovcích, jílovcích a spongilitech svrchní křídy. Střední výška oblasti je 290 m n. m. s nejvyšším vrchem U rozhledny o výšce 451 m n. m. Pro oblast jsou charakteristické pleistocenní říční terasy a údolní nivy řek Úpy, Orlice a Metuje strukturně denudační plošiny a ploché hřbety. Vlastní zastavěné území města se nachází v ploché nivě řeky Úpy v průměrné nadmořské výšce 284 m.

5.3. PEDOLOGICKÉ PODMÍNKY

Na většině území města převládají hnědozemě s částečným zastoupením pelické kambizemě ve východní části. Ze skupiny vodou ovlivněných půd je v území hlavně zastoupení glehových půd. Dle bonitovaných půdně ekologických jednotek stanovených vyhláškou MZe č. 327/1998 Sb., nejčastější půdní jednotky v oblasti jsou zobrazeny v Tab. 1.

Tab. 1: Nejčastější půdní jednotky v území České Skalice.

09 Sodozemě modální včetně slabě oglejených a šedozemě luvické na spraších, středně těžké, bezskeletovité, s příznivými vláhovými poměry.
10 Hnědozemě modální včetně slabě oglejených na spraších, středně těžké s mírně těžší spodinou, bez skeletu, s příznivými vláhovými poměry až sušší.
11 Hnědozemě modální včetně slabě oglejených na sprašových a soliflukčních hlínách (prachovicích), středně těžké s těžší spodinou, bez skeletu, s příznivými vlhkostními poměry.
13 Hnědozemě modální, hnědozemě luvické, luvizemě modální, fluvizemě modální i stratifikované, na eolických substrátech, popřípadě i svahovinách (polygenetických hlínách) s mocností maximálně 50 cm uložených na velmi propustném substrátu, bezskeletovité až středně skeletovité, závislé na dešťových srážkách ve vegetačním období.
14 Luvizemě modální, hnědozemě luvické včetně slabě oglejených na sprašových hlínách (prachovicích) nebo svahových (polygenetických) hlínách s výraznou eolickou příměsí, středně těžké s těžkou spodinou, s příznivými vláhovými poměry.
16 Luvizemě modální a hnědozemě arenické, eventuelně i slabě oglejené na lehkých až zahliněných terasách, pískovcích a štěrkopískcích s překryvem písčitých spraší a prachovic v mocnosti 30 až 60 cm, zrnitostně středně těžké lehčí, až slabě skeletovité, vláhově méně příznivé až nepříznivé.
17 Luvizemě arenické i slabě oglejené, na lehkých, propustných substrátech, vysušné, závislé na srážkách nebo závlaze.
20 Pelozemě modální, vyluhované a melanické, regozemě pelické, kambizemě pelické i pararendziny pelické, vždy na velmi těžkých substrátech, jílech, slínech, flyši, tercierních sedimentech a podobně, půdy s malou vodopropustností, převážně bez skeletu, ale i středně skeletovité, často i slabě oglejené.
23 Regozemě arenické a kambizemě arenické, v obou případech i slabě oglejené na zahliněných písčích a štěrkopískcích nebo terasách, ležících na nepropustném podloží jílu, slínů, flyše i tercierních jílu, vodní režim je značně kolísavý, a to vždy v závislosti na hloubce nepropustné vrstvy a mocnosti překryvu.
31 Kambizemě modální až arenické, eubazické až mezobazické na sedimentárních, minerálně chudých substrátech - pískovce, křídové opuky, permokarbon, vždy však lehké, bez skeletu až středně skeletovité, málo vododržné, vysušné.
56 Fluvizemě modální eubazické až mezobazické, fluvizemě kambické, koluvizemě modální na nivních uloženinách, často s podložím teras, středně těžké lehčí až středně těžké, zpravidla bez skeletu, vláhově příznivé.
64 Gleje modální, stagnogleje modální a gleje fluvické na svahových hlínách, nivních uloženinách, jílovitých a slinitých materiálech, zkulturněné, s upraveným vodním režimem, středně těžké až velmi těžké, bez skeletu nebo slabě skeletovité.

5.4. KLIMATICKÉ PODMÍNKY

Klimaticky lze Českou Skalicu umístit na rozhraní dvou mírně teplých klimatických oblastí MT9 a MT11 (*Quitt, 1971*).

Oblast MT9 se vyznačuje dlouhým, teplým a suchým až mírně suchým létem, krátkými přechodnými obdobími s mírným až mírně teplým jarem a mírně teplým podzimem a krátkou mírnou a suchou zimou s krátkým trváním sněhové pokrývky. Pro oblast platí výskyt 100 - 120 dnů se srážkami alespoň 1 mm a srážkovým úhrnem v rozmezí 400 - 450 mm ve vegetačním období a 250 - 300 mm v období zimním.

Oblast MT11 svým charakterem příliš neliší. Je pro ni charakteristický výskyt 90 - 100 dnů se srážkou alespoň 1 mm, srážkový úhrn 350 - 450 mm ve vegetačním období a 200 - 250 mm v období zimním. Průměrný roční srážkový úhrn pro se pohybuje mezi 700 - 800 mm.

Česká Skalice není Ministerstvem životního prostředí ČR evidována, jako oblast kde došlo k překročení hodnoty imisního limitu pro jednu nebo více znečišťujících látek a cílových imisních limitů pro ochranu zdraví obyvatel. Významným producentem emisního znečištění ovzduší v České Skalici jsou mobilní zdroje.

5.5. HYDROLOGICKÉ A HYDROGEOLOGICKÉ PODMÍNKY

Město Česká Skalice spadá do povodí Labe, které je dle hydrologického členění řekou 1. řádu. Městem protéká řeka Úpa (číslo hydrologického povodí 1-01-02-001) pramenící v Krkonoších. Řeka Úpa má délku 78,7 km a její povodí plochu o rozloze 513,1 km². Průměrný dlouhodobý průtok je 6,68 m³.s⁻¹. Jihovýchodně hraničí s městem vodní nádrž Rozkoš, která je vodním dílem na potoku Rozkoš v Úpsko-metujské tabuli. O výstavbě vodní nádrže se uvažovalo již v roce 1923. Ale až na základě generálního projektu z roku 1939 se začalo s přípravami na výstavbu. Nakonec se výstavba posunula až na léta 1965 - 1972. Průměrná rozloha vodní plochy nádrže je 987 ha, to ji řadí mezi osmou největší přehradu v České republice.

Území města Česká Skalice patří do hydrogeologického rajonu Podorlická křída v povodí Úpy a Metuje. Základní stratigrafickou jednotkou dané hydrologické struktury je svrchní křída. Co se zásob podzemních vod týče, kvalitativní stav útvarů podzemních vod svrchní a základní vrstvy je v území České Skalice nevyhovující. Trend znečištění v útvarech podzemních vod zmiňovaných vrstev je klasifikován jako neměnicí se nebo sestupný (*Ekotaxa, 2014; Gremlica, 2013; heis.vuv.cz*).

5.6. POPIS ŘEŠENÉHO ÚZEMÍ

Vymezení hranice řešeného území se odvíjelo od morfologie terénu a prostorového vedení kanalizační sítě k uzávěrovému profilu na hranici ulic Komenského a Lidická. Od tohoto bodu výše se po kanalizační síti vyskytují kapacitní problémy, které budou v této práci řešeny. Byl to především tento faktor, který vymezil zájmové území. Území je rovinaté, a proto byl nezbytný terénní průzkum, který pomohl zpřesnit hranice povodí k definovanému uzávěrovému profilu, resp. hranice řešeného území.

Řešené území má celkovou plochu 7,99 ha. Průměrný sklon území je 1,2 %. Tuto hodnotu navyšuje severní část území, v jiných místech, převážně v sídelní části je plocha téměř beze sklonu.

Větší část území je sídlištního typu. V území se nachází 7 bytových domů, rozprostřených na téměř 4/5 plochy území. Lze předpokládat, že více jako 95 % obyvatel žijících v řešeném území bydlí právě v těchto 7 bytových domech. Hustota zástavby v této části není příliš vysoká. Mezi bytovými domy jsou velké travnaté plochy, bez jakéhokoli využití. Zbylé území je tvořeno zástavbou rodinných domů se zahradami. Komunikace jsou tvořeny asfaltovým povrchem. Výjimkou je v severní

části ulice Komenského, kde se komunikace skládá z kostek. Zástavba bytových domů není příliš bohatá na dřeviny, s výjimkou jihovýchodní části v ulici Družstevní. Stejně tak je v oblasti minimum rekreačních zón s výjimkou pohybového hřiště za bytovým domem v severovýchodní části ulice Nerudova. Výrazným prvek v území je zahrádkářská kolonie políček v jhozápadní části.



Obr. 11: Většina území je tvořena bytovými domy s velkými okolními plochami zeleně. Na obrázku je území části B (viz Obr. 18). Zdroj: autor.

5.6.1. KANALIZAČNÍ SÍŤ ŘEŠENÉHO ÚZEMÍ V INTERAKCI SE ZBYTKEM OBCE

V celém řešeném území je gravitační jednotná kanalizace. Její hlavní řad dlouhý je dlouhý 591 m a vede od přes celé řešené území až k uzávěrovému profilu. Na hlavní řad je napojena větev v délce 209 m, kterou je odkanalizována ulice Nerudova. Jižněji od ulice Nerudova je na hlavní řad napojena větev v délce 92 m, a úplně na jihu území se v ulici Družstevní na hlavní řad napojuje kanalizace o délce 101,1 m. Do území spadá i část odkanalizování ulice Lidická, v délce celkové délce 39,6 m. Hustota kanalizační sítě je 130,7 m/ha.

Celé řešené území je náhorní plošina. Vody z celé této náhorní plošiny jsou odváděny kanalizací do nižších částí obce, kde se negativně podílí na kapacitních problémech v níže položených částech. Řešené území, zpracovávané v rámci této práce, není jediným místem ve městě Česká Skalice, kde dochází ke kapacitním problémům na kanalizační síti (*Obr. 12*). Jak bylo pozorováno, v úsecích kanalizace mezi uzávěrovým profilem řešeného území a čistírnou odpadních vod je ještě několik míst, na kterých je kanalizace kapacitně nevyhovující (*Škripko, 2015*). Přibližně o 400 m níže od uzávěrového profilu dochází na kanalizační síti k mnohem rozsáhlejším kapacitním problémům, než jaké jsou řešeny v této práci.

Samotné řešení kapacitních problémů v řešeném území lze řešit bez nutnosti přihlídnutí k vlivů za hranicemi vymezeného území. Na kanalizaci v řešeném území nejsou napojeny vody z jiných částí obce mimo zájmové území. Bylo prokázáno, že přestože v nižších místech kanalizace dochází ke zpětnému vzduť, není tak velké, aby ovlivnilo odvádění vod z řešeném území, čemuž brání právě vyšší nadmořská výška území nad místem příčiny zpětného vzduť (výškový rozdíl kritické oblasti a uzávěrového profilu je přibližně 13 m). Není ovšem pochyb o tom, že odtok dešťových vod z řešeného území nemalou mírou přispívá k těmto problémům. Likvidací vod v řešeném území se nejenže může vyřešit problémy v rámci řešeného území, ale může mít z části také pozitivní vliv na situaci v kanalizační síti celé obce.



Obr. 12: Obrázek znázorňuje vymezené řešené území a jeho širší okolí jižní části obce. Řešené území je výše než území západně od něj, a tudíž ovlivňuje průtoky v nižší části obce. Na obrázku je zakreslena celá kanalizační síť, která má společný odvod vod do čistírny odpadních vod jihozápadně od obce. Na obrázku jsou také zaznačeny směry odtoků vod významných řadů kanalizace. Fialová elipsa určuje kritické místo s největšími kapacitními problémy v rámci celé jižní části obce. Tímto místem také protékají vody z řešeného území. Zdroj: autor.

Provozovatelem kanalizace jsou Českoskalické vodárny, s.r.o. Veškerá voda z veřejné kanalizace České Skalice je vypouštěna na 4 místech. Roční objem vypuštěných odpadních vod pro jednotlivé výpusti, společně s hodnotami základních ukazatelů znečištění jsou zobrazeny v Tab. 2.

Tab. 2: Kvalitativní a kvantitativní hodnoty vypuštění odpadních vod pro obec Česká Skalice.

Výpust	Tok	Množství odp. vod [m ³ .rok ⁻¹]	BSK ₅ [t.rok ⁻¹]	CHSK _{cr} [t.rok ⁻¹]	NL [t.rok ⁻¹]	P _{celk.} [t.rok ⁻¹]	N _{anorg} [t.rok ⁻¹]
MěČOV	Úpa	838 544	6,08	25,09	11,95	0,9	6,48
Nyklíčková	Úpa	1 068	0,57	1,65	0,74		
Bezručova	Úpa	2 175	1,05	2,09	0,6		
Jiráskova	Rozkoš	2 390	0,07	0,19	0,08	0,006	
Zlích	Olešnice	4 473	0,39	1,22	0,88		
Zdroj: Město Náchod							

6. METODIKA

Kapacitní problémy a následný vliv navržených opatření HDV na území obce Česká Skalice pro snížení zatížení kanalizace byly posuzovány na základě modelování srážkoodtokových poměrů v řešeném území.

Výsledkem modelu jsou informace o chování kanalizační sítě při návrhovém dešti o délce 15 minut s četností opakování $p = 0,5$. Odezva kanalizační sítě na návrhový déšť byla studována nejprve pro současný stav a posléze po aplikaci jednotlivých navržených opatření HDV, aby se zjistilo, jaký vliv na snížení zatížení kanalizace v území mají jednotlivá opatření a jak jejich uplatnění může pomoci při snižování nadměrných průtokových stavů.

V první části byl na základě znalostí o vlastnostech kanalizační sítě, typu nepropustných ploch, sklonitostních poměrů území a návrhové srážky zjištěn současný stav. Pro návrh opatření HDV bylo v řešeném území vytipováno několik, na sobě nezávislých, nepropustných celků, které byly označeny jako části A, B, C a D. Pro tyto části byly navrženy jednotlivé opatření HDV.

K tomu, aby se zjistil vliv jednotlivých opatření, byly informace o konkrétních nepropustných plochách ve vymezených částech vyjmuty ze vstupních dat modelu. Taková úprava reprezentovalo stavy, ve kterých je srážková voda likvidována v blízkosti jejího vzniku. Poté byly s upravenými modely znovu provedeny srážkoodtokové simulace. Podrobněji je o jednotlivých krocích modelování odtoků referováno v následujících podkapitolách a o návrhu samotných opatření HDV je následně pojednáno v kapitole 7.

6.1. MODELOVÁNÍ SRÁŽKOOTOKOVÝCH PROCESŮ

Srážkoodtokový model je založen na přesně definovaných vlastnostech každé jednotlivé části kanalizační sítě, jakožto médiu kterým se dostává srážková voda přes uzávěrový profil pryč z řešeného území. Předtím než se dešťová kapka do kanalizace dostane, je nutné namodelovat její chování na povrchu. Topografie území, typ povrchu, průběh a intenzita návrhové srážky, to vše určuje jak rychle a v jakém množství srážková voda odtéká do kanalizace.

6.1.1. VÝPOČETNÍ SOFTWARE SITEFLOW

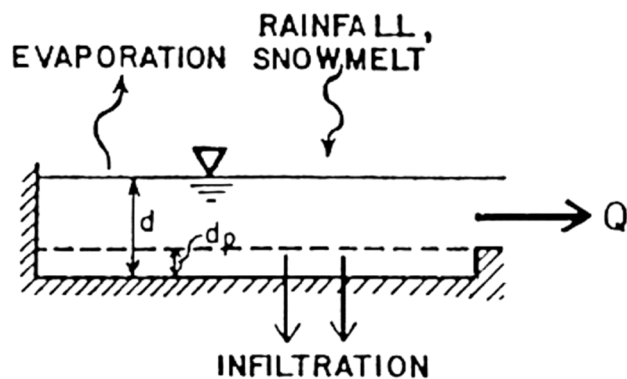
Pro modelování byl použit projekční a výpočetní software SiteFlow, vyvíjený společností Aquion, s.r.o. Software simuluje proudění vody kanalizační sítí v čase, což z něj dělá velmi vhodný nástroj pro analyzování jednotlivých částí kanalizace, čímž dokáže uživateli poskytnout informace o průtoku, hydrostatickém tlaku, plnění potrubí, tlakovém proudění, výtoku vody na povrch a další. Pro hydrodynamický

srážkoodtokový model využívá SiteFlow celosvětově respektované výpočetní jádro Storm Water Management Model (SWMM), vyvinuté organizací EPA pod záštitou vlády USA (Rossman, 2010).

Siteflow neklade žádné omezení při definici tras kanalizace, sklonů, dimenze, tvaru a materiálů potrubí, uložení šachet, zaústění potrubí do šachet apod., což dovoluje uživateli přesně vystihnout reálné technické řešení sítě a tím zpřesnit výsledný model. Dalším důležitým článkem SiteFlow je možnost definice vlastního návrhového deště.

SWMM jádro

Následné parametry modelu vycházejí z vlastních potřeb dynamického srážkoodtokového modelu SWMM. Model SWMM je používán jak pro jednotlivé srážkové události, tak i pro dlouhodobé simulace kvalitativního a kvantitativního odtoku z převážně urbanizovaných území. Model pracuje se složkami sub-povodí, na které dopadne srážka, čímž se generuje odtok, který se v rámci celého povodí pohybuje skrze objekty kanalizace (tzv. transportní složka modelu) (Rossman, 2010). Kanalizace je definována sítí uzlů a úseků, jejichž další definování, jak již bylo zmíněno, nechává SiteFlow pouze a jen uživateli. Každé sub-povodí se chová jako nelineární nádrž, skládající se z několik druhů ztráty vody jakými jsou infiltrace, evapotranspirace a povrchový odtok (Obr. 13).



Obr. 13: Pohled modelu SWMM na složky ztrát (Rossman, 2010).

Infiltrace je proces, kterým se dostává část srážky do nenasycené zóny půdy přes propustný povrch (Rossman, 2010). V modelu byla pro simulaci infiltrace použita Hortonova rovnice (Horton, 1939). Jedná se o empirický vztah, který předpokládá, že infiltrace začíná na určité hodnotě intenzity, která se v čase exponenciálně snižuje. Po dosažení určité hodnoty, se intenzita stává konstantní.

6.1.2. VSTUPNÍ DATA MODELU

Pro generování odtoku z povrchu je nutné rozdělit území na dílčí sub-povodí. Pro každé sub-povodí bylo nezbytné zjistit vstupní parametry. Těmi jsou:

- průměrný sklon sub-povodí (%);
- průměrná šířka (m);
- procento nepropustných ploch (%);
- plocha (m²);
- návrhový déšť (mm.h⁻¹).

První dvě charakteristiky (průměrný sklon a šířka) vychází ze znalosti topografie, která je zastoupena formou digitálního terénu modelu (DMT). DMT byl v Siteflow vygenerován z digitální vrstvy vrstevnic. Sklon povodí ovlivňuje, jak rychle se generovaný odtok dostane do kanalizace. Šířka povodí zde reprezentuje tzv. „fiktivní délku“ povodí což je fiktivní vzdálenost transportu elementární částičky deště v sub-povodí do příslušného uzlu stokové sítě (Krejčí *et al.*, 2002).

Procento nepropustných ploch dává modelu informaci, na jak velké ploše sub-povodí nedojde k infiltraci, naopak voda z této části rovnou odtéká do kanalizační sítě. K získání procenta nepropustných ploch se přistupuje definováním několika rozdílných typů nepropustných povrchů, které jsou v Siteflow definovány polygony. Průnikem polygonů typu povrchů a polygonů sub-povodí se získají procentuální zastoupení jednotlivých typů nepropustných ploch.

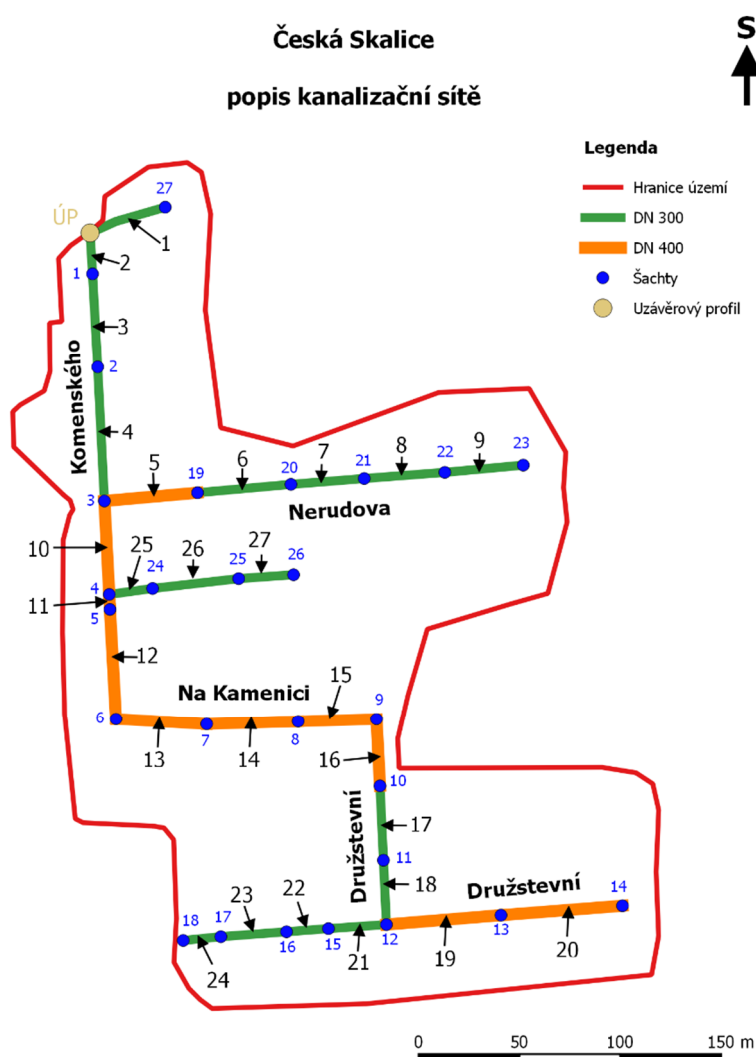
Návrhový déšť se definuje v knihovně křivek dešťů podle potřeb uživatele. Nejvhodnější je syntetický déšť (Keifer, Chu, 1957), které je oproti blokovému dešti nositelem informací o tvaru a maximální intenzitě deště. V Siteflow je definován jako řada hodnot intezit (mm.h⁻¹), kde každá intenzita má svůj čas výskytu od začátku deště.

6.2. SESTAVENÍ SIMULAČNÍHO MODELU

Nejdříve se sestavil simulační model pro současný stav řešeného území. Jednotlivé opatření, které jsou v této práci navrhovány za účelem snížení odtoku vod do kanalizace, jsou v modelu reprezentovány plochami, ze kterých budou srážku zachycovat. Přesněji řečeno, k tomu aby se docílilo spuštění modelu odpovídajícího stavu, ve kterém je srážková voda z vybraných střech zachycena a nepodílí se tak na tvorbě odtoku z území, byly informace o konkrétní ploše vyjmuty ze vstupních dat modelu. Tak se snadno definovalo nepřeborné množství stavů při kterých docházelo k odtoku do kanalizace, podle toho jaké opatření HDV byly zrovna v území zavedeny.

6.2.1. PARAMETRY KANALIZAČNÍ SÍTĚ

K vytvoření sítě kanalizace v prostředí Siteflow byly použity reálné podklady od společnosti Aquion, s.r.o. Podklady v sobě zahrnovaly informace o prostorovém umístění a hloubkách šachet v souřadnicovém systému S-JTSK, informace o propojení šachet jednotlivými úseky kanalizačních trub, jejich dimenzemi, typem materiálu a v neposlední řadě i informace o tvaru profilů. Tyto informace jsou klíčové pro správnou simulaci průtoků v síti. Řešené území je převážně rovinaté, což se odráží i ve sklonech potrubí kanalizace. Průměrný sklon potrubí je zde 12,5 ‰. V síti je převažujícím materiálem trub beton, hned po něm následuje PVC. Celková délka kanalizační sítě je 1032,4 m. Z toho je kanalizace o délce 597,4 m tvořena profily o vnitřním průměru DN 300 a kanalizace o délce 435 m o průměru DN 400. Situace kanalizační sítě je zobrazena na Obr. 14. Informace o jednotlivých úsecích potrubí jsou popsány v příloha č. 1: Charakteristiky úseků kanalizace.



Obr. 14: Situace kanalizační sítě v zájmovém území s označením jednotlivých úseků a šachet. Zdroj: autor.

6.2.2. PARAMETRY SUB-POVODÍ

Zájmové území bylo rozděleno na celkem 23 dílčích sub-povodí (*Obr. 15*), tak aby v každém z nich byla šachta, které lze přiřadit parametry sub-povodí. Pro každé sub-povodí bylo nejdříve nutné parametry zjistit. Těmi je velikost, procento nepropustných ploch, sklon a šířka sub-povodí. Stejně jako tomu bylo u kanalizace, data se zakládala na reálných podkladech poskytnuté společností Aquion, s.r.o.

