

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ

Katedra biotechnických úprav krajiny



**Návrh vsakovacích systémů dešťových vod
obchodního centra Chodov**

Diplomová práce

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

Diplomant: Bc. Václav Švec

2017

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Václav Švec

Krajinné inženýrství

Název práce

Návrh vsakovacích systémů dešťových vod obchodního centra Chodov

Název anglicky

Project of infiltration systems of rainfall waters for shopping center Chodov

Cíle práce

Cílem práce je v části literární rešerše nastínit teorii hospodaření s dešťovými vodami v ČR a zahraničí, představit hlavní legislativní nástroje a technické normy týkající se dané problematiky. V praktické části práce navrhuje 3 možné varianty vsakování srážkových vod včetně dimenzování zařízení dle ČSN 75 9010. V práci je dále vypočten rozpočet pro všechny varianty a posouzena návratnost investičních záměrů.

Metodika

1 – Teorie infiltračních systémů a zásady projektování

2 – Charakteristika území z pohledu geomorfologie, geologie, pedologie, hydrologie a klimatických podmínek

3 – Návrh možných variant vsakovacích systémů

4 – Ekonomická rozvaha

5 – Diskuze, závěr

Doporučený rozsah práce

40 – 60 stran (tabulky, grafy)

Klíčová slova

vsakovací systém, infiltrace, příválové srážky, retence a akumulace

Doporučené zdroje informací

HLAVÍNEK P., 2007: Hospodaření s dešťovými vodami v urbanizovaném území. Ardec, Brno, 164 s.

Inženýrskogeologický průzkum – Praha 4, Chodov (2013)

Nepublikované materiály a data ČHMÚ (2000 – 2017)

Norma ČSN 75 9010



Předběžný termín obhajoby

2016/17 LS – FŽP

Vedoucí práce

doc. Ing. Jakub Štibinger, CSc.

Garantující pracoviště

Katedra biotechnických úprav krajiny

Konzultant

Ing. Synáčková, Ing. Macek

Elektronicky schváleno dne 11. 4. 2017

prof. Ing. Petr Sklenička, CSc.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 12. 4. 2017

prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.

Děkan

V Praze dne 15. 04. 2017

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma Návrh vsakovacích systémů dešťových vod obchodního centra Chodov vypracoval samostatně pod vedením doc. Ing. Jakuba Štibingera, CSc. a použil jen pramenů, které cituji a uvádím v příložené bibliografii.

V Praze dne 15.4. 2