V území bylo definováno celkem 6 různých typů nepropustných povrchů. Část srážky dopadající na jednotlivé typy povrchu z povrchu neodtéká. To bylo nutné zohlednit, a proto se velikost plochy přezásobuje součinitelem, čímž se získá pro každý typ redukovaná odvodňovaná plocha A_{red} dle vztahu:

$$A_{red} = \sum_{i=1}^n A_i \cdot \psi_i \quad [m^2] \quad (1)$$

kde je

A_i půdorysný průmět nepropustné plochy určitého typu (m^2);

ψ_i součinitel odtoku srážkových povrchových vod pro odvodňovanou plochu (-);

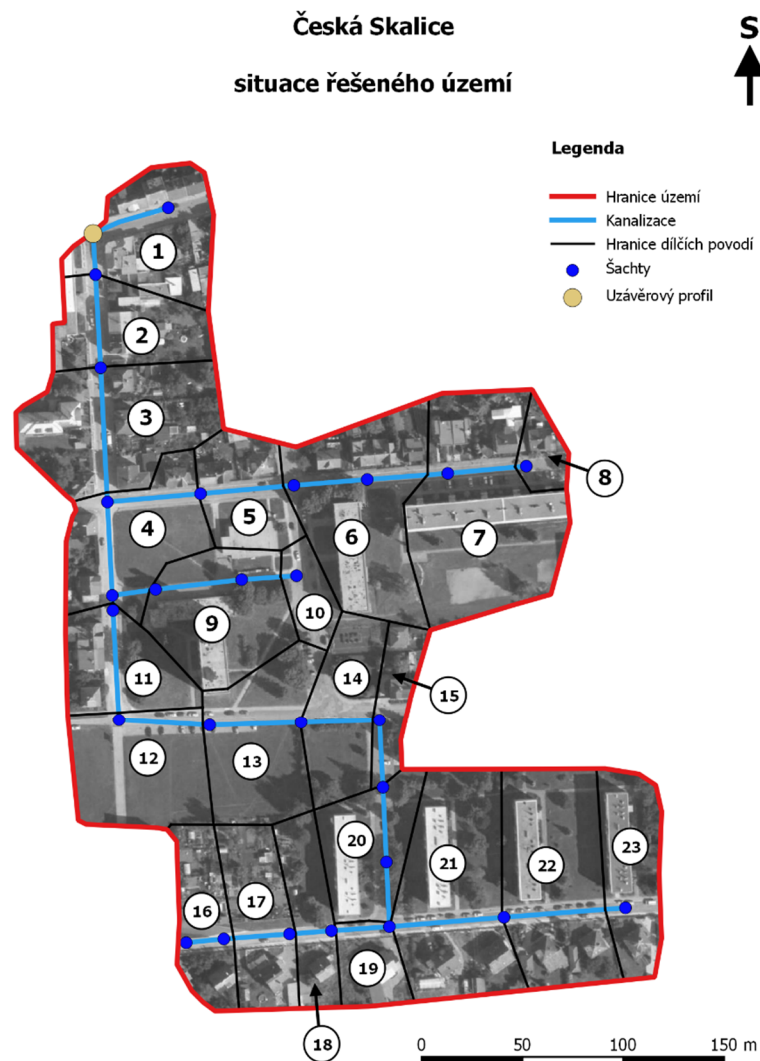
n počet odvodňovaných ploch.

Součinitel odtoku ψ_i má různé hodnoty podle typu povrchu a sklonu území (viz příloha), přitom platí, že čím méně je typ plochy propustný tím vyšší je hodnota ψ_i , stejně tak je vyšší, čím větší je sklon plochy. Nejprve se vypočetly velikosti ploch všech typu nepropustných povrchů, obsažené v jednotlivých sub-povodí. Dle vzorce (1) byly velikosti ploch upraveny a následně sečteny, abychom pro každé sub-povodí získali hodnotu sumy nepropustných ploch. Absolutní hodnota byla na závěr přepočtena na procentuální zastoupení.

Typy definovaných povrchů a jejich procentuální zastoupení v celém zájmové území je zobrazeno v Tab. 3.

Tab. 3: Typy nepropustných povrchů v území.

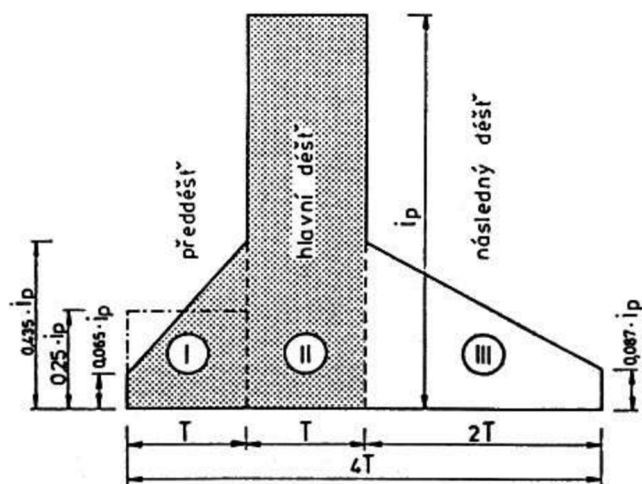
typ povrchu	%
střešní plochy	15,12
asfalt	8,81
dlažba	3,31
kostky	1,76
zámková dlažba	0,33
beton	0,10



Obr. 15: Rozdělení řešeného území na sub-povodí. Zdroj: autor.

6.2.3. NÁVRHOVÝ DÉŠŤ

Pro posouzení kanalizační sítě v obcích nad 5000 obyvatel se používá 2letý návrhový dešť o době trvání 15 minut (Šrytr et al., 1998). Pro nejbližší srážkoměrnou stanicí Labská přehrada Těšnov, byly intenzity krátkodobých dešťů zjištěny z publikace *Intenzity krátkodobých dešťů v povodí Labe, Odry a Moravy* (Trupl, 1958), která je široce používána pro posuzování a návrh vodohospodářských objektů. Hodnota návrhového deště má intenzitu $i = 146 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$. Z intenzity byl odvozen modelový dešť s proměnou intenzitou (tzv. syntetický dešť). K vytvoření modelového deště byl posloužit Šifaldův dešť, který je definován třemi dešťovými oddíly („předdešť“, „hlavní dešť“ a „následný dešť“). Podstatou konstrukce je přihlídnutí k retenční schopnostem stokové sítě na začátku deště (Krejčí et al, 2000).



Obr. 16: Odvození Šifaldova deště (Starý et al., 2014)

6.3. SOUČASNÝ STAV KANALIZAČNÍ SÍTĚ

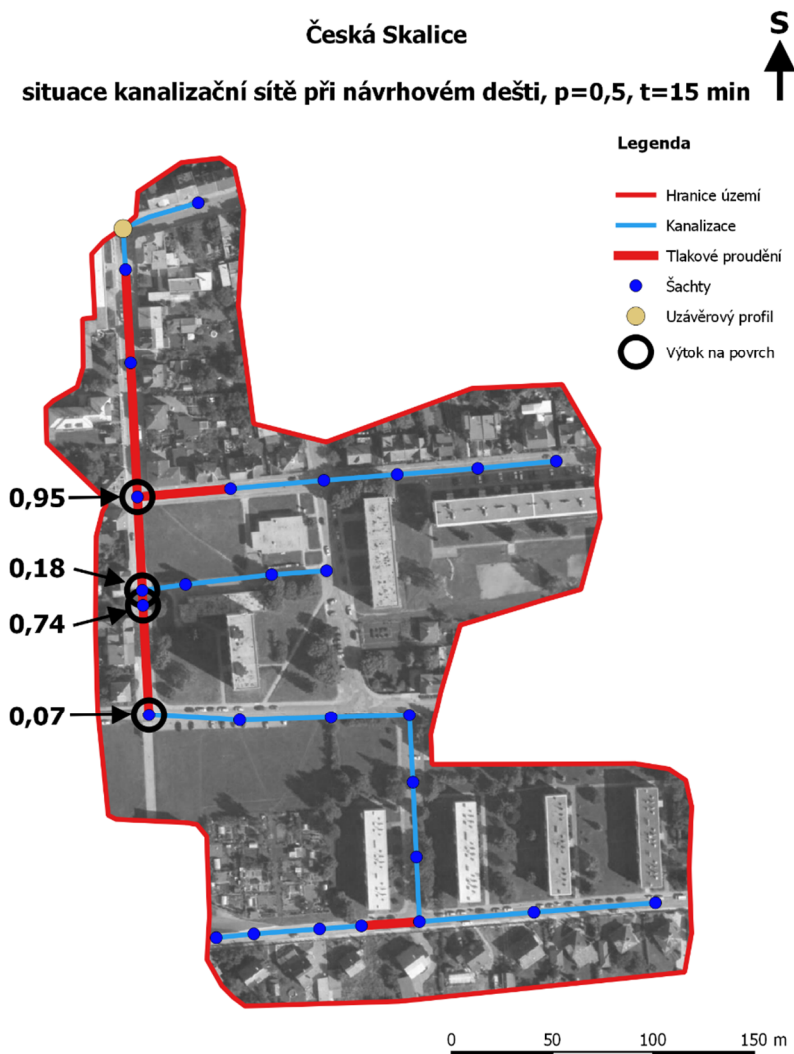
Dle zkušeností z minulých let jsou na jednotné kanalizační sítě v zájmovém území dlouhodobě pozorovány kapacitní problémy. Provozovatel tvrdí, že v některých úsecích dochází k tlakovému proudění a při větších deštích se místy vyskytuje výtok vody skrze šachty na přilehlé komunikace.

6.3.1. VÝSLEDKY POSOUZENÍ STÁVAJÍCÍ KANALIZAČNÍ SÍTĚ

Výsledky modelu proudění v kanalizaci při návrhovém dešti potvrzují pozorované jevy a jasně ukazují, že již při dešti o intenzitě $i = 146 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{ha}^{-1}$ dochází na jednotné stokové sítě ke kapacitním problémům. Lze tak tvrdit, že navržená stoková síť svou dimenzí neodpovídá zátěžovým průtokům.

Pomocí modelu bylo vypočítáno, že během návrhového deště dojde k tlakovému proudění v úsecích potrubí o celkové délce 296 m a to převážně v ulici Komenského (úseky č. 3, 4, 10, 11, 12 - Obr. 14). Dále v části ulici Nerudova (úsek č. 5), kde se kanalizace napojuje na řád v ulici Komenského. Tlakové proudění v těchto částech kanalizace mají společnou příčinu, kterou je zmenšený profil hlavního řadu. Pokud by totiž za místem napojení stoky z ulice Nerudova na hlavní řad v ulici Komenského byl profil zvětšen, lze předpokládat, že by nedocházelo k přeplnění potrubí, které v současnosti je DN 300 (Obr. 14). Tím je způsobeno nejen tlakové proudění v poddimenzovaném úseku samotném, ale dochází ke vzpětnému vzduť, které v síti způsobuje tlakové proudění až do vzdálenosti 100 m (v ulici Komenského). Na kanalizaci dochází ještě v jednom místě k tlakovému proudění, které ale není ovlivněno výše popsáním problémem. Dochází k němu v ulici Družstevní v horní části kanalizační sítě (úsek č. 21). Tlakové proudění je zde způsobeno protispádem potrubí v jednom z úseků (úsek č. 18). Dalším pozorovaným jevem, který nám výsledky modelu potvrzují, je ztráta vody z potrubí výtokem na povrch. K výtoku na povrch

došlo celkem ve 4 místech, všechny ulici Komenského (Obr. 17), což je způsobeno právě vysokým hydraulickým tlakem v těchto úsecích. Suma ztrát vody výtok na povrch za dobu deště byla vypočtena přibližně na 1,94 m³.



Obr. 17: Výsledek současného chování kanalizace při modelování srážkoodtokových poměrů území. Zdroj: autor.

6.3.2. NÁVRH DALŠÍHO POSTUPU ŘEŠENÍ

Z výsledků je zřejmé, že v území jsou dvě části, které je třeba zohlednit při hledání vhodného řešení. Pro další postup práce, byl ustanoven předpoklad, že k eliminaci problémů na úseku č. 21 je nutné snížit odvod dešťových vod z nepropustných ploch v ulici Družstevní než kdekoli jinde. Tento předpoklad byl potvrzen i modelem, kdy i při sebevětším odlehčením kanalizace v ulici Komenského nedojde k vyřešení tlakového proudění na úseku č. 21. Naopak pro úseky č. 3, 4, 10, 11, 12 a 5 bude klíčové se zaměřit na nepropustné plochy v okolí ulice Komenského a Nerudova. Návrhy jednotlivých řešení eliminace odtoku srážkových vod do sítě, neboli opatření HDV, jsou popsány v následující kapitole.

7. NÁVRH OPATŘENÍ HDV

Za účelem snížení odtoku srážkových vod do jednotné kanalizace a zlepšení tak retence vod v řešeném území České Skalice byl zvolen přístup zachycení a zasakování srážkových vod ze zpevněných povrchů před jejich vtokem do kanalizace. Podpora zachycení těchto vod a jejich následná likvidace v místě vzniku vylepšení hydraulický stav kanalizace. Pro tyto účely byly v řešeném území vytipovány takové nepropustné plochy, u kterých lze jasně určit cesty, kterými srážková voda odtéká a velikosti ploch k nim určené. Nejlépe toto kritérium splňují střešní plochy, ze kterých je odtok soustředován do domovního svodu.

Na území se nachází několik velkých bytových objektů, které se svou velikostí střešních ploch mnohem výrazněji podílejí na odtoku srážkových vod do jednotné kanalizace nežli objekty menší jako např. rodinný dům. Bude proto vhodnější se zabývat likvidací srážkových vod z těchto bytových domů než z více rodinných domů.

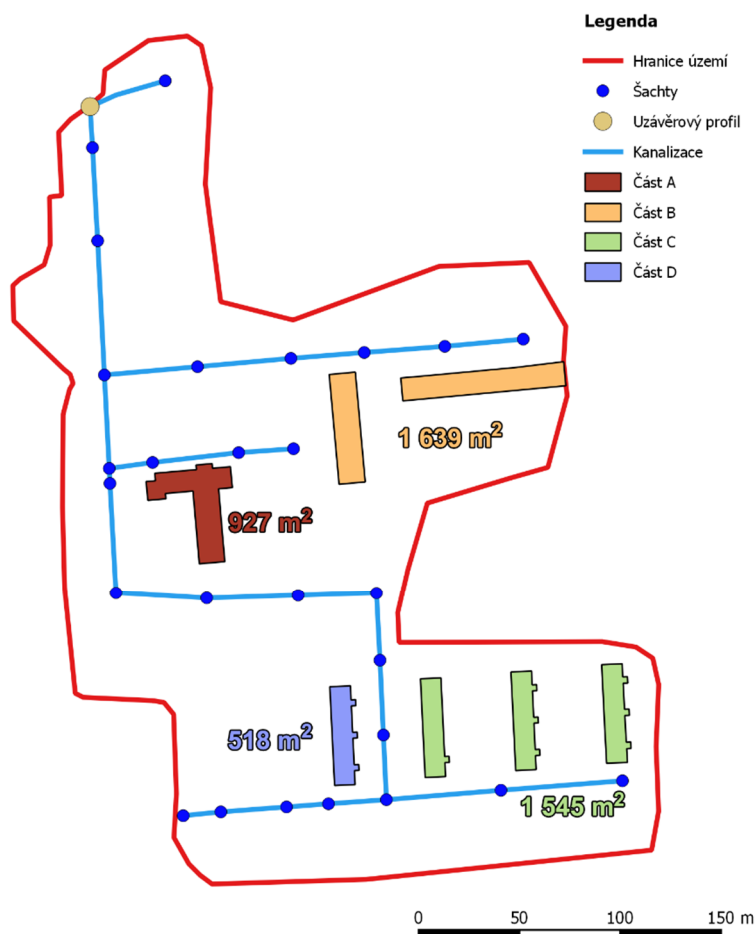
Všechny tyto bytové domy mají rovnou střechu, každý o velikosti ploch v řádu několika set metrů čtverečních. V ulici Družstevní se nachází celkem 4 bytové domy, každý se střešní plochou o velikosti 518 m². Mezi ulicemi Komenského a Na Kamenici je obytný dům s plochou 927 m². V ulici Nerudova je obytný dům s 711 m² střešní plochy a nedaleko něj, v ulici 28. října, se nachází obytný dům s celkovou plochou 928 m². Likvidací srážkových vod z těchto objektů přímo v jejich okolí by se plocha, ze které srážková voda míří přímo do kanalizační sítě, zredukovala celkově o 4629 m².

Likvidaci srážkových vod z těchto objektů bylo navrženo řešit celkem čtyřmi opatřeními HDV. Objekty, pro které je navržena likvidace srážkových vod opatřeními HDV, byly rozděleny do 4 částí označenými písmeny A, B, C a D (*Obr. 18*). Pro každou z těchto částí bylo navrženo vždy jedno opatření HDV (pro přehlednost označenými jako opatření A, opatření B atd., podle toho, ke které části přísluší). Opatření HDV byly tak, aby pojmuly objem deště s periodicitou výskytu $p = 0,2$ (1x za 5 let) o délce trvání 15 minut. Pro všechny části činí návrhový déšť o objemu celkem 78,8 m³ (*Tab. 4*).

Tab. 4: Objem zachyceného deště na střeších obytných budov v jednotlivých částech A, B, C a D.

	část A	část B	část C	část D	celkem
plocha [m ²]	927	1 639	1 574	518	4 658
5 letý návrhový déšť o $i = 188 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{ha}^{-1}$ a $t = 15 \text{ min}$					
objem deště [m ³]	15,7	27,7	26,6	8,8	78,8

Česká Skalice
situace částí nepropustných ploch pro uplatnění HDV



Obr. 18: Mapa znázorňující plochy, ze kterých bude srážková voda zachycena a vsakována. Plochy jsou rozděleny do 4 částí, ve kterých budou srážkové vody likvidovány. Zdroj: autor.

V místech A, B, C a D bylo navrženo několik typově a funkčně odlišných zařízení HDV. Převážně se jedná o likvidaci srážkových vod vsakování přes zatravněnou půdní vrstvu a podzemní vsakování přes uměle vytvořené retenční prostory pod povrchem půdy. V části D nevhodné geologické podmínky neumožňují vsakování a tudíž je zde navrženo opatření s retencí vody a regulovaným odtokem do jednotné kanalizace. V části B zase bylo navrženo estetické řešení, kdy voda bude odváděna do uměle vytvořeného městského rybníku. Na následujících stranách jsou popsány obecné požadavky a zásady, kterými je nutné se řídit při návrhu opatření navržených v této práci.

7.1. ZÁSADY NÁVRHU OPATŘENÍ HDV

7.1.1. PROVEDITELNOST

Technická proveditelnost opatření určitého typu zařízení závisí především na:

- velikosti odvodňované plochy,
- množství srážkových vod,
- geologických podmínkách,
- dostupnosti vodního toku nebo kanalizace,
- prostorových možnostech a možnostech retence,
- očekávané míře znečištění srážkových vod.

U každé stavby musí být proveden geologický průzkum pro posouzení možnosti vsakování srážkových vod (TNV 75 9011). Nejdůležitějšími aspekty vycházející z geologického průzkumu dle TNV 75 9011 jsou:

- vsakovací schopnost půdního a horninového prostředí, která určuje velikost vsakovací plochy,
- vzdálenost hladiny podzemní vody, která limituje možnou hloubku uložení vsakovacího zařízení; neměla by být menší jak 1,0 m od vsakovací plochy.

Mimo geologické podmínky v území je proveditelnost vsakovacích zařízení také ovlivněna prostorovými možnostmi. Ty jsou rozhodující pro volbu typu zařízení, velikosti vsakovací plochy a retenčního objemu. Mezi ně se řadí:

- poměr připojené redukované odvodňované plochy a vsakovací plochy A_{red}/A_{vsak} , který je směrodatný pro hydraulické zatížení vsakovacího zařízení a jeho čistící účinek; čím nižší je poměr, tím vyšší je čistící účinek,
- sklon terénu; kdy ve sklonitém terénu (sklon > 5%) je povrchové vsakování často neproveditelné;
- odstupová vzdálenost vsakovacího zařízení od budovy; kdy musí být zajištěna taková maximální hladina podzemní vody, která neohrozí podzemní prostory budov.

V případech jaké jsou popisovány v této práci je také nezbytné posouzení proveditelnosti a odvádění vody, kterou zařízení kapacitně nepojme, do jednotné kanalizace. V TNV 75 9011 se uvádí, že dostupnost jednotné kanalizace závisí na vzdálenosti odvodňované stavby od vhodného místa napojení na jednotnou kanalizaci, na výškových poměrech území a majetkoprávních vztazích. V případě staveb jakými jsou bytové domy v řešeném území, se za proveditelné napojení na jednotnou kanalizaci považuje napojení nepřesahující vzdálenost 500 m.

7.1.2. PŘÍPUSTNOST

Nejdůležitějšími kritérii přípustnosti jsou aspekty ochrany podzemních vod, povrchových vod a aspekty ochrany půdy (*TNV 75 9011*). Je nutné zohlednit jakost srážkových vod, respektive zabránit vypouštění nadměrně znečištěných vod do vod podzemních.

Podle toho na jaký povrch srážkové vody dopadají, rozlišujeme dle ČSN 75 9010 srážkové vody přípustné, podmíněčně přípustné a potencionálně vysoce znečištěné. Pro vody přípustné je možnost použít povrchová a podzemní vsakovací zařízení. Vody podmíněčně přípustné smí být zasakovány povrchově pouze přes zatravněnou humusovou vrstvu a podzemním vsakováním pouze po předčištění. Vsakování vod potencionálně vysoce znečištěných se nedoporučuje. Pokud přece jenom vody tohoto typu mají být zasakovány, jejich zasakování podléhá přísným podmínkám, které jsou podrobněji uvedeny v normě ČSN 75 9010. Podle ČSN 75 9010 jsou vody ze střech o redukované odvodňované ploše $A_{red} \geq 500 \text{ m}^2$ klasifikovány jako vody podmíněčně přípustné. Potencionálně vysoce znečištěnými vodami nebylo nutné se zabývat.

Všeobecné požadavky

Mimo proveditelnost a přípustnost se zařízení pro vsakování řídí všeobecnými technickými požadavky zařízení. Za ty lze považovat:

Při větších deštích než je návrhový může dojít k přetečení zařízení. V takových případech je nutné opatřit zařízení bezpečnostním přelivem, který je v této práci tvořen přepadovým potrubím do kanalizace. Přepadové potrubí musí být zabezpečeno proti zpětnému průtoku (např. zpětnou armaturou) (*TNV 75 9011*).

7.1.3. ZPŮSOBY LIKVIDACE SRÁŽKOVÝCH VOD

Povrchové vsakování

Nechat vodu vsáknout do podzemních vod přes vegetační vrstvu je vhodné pro přípustné a podmíněčně přípustné vody. Tento způsob vsakování se nejvíce blíží přirozenému vsakování srážkových vod. Voda se do půdy dostává přes vegetační pokryv. Vrchní vegetační vrstvu je vhodné obohatit organickými látkami (humusem) s výrazným zastoupením rostlinných kořenů a půdních organismů. Velkou výhodou opatření tohoto typu je snadná revize filtrační vrstvy a odstranění sedimentu. Přítok vody do povrchového vsakovacího zařízení je nutné provést tak, aby nedocházelo k erozi povrchu (*ČSN 75 9010*).

Podzemní vsakování

Srážková voda je přiváděna potrubím přímo do uměle vytvořených prostorů s retenční kapacitou, nesrovnatelně větší než má okolní zemina, které jsou uloženy

pod úrovní terénu. Tím dochází k přímému vsakování do podzemních vod, a tak je nutné podmienečně přípustné srážkové vody před vtokem do těchto prostor předčistit. Součástí podzemních vsakovacích zařízení jsou mimo samotný retenční prostor také kontrolní a čistící prvky. Stejně tak má být zařízení opatřeno odvětráváním (ČSN 75 9010). Více je o způsobech podzemního a povrchového vsakování popsáno v kapitole 4.4.

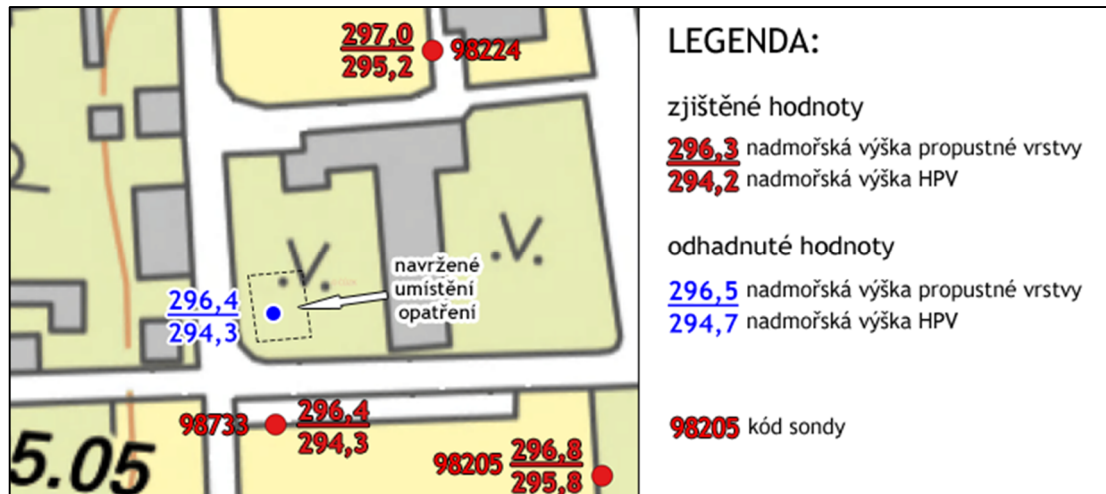
7.1.4. PROPUSTNOST PŮD

Propustnost půd, jakožto klíčový parametr pro návrh opatření zařízení, byl v zájmovém území zjištěn z vrtaných sond geologického průzkumu, které byly v minulosti v hojném počtu na území České Skalice prováděny. Mnoho z nich přímo v řešeném území. Vrtané sondy byly získány z databáze Útvaru Geofondu České geologické služby. Informace každé sondy obsahují souřadnice, datum provedení, popis jednotlivých půdních horizontů a také zjištěnou hladinu podzemní vody. V řešeném území a v jeho těsné blízkosti bylo k dnešnímu dni provedeno celkem na 19 vrtaných sond průměrně až do hloubek 6 m. V každé části, kde se uvažuje vytvoření opatření HDV, byly vyšetřeny sondy situované nejbližší k navrženému umístění opatření. Podle popisu každého půdního horizontu sondy byla zjištěna vhodnost vsakování. Pro téměř celé území se dá považovat horní vrstva za spíše málo propustnou (jíl a hlína s velkým zastoupením jílovité složky). Hlouběji však vrstvy přecházejí na dobře až velmi dobře propustné půdy (šterkopísek, písek). Pokud tomu nebrání vysoká hladina podzemních vod, budou vsakovací plochy zařízení situovány co nejhlouběji, aby dosáhly dobře propustných vrstev. Ty se pohybují kolem v hloubkách od 1 - 1,5 m. Průměrná hydraulická vodivost půdní vrstvy pro takový typ půdy, ve které bude uvažována vsakovací plocha jednotlivých opatření, byla určena dle tabulky fyzikálních a hydraulických vlastností půd (Rawls et al., 1982). Ve své práci vyhodnotili z více jak 5000 vzorků průměrné hodnoty hydraulické vodivosti pro jednotlivé typy půd.

Část A

K místu, kde je v části A uvažováno zasakování je nejbližší sonda č. 98733 (viz přílohy), která je od místa vzdálená přibližně 22 m. Půdní profil je v této sondě bez výskytu jílovitých vrstev. Nicméně od hloubky 1,1 m je zemina tvořena pevnou hlínou se zastoupením jílovité složky. Společně s uvážením sondy č. 98224 kde je do hloubky 0,8 m jíl, nelze předpokládat velkou propustnost horní vrstvy půdy. Ovšem od hloubky 1,1 m přechází půdní profil ve šterk. Od této hloubky je půda považována za velmi propustnou. Vsakovací plocha zařízení bude uvažována od této hloubky a níže. Hladina podzemní vody byla nalezena v hloubce 3,2 m. Z takových výsledků lze místní podmínky prohlásit za velmi vhodné pro vsakování. Území je rovinaté a tudíž lze považovat podmínky v uvažovaném místě opatření za totožné s podmínkami v místě sondy č. 98733. I z dalších dvou, ale mnohem vzdálenějších

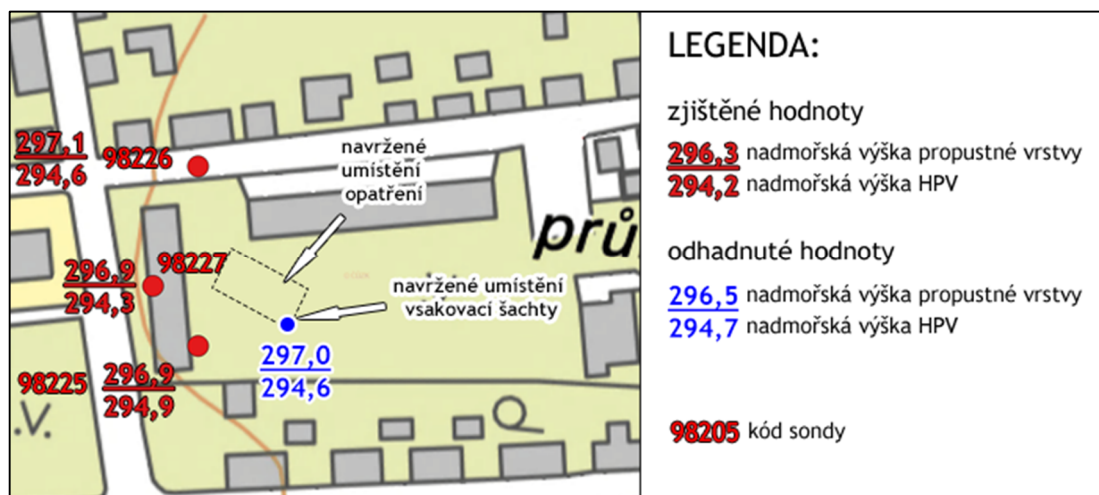
sond, které se v území nacházejí, označených jako 98224 a 92805 je patrná dosažitelnost propustné vrstvy a nízká hladina podzemní vody (Obr. 19). Pro štěrk, který se zde v hloubce 1,1 m až 3,2 m vyskytuje, a jehož výskyt se uvažuje i v místě navrženého opatření, byla odhadnuta hydraulická vodivost $K = 5,3 \cdot 10^{-3} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.



Obr. 19: Umístění vrtaných sond v území části A. Oblast předpokládaného umístění vsakovacího zařízení je na obrázku vyznačena čárkovanou čarou. Červené tečky značí místa sond poskytnutých od České geologické služby. Vedle každé sondy je napsána zjištěná nadmořská výška propustné vrstvy a nadmořská výška hladiny podzemní vody. Modře je pak odhad těchto hodnot v místě uvažovaného opatření. Zdroj: autor.

Část B

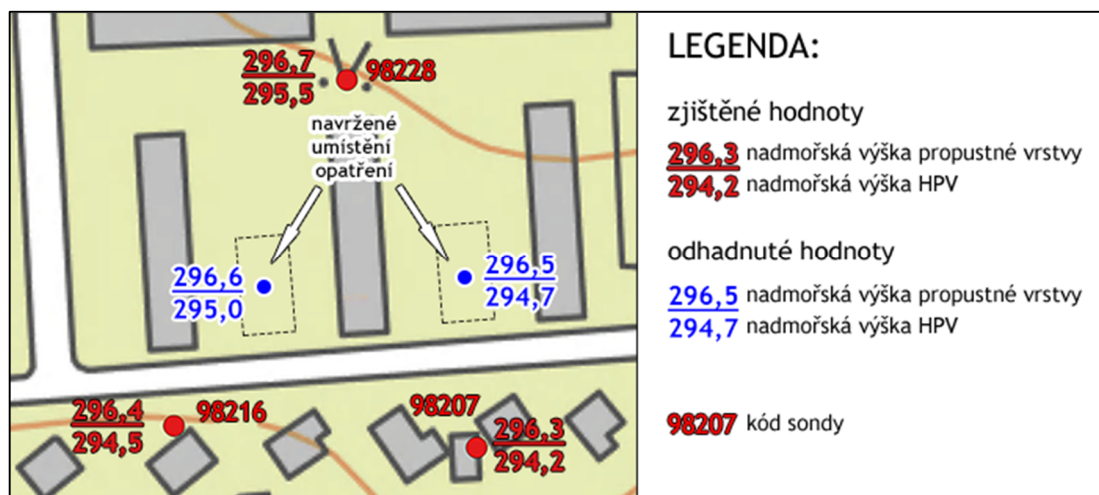
V místech, kde bude navržen rybník, se nenachází žádná sonda, nicméně v blízkosti místa návrhu byly provedeny celkem tři sondy (Obr. 20). Z provedených sond se dá celkem přesně popsat půdní profil území. U všech tří sond byla do hloubky přibližně 1 m zjištěna jílovitá vrstva. Pod touto hloubkou se nachází štěrkopísková vrstva, místy s příměsí jílu. Hladina podzemní vody byla zjištěna ve všech třech případech. U sond značených pod kódem č. 98226 a č. 98227 byla hladina podzemní vody nalezena v hloubce 3,5 m a u sondy 98225 v hloubce 2,8 m. V místech jsou příznivé podmínky pro vsakování. Navržený rybník bude opatřen vsakovací šachtou, která přebytečnou vodu odvede do potřebné hloubky a přes štěrkopískovou vrstvu se dá očekávat rychlé vsakování. Hydraulická vodivost pro štěrkopískovou vrstvu byla odhadnuta na $K = 5 \cdot 10^{-3} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.



Obr. 20: Pozice sond v části B. Modrá tečka značí místo, kde bude navržena zasakovací šachta. Čárková čára značí přibližný návrh umístění rybníku. Zdroj: autor.

Část C

V okolí ploch části C se nacházejí 3 sondy (Obr. 21) označeny pod kódy 98216, 98228 a 98207. Hloubka hladiny podzemní vody v těchto vrtech byla zjištěna od 2,6 m přes 2,9 m až po 3,5 m. Přestože horní vrstvy půdy do hloubky přibližně 1,4 m jsou jílovité až hlinitojílovité, po překonání těchto vrstev se lze dostat k půdám hlinitopísčítým a písčitohlinitým, u kterých už je vsakování vhodné. Z výsledků sond je patrné, že i při umístění vsakovacího zařízení do hloubky až 1,8 m nebude vzdálenost hladiny podzemní vody a plochy vsakování menší jak 1 m. Pro uvažovanou hloubku 1,8 m byla hydraulická vodivost odhadnuta na $K = 7,1 \cdot 10^{-5} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

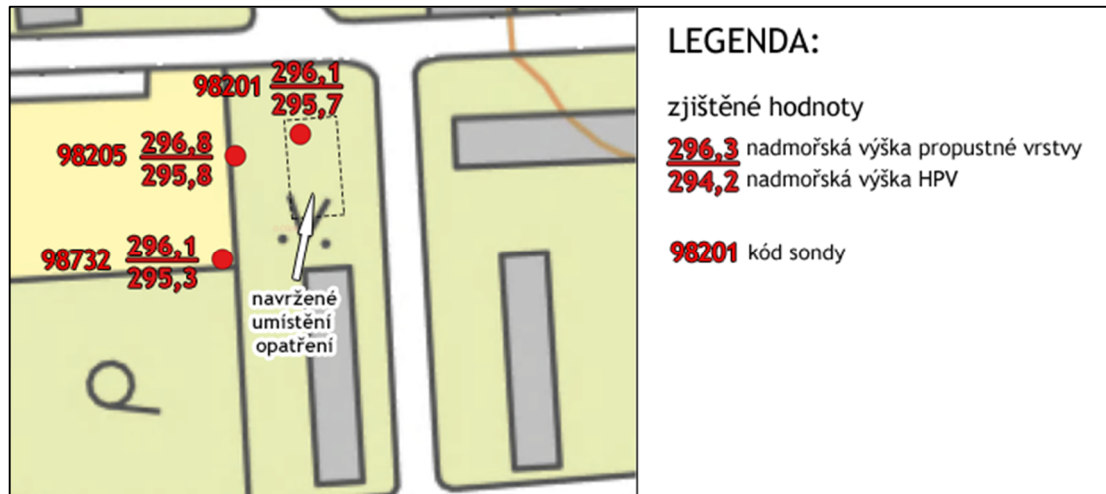


Obr. 21: Umístění vrtaných sond v území části C. V obrázku je zobrazeno předpokládané umístění vsakovacích zařízení a v jejich místech odhadnuta nadmořská výška propustné vrstvy a hladiny podzemní vody. Zdroj: autor.

Část D

Severně od části D byly v minulosti provedeny 3 sondy (Obr. 22), označeny kódy 98732, 98205 a 98201. Bez výjimky byla u všech třech sond zjištěna hloubka hladiny

podzemní vody 2,3 m. Společně s poměrně nepropustnými vrchními půdními horizonty (jílovitá a hlinitojílovitá půda), které sahají až do hloubky 1,5 m, je vzdálenost potencionální zasakovací hladiny a hladiny podzemní vody odhadnuta na 0,8 m, což nevyhovuje požadavkům normy ČSN 75 9010 pro minimální hloubku hladiny podzemní vody pod zasakovací hladinou. Nelze tudíž v těchto místech uvažovat o vsakování. Proto zde bude navrženo retenční opatření s regulovaným odtokem srážkových vod do kanalizace. Pro jíl, který se zde nachází, bude uvažovaná hodnota hydraulické vodivosti $K = 1,7 \cdot 10^{-7} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.



Obr. 22: Umístění vrtaných sond v území části D. V obrázku je zobrazeno předpokládané umístění zařízení. Sonda č. 98201 se přímo nachází v místech předpokládaného umístění opatření. Z nadmořských výšek propustné vrstvy a hladiny podzemní vody, je odvozena výška nenasycené půdy, která je pro sondu č. 98201 rovna 0,4 m. Zdroj: autor.

7.1.5. NÁVRHOVÝ DÉŠŤ

Bezpečnost zařízení hospodaření s dešťovými vodami je zpravidla vyšší, než je tomu u stokových sítí. Dle TVN 75 9011 je u objektů s bezpečnostním přelivem přípustná periodicitu přetížení retenčního objemu $p=0,2$. Výpočet retenčního objemu zařízení se provádí pro všechny návrhové úhrny srážek h_d s dobou trvání od 5 minut do 72 hodin. Za návrhový objem se považuje největší vypočtený objem ze všech dob trvání. Návrhové úhrny srážek jsou pro potřeby výpočtů vzaty z tabulek A.1 a A.2 uvedených v normě ČSN 75 9010. Návrhový déšť pro účelu návrhu v lokalitě České Skalice se volil z hodnot pro stanici Bílá Třemešná.

7.2. OPATŘENÍ A

7.2.1. POPIS NÁVRHU

Mezi budovou ze které má být voda zasakována a komunikací ulice Komenského a na Kamenici je zelená plocha o ploše přesahující 600 m². Je zde spousta místa k vybudování objektu pro vsakování vod ze střech. Navrženým objektem je vsakovací rýha s průlehem. Rýha je umístěna pod průlehem. Jedná se o prostor pro retenci infiltrované vody. Rýha je vyplněna kamenivem frakce 16/32 mm. Rýha zde hlavně plní funkci média, kterým vsakovaná vody proudí do nižších propustnějších vrstev. Vsakovací zařízení absorbuje srážkovou vodu ze střešní plochy o velikosti 927 m². Jak bylo popsáno v kapitole 7.1.2., velmi dobře propustná štěrková vrstva se nachází v hloubce 1,1 m. Voda bude do průlehu přiváděna povrchově. Pokud uvažujeme, že hloubka rýhy bude 0,4 m, pak výška rýhy tvořená kamenivem bude procházet přes jílovitou vrstvu až na propustnou štěrkovou vrstvu v hloubce 1,1. Výška rýhy pak tudíž je přibližně 0,7 m. Sklon břehů rýhy je navržen na 1:3. Pro bezpečné odvedení objemu srážky větší než návrhové, je navržen bezpečnostní přeliv, zaústěný do nejbližší kanalizace. Bezpečnostní přeliv je tvořen potrubím vyvedeným nad terén rýhy ve výšce 0,3 m. Jelikož bylo modelem zjištěno, že v kanalizačním potrubí v místech, kde by byl bezpečností přepad napojen, dochází při přívalových deštích k tlakovému proudění, je nutné umístit na napojení klapku, proti zpětnému vzduť. Rýha je tvořena zatravněnou humusovou vrstvou o $K = 1 \cdot 10^{-5} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, tloušťky 0,3 m. Nelze počítat s velkým smyvem sedimentu ze střešních ploch. Není tedy nutné navrhovat sedimentační šachtu. Zároveň ze střechy nebude odtékající voda obsahující vysokou koncentraci nebezpečných látek, a proto není v kombinaci s vsakováním přes zatravněnou vrstvu nutné před vyústěním vod do vsakovací nádrže žádný způsob předčištění.

7.2.2. NÁVRH PRŮLEHU S RÝHOU

Výpočet odvodňované plochy

Nejprve se stanoví tzv. redukovaný půdorysný průmět odvodňované plochy. Ten se spočítá jako součin půdorysného průmětu odvodňované plochy a součinitele odtoku srážkových povrchových vod podle vzorce (1). Dle Příloha č. 3 bereme součinitel odtoku srážkových vod pro střechy s nepropustnou horní vrstvou $\psi = 1,0$. Redukovaná odvodňovaná plocha tedy je:

$$A_{red} = \sum_{i=1}^n A_i \cdot \psi_i = 927 \cdot 1,0 = 927 \text{ m}^2.$$

Návrh retenčního objemu průlehu

Dle TNV 75 9011 se retenční objem průlehu V_p stanoví jako:

$$V_p = \left(\frac{i \cdot (A_{red} + A_{vsak,P})}{1000} - 3600 \cdot Q_{vsak,P} \right) \cdot t \quad [\text{m}^3] \quad (2)$$

kde je

i intenzita srážky ($\text{mm} \cdot \text{h}^{-1}$);

A_{red} průmět redukované odvodňované plochy objektu (m^2);

$A_{vsak,P}$ vsakovací plocha průlehu (m^2);

t doba trvání srážky (h);

$Q_{vsak,P}$ vsakovací odtok průlehu ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$).

Vsakovací odtok průlehu $Q_{vsak,P}$ se vypočte podle vzorce:

$$Q_{vsak,P} = \frac{1}{f} \cdot k_v \cdot A_{vsak,P} \quad [\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}] \quad (3)$$

kde je

f součinitel bezpečnosti vsaku (podle ČSN 75 9010 $f = 2$);

$A_{vsak,P}$ viz (1);

k_v hydraulická vodivost zeminy ($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$).

Vsakovací plocha A_{vsak} byla odhadnuta jako 1/10 redukované odvodňované plochy. Výpočet objemu retenčního prostoru průlehu se vypočte pomocí tabelárního řešení pro různé doby srážek a jim příslušné intenzity pro návrhové deště o periodicitě výskytu $p = 0,2$. Hodnoty byly převzaty z tabulek A. 1 a A. 2 normy ČSN 75 9010. Další vstupní parametry výpočtu jsou uvedeny v Tab. 5. Návrhová hodnota retenčního objemu je maximální vypočtená hodnota V uvedená v Tab. .

Tab. 5: Návrhové parametry výpočtu objemu retenčního prostoru průlehu.

parametr	poznámka
A_{red} = 927 m ²	
i = viz mm.h ⁻¹	různá podle tabulky A.1, A.2 v ČSN 75 9010
t = viz hod	různá podle tabulky A.1, A.2 v ČSN 75 9010
A_{vsak} = 92,7 m ²	0,1· A_{red}
f = 2 (-)	podle ČSN 75 9010
k_v = 1·10 ⁻⁵ m·s ⁻¹	pro zatravněnou humusovou vrstvu dle TNV 75 9011

Tab. 6: Stanovení retenčního objemu průlehu.

t [min]	t [hod]	i [mm.h-1]	V [m3]
5	0,08	106,8	8,93
10	0,17	84,0	13,98
15	0,25	67,6	16,80
20	0,33	55,8	18,38
30	0,5	42,2	20,64
40	0,67	34,4	22,18
60	1	25,4	24,15
120	2	14,9	26,79
240	4	9,0	29,81
360	6	7,0	32,13
480	8	5,3	29,24
600	10	4,3	26,35

Jako rozhodující pro návrh vyšla srážka s dobou trvání $t = 6$ hodin s intenzitou 7 mm.h-1

Potřebná délka rýhy l_r se pak vypočte podle:

$$l_r = \frac{\frac{i \cdot (A_{red} + A_{vsak,p})}{1000} - 3600 \cdot Q_R - \frac{V_p}{t}}{\frac{b_R + h_R + m_{DR}}{t} + \frac{3600}{f} \cdot k_{v,r} \cdot b_R} \quad [\text{m}] \quad (4)$$

kde je:

A_{red} viz (2); $A_{vsak,p}$ viz (2); i viz (2); V_p viz (2); t viz (2);

b_R šířka rýhy (m);

h_R výška rýhy (m);

$k_{v,r}$ hydraulická vodivost zeminy, ve které dochází ke vsakování rýhou (m.s⁻¹);

Q_R vsakovací odtok podzemní rýhy ($Q_R = Q_{vsak}$);

m_{DR} pórovitost výplně (-).

Stejně jako u retenčního objemu prohlubně se i délka rýhy navrhuje pro takový déšť, který vyvolá největší požadavek na délku rýhy.

Tab. 6: Návrhové parametry výpočtu objemu retenčního prostoru průlehu.

parametr		poznámka
A_{red}	= 927 m ²	
i	= viz mm.h ⁻¹	různá podle tabulky A.1, A.2 v ČSN 75 9010
t	= viz hod	různá podle tabulky A.1, A.2 v ČSN 75 9010
$A_{vsak,p}$	= 92,7 m ²	0,1.A _{red}
f	= 2 (-)	podle ČSN 75 9010
$k_{v,r}$	= 5,3·10 ⁻³ m·s ⁻¹	pro štěrk
b_R	= 1 m	
h_R	= 0,7 m	
Q_r	= 4,8·10 ⁻⁴ m·s ⁻¹	
m_{DR}	= 0,3 (-)	30 % z objemu kameniva 16/32 je retenční prostor

Výsledky výpočtu hledání maximální délky rýhy jsou zobrazeny v Tab. 7.

Tab. 7: Stanovení délky rýhy.

t	t	i	l _R
[min]	[hod]	[mm.h ⁻¹]	[m]
5	0,08	106,8	4,11
10	0,17	84,0	22,99
15	0,25	67,6	24,40
20	0,33	55,8	25,19
30	0,5	42,2	26,32
40	0,67	34,4	27,09
60	1	25,4	28,08
120	2	14,9	29,39
240	4	9,0	30,91
360	6	7,0	32,06
480	8	5,3	30,62
600	10	4,3	29,18

Jako rozhodující pro návrh vyšla srážka s dobou trvání $t = 6$ hodin s intenzitou 7 mm.h⁻¹

Posledním krokem návrhu je posouzení, zdali je retenční objem průlehu v souladu s navrženými rozměry rýhy. Šířka průlehu b_p se posoudí podle:

$$b_p = \frac{V_p}{l_r \cdot h_p} = \frac{33}{32 \cdot 0,3} = 3,4 \quad [\text{m}] \quad (5)$$

Na závěr se průleh posoudil na nepřekročení doby prázdnění T , která podle TNV 75 9011 nemá být delší než 24 hodin.

$$T = \frac{h_p}{\frac{1}{f} \cdot k_v} \quad [\text{s}] \quad (6)$$

kde je

h_p výška nadržení vody v průlehu = 0,3 (m);

f viz (3); k_v viz (3).

Výstupy návrhu

Pro návrh zařízení průlehu s rýhou je rozhodující srážka o době trvání 6 hodin s intenzitou $7 \text{ mm} \cdot \text{h}^{-1}$. Pro takovou srážku byl navržen průleh o délce 34 m a šířce 3,4 m. Této srážce odpovídá maximální nutný retenční objem $V = 33 \text{ m}^3$. Čas, za který se průleh vyprázdní, byl vypočten na 16 hodin a 33 minut. Jelikož lze předpokládat vzdálenost vsakovací nádrže od budovy minimálně 5 metrů a hloubku vsakování jen přibližně o 0,2 m výše než je nejnižší kóta budovy a zároveň je vrstva velmi dobře propustná, není nutné předpokládat ohrožení podzemních prostor vsakem vody z rýhy.

7.3. OPATŘENÍ B

7.3.1. POPIS NÁVRHU

Z průzkumu vrtů v části B je zřejmé, že zasakování v horní vrstvě nebude možné (jíl). V bezprostředním okolí budov, ze kterých bude srážková voda zachycena, se nachází velký prostor zelených ploch. V takových podmínkách je ideální přinést do území také opatření HDV, které bude nejen plnit svou základní funkci, ale také dodá do území důležitý estetický přínos. Proto zde byl navržen městský rybník. Pro stálý objem vody v nádrži je dno izolováno plastovou nepropustnou fólií. Hloubka vody je přibližně 1 m při provozní hladině. Vzhledem k rovinatému terénu bude nádrž vyhloubena do hloubky přibližně 1,4 m s mírnými sklony břehů v rozmezí 1:3-5, v místech mělčin litorálního pásma v rozmezí 1:5-10. Zdrojem vody pro rybník jsou dvě obytné budovy o celkové střešní ploše 1639 m^2 a samotná plocha hladiny rybníku. Rybník bude mít nad stálou hladinou ještě maximální hladinu, která bude

tvorit bezpečný prostor pro akumulaci objemu návrhové srážky. Břehy tohoto prostoru nebudou již izolovány folií, neboť v této výšce již voda může unikat vsakováním, což se bude u jílovité zeminy minimální. K tomu, aby hladina vody klesla na provozní hladinu, je navržena vsakovací šachta. Do té bude přes přelivnou hranu přepadat voda a na dně šachty bude vsakována. Dno vsakovací šachty bude dosahovat nižších velmi propustných vrstev půdy, jejichž výskyt v území byl prokázán vrтанými sondami. Skrze tuto vsakovací šachtu se vypustí většina objemu návrhové srážky. Za návrhovou srážkou se zde uvažuje déšť o délce trvání 15 minut a periodicitě opakování $p = 0,2$. Městský rybník musí být opatřen bezpečnostním přelivem ve výšce maximální hladiny, aby při vyšších srážkách než návrhová nedošlo k rozlivu vody do okolí. Srážková voda může být do rybníku přiváděna dlážděným korytem nebo potrubím, vyústěným nad výšku maximální hladiny.

7.3.2. NÁVRH MĚSTSKÉHO RYBNÍKU

Návrhové parametry nádrže a hodnoty pro výpočet bilance jsou zobrazeny v následující tabulce

nádrž		
Plocha vodní hladiny při provozní hladině	$A_n =$	270 m ²
Objem vody při provozní hladině		179 m ³
Hloubka vody při provozní hladině		1 m
bilance		
Roční úhrn srážek v lokalitě	$H_s =$	687 mm
Roční úhrn výparu z vodní hladiny	$H_v =$	630 mm
Redukovaná odvodňovaná plocha	$A_{red} =$	1639 m ²

Roční bilance

Z ročních úhrnů srážek a výparu je zřejmé dotace vody ze srážek bude v celoroční bilanci převyšovat ztráty výparem.

Roční bilance vody V_h vztažené k vodní hladině rybníku se vypočte jako:

$$V_h = A_n \cdot (H_s - H_v) \quad [\text{m}^3 \cdot \text{rok}^{-1}] \quad (7)$$

kde je

A_n plocha vodní hladiny při provozní hladině (m²);

H_s roční úhrn srážek (m);

H_v roční úhrn výparu (m).

Roční bilance vztažená k hladině rybníku je $V_h = 15,39 \text{ m}^3 \cdot \text{rok}^{-1}$.

Do celkové roční bilance je nutné připočíst také přísun vody ze střech objektů. Ta se vypočítá jako:

$$V_s = A_{red} \cdot H_s \cdot \psi \quad [\text{m}^3 \cdot \text{rok}^{-1}] \quad (8)$$

kde je

ψ odtokový součinitel; jelikož určitá část srážek v roce, který je započtena do celkového ročního úhrnu nevytvoří odtok a nedostane se tak do nádrže, uvažujme odtokový součinitel ψ menší, než u návrhových deštích. Krejčí et al. (2000) uvádí odhadované hodnoty ztrát pro roční bilanci mezi 25 - 40%. Odtokový součinitel byl zvolen $\psi = 0,7$.

A_{red} viz (2); H_s viz (7).

Množství vody, které přiteče ze střech do nádrže za jeden rok je $V_h = 788,19 \text{ m}^3$.

V obou případech je přítok vody do nádrže kladný, a tudíž není nutné počítat s alternativním dotováním objemu vody do rybníku.

Posouzení retenčního prostoru rybníku

Maximální hladina vody by měla být o tolik vyšší jako je provozní hladina, aby pojmla objem vody, který se do rybníka dostane během návrhové srážky.

Nejprve se vypočte ztráta vody skrze vsakovací šachtu, která odpovídá vsakovacímu odtoku Q_{vsak} . Pro výpočet rychlosti vsakování je rozhodující průměr šachty. K vsaku bude docházet otevřeným dnem šachty. Bude navržena betonová šachta o průměru DN 1000 o výšce 1750 mm o užitém objemu $V_{\S} = 1,3 \text{ m}^3$. Dle ČSN 75 9010 se vsakovací odtok vypočte jako:

$$Q_{vsak} = \frac{1}{f} \cdot k_v \cdot \pi \cdot R^2 \quad [\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}] \quad (9)$$

kde je

f viz (3); k_v viz (3);

R poloměr dna (m);

Poté se vypočítá objem vody, který se během 15 minutové srážky o dané intenzitě akumuluje v prostorech rybníku, vztahem:

$$V = i \cdot (A_{red} + A_n) \cdot \frac{t}{1000} - 3600 \cdot Q_{vsak} \cdot t - V_{\S} \quad [\text{m}^3 \cdot \text{rok}^{-1}] \quad (10)$$

kde je

A_{red} viz (2); A_n viz (7); i viz (2); t viz (2);

V_{ξ} retenční objem vsakovací šachty (m);

Q_{vsak} vsakovací odtok šachty, podle (9) (m);

Objekt byl posouzen i z hlediska doby prázdnění. Prázdnění je realizováno vsakování skrze vsakovací šachtu do vrstvy štěrkopísku. Doba prázdnění T pro vsakovací šachtou se vypočte:

$$T = \frac{V}{Q_{vsak}} \quad [s] \quad (11)$$

kde je

V viz (10); Q_{vsak} viz (9).

Vstupní hodnoty pro výpočet jsou zobrazeny v následující tabulce.

Tab. 8: Návrhové parametry pro posouzení retenčního prostoru rybníku

parametr	poznámka
$A_{red} = 1639 \text{ m}^2$	
$i = 67,6 \text{ mm} \cdot \text{h}^{-1}$	déšť $t=15 \text{ min}$, $p=0,2$, pro stanici Bílá Třemešná
$t = 0,25 \text{ h}$	
$A_n = 270 \text{ m}^2$	
$f = 2 \text{ (-)}$	podle ČSN 75 9010
$R = 0,5 \text{ m}$	
$V_{\xi} = 1,3 \text{ m}^2$	
$k_v = 5 \cdot 10^{-3} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$	pro štěrkopísek

Výstupy návrhu

Rychlost vsaku vody do půdy skrze navrženou šachtu byla vypočtena jako $Q_{vsak} = 1,96 \cdot 10^{-3} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Celkový přívod vody do prostorů rybníku je při návrhovém 15 minutovém dešti $32,26 \text{ m}^3$. Z toho $1,3 \text{ m}^3$ se akumuluje ve vsakovací šachtě. Podle výpočtu se skrze šachtu za 15 minut vsákne $1,76 \text{ m}^3$. Dle rovnice (10) byl objem nadržení v rybníku vypočten $V = 29,2 \text{ m}^3$.

Pokud tento objem podělíme velikostí plochy hladiny, získáme výšku nadržení a můžeme určit maximální hladinu vody v nádrži, což určí přelivnou hranu bezpečnostního přelivu. Hodnota, kterou získáme, odpovídá $0,1 \text{ m}$. Jelikož se každým zvýšením hladiny vody zvýší také plocha hladiny lze počítat, že maximální hladina bude ještě nižší přibližně o polovinu. Maximální hladina tak bude o $0,05 \text{ m}$ výše než hladina provozní.

Doba prázdnění retenčního objemu rybníku skrze zasakovací šachtu byla vypočítána podle (11) a odpovídá 4 hodinám a 30 minutám. Zasakovací plocha šachty bude umístěna přibližně 1,8 m pod terénem. Při uvažované úrovni podzemního podlaží 1,5 m nebudou tyto prostory nijak ohroženy vsakovanou vodou a není tak nutné počítat odstupovou vzdálenost od šachty od okolních budov.

7.4. OPATŘENÍ C

7.4.1. POPIS NÁVRHU

V oblasti C se nacházejí 3 obytné domy (pro lepší přehlednost označeny jako C1, C2 a C3), jejichž velikosti střech jsou stejné. Každá z nich má velikost 518 m². Mezi budovami jsou dvě travnaté plochy, každá o šířce kolem 30 m. V těchto prostorech mezi budovami budou navrženy dva vsakovací podzemní prostory. Odtok z těchto 3 budov bude rovnoměrně rozdělen do obou těchto vsakovacích prostorů. Z budovy C1 poteče celý objem společně s polovinou objemu srážkových vod z budovy C2 do prvního vsakovacího prostoru a totožný objem vody z budovy C3 a druhá polovina z C2 poteče do druhého vsakovacího prostoru. Podzemní prostory budou tvořeny plastovými bloky, které díky své konstrukci dokážou využít až 95% svého objemu pro retenci vody. Pokud by docházelo k pozvolnému zanášení nádrží částicemi prachu a sedimentu, obsažených ve srážkové vodě, snižovala by se tím pozvolna účinnost opatření. I přesto, že ze střešních ploch nelze předpokládat velké množství nečistot a protože není možné podzemní prostor podrobit prohlídkám a čištění od sedimentu, je nezbytné umístit před vtok do nádrže kalovou a sedimentační šachtu. Odtok nadbytečné vody je odváděn do nejbližší kanalizace skrze bezpečnostní přeliv.

7.4.2. NÁVRH PODZEMNÍCH VSAKOVACÍCH ZAŘÍZENÍ

Výpočet odvodňované plochy

Podle vzorce (1) se redukováná odvodňovaná plocha stanovila stejně jako v předchozích případech následovně:

$$A_{red} = \sum_{i=1}^n A_i \cdot \psi_i = 518 \cdot 1,0 + 259 \cdot 1,0 = 777 \text{ m}^2.$$

Návrh retenčního prostoru zařízení

Pro vytvoření retenčního prostoru jsou použity plastové vsakovací bloky Wavin Azura, jejichž efektivní objem je až 95%. Pro srovnání užitečný objem kameniva frakce 16/32 m, které jsou alternativou pro vytvoření retenčního prostoru je kolem 30% (ČSN 75 9010). Rozměry (délka x šířka x výška) jednoho vsakovacího bloku jsou 1000 x 500 x 400 mm. Užitečný objem jednoho bloku je 0,2 m³. Vyskládání bloků je po dvou

kusech vedle sebe a po dvou kusech na sebe, což vytvoří plochu o šířce 2 m a výšce 0,8 m. Délka retenčního prostoru L se vypočítala vzorcem převzatým z německé normy ATV - DVWK-A 138 a má tvar:

$$L = \frac{A_{red} \cdot 10^{-7} \cdot i \cdot t}{b \cdot h \cdot s_r + \left(b + \frac{h}{2}\right) \cdot t \cdot \frac{k_v}{2}} \quad [\text{m}] \quad (12)$$

kde je

A_{red} viz (2); k_v viz (2);

i intenzita návrhového deště ($\text{l} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{ha}^{-1}$);

t doba trvání návrhového deště (sec);

b šířka retenčního prostoru (m);

h výška retenčního prostoru (m);

s_r retenční (akumulační) koeficient (-);

Vstupní hodnoty do vzorce společně s výsledkem jsou zobrazeny v Tab. 9. Pomocí něj byl získán poslední chybějící délkový údaj pro vytvoření retenčního prostoru vsakovacího zařízení.

Tab. 9: Návrhové parametry a výsledky výpočtu.

parametr	výsledek		
A_{red} = 777 m ²	Vypočtená délka retenčního prostoru L	8,23	m
i = 188 l·s·ha ⁻¹	Počet bloků do této délky	17	ks
t = 900 sec	Navržená délka (17 ks x 0,5 m)	8,5	m
b = 2 m	Objem retenčního prostoru (0,8 x 2 x 8,5)	13,6	m ³
h = 0,8 m			
s_r = 0,95 (-)	Celkový počet vsakovacích bloků	68	ks
k_v = 7,1·10 ⁻⁵ m·s ⁻¹			

Hodnota intenzity deště i je převzata z tabulky návrhových intenzit dešťů pro stanici Labská přehrada Těšnov (Trupl, 1958). Šířka retenčního prostoru b odpovídá dvěma vsakovacím blokům skládaných vedle sebe o délkách stran 1000 mm. Výška h pak odpovídá výškám dvou bloků.

Z výpočtu vychází řešit retenční prostor z vsakovacích bloků ve dvou řadách o šířce 2 x 8,5 m. Tomuto prostoru odpovídá celkem 68 kusů bloků. K tomu, aby byly splněny veškeré požadavky na návrh vsakovacího zařízení, je nutné zohlednit dobu prázdnění zařízení, která by neměla překročit 72 h.

Doba prázdnění

Doba prázdnění objemu nádrže se vypočítá podobně jako (3), jen s tím rozdílem, že vsakovací odtok Q_{vsak} započítává do vsakovací plochy i část plochy stěn prostoru:

$$Q_{vsak} = \frac{1}{f} \cdot k_v \cdot L \cdot \left(\frac{h}{2} + b \right) \quad [\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}] \quad (13)$$

kde je

f viz (3); h viz (12); b viz (12); k_v viz (3);

L délka retenčního zařízení (m).

Minimální vzdálenost umístění opatření od budov

Opatření je umístěno mezi budovami, a proto je nutné při návrhu brát na zřetel vzdálenost umístění opatření od budov. Pokud by bylo zařízení pro vsakování navrženo příliš blízko podzemním prostorům okolních budov, může dojít k negativnímu ovlivnění těchto prostor. Tomu je potřeba předejít, a proto se stanovuje tzv. odstupová vzdálenost. Odstupová vzdálenost X se stanoví podle:

$$X = \frac{h + 0,5}{15 \cdot k_v^{0,25}} + 4 \quad [\text{m}] \quad (14)$$

kde je

h rozdíl výšek mezi maximální hladinou vody ve vsakovacím zařízení a úrovní podzemního podlaží; k_v viz (3).

Maximální hladina vsakovacího zařízení může vystoupat až po výšku podzemního retenčního prostoru, který uvažujeme v hloubce 0,5 m pod terénem a zároveň úroveň podzemního podlaží 1,5 m pod terénem.

Výstupy návrhu

Vsakovací bloky jednoho navrženého zařízení zaujímají plochu 17 m². Při výšce retenčního prostoru odpovídající 0,8 m je vsakovací plocha větší než 17 m², a to konkrétně 20,4 m². Při této ploše a koeficientu vsaku $k_v = 7,1 \cdot 10^{-5} \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ je vypočtená rychlost prázdnění podle vzorce (Y) $Q_{vsak} = 7,2 \cdot 10^{-4} \text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$.

Pro navržený vsakovací prostor byla vypočtena doba prázdnění $T = 5$ hodin a 12 minut. Vsakovací zařízení tak vyhovuje požadavku normy ČSN 75 9010 na dobu prázdnění nepřesahující 72 hodin.

Minimální odstupová vzdálenost byla vypočítána $X = 2,1$ m. Navržené opatření nebude svým vsakováním ohrožovat okolní budovy C1, C2 a C3

Jak bylo popsáno výše, voda se ze všech 3 objektů rovnoměrně rozdělí do dvou vsakovacích podzemních objektů o vypočtených parametrech. Celkově lze říci, že při pětileté srážce, jejíž intenzita odpovídá $188 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{ha}^{-1}$, odteče z ploch střech objem vody $26,6 \text{ m}^3$, který se naakumuluje v navržených objektech o celkem $27,2 \text{ m}^3$. Z těch se veškerá voda o intenzitě srážky návrhové a menší zcela do spodních vrstev půdy.

7.5. OPATŘENÍ D

7.5.1. POPIS NÁVRHU

Lokalita D, ve které se uvažuje o zadržení srážkové vody, obsahuje jeden obytný dům stejné velikosti jako budovy v části C. Plocha střechy má velikost 518 m^2 . V místech kde je prostor pro umístění opatření HDV je vysoká hladina podzemní vody ($2,3 \text{ m}$) a horní vrstva je tvořena jílovitou zeminou. Není možné vodu zasakovat, a proto je navržen podzemní retenční prostor tvořený plastovými bloky, jako tomu bylo u opatření A. S tím rozdílem, že oproti předchozímu opatření, bude voda vypouštěna regulovaným odtokem do jednotné kanalizace. Nedojde sice k likvidaci srážkových vod v území, ale odtok se alespoň nebude svým objemem plně podílet na tvorbě odtokové špičky. Opatření tak bude plnit účel, pro který má být zbudováno. Jako tomu je u opatření vybudované z vsakovacích bloků v předchozím případě, před vtok je usazena sedimentační jímka. Výtok do kanalizace bude regulovaný o průtoku $0,5 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$ a opatřen zpětnou klapkou. V takových místech jako je tato by se retenční prostor vsakovacích bloků mohl nahradit akumulací plastovou či betonovou nádrží, ze které by se akumulovaná voda mohla používat jako zdroj vody k zalévání pro přilehlou zahrádkářskou kolonii.

7.5.2. NÁVRH RETENČNÍ PODZEMNÍ NÁDRŽE

Výpočet odvodňované plochy

Jako tomu bylo u všech předchozích opatření, nejdříve byla vypočtena redukovaná odvodňovaná plocha dle vzorce (1):

$$A_{red} = \sum_{i=1}^n A_i \cdot \psi_i = 518 \cdot 1,0 = 518 \text{ m}^2.$$

Návrh retenčního prostoru zařízení

Bilanční rovnice pro podzemní vsakovací zařízení s retencí a odtokem dle TNV 75 9011 zobrazena následující tabulce:

Tab. 10: Hydrologická bilance mezi přítokem a odtokem do retenčního prostoru.

přítok	=	odtok		
Objem přivedené srážkové vody do objektu	=	Vsakování	Retenční objem	Regulovaný odtok
$i \cdot (A_{red} + A_{vsak}) \cdot t / 1000$	=	$3600 \cdot Q_{vsak} \cdot t$	V	$3600 \cdot Q_o \cdot t$

Pro objem retenčního prostoru podzemní rýhy V platí:

$$V = b \cdot h \cdot L \cdot m \quad [\text{m}] \quad (15)$$

kde je

b viz (12); h viz (12); L viz (14);

m pórovitost materiálu výplně (-).

Bloky budou skládány stejně jako u předchozího případu. Za pórovitost materiálu m výplně lze uvažovat užitný objem bloků, který odpovídá hodnotě 0,95. Hledanou neznámou je délka retenčního prostoru L . Úpravou hydrologické bilance uvedené v Tab. 10 získáme pro výpočet délky tvar:

$$L = \frac{i \cdot A_{red} \cdot 10^{-3} - Q_o \cdot 3600}{\frac{b \cdot h \cdot m}{t} + 3600 \cdot \frac{1}{f} \cdot k_v \cdot \left(b + \frac{h}{2}\right)} \quad [\text{m}] \quad (16)$$

kde je

A_{red} viz (2); i viz (2); t viz (2); b viz (12); h viz (12); m viz (15); k_v viz (3); f viz (3);

Q_o přípustný odtok ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$).

Přípustný odtok Q_o byl stanoven na minimální přípustný odtok, který odpovídá hodnotě $Q_o = 0,5 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1} = 0,0005 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Všechny další vstupní parametry jsou zobrazeny v Tab. 11.

Tab. 11: Návrhové parametry pro výpočet délky retenčního prostoru.

parametr	poznámka
A_{red} = 518 m ²	
i = viz mm·h ⁻¹	různá podle tabulky A.1, A.2 v ČSN 75 9010
t = viz hod	různá podle tabulky A.1, A.2 v ČSN 75 9010
A_{vsak} = 92,7 m ²	0,1· A_{red}
f = 2 (-)	podle ČSN 75 9010
m = 0,95 (-)	95% objemu vsakovacího bloku je užitečný
h = 0,8 m	2 x 400 mm
b = 2 m	2 x 1000 mm
k_v = $1,7 \cdot 10^{-7}$ m·s ⁻¹	
Q_{ϕ} = $5 \cdot 10^{-4}$ m ³ ·s ⁻¹	

Výpočet byl opět proveden pro návrhový déšť o periodicitě $p=0,2$ pro různé doby trvání. Tím se našel kritický déšť s největšími požadavky na délku retenčního prostoru (Tab. 12).

Tab. 12: Stanovení délky podzemního retenčního prostoru.

t	t	i	l
[min]	[hod]	[mm·h ⁻¹]	[m]
5	0,08	106,8	2,94
10	0,17	84,0	4,57
15	0,25	67,6	5,46
20	0,33	55,8	5,94
30	0,5	42,2	6,60
40	0,67	34,4	7,02
60	1	25,4	7,47
120	2	14,9	7,75
240	4	9,0	7,57
360	6	7,0	7,14
480	8	5,3	4,98
600	10	4,3	2,81

Jako rozhodující pro návrh vyšla srážka s dobou trvání $t = 2$ hodin s intenzitou 14,9 mm·h⁻¹

Vypočtená délka prostoru je 7,75 metrů. Této délky docílíme vyskládáním celkem 16 kusů bloků stranami o rozměru 0,5 vedle sebe. Podle vzorce (15) je retenční objem $V = 12,16$ m³. Pro návrhový déšť nemá vypouštění zařízení s regulovaným odtokem přesáhnout 24 h (ČSN 75 9010).

Doba vypuštění T zařízení s regulovaným odtokem se vypočte pomocí:

$$T = \frac{V}{Q_{vsak} + Q_o} \quad [s] \quad (17)$$

kde je

V viz (15); Q_{vsak} viz (13); Q_o viz (16).

Výstupy návrhu

Doba prázdnění navrženého zařízení o minimálním přípustném odtoku $0,5 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$ byla vypočítána na 6 hodin a 45 minut. Pro vyplnění prostoru vsakovacími bloky bude zapotřebí celkem 64 ks bloků Wavin Azure. Shrnutí výsledků pro návrh zařízení je zobrazen v Tab. 13.

Tab. 13: Výstupy návrhu vsakovacího podzemního zařízení s regulovaným odtokem.

	výsledek
Vypočtená délka retenčního prostoru L	7,75 m
Počet bloků do této délky	16 ks
Navržená délka (16 ks x 0,5 m)	8 m
Objem retenčního prostoru (0,8 x 2 x 8 x 0,95)	12,16 m ³
Celkový počet vsakovacích bloků	64 ks
Doba prázdnění	6,75 h

Umístění opatření od budovy bude vzdáleno více jak 7 m a zároveň ke vsakování nebude přes jílovitou půdu téměř docházet, tudíž není nutné počítat odstupovou vzdálenost.

8. EKONOMICKÁ ANALÝZA

Provedené investiční náklady jsou hrubým odhadem reálných nákladů na výstavbu jednotlivých opatření. Například u opatření B tvořeného městským rybníkem se náklady mohou výrazně lišit. Rybník může být proveden v mnoha variantách s různými mírami důrazu na zahradní architekturu. Od náročnosti na estetičnost se pak reálné náklady mohou lišit v několika desítkách procent. Stejně je tomu u provedení veškerých přívodů vody ze střech do navržených objektů a odvodů přebytečných vod přes bezpečnostní přeliv do stávající kanalizace. Délku těchto tras nebylo zcela možné zjistit, proto se počítá s předpokladem, který vychází ze vzdáleností objektů od budov a od nejbližší trasy kanalizace. Při výpočtu nákladů na realizaci se vyházelo z cen investičních nákladů vydaných Ústavem územního rozvoje (Polešáková *et al.*, 2012).

8.1. OPATŘENÍ A

Náklady na výstavbu navrženého zařízení průleh-rýha se skládají zejména z výkopových prací a úpravy terénu. Hlavním skladebným materiálem je zde kamenivo frakce 16/32 mm, kterým se vyplní prostor rýhy. Prostor vyplněný kamenivem je obalen vodopropustnou geotextílií k zabránění zanášení pórovitých prostorů. Opatření je ze všech navržených opatření nejméně náročné na prvky nutné pro bezproblémový provoz. Jediným technickým prvkem je přívod vody ze střechy do průlehu a odvod přebytečné vody přes bezpečnostní přeliv do kanalizace.

Tab. 14: Orientační náklady na zbudování opatření A.

název položky	jednotka	množství celkem	cena jednotková	cena celkem
sejmutí ornice	m ²	167	33	5 511
výkop jam - zapažená jáma	m ³	94,4	226	21 334
odvoz a uložení zeminy	m ³	94,4	560	52 864
geotextílie netkaná	m ²	107,5	32	3 440
obsyp kamenivem frakce 16/32 mm	m ³	22,4	693	15 523
odvzdušnění	ks	1	720	720
potrubí na přivedení vody do zařízení	m	27	3 850	103 950
propojení BP na kanalizaci - PVC profil potrubí DN 200	m	11	3 850	42 350
založení trávníku parkového	m ²	187	300	56 100
			celkem [Kč]	301 793

8.2. OPATŘENÍ B

Architektonické řešení a řešení biotopu městského rybníku nebylo rámci rozsahu této práce provedeno a tudíž, je kalkulace nákladů na výstavbu objektu provedena bez započítání prvků zahradní architektury. Mokřadní vegetace byla na plochu rybníka odhadnuta v kusech čítající 94 kusů. Celkový objem výkopových prací se může mírně lišit, neboť záleží na konečném návrhu terénního vytvarování prostorů rybníku. Konečná modelace terénu je provedena pískovou loží o tl. 150 mm. Jako nepropustná jezírková folie je navržena fólie Fatrafol. Vsakovací šachta se skládá z dvou železobetonových skruží a kónusu s poklopem. Dalším nezbytným prvkem, který je v kalkulaci započítán, jsou dvě filtrační šachty. Každý z objektů bude mít vlastní přítok do nádrže. Posledním nutným prvkem je odtoková šachta, která tvoří funkci bezpečnostního přelivu. V kalkulaci je zohledněno také připojení odtokové šachty a kanalizaci v ulici Nerudova o délce 29 m. V místech situování městského rybníku se nachází chodník z betonových dlaždic, který by musel být odstraněn a veden jinudy. Alternativní vedení chodníku není předmětem kalkulace. V ceně není započten odvoz zeminy.

Tab. 15: Orientační náklady na zbudování opatření B.

název položky	jednotka	množství celkem	cena jednotková	cena celkem
sejmutí ornice	m ²	521	33	17 193
odstranění dlažby z betonových dlaždic	m ²	75	110	8 250
výkop jam - nepažená jáma	m ³	297	165	49 005
odvoz a uložení zeminy	m ³	297	560	166 320
písek zásyrový	m ³	46	256	11 776
těsnicí fólie	m ²	292	122	35 624
filtrační šachta	ks	2	3 600	7 200
vsakovací jímka DN 1000	ks	1	9 060	9 060
odtoková šachta	ks	1	11 200	11 200
propojení BP na kanalizaci - PVC profil potrubí DN 200	m	29	3 850	111 650
potrubí na přivedení vody do zařízení	m	25	3 850	96 250
vodní rostliny	ks	94	79	7 426
založení trávníku parkového	m ²	52	300	15 600
			celkem [Kč]	546 554

8.3. OPATŘENÍ C

K likvidaci vod vsakováním do půdy v části území C byly navrženy 2 totožné podzemní vsakovací zařízení. Retenční prostor je vytvořen vsakovacími plastovými bloky Wavin Azura. Pro jedno zařízení bylo vypočítáno celkem 68 ks těchto bloků, které se obalí vodopropustnou natkanou geotextílií. Celkové výkopové práce byly odhadnuty na 82 m³. Do kalkulace spadá také cena kameniva frakce 16/32 mm, kterou jsou vsakovací bloky obsypány. Části vytěžené zeminy bude zasypán výkop s uloženými bloky. Ornice bude navrácena a vyrovnána s respektováním okolního terénu. Každé zařízení bude mít před napojením potrubí do bloků sedimentačně-filtrační šachtu, kterou budou zachyceny hrubé nečistoty.

Tab. 16: Orientační náklady na zbudování opatření C.

název položky	jednotka	množství celkem	cena jednotková	cena celkem
sejmutí ornice	m ²	42	33	1 386
výkop jam - zapažená jáma	m ³	41	226	9 266
odvoz a uložení zeminy	m ³	41	560	22 960
obsyp kamenivem frakce 16/32 mm	m ³	8,6	693	5 960
geotextílie netkaná	m ²	61	32	1 952
filtrační a sedimentační šachta	ks	1	3 600	3 600
odvzdušnění	ks	1	720	720
vsakovací bloky Wavin Azura	ks	68	1 420	96 560
potrubí na přivedení vody do zařízení	m	44	3 850	169 400
propojení BP na kanalizaci - PVC profil potrubí DN 200	m	8	3 850	30 800
založení trávníku parkového	m ²	42	300	12 600
			celkem [Kč]	355 204
cena obou zařízení			celkem [Kč]	710 408

8.4. OPATŘENÍ D

Prvky na vybudování navržené retenční nádrže se výrazně neliší od opatření C.

Tab. 17: Orientační náklady na zbudování opatření A.

název položky	jednotka	množství celkem	cena jednotková	cena celkem
sejmutí ornice	m ²	42	33	1 386
výkop jam - zapažená jáma	m ³	42	226	9 492
odvoz a uložení zeminy	m ³	42	560	23 520
obsyp kamenivem frakce 16/32 mm	m ³	8,2	693	5 683
geotextílie netkaná	m ²	61	32	1 952
filtračně-sedimentační šachta	ks	1	3 600	3 600
odvzdušnění	ks	1	720	720
vsakovací bloky Wavin Azura	ks	64	1 420	90 880
potrubí na přivedení vody do zařízení	m	7	3 850	26 950
propojení BP na kanalizaci - PVC profil potrubí DN 200	m	14	3 850	53 900
založení trávníku parkového	m ²	42	300	12 600
			celkem [Kč]	230 683

8.5. ALTERNATIVNÍ ŘEŠENÍ

Kapacitní problémy je možné v území řešit i klasickým způsobem (návrh tohoto řešení je označen jako alternativní řešení), který je popsán na následujících řádcích.

Alternativní řešení problémů sítě spočívá v přebudování kanalizační sítě. V kritickém místě šachty č. 3 (*Obr. 14*) je možné vybudovat novou kanalizaci, která se napojí na kanalizaci mimo zájmové území. Západně od zájmového území pokračuje ulice Nerudova. V této západní části ulice začíná jiný kanalizační řád, který vede ulicí Sportovní dále k hlavnímu řádu celé kanalizační sítě České Skalice. Úprava by snížila množství vody, které proudí do kanalizace v ulici Komenského, která je příčinou problémů. Jinak řečeno kritický úsek v ulici Komenského by nebyl jediným úsekem, který by odvodňoval řešené území. Tím by se výrazně odlehčilo poddimenzované kanalizaci (úseky č. 4, 3). Tento způsob řešení by byl výhodnější než například rekonstruovat celou část poddimenzované kanalizace v ulici Komenského. Jiná řešení v území nejsou realizovatelná.

Takový zásah by ale nevyřešil nadměrné plnění úseků v ulici Družstevní, které jsou způsobeny vyšším uložením šachty č. 11. Mezi touto šachtou a šachtou č. 12 je protispád 3,7 ‰ což zhoršuje plynulý odtok vody a způsobuje nadměrné vzduť vody

v těchto místech. Jediným řešením může být rekonstrukce úseku, kde se šachta nachází.

Výstavba v ulici Nerudova by sebou přinášela nutnost propojení dvou šachet kanalizačním potrubím o délce 14,6 m (Materiál beton a průměr roury DN 300). Druhou částí úprav kanalizace by se napravilo výškově špatné umístění šachty, které způsobuje protispád. Úprava by znamenala rekonstrukci kanalizace v délce 69 m (materiál beton DN 400).

Tab. 18: Investiční náklady úprav kanalizační sítě.

název položky	jednotka	množství celkem	cena jednotková	cena celkem
Výstavba kanalizace - ulice Nerudova	m	14,6	12 850	187 610
Rekonstrukce kanalizace - ulice Družstevní	m	69	14 650	1 010 850
			celkem [Kč]	1 198 460

8.6. ÚDRŽBA ZAŘÍZENÍ

Prezentované náklady nezahrnují náklady na údržbu, která je u opatření HDV nutná. Zatímco u alternativního řešení stavebním zásahem do kanalizační sítě povinnost údržby odpadá, u zbudování opatření HDV je nutné počítat s dlouholetými výdaji na údržbu, které se odvíjí od typu opatření. Nejvíce nákladným opatření na údržbu je bezesporu městský rybník v části B. Vyčíslení nákladů na údržbu není součástí této práce.

8.7. MOTIVAČNÍ NÁSTROJE

O motivaci výstavby opatření hospodaření s dešťovými vodami bylo pojednáno v kapitole č. 4, kde jsou vyjmenována pozitiva, která sebou výstavba opatření HDV přináší. V tržní ekonomice jakou je ta naše, jsou motivací především finance. Z analýzy investičních nákladů lze jasně vidět, že kapacitní problém v ulici Komenského a Nerudova, který by byl eliminován na potřebnou míru až výstavbou všech navržených opatření, může být mnohem levněji vyřešen výstavbou kanalizace o délce 14,6 m. Platba, kterou by bylo zpoplatněno odvádění dešťových vod do kanalizace i pro objekty určené pro bydlení byla při novelizaci zákona o vodovodech a kanalizacích zamítnuta (Stránský, 2015). Předpokládejme však, že osvětou v novém přístupu HDV se v nejbližších letech tento poplatek zavede, jak je tomu u komerčních objektů (Zákon č. 274/2001 Sb.) i pro typy objektů ve kterých je navrženo vodu likvidovat. V takovém případě by přímá finanční motivace vycházela z výpočtu ušetřených peněz za poplatky vypouštění srážkových vod do kanalizace. Poplatek by odpovídal ceně stočného. Cena stočného se každý rok navyšuje (Paul,

2013). Pro účely výpočtu byla hodnota stočného převzata z webových stránek obce Česká Skalice. Cena stočného od 1. ledna 2015 je 33,35 s 15% DPH. Nejprve byl vypočítán roční odtok srážkové vody ze střešních ploch řešených objektů. Roční hodnoty odtoku srážkové vody Q_r byly získány podle vzorce:

$$Q_r = H_r \cdot A \cdot \psi \quad [\text{m}^3 \cdot \text{rok}^{-1}] \quad (18)$$

kde je

H_r hodnota ročního úhrnu srážek (m);

A plocha střechy (m^2);

ψ odtokový součinitel; Krejčí et al (2000) uvádí, že s celoročního úhrnu srážek 25 až 40 % se podílí pouze na omočení povrchu. Tento fakt bude při výpočtu stočného započítán, a proto odtokový součinitel bude mít hodnotu $\psi = 0,7$.

Hodnoty objemu ročního odtoku srážkové vody ze střech řešených budov, které by se vyhnuly zpoplatněním, jsou zobrazeny v Tab. 19.

Tab. 19: Hypotetická finanční návratnost navržených opatření HDV při ušetření za stočné.

část	plocha střech [m^2]	odtokový součinitel ψ	roční úhrn srážek [m]	roční odtok ze střech [$\text{m}^3 \cdot \text{rok}^{-1}$]	cena stočného [Kč. $\cdot \text{m}^{-3}$]	celková cena stočného [Kč. $\cdot \text{rok}^{-1}$]
A	927	0,7	0,687	445,8	33,35	14 867
B	1639	0,7	0,687	788,2	33,35	26 286
C	1545	0,7	0,687	743,0	33,35	24 779
			celkem	1 977,0		65 932

V tabulce není počítáno s opatřením D, neboť opatření nelikviduje dešťovou vodu na místě pozemku, ale pouze zpomaluje její vypouštění do kanalizace. V budoucnu by nicméně i opatření D mohlo mít jistou rentabilitu za předpokladu, že by byla zvážena finanční úleva stočného nejen za likvidaci srážkové vody ale i za zpomalení jejího vypouštění.

Čistým podělením nákladů na výstavbu opatření a hypotetickou částkou za roční slevu na stočném dostaneme návratnost jednotlivých opatření. V tomto hypotetickém příkladu vychází, že za předpokladu plateb stočného by návratnost opatření A bylo 20 let, opatření B by bylo 21 let a opatření C by bylo 29 let.

9. VÝSLEDKY

Vliv navržených opatření HDV na stav kanalizace během návrhové srážky byl zjišťován nejprve jednotlivě pro každé opatření. Jednoduše se jednalo o úpravu vstupních dat do modelu, při které byly z vstupních informací o nepropustných plochách vyňaty velikosti ploch střech, ze kterých je zrovna dešťová voda likvidována.

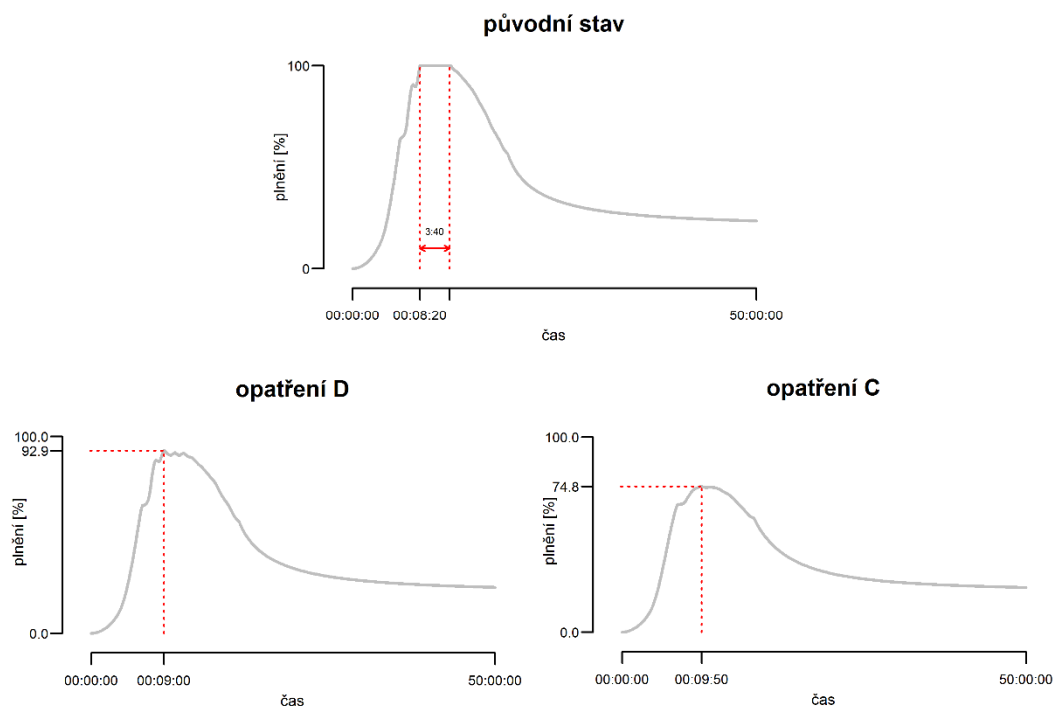
Do celkového hodnocení opatření je mimo - ovlivnění proudění vody v kanalizační síti resp. její vliv na zlepšení kapacitních problémů - také zahrnuto množství vody, které zůstane v území a vrací se do oběhu vody přirozenou cestou (ať už vsakování nebo výparem) a v neposlední řadě také ekonomická náročnost realizace jednotlivých opatření.

9.1. ZLEPŠENÍ STAVU V ULICI DRUŽSTEVNÍ

V ulici Družstevní dochází k problémům převážně z důvodu protispádu jednoho z úseku, kde voda neodtéká a úseky za tímto místem se tak snáz zaplní. K řešení tohoto problému bylo zvoleno snížit velikosti nepropustných ploch před kritickým úsekem, ze kterých dešťová voda vtéká do kanalizace. V tomto případě byl zájem zaměřit se konkrétně na bytové domy v ulici Družstevní. Pro tyto případy rozdělených do části C a D.

Jak se dalo předpokládat, řešení likvidace srážkových vod v části C má výrazný podíl na zlepšení stavu. Jako ukazatel této změny byl zvolen čas plnění úseku. Pro případy ulice Družstevní byl za kritický úsek zvolen úsek č. 21, neboť v něm dochází při modelování současného stavu k největšímu tlakovému proudění. Z výsledků modelu pro současný stav byla doba trvání tlakového proudění (tedy doba, při které je profil potrubí zcela zaplněn) zjištěna na 3 minuty a 40 vteřin. Z výsledků modelů pro stav s opatřením C je nejenže tlakové proudění zcela eliminováno, ale nejvyšší hodnota plnění profilu potrubí se ze 100 % snížila na 74,8 %. V případě opatření D se maximální plnění snížilo na 92,9 % (*Obr. 23*). Zároveň bylo prokázáno, že ostatní dvě opatření A a B nemají na řešení situace v ulici Družstevní významný vliv a tudíž do hodnocení stavu v ulici Družstevní nebyla zahrnuta.

Časový průběh plnění potrubí v úseku č. 21



Obr. 23: Grafy průběhu plnění ve vybraném kritickém úseku č. 21. V případě původního stavu je zobrazen interval při kterém došlo k 100 % plnění (celkem po dobu 3 minut 40 vteřin). Spodní dva grafy ukazují změnu stavu při zavedení navržených opatření. *Zdroj: autor.*

9.2. ZLEPŠENÍ STAVU V ULICI KOMENSKÉHO

V ulici Komenského dochází na síti k mnohem závažnějším kapacitním problémům, než je tomu v ulici Družstevní. Problémy jsou způsobeny nedostatečnou kapacitou potrubí v severní části ulice Komenského (úseky č. 2, 3), které zpětným vzduť ovlivní i úseky dále po síti.

Za kritický úsek byl zvolen úsek č. 4. Dochází v něm k výraznému tlakovému proudění, a dá se tvrdit, že společně s úsekem č. 2 a č. 3, způsobují kapacitní problémy v ulici Komenského i před tímto úsekem a také v ulici Nerudova (*Obr. 17*).

Na vliv kapacitních problémů v ulici Komenského se podílejí všechny opatření, neboť se všechny nacházejí v území, ze které srážkové vody touto ulicí protékají.

V původním stavu je časový úsek, po který dochází v kritickém úseku č. 4 k tlakovému proudění, dlouhý až 14 minut. Jak se dalo očekávat, nejmenší vliv na eliminaci problému tlakového proudění má opatření D. Zavedení opatření D nemá v porovnání s původním stavem sebemenší vliv na čas, ve kterém dojde ke 100 % plnění (8:50). Nicméně zkrátí celkový čas plnění až o 1 minutu a 20 vteřin. Zlepšení tak odpovídá 9 %.

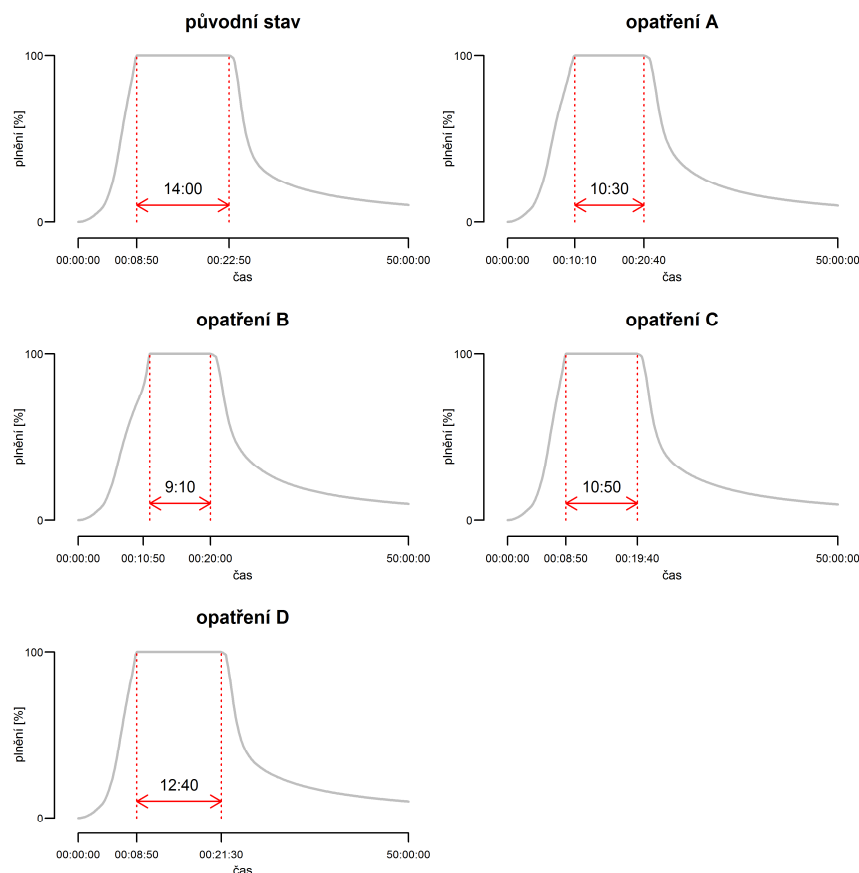
Co se ovlivnění začátku doby plnění týče, není u opatření C, u kterého je doba dotoku do kritického místa nepříliš vzdálená opatření D. Čas začátku tlakového proudění je stejný, ale celková doba tlakového proudění se výrazně zkrátila a to na 10 minut a 50 vteřin, tedy celkem o 22 %.

Jak se předpokládalo odvodňované plochy (část A, B), které jsou situovány blíže ke kritickému místu, mají zásadní vliv na začátek tlakového proudění. Opatření A posune začátek tlakového proudění z 8:50 na 10:10. Tlakové proudění trvá 10 minut a 30 vteřin, což je zlepšení o 25 %.

Nejlépe vychází opatření B, které je zároveň ze všech opatření to, které likviduje srážkovou vodu z největší plochy. Opatření B dokázalo snížit dobu 100 % plnění o 36 %, tedy na celkových 9 minut 10 vteřin.

Z výsledků vychází, že opatření C má největší vliv na to kdy tlakové proudění skončí. To je způsobeno nevypuštěním objemu vody do kanalizace, který jinak svým dotokem do místa úseku č. 4. přispívá na prodloužení doby tlakového proudění. Naproti tomu má minimální vliv na dobu, ve které tlakové proudění nastane. Pro oddálení této doby nejlépe situaci řeší opatření B, které ji ve výsledku zkrátí až o 2 minuty a 10 vteřin. Ovlivnění průběhu plnění v úseku č. 4 po zavedení jednotlivých opatření je zobrazeno na Obr. 24.

Časový průběh plnění potrubí v úseku č. 4



Obr. 24: Grafy průběhu plnění ve vybraném kritickém úseku č. 4. Nejlépe sníží dobu, po kterou dochází k 100 % plnění, opatření B. Celkově ji zkrátí z 14 minut na 9 minut a 10 vteřin.

9.3. ZLEPŠENÍ STAVU V RÁMCI CELÉHO ÚZEMÍ

Z výsledků modelování vyplývá, že ani jeden z opatření nedokáže eliminovat kapacitní problémy na síti na tolerovatelnou míru. Jako nejlepší se jeví kombinace opatření B a C. Opatření C jsou eliminovány problémy v ulici Družstevní a zároveň má mnohem výraznější dopad na řešení problémů v ulici Komenského nežli opatření D. Kombinace opatření B a C snížilo kapacitní přeplnění potrubí na takovou míru, při které již nedošlo k výtoku vody na povrch. Přesto kombinace zcela nevyřešila tlakové proudění v kritickém úseku společně a v dalších úsecích, nicméně délka potrubí, ve které k tlakovému proudění dochází, se snížila z 296 m na 90 m.

Z opatření A a D lze jako opatření z výraznějším vlivem na zlepšení situace považovat opatření A. I pro tuto kombinaci opatření A, B a C byla v Siteflow vypočítána změna. Přidání opatření A k dvěma předchozím se sice snížilo hydraulické zatížení v síti, ale i tak se zcela nezabránilo tlakovému proudění. Při kombinaci opatření A, B a C se tlakové proudění vyskytlo už jen v úseku č. 4. Až varianta s použitím všech 4 opatření zcela eliminovala hydraulické přetížení sítě.

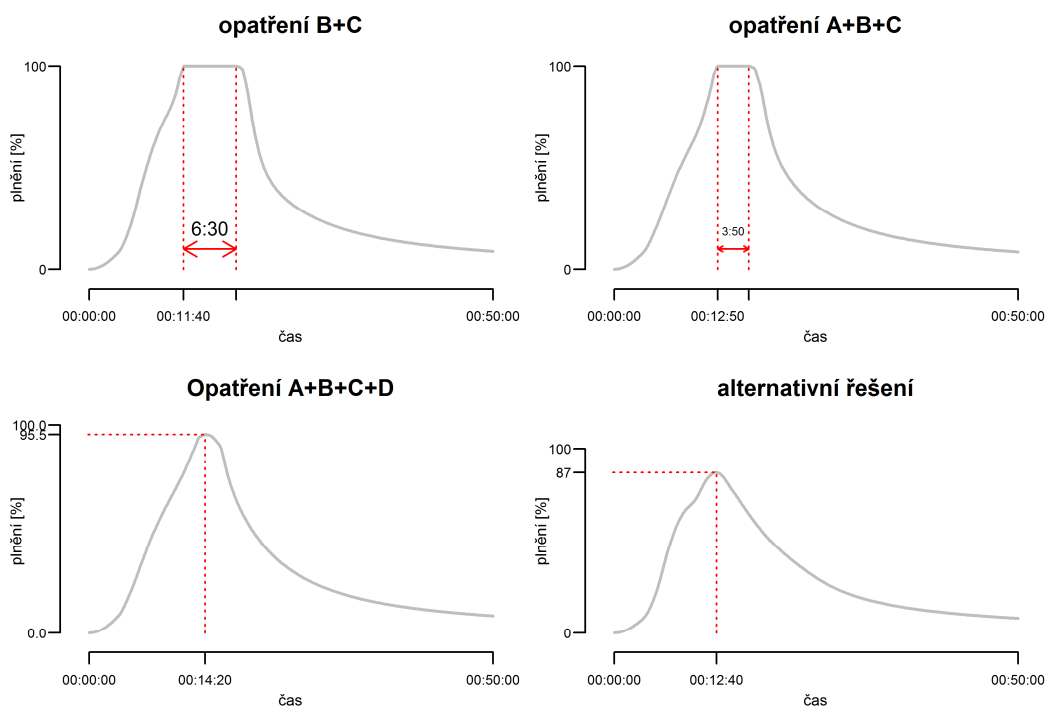
Kapacitní problémy je možné řešit i alternativním způsobem popsáním v kapitole 8.5. Výsledky pro tuto variantu jsou dále popsány v následující kapitole

9.4. ALTERNATIVNÍ ŘEŠENÍ

Alternativní řešení problémů sítě spočívá v přebudování kanalizační sítě v místech ulice Komenského a Družstevní. Z výsledku modelování průtoků v kanalizační síti pro celou část obce provedenou společností Aquion s.r.o. bylo prokázáno, že výstavbou navrženého napojení kanalizace na jinou kanalizaci, nedojde ke škodlivému zatížení kanalizace, do které budou vody z území odlehčeny.

Výše popsané propojení kanalizací by ale nevyřešilo problém, který se vyskytuje v ulici Družstevní. Jak již bylo zmíněno, úsek č. 18 tvoří protispád, což má za následek velké vzduť v úseku kanalizace, kterým vznikne tlakové proudění při 2letém návrhovém dešti. Zmíněné propojení kanalizace v ulici Nerudova by bylo o délce 14,6 m. Zlepšení stavu v ulici Družstevní by se vyřešilo snížením šachty č. 11 a změnu sklonů vedení kanalizace o celkové délce 69 m. Z modelu vychází, že oběma těmito stavebními úpravami by se vyřešily problémy na síti v rámci zájmového území, a to přibližně ve stejné míře jako při řešení zavedení všech navržených opatření HDV. Vliv alternativního řešení na plnění kritického úseku č. 4 je zobrazen na Obr. 25.

Časový průběh plnění potrubí v úseku č. 4



Obr. 25: Grafy průběhu plnění ve vybraném kritickém úseku č. 4 pro konečné návrhy kombinací opatření ve srovnání s alternativní řešením odlehčením kanalizace napojením na jinou síť.

9.5. VYHODNOCENÍ FINANČNÍCH NÁKLADŮ

Cena tzv. alternativního řešení, tedy rekonstrukce kanalizace, se skládá ze dvou částí. Části odlehčení v ulici Nerudova a rekonstrukce v části v ulici Družstevní. Rekonstrukce v ulici Družstevní o délce 69 m je několika násobně dražší než řešení v ulici Komenského a zároveň řeší kapacitní problémy nesrovnatelně menší. Pokud nebudeme tyto dvě části oddělovat od sebe a přijmeme je, jako jeden celek k vyřešení kapacitních problémů pak cena za vyřešení problémů sítě je 1 189 460 Kč.

Stejně tak berme všechna opatření HDV jako jeden celek, který vyřeší problémy ve stejné míře jako alternativní řešení. Cena by poté byla 1 789 437 Kč. To představuje navýšení nákladů o 33 %.

Pokud si přepočítáme náklady na množství zachycené vody, vyjde nám jako nejefektivnější opatření A, hned za ním následované opatřením B (*Tab. 20: Tabulka srovnání nákladů na výstavbu opatření HDV vztažená k 1 m³ zachycené vody.*). Opatření A bylo aplikovatelné stejně jako je v části A i v ostatních částech. Pokud si tedy vynásobíme všechny objemy zachycené vody cenou za 1 m³ zachycené vody u opatření A, získáme přibližnou cenu zavedení opatření A do všech řešených částí. Likvidace objemu návrhové srážky pro všechny řešené střechy by byla 1 514 730 Kč.

I při hledání co nejlevnější varianty opatření HDV je rozdíl v cen alternativního opatření a opatření HDV odhadnut na 21 % v neprospěch opatření HDV.

Tab. 20: Tabulka srovnání nákladů na výstavbu opatření HDV vztažená k 1 m³ zachycené vody.

část	celkové náklady [kč]	objem zachycené srážky [m ³]	cena za 1 m ³ zachycené vody [m ³]
A	301 793	15,7	19 222
B	546 554	27,7	19 731
C	710 408	26,6	26 707
D	230 683	8,8	26 214

Čistě z ekonomického hlediska by bylo nejvhodnější zasakovat vody v části C navrženými vsakovacími bloky a problémy v ulici Nerudova provést napojení kanalizace jak je popsáno v kapitole č. 8.5. Problémy v území by se tak vyřešily odhadem za cenu 898 018 Kč.

9.6. SHRNU TÍ VÝSLEDKŮ

Srážkoodtokovým model bylo zjištěno, že ke snížení plnění potrubí, a tím zabránění tlakovému proudění a výtoku vody na povrch, je nutné zavedení všech 4 navržených opatření.

Jako nejméně účinný se ukázal návrh opatření D v ulici Družstevní. Opatření na principu podzemního retenčního prostoru neumožňuje v místě vsakování a jeho prázdnění je prováděno regulovaným odpouštěním o průtoku $0,5 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$. Opatření je navrženo k zachycení dešťové vody ze střech bytového domu o velikosti střechy 518 m^2 . Zachycením srážkové vody z této plochy se sice sníží plnění v kritickém úseku č. 21 v ulici Družstevní a zabrání tlakovému proudění, ale plnění kritického úseku se ze 100 % plnění sníží jen na 92 %.

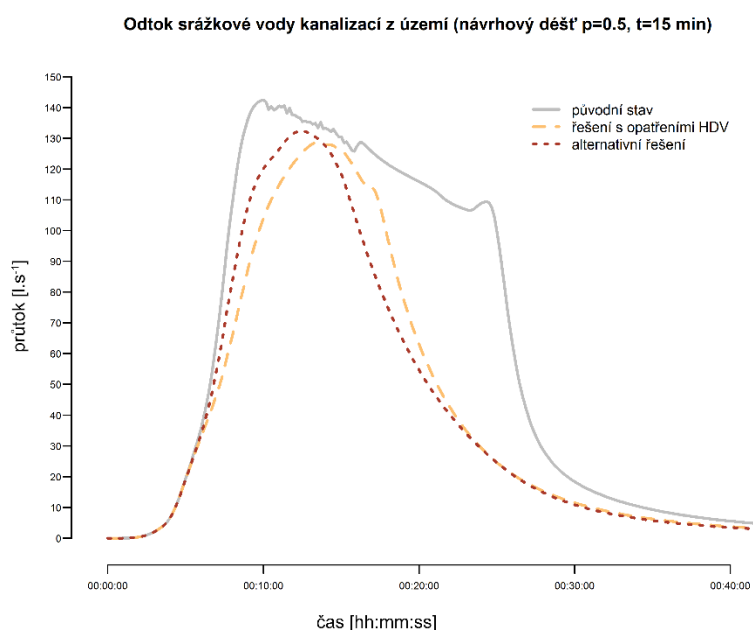
Lepších výsledků bylo dosaženo pomocí zavedení opatření C. Toto opatření se nachází ve stejné části řešeného území a je tak společně s opatřením D jediné, které řeší kapacitní problémy v ulici Družstevní. Nicméně tyto problémy řeší výrazně lépe než opatření D, neboť zachycuje srážkovou vodu z plochy trojnásobně větší než opatření D. Bylo zjištěno, že zasakování srážkových vod z těchto ploch je možné, a tudíž opatření skládající se z 2 podzemních vsakovacích prostorů zabráňuje odvádění vody do kanalizace. Jak bylo předvedeno v předchozí kapitole, pomocí opatření C se snížilo plnění kritického úseku v Družstevní ulici až na 75 %. Vedle to se opatření C významně pozitivně podílí na zlepšení situace v ulici Komenského. Zachycením velkého objemu srážkové vody dojde k redukci vody proudící z jižní části povodí do ulice Komenského, což se pozitivně projeví na dřívějším poklesu relativního tlaku.

Opatření A a B jsou navržena tak aby se přímo podílela na snížení problémů v ulici Komenského (*Obr. 17*). Opatření A má pozitivní vliv na zpoždění začátku tlakového proudění. Zároveň úseky, ve kterých dochází k tlakovému proudění, se sníží z 266 m na 156 m. K výtoku vody na povrch ale stále dochází. Situace selepší zavedením opatření B. Opatření B je navrženo k akumulaci největšího množství vody ze všech navržených opatření. Jeho vliv na zlepšení situace je tudíž nejvýraznější. Jak již bylo popsáno, ani toto opatření nevyřeší problém tlakového proudění v síti. Nicméně se pozitivně projeví na snížení délek úseků, ve kterých k tlakovému proudění dojde. V modelu tato délka vyšla 113 m.

Kombinací opatření A, B a C se výskyt tlakového proudění omezila pouze na kritický úsek č. 4. Model ukázal, že pokud chceme zcela zamezit tlakovému proudění na kanalizační síti v řešeném území, je nutné uplatnit všechna 4 navržená opatření. I tak je výsledek sporný. Modelovaná situace sice ukázala, že nikde na kanalizační síti nedošlo k tlakovému proudění, zároveň je ale 100 % plnění v kritickém úseku č. 4 sníženo jen na 95,5 %.

Chybu modelu lze předpokládat vyšší než 4,5 %, a tudíž je relevantnějším výstupem srovnání stavu s opatřeními HDV a s alternativní variantou řešení kapacitních problémů. Z výsledků modelu lze tvrdit, že alternativní řešení (tj. propojení kanalizace v kritickém místě na jinou kanalizační síť za hranicí území) vyřeší problémy na síti v řešeném území ještě o něco lépe (pokud přihlídneme na průběh plnění potrubí v kritickém úseku č. 4, jak je zobrazeno na Obr. 25. je vidět, že efektivita snížení plnění v kritické části ulice Komenského je účinnější u alternativního řešení než u opatření HDV). Snížení plnění je tomto případě až 13 %.

Každá z opatření má vliv na odtok vody uzávěrovým profilem. Výsledky jsou ve formě hydrogramu zobrazeny na Obr. 26.



Obr. 26: Graf průtoku uzávěrovým profilem. Plná čára je modelovaný odtok z území za současného stavu pro 2letou návrhovou srážku o době trvání 15 minut. Červená tečkovaná čára je modelovaný průtok s řešením pro alternativní řešení a oranžová čárkovaná pro řešení s opatřeními HDV.

Obrázek ukazuje, že navržená opatření HDV se v rámci celého řešeného území výsledkem změny v kanalizaci vztažené k uzávěrovému profilu území podobají alternativnímu řešení. Lze taky částečně tvrdit, že obě prezentované možnosti k vyřešení kapacitních problémů nabízejí srovnatelné výsledky.

10. DISKUZE

Práce se ve své první části zabývala problematikou změn vodního režimu krajiny pod vlivem urbanizace. Jak bylo popsáno, s urbanizací přichází do krajiny mnoho problémů, které jsou velmi těžko měřitelné a popsitelné. Vlivům na odtokové poměry a změny v distribuci srážkových vod v urbanizovaném území se zabývají vodohospodáři po generace.

Snížení schopnosti území zachytit srážkové vody vede ke zvýšení povrchového odtoku, se kterým je nutné v urbanizovaném území nějak nakládat. Do dnešních dob používaný klasický způsob kdy je veškerá voda svedena do jednotné kanalizace a dopravena na ČOV, se zdá být překonaný a hledají se jiná řešení v podobě nakládání s dešťovou vodou přímo na pozemku, kde povrchový odtok vzniká.

Takový přístup se dnes nazývá hospodaření s dešťovými vodami. Nė vždy je ale možné srážkovou vodu likvidovat v místě jejího vzniku, ať už je to způsobeno nevhodnými geologickými podmínkami nebo mírou znečištěním srážkové vody.

V praktické části bylo provedeno s pomocí softwaru Siteflow srážkoodtokové modelování odtoku v zájmovém území obce Česká Skalice. Model využívá výpočetní zdrojové jádro SWMM. Vstupní data hrála klíčovou roli při správné definici modelu. Od firmy Aquion, s.r.o. byla získána přesná data o typech povrchů v území a kanalizační síti. Přesné uložení kanalizačního potrubí bylo získáno geodetickým zaměřením a informace o stavu kanalizace vycházely z dat od provozovatelů kanalizace.

Srážkoodtokový model identifikoval problémová místa na kanalizační síti a ukázal, kde a v jaké míře dochází ke kapacitním problémům.

Modelováním srážkoodtokových poměrů ve vymezeném území se potvrdily kapacitní problémy na síti v ulici Komenského a Družstevní. K posouzení byl použit návrhový déšť o četnosti výskytu $p=0,5$ a době trvání 15 minut, na který se dimenzují kanalizační sítě pro obce nad 5000 obyvatel (*Šrytr et al., 1998*). Výsledek tak jasně potvrzuje nedostatečně navržené profily kanalizace. Zejména v ulici Komenského. Vlivem přechodu z potrubí DN 400 na potrubí DN 300 je prakticky ovlivněna celá síť, a k tlakovému proudění a výtoku vody na povrch tak dochází i v místech s dostatečným průměrem stok. Další problémovým místem je část kanalizace v ulici Družstevní. Zde není nadměrné kapacitní plnění způsobeno nedostatečným průměrem trub, ale uložení jedné z šachet v takové výšce oproti šachtám okolním, že vznikl protispád a voda nemůže plynule odtékat. Takové závady, které se na stokové síti vytvoří už při projektu (ať už jsou důvody jakékoli) pak vedou k vážným problémům.

Tlakové proudění je v jednotné stokové síti nežádoucí jev. Nezřídka kdy kapacitní problémy končí výtokem vody na povrch, zaplavením sklepů a škodám na

majetku. Tlakové prouděním, které v zájmovém území modelem vyšlo v délce 296 m, způsobuje degradaci celého systému. Následkem tlakových proudění v kanalizaci může dojít k posunům potrubí a jejímu rozpojení, což má za následek únik splaškových vod do půdy a tím kontaminaci půdy a podzemních vod. V případech ve kterých je hladina podzemní vody vysoko, funguje nefunkční potrubí jako drén. V zájmového území dochází i k výtoku vody na povrch, což potvrdil i model. Výtok byl zjištěn na 4 místech v ulici Komenského.

Pokud už k takovým problémům dochází, je nutné eliminovat hydraulické zatížení kanalizační sítě. V této práci byla při řešení sníženi hydraulického zatížení dána přednost zamezení přítoku srážkových vod do kanalizace před klasickou sanací problémových úseků kanalizace. Zamezením přítoku srážkových vod do kanalizace je zde myšleno zachycení jejího odtoku do některého z navržených opatření HDV a jeho likvidací v místě vzniku.

U staveb nových kanalizací se zásady HDV zavádějí poměrně snadno. Například v plánu několika obcí na jihu Moravy zbudovat stokovou síť, se vůbec nepočítalo s odvodem dešťových vod do stokové kanalizace a každý majitel nemovitosti má povinnost si likvidovat srážkové vody na svém pozemku. Nutno podotknout, že ve zmíněných obcích nikdy žádná kanalizace nebyla a obyvatelé jsou zvyklí si srážkovou vodu na svém pozemku likvidovat odnepaměti.

Nicméně i je to výrazný posun ve změně myšlení už při návrhu projektu, kdy v minulosti by se nejpravděpodobněji vybudovala jednotná stoková síť, do které by byly svedeny srážkové vody ze všech domů v obci.

Mnohem obtížněji se už ale HDV zavádí tam kde je kanalizace zbudována ještě z dob, kdy v myslích projektantů a vodohospodářů byl nejvhodnější způsob vypořádání se se srážkovými vodami jejich zaústění do jednotné kanalizace. Zmíněný případ odpovídá i v situaci České Skalice.

Za účelem snížení objemu srážkové vody do kanalizace byly v řešeném území vytipovány nepropustné plochy, u kterých byl odvod srážkové vody do některých z objektů HDV možný. Jako nejvhodnější pro tento účel byly vybrány střechy celkem 7 bytových domů. Podle prostorového umístění těchto objektů v zájmovém území bylo pro likvidaci srážkové vody navrženo vybudovat celkem 4 opatření HDV. Jedná se o městský rybník k zachycení a akumulaci dešťových vod, dva podzemní retenční prostory se vsakováním, jeden akumulační prostor s řízeným vypouštěním a povrchový průleh s rýhou. Některé z těchto opatření mohou v obci nabídnout více nežli pouhé zachycení srážkové vody. Městský rybník může do území přinést vysoce kvalitní estetický prvek, který se stane relaxačním prvkem v jinak nudné zástavbě. Akumulační prostor může naopak být tvořen nepropustnou nádrží, z níž se bude dešťová voda čerpat pro zalévání přilehlých zahrádek. A právě i tak by na opatření HDV mělo být nahlíženo.

U relevantnosti zavádění HDV největší roli hrají místní podmínky, podle kterých se řídí jaké opatření HDV je nejvhodnější zvolit a jestli vůbec je opatření HDV realizovatelné.

Postup a návrh opatření se řídil pravidly určenými pro objekty tohoto typu podle platných norem. Návrh zařízení byl uzpůsoben místním podmínkám. Terén je rovinatý, což je pozitivní faktor ve vztahu k implementaci opatření HDV. Ve velmi sklonitých terénech není vsakování vhodné. Horní vrstva je v území reprezentována spíše hůře propustnou zeminou, opatření bylo tak nutné umístit hlouběji pod terén až k propustným vrstvám.

Stav území po implementaci navržených opatření byl posouzen v Siteflow a srovnán s původním stavem. Zlepšení stavu v kanalizační síti bylo potvrzeno. Alternativní řešení spočívalo v rekonstrukci kanalizace o jejího odlehčení do jiné kanalizace. V Siteflow pro tento návrh vyšly velmi podobné hodnoty jako u zavedení opatření HDV. U obou případů model vyhodnotil zamezení tlakovému proudění pro návrhovou srážku.

V práci byly představeny - co se výsledků týče - dva srovnatelné, přesto technologicky různé, způsoby řešení kapacitních problémů na kanalizační síti. Jeden tradiční a druhý se snahou vrátit přirození odtokové poměry do urbanizovaného území. Nakonec ale stejně při volbě varianty hraje největší roli cena. Cenově výhodnější v řešeném projektu vychází varianta klasického budování kanalizace. Tato varianta ale pokračuje ve starém, dnes již překonaném, způsobu řešení a je vhodné zamyslet se co nám může volba HDV nabídnout.

Konkrétní navržená opatření by ročně dotovala podzemní vody celkem 70 m³, o stejnou částku by se snížil přívod vod na ČOV. Opatření by do území přinesla zkvalitnění životního prostoru obyvatel, kde městský rybník by mohl být významným prvek odpočinku a rekreace. Zároveň by se výparem přispělo k ochlazení okolního vzduchu. Dále by se snížil podíl vod, který při přívalových deštích může přispívat k problémům níže na síti.

Pokud by byl v budoucnu zaveden poplatek za odvádění srážkových vod do kanalizace, bylo by za tyto poplatky ušetřeno až kolem 65 tisíc korun.

Jasný pozitivní vliv při snižování odtoku vod z území byl prokázán, a z odborné literatury je známo, že likvidace vod přímo místě či okolí jejího vzniku pro udržitelný rozvoj nabízí mnoho. Nicméně se nabízí otázka, zdali se najde dostatečná vůle zavádět opatření HDV i do míst, kde její výstavba není ekonomicky výhodnou.

11. ZÁVĚR

Je nepopíratelným faktem, že urbanizace zásadně mění distribuci dešťové vody v území. Nákladní s dešťovými vodami v urbanizovaném území se ještě do nedávna řídila pravidlem „zachyt' a pošli dál“. Pozůstatkem takového myšlení nám jsou kilometry tras stokových sítí pod obcemi a městy, odvádějící nepředstavitelné množství srážkových vod do recipientů a tím se negativně podílejí na povodňových stavech, znečištění povrchových vod a úbytku podzemní vody. Naštěstí jak je patrné se naše společnost odvrací od klasického konceptu odvodnění měst a obcí. Své místo na slunci si tak získávají postupy, které trvají na omezení vypuštění dešťových vod do kanalizace, ať už je to patrné v odborné literatuře, v zákonech nebo v praxi, posun od klasického přístupu k přístupu s prvky HDV je za poslední léta výrazný.

Tento posun se ale projevuje převážně u novostaveb a nově budovaných aglomerací. V této práci byla předvedena výhodnost a efektivita uplatnění myšlenek v již stávajícím zastavěném území. Byla vybrána obec Česká Skalice, a to především z důvodu nedostatečné kapacity stokové sítě. Tento případ byl ideální pro analýzu možnosti zavedení opatření HDV do stávající zástavby. Ve městech kde je kapacitní stav kanalizace ideální a nedochází při velkých deštích k problémům, lze asi těžko předpokládat investice v řádu statisíců až milionů jen proto, aby v území zůstalo pár metrů krychlových dešťové vody navíc.

K takovým činům by nebyla ani vůle, ani finance. Nicméně situace v České Skalici je jiná. Kapacitní problémy na stokové síti v území jsou dlouhodobě pozorované a modely to potvrzují. Provozovateli kanalizační sítě tak nezbude nic jiného než určitou investici ve věci zlepšení stavu obětovat.

V práci je s pomocí srážkoodtokového modelu vypočítán stav proudění v kanalizaci k jakému za jistých předpokladů může docházet v dnešní době. Model popsal problémy stokové sítě, které pomohly identifikovat kritické místa v síti. Z výsledků se ukázalo, že k problémům dochází hlavně ulici Komenského. Příčinou je zmenšení profilu kanalizace. Další problém byl zjištěn v ulici Družstevní vlivem protispádu jednoho z úseků.

Způsoby řešení těchto problémů byly zvoleny celkem dva. Prvním je snaha řešit přetížení kanalizace v zásadách HDV. To sebou přináší redukci ploch, z kterých srážková voda odtéká do kanalizace. Pro tyto účely byla v lokalitě vybráno 7 bytových domů. Z těchto budov bylo navrženo odvádění ploch do 4 opatření HDV. Ty byly nadimenzovány a navrženy, přesně podle okrajových podmínek území tak, aby splňovaly jejich účel. V ulici Družstevní byly navrženy dvě opatření (vsakovací podzemní prostory a retenční podzemní prostor) a blíže ke kritickému místu v ulici Komenského další dvě opatření (městský rybník, vsakovací průleh-rýha).

Srážkoodtokový model, upraven pro situaci s opatřeními HDV potvrdil snížení zatížení kanalizace na přípustnou mez. Přípustnou mezí byl stanoven takový stav, při kterém v žádném z úseků nedojde k tlakovému proudění. Jak bylo řečeno, území nabízí i druhou možnost jak dospět k podobnému výsledku jako s opatřeními HDV. Jako druhá možnost bylo zvoleno sanace kanalizace a výstavba nového úseku. U nejkritičtějšího místa v ulici Komenského, je možné napojit stávající stokovou síť na jinou stokovou síť, která je jen o pár metrů vzdálena od sítě v zájmovém území. V ulici Družstevní bylo navrženo rekonstruovat úsek s protispádem.

Srážkoodtokový model potvrdil zlepšení stavu na stokové síti. Výsledky pro rekonstrukci vycházejí jen o něco lépe než řešení s opatřením HDV. Lépe pro rekonstrukci vyšly také finanční náklady.

Oba identifikované problémy na síti lze do jisté míry řešit odděleně. Při hledání nejvhodnějšího řešení z hlediska jak ekonomický měřítek tak z hlediska zlepšení hydraulického stavu kanalizace je pro situaci v ulici Družstevní vhodnější dát přednost Vsakování před rekonstrukcí kanalizace. Naproti tomu v ulici Komenského vychází jednoznačně nejlépe výstavba nového úseku kanalizace zaústěná do vedlejší kanalizační sítě. Z toho vidíme, že vhodnou kombinací obou přístupů lze dosáhnout kýženého výsledku.

Pokud by jediný záměr investice v řešeném území byl definován jako zamezení kapacitním problémům, pak výsledky práce ukazují, že pro tento záměr je zavedení HDV méně výhodný. Práce ukázala, že zavedení opatření HDV do zastavěného území není jednoduché. Nicméně vždy záleží na území, neboť v České Skalici se ukázaly podmínky řešení problémů klasickým zbudováním nového úseku kanalizace jako velmi výhodné. Vybudováním úseku nové kanalizace o délce 14,6 vyřeší největší problémy na síti. Cena na výstavbu byla odhadnuta na 187 610 Kč. Takovým investičním nákladům nemůže řešení s opatřeními HDV, které bylo odhadnuto na téměř 2 mil. korun, konkurovat. Nutno podotknout, že území České Skalice je jen jedno z mnoha území nelze závěry této práce generalizovat.

Hlavní cíl práce nicméně byl splněn a na případu konkrétní obce byla prokázána možnost snížení kapacitních problémů na stokové síti v myšlenkách hospodaření s dešťovými vodami.

12. SEZNAM LITERATURY

AČE, 2009: *Metodická příručka posouzení stokových systémů urbanizovaných povodí*. Asociace čistírenských expertů České republiky, Praha, 83 s.

Arnold, C. L. J., Gibbons, C. J., 1996: *Impervious surface coverage—the emergence of a key environmental indicator*. *Journal of the American Planning Association* 62: 243-256.

ATV- DVWK A 138, 2005: „*Bau und Bemessung von Anlagen zur dezentralen.*“ Německo.

Bannerman, R., Considine, E., 2003: *Rain Gardens: A How-to Manual for Homeowners*. Wisconsin Department of Natural Resources. Wisconsin. 32 s.

Booth, D. B., Henshaw, P., 2001: *Rates of Channel Erosion in Small Urban Streams*. In: *Land Use and Watersheds: Human Influence on Hydrology and Geomorphology in Urban and Forest Areas*. American Geophysical Union, Washington, D. C: 17-38.

Brattebo, B. O., Booth, D. B., 2003: *Long-term stormwater quality performance of permeable pavement systems*. *Water Research*. 37: 4369-4376.

CIRIA, 2007: *The SUDS Manual*. CIRIA, London, UK, 514 s.

CVC, 2011: *Low Impact Development Stormwater Management Planning and Design Guide*. [online], [vid. 2015-03-19] Dostupné z:
www.pca.state.mn.us/water/stormwater/stormwater-manual.html
<http://www.creditvalleyca.ca/low-impact-development/low-impact-development-support/stormwater-management-lid-guidance-documents/low-impact-development-stormwater-management-planning-and-design-guide/>.

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

ČSN 75 9010: Vsakovací zařízení srážkových vod, ÚNMZ.

Český statistický úřad. Statistiky [online] místo: Praha. Dostupní z:
http://vdb.czso.cz/vdbvo/tabparam.jsp?vua=tabulka&cislatab=MLO5013PU_OB2.39&vo=null.

Dašek, I. V., 1996: *Metody sanací přetížených odvodňovacích sítí, 1. část*. SOVAK 12: 16-19.

Ekotoxa, 2014: *Rozbor udržitelnosti rozvoje území SO ORP Náchod 2015 - 3. aktualizace*. Ekotoxa.

- Evelt, J. B., Love, M. A., Gordon, J. M., 1994:** *Effects of Urbanization and Land-Use Changes on Low Stream Flow*. Water Resources Research Institute, North Carolina.
- Fletcher, T. D., et al., 2014:** *SUDS, LID, BMPs, WSUD and more - The evolution and application of terminology surrounding urban drainage*. Urban Water Journal. [online], [vid. 2015-03-19] Dostupné z: <http://dx.dohovnoi.org/10.1080/1573062X.2014.916314>.
- Foster, S. S. D., 1988:** *Impacts of urbanization on groundwater*. V Duisberg Symposium, [online], [vid. 2015-03-22] Dostupné z: http://ks360352.kimsufi.com/redbooks/a198/iahs_198_0187.pdf.
- Gremlica, T., 2013:** *Analýza města Česká Skalice*. Praha. 136 s.
- Grimmond, C. S. B., Oke, T. R., 1999:** *Evapotranspiration rates in urban areas*. In: Impacts of urban growth on surface water and groundwater quality; IAHS Publication No. 259: Wallingford, Oxfordshire: 235-243.
- Grum, M., Jorgensen, A.T., Johansen, R. M., Linde, J. J., 2006:** *The effect of climate change on urban drainage: an evaluation based on regional climates model simulations*. Water Science and Technology 54 (6-7): 9-15.
- Gujer, W., 1999:** *Siedlungswasserwirtschaft*. Springer Varlag Berlin.
- Gwenzi, W., Nyamadzawo, G., 2014:** *Hydrological Impacts of Urbanization and Urban Roof Water Harvesting in Water-limited Catchments: A Review*. Environmental Processes 1(4): 573-593.
- Hall, M. J., 1984:** *Urban Hydrology*. Elsevier Applied Science Publishers, New York.
- Hlavínek, P., Prax, P., Kubík, J., 2007:** *Hospodaření s dešťovými vodami v urbanizovaném území*. ARDEC.
- Hollis, G. E., 1975:** *The Effect of Urbanization on Floods of Different Recurrence Interval*. Water Resources research 11 :431-43.
- Horton, R. E., 1939:** *Analysis of runoff-plot experiments with varying infiltration capacity*. Proc. Soil Sci. Soc. Amer. 5, s. 399-417.
- IREAS, 2007:** *Ochrana před povodněmi v urbanizovaných územích*. IREAS, Praha, 82 s.
- Kaňka, J., 2013:** *Provozování a bezpečnost stok a čistíren odpadních vod*. České Budějovice: Vysoká škola evropských a regionálních studií. 112 s.

- Keifer, C. J., Chu, H. H., 1957: *Synthetic storm pattern for drainage design*, ASCE, Journal of the Hydraulics Division, č. 83, s. 1-25.
- Krejčí, V., Gujer, W., Hlavínek, P., Zeman, E., 2002: *Odvodnění urbanizovaných území: Konceptní přístup*. Brno, 562 s.
- Kubelková, I., Stránský, D., Bareš, V., 2013: *TNV 75 9011 Hospodaření se srážkovými vodami 1. část: Volba způsobu odvodnění a technického řešení*. Vodní hospodářství 9: 289 -294.
- Leopold, L. B., 1968: *Hydrology for Urban Planning - a Guidebook on the Hydrologic Effect of Urban Land Use*. Circular 554, Washington DC, 19 s.
- Mansell, M. G., 2003: *Rural and Urban Hydrology*. Thomas Telford, London.
- McCarthy, J., 2012: *New Hampshire Homeowner's Guide to Stormwater Management: Do-It-Yourself Stormwater Solutions for Your Home*. [online], [vid. 2015-03-19] Dostupné z: <http://des.nh.gov/organization/divisions/water/stormwater/stormwater-mgmt-homeowners.htm>.
- Ministerstvo zemědělství, 2012: *Situační a výhledová zpráva Půda*. Ministerstvo zemědělství. Praha.
- Ministerstvo životního prostředí ČR, 2009: *Zneškodňování odpadních vod v obcích do 2000 ekvivalentních obyvatel*. Praha.
- Minnesota Stormwater Steering Committee, 2006: *Minnesota Stormwater Manual*. Minnesota Pollution Control Agency. [online], [vid. 2015-03-19] Dostupné z: www.pca.state.mn.us/water/stormwater/stormwater-manual.html.
- Moscip, A. L., Montgomery, D. R., 1997: *Urbanization, Flood Frequency, and Salmon Abundance in Puget Lowland Streams*. Journal of the American Water Resources Association 33(6): 1289-1297.
- Oki, T., Blyth, E. M., Barbery, E. H., Alcaraz-Segura, D., 2013: *Land Use and Land Cover Changes and Their Impacts on Hydroclimate, Ecosystems and Society*. In: Asrar, G. R., Hurrell, J. W., [eds]: *Climate Science for Serving Society*. Springer Netherlands, Netherlands: 185 - 203.
- Paul, J., 2013: *Je reálné do vodného a stočného zahrnout náklady na obnovu?* In: *moderniobec.cz* [online], [vid. 2015-04-01] Dostupné z: <http://moderniobec.cz/je-realne-do-vodneho-a-stocneho-zahrnout-naklady-na-obnovu/>.

- Polešáková, M. et al., 2012:** *Průměrné ceny dopravní a technické infrastruktury*. MMR ČR, Ústav územního rozvoje. Brno, [online], [vid. 2015-03-11] Dostupné z: <http://www.uur.cz/default.asp?ID=899>.
- Qasim, R. S., 1999:** *Wastewater Treatment Plants: Planning, Design, and Operation, Second Edition*. CRC Press.
- Quitt, E., 1971:** *Klimatické oblasti Československa*. Praha. Academia.
- Rawls, W. J., Brakensiek, D. L., Saxton, K. E., 1982:** *Estimation of Soil Water Properties*. ASAE: Vol. 25, No. 5, s. 1316-1320.
- Rose S., Peters, N. E., 2001:** *Effects of urbanization on streamflow in the Atlanta area (Georgia, USA): a comparative hydrological approach*. Hydrol Process 15: 1441-1457.
- Rossman, L. A., 2010:** *Storm water management model user's manual, version 5.0*. National Risk Management Research Laboratory, Office of Research and Development, US Environmental Protection Agency, 276 s.
- Sharp Jr, J., M., 2010:** *The impacts of urbanization on groundwater systems and recharge*. Aqua Mundi 1: 51-56.
- Směrnice/60/EU, 2000:** *Úřední věstník č. L 327*. Evropský parlament a rada, Brusel, 93 s.
- Starý, M. et al., 2014:** *Hospodaření s vodou při údržbě zeleně*. Střední škola zemědělská a přírodovědná Rožnov pod Radhoštěm, 281 s.
- Stránský, D., 2013:** *Přírodně blízké hospodaření se srážkovými vodami na stavebním pozemku a jeho důsledky pro územní plánování*. Fakulta architektury ČVUT v Praze. Praha. 9 s.
- Stránský, D., 2015:** *Současný stav hospodaření s dešťovou vodou v ČR: idea vs. realita*. [online], [vid. 2015-04-04] Dostupné z: http://www.pocitamesvodou.cz/wp-content/uploads/2015/03/5_STRANSKY_HDV_Idea_a_skutecnost.pdf
- Stránský, D., Kabelková, I., Bareš, V., 2013:** *TNV 75 9011 Hospodaření se srážkovými vodami*. Praha.
- Stránský, D., Kabelková, I., Vítek, J., Suchánek, M., 2007:** *Podklad pro koncepci nakládání s dešťovými vodami v urbanizovaných území*. Semináře Hospodaření s dešťovou vodou, Brno, 58 s., [online], [vid. 2015-01-07] Dostupné z: http://www.jvprojektvh.cz/photo/sekce/file/2007-12-01_JVPVH.pdf.
- Synáčková, M., 2013:** *Vsakování dešťových vod*. SOVAK 3: 20 - 22.

Šejnoha, J., Sklenář, M., 2010: *Poruchovost vodovodních a stokových sítí*. In: SOVAK: Provoz vodovodních a kanalizačních sítí Sborník referátů. Líbeznice: 55-62.

Šenkapoulová J., 2013: *Trendy v hospodaření se srážkovými vodami z pohledu provozovatele kanalizace*. SOVAK 2: 14 - 16.

Škripko, J., 2015: *Studie odtokových poměrů kanalizace Česká Skalice - levý břeh Úpy*. Aquion, s.r.o.

Šrytr, P. et al., 1998: *Městské inženýrství. Díl 1*. Academia Praha

TNV 75 9011: *Hospodaření se srážkovými vodami*, HYDROPROJEKT

Trupl, J. 1958: *Intenzity krátkodobých dešťů v povodí Labe, Odry a Moravy*. VÚV, Praha - Podbaba, 75 s.

Vítek, J., 2012: *Nepodceňujme omyly, kterých se dopouštíme při zavádění HDV*. Vodní hospodářství 9: 280 - 284.

VÚV TGM, v.v.i. *Hydrologické informační systém VÚV TGM*. [online]. Praha: VÝZKUMNÝ ÚSTAV VODOHOSPODÁŘSKÝ T. G. MASARYKA, v.v.i., © 2002-2015 [vid. 2015-03-20]. Dostupný z: <http://heis.vuv.cz/default.asp?typ=wms>.

Vyhláška č. 269/2009 Sb., kterou se mění vyhláška č. 501/2006 Sb., o obecných požadavcích na využívání území.

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

Zákon č. 183/2006 Sb., o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon).

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

Seznam zkratk

ČOV - čistírna odpadních vod
DMT - digitální model terénu
HDV - hospodaření s dešťovými vodami
SWMM - Storm Water Management Model

Seznam veličin

h_R - výška rýhy [m]
 h_p - výška nadržení vody v průlehu [m]
 A_i - půdorysný průmět nepropustné plochy určitého typu [m]
 A_n - plocha vodní hladiny při provozní hladině [m²]
 A_{red} - redukováná odvodňovaná plocha [m²]
 $A_{vsak,P}$ - vsakovací plocha průlehu [m²]
 H_S - roční úhrn srážek [m]
 H_v - roční úhrn výparu [m]
 Q_R - vsakovací odtok podzemní rýhy [m³.s⁻¹]
 Q_o - přípustný odtok [m³.s⁻¹]
 $Q_{vsak,P}$ - vsakovací odtok průlehu [m³.s⁻¹]
 $Q_{vsak,P}$ - vsakovací odtok průlehu [m³.s⁻¹]
 V_h - roční bilance vody v rybníku [m³.rok⁻¹]
 V_{ξ} - retenční objem vsakovací šachty [m]
 V_p - retenční objem průlehu [m³]
 b_R - šířka rýhy [m]
 b_p - šířka průlehu [m]
 k_v - hydraulická vodivost zeminy [m.s⁻¹]
 l_r - délka rýhy [m]
 m_{DR} - pórovitost výplně [-]
 s_r - retenční (akumulační) koeficient [m]
 L - délka retenčního zařízení [m]
 R - poloměr dna vsakovací šachty [m]
 T - doba prázdnění [s]
 X - odstupová vzdálenost [m]
 f - součinitel bezpečnosti vsaku [-]
 i - intenzita srážky [mm.h⁻¹]
 n - počet odvodňovaných ploch [-]
 t - doba trvání srážky [h]
 ψ - součinitel odtoku srážkových povrchových vod [-]

SEZNAM TABULEK

TAB. 1: NEJČASTĚJŠÍ PŮDNÍ JEDNOTKY V ÚZEMÍ ČESKÉ SKALICE.	30
TAB. 2: KVALITATIVNÍ A KVANTITATIVNÍ HODNOTY VYPUŠTĚNÍ ODPADNÍCH VOD PRO OBEC ČESKÁ SKALICE.	34
TAB. 3: TYPY NEPROPUSTNÝCH POVRCHŮ V ÚZEMÍ.	39
TAB. 4: OBJEM ZACHYCENÉHO DEŠTĚ NA STŘECHÁCH OBYTNÝCH BUDOV V JEDNOTLIVÝCH ČÁSTECH A, B, C A D.	43
TAB. 5: NÁVRHOVÉ PARAMETRY VÝPOČTU OBJEMU RETENČNÍHO PROSTORU PRŮLEHU.	53
TAB. 6: NÁVRHOVÉ PARAMETRY VÝPOČTU OBJEMU RETENČNÍHO PROSTORU PRŮLEHU.	54
TAB. 7: STANOVENÍ DÉLKY RÝHY.	54
TAB. 8: NÁVRHOVÉ PARAMETRY PRO POSOUZENÍ RETENČNÍHO PROSTORU RYBNÍKU.	58
TAB. 9: NÁVRHOVÉ PARAMETRY A VÝSLEDKY VÝPOČTU.	60
TAB. 10: HYDROLOGICKÁ BILANCE MEZI PŘÍTKEM A ODTOKEM DO RETENČNÍHO PROSTORU.	63
TAB. 11: NÁVRHOVÉ PARAMETRY PRO VÝPOČET DÉLKY RETENČNÍHO PROSTORU.	64
TAB. 12: STANOVENÍ DÉLKY PODZEMNÍHO RETENČNÍHO PROSTORU.	64
TAB. 13: VÝSTUPY NÁVRHU VSAKOVACÍHO PODZEMNÍHO ZAŘÍZENÍ S REGULOVANÝM ODTOKEM.	65
TAB. 14: ORIENTAČNÍ NÁKLADY NA ZBUDOVÁNÍ OPATŘENÍ A.	66
TAB. 15: ORIENTAČNÍ NÁKLADY NA ZBUDOVÁNÍ OPATŘENÍ B.	67
TAB. 16: ORIENTAČNÍ NÁKLADY NA ZBUDOVÁNÍ OPATŘENÍ C.	68
TAB. 17: ORIENTAČNÍ NÁKLADY NA ZBUDOVÁNÍ OPATŘENÍ A.	69
TAB. 18: INVESTIČNÍ NÁKLADY ÚPRAV KANALIZAČNÍ SÍTĚ.	70
TAB. 19: HYPOTETICKÁ FINANČNÍ NÁVRATNOST NAVRŽENÝCH OPATŘENÍ HDV PŘI UŠETŘENÍ ZA STOČNÉ.	71
TAB. 20: TABULKA SROVNÁNÍ NÁKLADŮ NA VÝSTAVBU OPATŘENÍ HDV VZTAŽENÁ K 1 M ³ ZACHYCENÉ VODY.	77

Seznam obrázků

OBR. 1: V POVODÍCH S PŘIROZENÝM VEGETAČNÍM KRYTEM SE INFILTRUJE AŽ 50 % DOPADAJÍCÍ SRÁŽKY A JEN POUZE 10% ODEČE PROSTŘEDNICTVÍM POVRCHOVÉHO ODTOKU. V HUSTĚ ZASTAVĚNÝCH ÚZEMÍ SE PODÍL SRÁŽKY ODEČENÝ POVRCHOVÝM ODTOKEM VÍCE NEŽ ZPĚTINÁSOBÍ (IREAS, 2007).	12
OBR. 2: HYDROGRAM ZOBRAZUJE VLIV URBANIZACE NA ZMĚNU TVARU ODTOKOVÉ KŘIVKY (LEOPOLD, 1968).	13
OBR. 3: SCHÉMA PRINCIPU KOMBINOVANÉ JEDNOTNÉ KANALIZACE (MŽP, 2009).	15
OBR. 4: POVODEŇ V URBANIZOVANÉM ÚZEMÍ ZPŮSOBENÁ INTENZIVNÍ LOKÁLNÍ SRÁŽKOU. ZAPLAVENÍ JE ZPŮSOBENO NEDOSTATEČNOU KAPACITOU POTRUBÍ. TAKOVÉ ZAPLAVENÍ JE KRÁTKODOBÉ (V ŘÁDU SEKUND A MINUT). (IREAS, 2007)	15
OBR. 5: VÝTOK VODY NA POVRCH JAKO ODPOVĚĎ KANALIZAČNÍ SÍTĚ NA PŘÍVALOVÝ DEŠŤ V AMERICKÉM MĚSTĚ SEATTLE V ROCE 2010. ZDROJ: HTTP://WWW.SEATTLEPI.COM	16
OBR. 6: SCHÉMATICKÉ ZNÁZORNĚNÍ OKRAJOVÝCH PODMÍNEK PRO ZASAKOVÁNÍ DLE GUJER (1999).	20
OBR. 7: DIAGRAM ROZHODOVACÍHO PROCESU HOSPODAŘENÍ SE SRÁŽKOVOU VODOU VYPLÝVAJÍCÍ Z PRÁVNÍHO RÁMCE A NOREM ČSN 75 9010 A TNV 75 9011 (KUBELKOVÁ ET AL., 2013).	23
OBR. 8: ŘEZ ZASAKOVACÍ ŠACHTOU. ZDROJ: WWW.VODA.TZB-INFO.CZ	25
OBR. 9: POKLÁDKA BETONOVÉ DLAŽBY NA ŠTĚRKOVOU VRSTVU. ZDROJ: HTTP://WWW.HARDSCAPEMAGAZINE.COM	26
OBR. 10: POLOHA ZÁJMOVÉHO ÚZEMÍ. ZDROJ: AUTOR.	28
OBR. 11: VĚTŠINA ÚZEMÍ JE TVOŘENA BYTOVÝMI DOMY S VELKÝMI OKOLNÍMI PLOCHAMI ZELENĚ. NA OBRÁZKU JE ÚZEMÍ ČÁSTI B (VIZ OBR. 18). ZDROJ: AUTOR.	32
OBR. 12: OBRÁZEK ZNÁZORNĚJE VYMEZENÉ ŘEŠENÉ ÚZEMÍ A JEHO ŠIRŠÍ OKOLÍ JIŽNÍ ČÁSTI OBCE. ŘEŠENÉ ÚZEMÍ JE VÝŠE NEŽ ÚZEMÍ ZÁPADNĚ OD NĚJ, A TUDÍŽ OVLIVŇUJE PRŮTOKY V NIŽŠÍ ČÁSTI OBCE. NA OBRÁZKU JE ZAKRESLENA CELÁ	

KANALIZAČNÍ SÍŤ, KTERÁ MÁ SPOLEČNÝ ODVOD VOD DO ČISTÍRNY ODPADNÍCH VOD JIHOZÁPADNĚ OD OBCE. NA OBRÁZKU JSOU TAKÉ ZAZNAČENY SMĚRY ODTOKŮ VOD VÝZNAMNÝCH ŘADŮ KANALIZACE. FIALOVÁ ELIPSA URČUJE KRITICKÉ MÍSTO S NEJVĚTŠÍMI KAPACITNÍMI PROBLÉMY V RÁMCI CELÉ JIŽNÍ ČÁSTI OBCE. TÍMTO MÍSTEM TAKÉ PROTÉKAJÍ VODY Z ŘEŠENÉHO ÚZEMÍ. ZDROJ: AUTOR.	33
OBR. 13: POHLED MODELU SWMM NA SLOŽKY ZTRÁT (ROSSMAN, 2010).....	36
OBR. 14: SITUACE KANALIZAČNÍ SÍŤE V ZÁJMOVÉM ÚZEMÍ S OZNAČENÍM JEDNOTLIVÝCH ÚSEKŮ A ŠACHET. ZDROJ: AUTOR.	38
OBR. 15: ROZDĚLENÍ ŘEŠENÉHO ÚZEMÍ NA SUB-POVODÍ. ZDROJ: AUTOR.	40
OBR. 16: ODVOZENÍ ŠIFALDOVA DEŠTĚ (STARÝ ET AL., 2014).....	41
OBR. 17: VÝSLEDEK SOUČASNÉHO CHOVÁNÍ KANALIZACE PŘI MODELOVÁNÍ SRÁŽKODOTOKOVÝCH POMĚRŮ ÚZEMÍ. ZDROJ: AUTOR.	42
OBR. 18: MAPA ZNÁZORNŮJÍCÍ PLOCHY, ZE KTERÝCH BUDE SRÁŽKOVÁ VODA ZACHYCENA A VSAKOVÁNA. PLOCHY JSOU ROZDĚLENY DO 4 ČÁSTÍ, VE KTERÝCH BUDOU SRÁŽKOVÉ VODY LIKVIDOVÁNY. ZDROJ: AUTOR.	44
OBR. 19: UMÍSTĚNÍ VRTANÝCH SOND V ÚZEMÍ ČÁSTI A. OBLAST PŘEDPOKLÁDANÉHO UMÍSTĚNÍ VSAKOVACÍHO ZAŘÍZENÍ JE NA OBRÁZKU VYZNAČENA ČÁRKOVANOU ČÁROU. ČERVENÉ TEČKY ZNAČÍ MÍSTA SOND POSKYTNUTÝCH OD ČESKÉ GEOLOGICKÉ SLUŽBY. VEDLE KAŽDÉ SONDY JE NAPSÁNA ZJIŠTĚNÁ NADMOŘSKÁ VÝŠKA PROPUSTNÉ VRSTVY A NADMOŘSKÁ VÝŠKA HLADINY PODZEMNÍ VODY. MODŘE JE PAK ODHAD TĚCHTO HODNOT V MÍSTĚ UVAŽOVANÉHO OPATŘENÍ. ZDROJ: AUTOR.	48
OBR. 20: POZICE SOND V ČÁSTI B. MODRÁ TEČKA ZNAČÍ MÍSTO, KDE BUDE NAVRŽENA ZASAKOVACÍ ŠACHTA. ČÁRKOVÁ ČÁRA ZNAČÍ PŘÍBLIŽNÝ NÁVRH UMÍSTĚNÍ RYBNÍKU. ZDROJ: AUTOR.	49
OBR. 21: UMÍSTĚNÍ VRTANÝCH SOND V ÚZEMÍ ČÁSTI C. V OBRÁZKU JE ZOBRAZENO PŘEDPOKLÁDANÉ UMÍSTĚNÍ VSAKOVACÍCH ZAŘÍZENÍ A V JEJICH MÍSTECH ODHADNUTA NADMOŘSKÁ VÝŠKA PROPUSTNÉ VRSTVY A HLADINY PODZEMNÍ VODY. ZDROJ: AUTOR.....	49
OBR. 22: UMÍSTĚNÍ VRTANÝCH SOND V ÚZEMÍ ČÁSTI D. V OBRÁZKU JE ZOBRAZENO PŘEDPOKLÁDANÉ UMÍSTĚNÍ ZAŘÍZENÍ. SONDA Č. 98201 SE PŘÍMO NACHÁZÍ V MÍSTĚCH PŘEDPOKLÁDANÉHO UMÍSTĚNÍ OPATŘENÍ. Z NADMOŘSKÝCH VÝŠEK PROPUSTNÉ VRSTVY A HLADINY PODZEMNÍ VODY, JE ODVOZENA VÝŠKA NESATUROVANÉ PŮDY, KTERÁ JE PRO SONDU Č. 98201 ROVNA 0,4 M. ZDROJ: AUTOR.....	50
OBR. 23: GRAFY PRŮBĚHU PLNĚNÍ VE VYBRANÉM KRITICKÉM ÚSEKU Č. 21. V PŘÍPADĚ PŮVODNÍHO STAVU JE ZOBRAZEN INTERVAL PŘI KTERÉM DOŠLO K 100 % PLNĚNÍ (CELKEM PO DOBU 3 MINUT 40 VTEŘIN). SPODNÍ DVA GRAFY UKAZUJÍ ZMĚNU STAVU PŘI ZAVEDENÍ NAVRŽENÝCH OPATŘENÍ. ZDROJ: AUTOR.....	73
OBR. 24: GRAFY PRŮBĚHU PLNĚNÍ VE VYBRANÉM KRITICKÉM ÚSEKU Č. 4. NEJLÉPE SNÍŽÍ DOBU, PO KTEROU DOCHÁZÍ K 100 % PLNĚNÍ, OPATŘENÍ B. CELKOVĚ JI ZKRÁTÍ Z 14 MINUT NA 9 MINUT A 10 VTEŘIN.	75
OBR. 25: GRAFY PRŮBĚHU PLNĚNÍ VE VYBRANÉM KRITICKÉM ÚSEKU Č. 4 PRO KONEČNÉ NÁVRHY KOMBINACÍ OPATŘENÍ VE SROVNÁNÍ S ALTERNATIVNÍ ŘEŠENÍM ODLEHČENÍM KANALIZACE NAPOJENÍM NA JINOU SÍŤ.....	76
OBR. 26: GRAF PRŮTOKU UZÁVĚROVÝM PROFILEM. PLNÁ ČÁRA JE MODELOVANÝ ODTOK Z ÚZEMÍ ZA SOUČASNÉHO STAVU PRO 2LETOU NÁVRHOVOU SRÁŽKU O DOBĚ TRVÁNÍ 15 MINUT. ČERVENÁ TEČKOVANÁ ČÁRA JE MODELOVANÝ PRŮTOK S ŘEŠENÍM PRO ALTERNATIVNÍ ŘEŠENÍ A ORANŽOVÁ ČÁRKOVANÁ PRO ŘEŠENÍ S OPATŘENÍMI HDV.	79

13. PŘÍLOHY

úsek č.	délka potrubí [m]	sklon [%]	materiál	DN
1	39,6	32,6	TB	300
2	20,2	23,8	TB	300
3	46,6	18,9	TB	300
4	66,6	18,5	TB	300
5	46,4	11,2	BE	400
6	46,5	12,9	BE	300
7	36,5	10,5	PVC	300
8	40,1	10,5	PVC	300
9	39,1	10,5	PVC	300
10	46,4	4,1	PVC	400
11	7,4	8,1	PVC	400
12	54,6	6,4	PVC	400
13	45,1	5,1	TB	400
14	45,4	4,0	TB	400
15	38,9	3,9	PVC	400
16	33,4	7,5	PVC	400
17	37,0	12,7	TB	300
18	32,0	-3,8	TB	300
19	57,0	5,8	BE	400
20	60,5	3,5	BE	400
21	28,8	9,4	KA	300
22	20,9	2,8	KA	300
23	32,7	4,0	KA	300
24	18,8	5,3	KA	300
25	21,7	37,8	TB	300
26	43,0	23,3	TB	300
27	27,3	16,9	TB	300

*úsek je v protispádu

TB - technický beton
BE - beton
PVC - polyvinylchlorid
KA - kamenina

příloha č. 1: Charakteristiky úseků kanalizace

sub-povodí č.	výměra [m ²]	průměrný sklon [%]	šířka povodí [m]	nepropustné [%]
1	5118,5	2,9	90,9	29,0
2	2914,3	3,0	67,3	36,2
3	3484,5	2,9	69,6	49,8
4	2663,4	0,8	52,8	31,9
5	3748,6	0,9	82,2	29,2
6	3861,6	0,6	70,3	10,0
7	5150,9	2,2	91,1	42,8
8	3963,8	0,8	64,7	33,5
9	1989,2	0,9	53,0	17,0
10	2414,8	1,2	51,1	47,4
11	3967,2	0,7	62,5	13,2
12	2756,3	1,2	64,7	14,9
13	1970,9	1,4	58,4	12,1
14	5433,0	0,3	105,2	37,8
15	1057,3	0,8	53,1	62,5
16	2849,4	0,7	64,7	18,8
17	2759,5	0,9	45,8	40,0
18	1318,3	2,4	34,0	27,9
19	1327,7	0,5	60,3	43,6
20	5572,8	1,6	57,9	22,7
21	6809,6	0,1	82,5	27,5
22	5306,0	1,1	72,0	21,7
23	830,8	0,1	28,8	37,8
24	2729,0	1,0	28,2	30,9
průměr	3333,2	1,2	63,0	30,8

Příloha č. 2: Vstupní charakteristiky sub-povodí pro srážkoodtokový model.

Druh odvodňované plochy; druh úpravy povrchu	Sklon povrchu		
	do 1 %	1 % až 5 %	nad 5 %
	Součinitele odtoku srážkových povrchových vod ψ		
Střechy s propustnou horní vrstvou (vegetační střechy)	0,4 až 0,7 ¹⁾	0,4 až 0,7 ¹⁾	0,5 až 0,7 ¹⁾
Střechy s vrstvou kačírku na nepropustné vrstvě	0,7 až 0,9 ¹⁾	0,7 až 0,9 ¹⁾	0,8 až 0,9 ¹⁾
Střechy s nepropustnou horní vrstvou	1,0	1,0	1,0
Střechy s nepropustnou horní vrstvou o ploše větší než 10 000 m ²	0,9	0,9	0,9
Asfaltové a betonové plochy, dlažby se zálivkou spár	0,7	0,8	0,9
Dlažby s pískovými spárami	0,5	0,6	0,7
Upravené štěrkové plochy	0,3	0,4	0,5
Neupravené a nezastavěné plochy	0,2	0,25	0,3
Komunikace ze zatravnovacích tvárnic	0,2	0,3	0,4
Komunikace ze vsakovacích tvárnic	0,2	0,3	0,4
Sady, hřiště	0,1	0,15	0,2
Zatravněné plochy	0,05	0,1	0,15

¹⁾ Podle tloušťky propustné horní vrstvy (s rostoucí tloušťkou propustné horní vrstvy se součinitel odtoku srážkových povrchových vod snižuje až na uvedenou dolní mezní hodnotu).

Příloha č. 3: Hodnoty Součinitele odtoku ψ_i pro různé typy povrchů dle ČSN 75 9010.

TABLE 2. HYDROLOGIC SOIL PROPERTIES CLASSIFIED BY SOIL TEXTURE

Texture class	Sample size	Total porosity (θ_t), cm ³ /cm ³	Residual saturation (θ_r), cm ³ /cm ³	Effective porosity (θ_e), cm ³ /cm ³	Bubbling pressure (ψ_b)		Pore size distribution (λ)		Water retained at -0.33 bar tension, cm ³ /cm ³	Water retained at -15 bar tension, cm ³ /cm ³	Saturated Hydraulic Conductivity [‡] (K _s) cm/h
					Arithmetic, cm	Geometric, cm	Arithmetic	Geometric			
Sand	762	0.437 (0.374-0.500)	0.020 (0.001-0.039)	0.417 (0.354-0.480)	15.98 (0.24-31.72)	7.26 (1.36-38.74)	0.694 (0.298-1.090)	0.592 (0.334-1.051)	0.091 (0.018-0.164)	0.033 (0.007-0.059)	21.00
Loamy sand	338	0.437 (0.368-0.506)	0.035 (0.003-0.067)	0.401 (0.329-0.473)	20.58 (0.0-45.20)	8.69 (1.80-41.85)	0.553 (0.234-0.872)	0.474 (0.271-0.827)	0.125 (0.060-0.190)	0.055 (0.019-0.091)	6.11
Sandy loam	666	0.453 (0.351-0.555)	0.041 (0.0-0.106)	0.412 (0.283-0.541)	30.20 (0.0-64.01)	14.66 (3.45-62.24)	0.378 (0.140-0.616)	0.322 (0.186-0.558)	0.207 (0.126-0.288)	0.095 (0.031-0.159)	2.59
Loam	383	0.463 (0.375-0.551)	0.027 (0.0-0.074)	0.434 (0.334-0.534)	40.12 (0.0-100.3)	11.15 (1.63-76.40)	0.252 (0.086-0.418)	0.220 (0.137-0.355)	0.270 (0.195-0.345)	0.117 (0.069-0.165)	1.32
Silt loam	1206	0.501 (0.420-0.582)	0.015 (0.0-0.058)	0.486 (0.394-0.578)	50.87 (0.0-109.4)	20.76 (3.58-120.4)	0.234 (0.105-0.363)	0.211 (0.136-0.326)	0.330 (0.258-0.402)	0.133 (0.078-0.188)	0.68
Sandy clay loam	498	0.398 (0.332-0.464)	0.068 (0.0-0.137)	0.330 (0.235-0.425)	59.41 (0.0-123.4)	28.08 (5.57-141.5)	0.319 (0.079-0.559)	0.250 (0.125-0.502)	0.255 (0.186-0.324)	0.148 (0.085-0.211)	0.43
Clay loam	366	0.464 (0.409-0.519)	0.075 (0.0-0.174)	0.390 (0.279-0.501)	56.43 (0.0-124.3)	25.89 (5.80-115.7)	0.242 (0.070-0.414)	0.194 (0.100-0.377)	0.318 (0.250-0.386)	0.197 (0.115-0.279)	0.23
Silty clay loam	689	0.471 (0.418-0.524)	0.040 (0.0-0.118)	0.432 (0.347-0.517)	70.33 (0.0-143.9)	32.56 (6.68-158.7)	0.177 (0.039-0.315)	0.151 (0.090-0.253)	0.366 (0.304-0.428)	0.208 (0.138-0.278)	0.15
Sandy clay	45	0.430 (0.370-0.490)	0.109 (0.0-0.205)	0.321 (0.207-0.435)	79.48 (0.0-179.1)	29.17 (4.96-171.6)	0.223 (0.048-0.398)	0.168 (0.078-0.364)	0.339 (0.245-0.433)	0.239 (0.162-0.316)	0.12
Silty clay	127	0.479 (0.425-0.533)	0.056 (0.0-0.136)	0.423 (0.334-0.512)	76.54 (0.0-159.6)	34.19 (7.04-166.2)	0.150 (0.040-0.260)	0.127 (0.074-0.219)	0.387 (0.332-0.442)	0.250 (0.193-0.307)	0.09
Clay	291	0.475 (0.427-0.523)	0.090 (0.0-0.195)	0.385 (0.269-0.501)	85.60 (0.0-176.1)	37.30 (7.43-187.2)	0.165 (0.037-0.293)	0.131 (0.068-0.253)	0.396 (0.326-0.466)	0.272 (0.208-0.336)	0.06

Příloha č. 4: Hydrologické vlastnosti typ půd podle Rawls et al. (1982).

Česká Skalice
situace nepropustných povrchů



příloha č. 5: Typy nepropustných povrchů v území.

STRATIGRAFICKÝ VYMEZENÝ VÝPIS GEOLOGICKÉ DOKUMENTACE ARCHIVNÍHO VRTU
S-6 [Česká Skalice]

Klíč báze GDO : 98224 Číslo posudku : V061424 Mapy 1:25.000 04-333 M-33-57-C-c
Souřadnice - X : 1023900.00 Y : 623480.00 [odečteno z mapy]
Nadmořská výška : 297.80 [Balt po vyrovnání] Rok ukončení : 1968
Hloubka / délka : 6.20 [vrt svislý] Datum výpisu : 9.2.2015
Účel objektu : inženýrsko-geologický
Realizace : Stavoprojekt Hradec Králové
Komentář :

hloubkový interval [m] **stratigrafie**
základní popis polohy
rozšíření popisu polohy
komentář k poloze

Kvartér
0.00 - 0.30 : **navážka**
0.30 - 0.80 : **jíl** písčité, tuhý, šedohnědý; příměs: štěrk
0.80 - 1.10 : **štěrkopisek** jílovitý, hnědý; příměs: štěrk
1.10 - 3.80 : **štěrkopisek** hnědý; příměs: štěrk
Křída - turon
3.80 - 4.10 : **jíl** tuhý, modrošedý
4.10 - 4.80 : **slín** písčité, pevný, zelenošedý
4.80 - 5.20 : **slínovec** zvětralý, tmavě šedý
5.20 - 6.20 : **slínovec** zvětralý, šedý

Hladina podzemní vody - hloubka [m] : 2.60

druh hladiny : (ověřováno)

příloha č. 6: Sonda č. 98224

STRATIGRAFICKÝ VYMEZENÝ VÝPIS GEOLOGICKÉ DOKUMENTACE ARCHIVNÍHO VRTU
V-7 [Česká Skalice]

Klíč báze GDO : 98733 Číslo posudku : P046303 Mapy 1:25.000 04-333 M-33-57-C-c
Souřadnice - X : 1023988.00 Y : 623517.00 [zaměřeno]
Nadmožská výška : 297.50 [Balt po vyrovnání] Rok ukončení : 1989
Hloubka / délka : 6.00 [vrt svislý] Datum výpisu : 25.2.2015
Účel objektu : inženýrsko-geologický
Realizace : Stavoprojekt Hradec Králové
Komentář :

hloubkový interval [m] **stratigrafie**
základní popis polohy
rozšíření popisu polohy
komentář k poloze

- Kvartér**
- 0.00 - 0.20 : **navážka** hlinitá, pevná, písčítá, červenohnědá; geneze antropogenní
přítomnost : štěrk zastoupení horniny - 50 %, max.velikost částic 1 dm
- 0.20 - 0.70 : **hlína** pevná, vápnitá, jílovitá, zelenohnědošedá
přítomnost : štěrk ojediněle, max.velikost částic 3 cm
- 0.70 - 1.10 : **hlína** pevná, písčítá, jílovitá, šedohnědá
přítomnost : štěrk zastoupení horniny - 40 %, max.velikost částic 7 cm
- 1.10 - 1.70 : **štěrk** polymiktní, zastoupení horniny - 60 %, max.velikost částic 1 dm
přítomnost : písek hrubozrný, jílovitý šedohnědý
- 1.70 - 2.60 : **štěrk** polymiktní, zastoupení horniny - 70 %, max.velikost částic 1 dm
přítomnost : písek hrubozrný, hlinitý hnědý
- 2.60 - 3.20 : **štěrk** polymiktní, zastoupení horniny - 70 %, max.velikost částic 1 dm
přítomnost : písek hrubozrný, hlinitý červenohnědý

- Křída - turon střední**
- 3.20 - 3.60 : **slín** pevný, jemně písčitý, šedo zelený; geneze eluviální
- 3.60 - 5.30 : **slínovec** jemně písčitý, zvětralý, šedo zelený
- 5.30 - 6.00 : **slínovec** silně zvětralý, zelenošedý

- ZJIŠTĚNÉ REGIONÁLNĚ GEOLOGICKÉ JEDNOTKY**
- 3.20 - 6.00 : Labský vývoj české křídý

Hladina podzemní vody - hloubka [m] : 3.20

druh hladiny : ustálená

Provedené zkoušky
chemické rozborů vody

příloha č. 7: Sonda č. 98733

STRATIGRAFICKÝ VYMEZENÝ VÝPIS GEOLOGICKÉ DOKUMENTACE ARCHIVNÍHO VRTU
V-1200 [Česká Skalice]

Klíč báze GDO : 98205 Číslo posudku : V044373 Mapy 1:25.000 04-333 M-33-57-C-c
Souřadnice - X : 1024000.00 Y : 623440.00 [odečteno z mapy]
Nadmořská výška : 298.10 [zaměřeno (systém neuveden)] Rok ukončení : 1961
Hloubka / délka : 6.00 [vrt svislý] Datum výpisu : 25.2.2015
Účel objektu : inženýrsko-geologický
Realizace : Geologický průzkum Praha
Komentář :

hloubkový interval [m] **stratigrafie**
základní popis polohy
rozšíření popisu polohy
[komentář k poloze](#)

Kvartér
0.00 - 0.20 : **hlína** humózní, tmavě šedohnědá
0.20 - 1.30 : **hlína** jílovitá, světle žlutohnědá
přítomnost : písek hrubozrný; příměs: křemen
1.30 - 2.50 : **písek** hrubozrný, slabě hlinitý, žlutošedý; příměs: křemen
přítomnost : břidlice krystalická, ve valounech
2.50 - 3.50 : **písek** jemnozrný, hlinitý, červenohnědý; příměs: křemen
přítomnost : břidlice ve valounech, max.velikost částic 5 cm
Křída - turon
3.50 - 3.80 : **slín** skvrnitý, tuhý, žlutozelenorezavý
3.80 - 6.00 : **slínovec** tvrdý, zelenošedý

Hladina podzemní vody - hloubka [m] : 2.30 druh hladiny : (ověřováno)

příloha č. 8: Sonda č. 98205

STRATIGRAFICKÝ VYMEZENÝ VÝPIS GEOLOGICKÉ DOKUMENTACE ARCHIVNÍHO VRTU
S-5 [Česká Skalice]

Klíč báze GDO : 98226 Číslo posudku : V061425 Mapy 1:25.000 04-333 M-33-57-C-c
Souřadnice - X : 1023860.00 Y : 623405.00 [odečteno z mapy]
Nadmořská výška : 298.10 [Balt po vyrovnání] Rok ukončení : 1968
Hloubka / délka : 5.60 [vrt svislý] Datum výpisu : 25.2.2015
Účel objektu : inženýrsko-geologický
Realizace : Stavoprojekt Hradec Králové
Komentář :

hloubkový interval [m] **stratigrafie**
základní popis polohy
rozšíření popisu polohy
[komentář k poloze](#)

Kvartér
0.00 - 0.30 : **navážka**
0.30 - 1.00 : **jíl** písčitý, tuhý, šedohnědý
přítomnost : štěrk zastoupení horniny - 5 %, max.velikost částic 6 cm
1.00 - 4.60 : **štěrkopísek** hnědý
přítomnost : štěrk zastoupení horniny - 50 %, max.velikost částic 1 dm
Křída - turon
4.60 - 4.80 : **slín** tuhý, zelenošedý
4.80 - 5.60 : **slínovec** zvětralý, rozpadavý, šedý

Hladina podzemní vody - hloubka [m] : 3.50 druh hladiny : (ověřováno)

Provedené zkoušky
[chemické rozborů vody](#)

příloha č. 9: Sonda č. 98226

STRATIGRAFICKÝ VYMEZENÝ VÝPIS GEOLOGICKÉ DOKUMENTACE ARCHIVNÍHO VRTU
S-7 [Česká Skalice]

Klíč báze GDO : 98227 Číslo posudku : V061425 Mapy 1:25.000 04-333 M-33-57-C-c
Souřadnice - X : 1023900.00 Y : 623420.00 [odečteno z mapy]
Nadmořská výška : 297.80 [Balt po vyrovnání] Rok ukončení : 1968
Hloubka / délka : 5.00 [vrt svislý] Datum výpisu : 25.2.2015
Účel objektu : inženýrsko-geologický
Realizace : Stavoprojekt Hradec Králové
Komentář :

hloubkový interval [m] **stratigrafie**
základní popis polohy
rozšíření popisu polohy
[komentář k poloze](#)

Kvartér
0.00 - 0.30 : **hlína** humózní, černošedá
přítomnost : valouny ojediněle, max.velikost částic 7 cm
0.30 - 0.90 : **jíl** písčítý, tuhý, šedohnědý
přítomnost : štěrk ojediněle, max.velikost částic 7 cm
0.90 - 1.30 : **štěrkopísek** jílovitý, hnědý
přítomnost : štěrk zastoupení horniny - 40 %, max.velikost částic 1 dm
1.30 - 3.10 : **štěrkopísek** hnědý
přítomnost : štěrk zastoupení horniny - 50 %, max.velikost částic 1 dm
3.10 - 3.50 : **písek** jemnozrný až střednozrný, červenohnědý
přítomnost : štěrk zastoupení horniny - 5 %, max.velikost částic 6 cm
3.50 - 4.00 : **štěrkopísek** hnědý
Křída - turon spodní
4.00 - 4.20 : **jíl** slinitý, tuhý, zelenošedý
4.20 - 5.00 : **slín** pevný, zelenošedý

Hladina podzemní vody - hloubka [m] : 3.50 druh hladiny : (ověřováno)

příloha č. 10: Sonda č. 98227

STRATIGRAFICKÝ VYMEZENÝ VÝPIS GEOLOGICKÉ DOKUMENTACE ARCHIVNÍHO VRTU
S-4 [Česká Skalice]

Klíč báze GDO : 98225 Číslo posudku : V061425 Mapy 1:25.000 04-333 M-33-57-C-c
Souřadnice - X : 1023920.00 Y : 623405.00 [odečteno z mapy]
Nadmořská výška : 297.70 [Balt po vyrovnání] Rok ukončení : 1968
Hloubka / délka : 5.00 [vrt svislý] Datum výpisu : 9.2.2015
Účel objektu : inženýrsko-geologický
Realizace : Stavoprojekt Hradec Králové
Komentář :

hloubkový interval [m] **stratigrafie**
základní popis polohy
rozšíření popisu polohy
[komentář k poloze](#)

Kvartér
0.00 - 0.10 : **navážka**
0.10 - 0.30 : **hlína** humózní, šedá
přítomnost : štěrk ojediněle, max.velikost částic 6 cm
0.30 - 0.80 : **jíl** tuhý, šedohnědý
přítomnost : štěrk ojediněle, max.velikost částic 4 cm
0.80 - 1.70 : **štěrkopísek** silně hlinitý, hnědý
přítomnost : štěrk zastoupení horniny - 40 %, max.velikost částic 1 dm
1.70 - 4.20 : **štěrkopísek** hnědý
přítomnost : štěrk zastoupení horniny - 50 %, max.velikost částic 1 dm
Křída - turon spodní
4.20 - 5.00 : **slín** pevný, světle šedý

Hladina podzemní vody - hloubka [m] : 2.80 druh hladiny : (ověřováno)

příloha č. 11: Sonda č. 98225

STRATIGRAFICKÝ VYMEZENÝ VÝPIS GEOLOGICKÉ DOKUMENTACE ARCHIVNÍHO VRTU
S-2 [Česká Skalice]

Klíč báze GDO : 98228 Číslo posudku : V063065 Mapy 1:25.000 04-333 M-33-57-C-c
Souřadnice - X : 1024010.00 Y : 623330.00 [odečteno z mapy]
Nadmořská výška : 298.10 [zaměřeno (systém neuveden)] Rok ukončení : 1970
Hloubka / délka : 6.00 [vrt svislý] Datum výpisu : 9.2.2015
Účel objektu : inženýrsko-geologický
Realizace : Stavoprojekt Hradec Králové
Komentář :

hloubkový interval [m] **stratigrafie**
základní popis polohy
rozšíření popisu polohy
komentář k poloze

Kvartér
0.00 - 0.40 : **navážka**
0.40 - 1.40 : **jíl skvrnitý, tuhý, šedožlutý**
přítomnost : štěrk ojediněle, max.velikost částic 4 cm
1.40 - 1.90 : **písek skvrnitý, silně jílovitý, hnědošedý; příměs: štěrk**
přechod : jíl písčitý
1.90 - 2.30 : **písek slabě hlinitý, jemnozrný až střednozrný, šedohnědý**
přítomnost : štěrk zastoupení horniny - 30 %, max.velikost částic 7 cm
2.30 - 2.60 : **písek hlinitý, jílovitý, jemnozrný až střednozrný, hnědošedý**
přítomnost : štěrk zastoupení horniny - 50 %, max.velikost částic 1 dm
2.60 - 4.60 : **písek hlinitý, jemnozrný až střednozrný, šedohnědý**
přítomnost : štěrk zastoupení horniny - 50 %, max.velikost částic 1 dm
Křída
4.60 - 4.80 : **slín tuhý, plastický, šedozelený**
4.80 - 5.30 : **slín pevný, drobný, šedý**
přítomnost : slínovec v ostrohranných úlomcích
5.30 - 6.00 : **slínovec zvětralý, tvrdý, šedý**

Hladina podzemní vody - hloubka [m] : 2.60 druh hladiny : (ověřováno)

příloha č. 12: Sonda č. 98228

STRATIGRAFICKÝ VYMEZENÝ VÝPIS GEOLOGICKÉ DOKUMENTACE ARCHIVNÍHO VRTU
S-2 [Česká Skalice]

Klíč báze GDO : 98216 Číslo posudku : V061420 Mapy 1:25.000 04-333 M-33-57-C-c
Souřadnice - X : 1024090.00 Y : 623370.00 [odečteno z mapy]
Nadmořská výška : 297.40 [zaměřeno (systém neuveden)] Rok ukončení : 1968
Hloubka / délka : 5.00 [vrt svislý] Datum výpisu : 25.2.2015
Účel objektu : inženýrsko-geologický
Realizace : Stavoprojekt Hradec Králové
Komentář :

hloubkový interval [m] **stratigrafie**
základní popis polohy
rozšíření popisu polohy
komentář k poloze

Kvartér
0.00 - 0.30 : **ornice**
přítomnost : štěrk ojediněle, max.velikost částic 4 cm
0.30 - 1.00 : **jíl písčitý, pevný, rezavošedý**
přítomnost : štěrk ojediněle, max.velikost částic 1 dm
1.00 - 4.10 : **štěrkopísek jílovitý, rezavohnědý**
Křída - turon
4.10 - 5.00 : **slín pevný, zelenošedý**
přítomnost : slínovec v ostrohranných úlomcích

Hladina podzemní vody - hloubka [m] : 2.90 druh hladiny : (ověřováno)

Provedené zkoušky
chemické rozborů vody, geotechnické rozborů

příloha č. 13: Sonda č. 98216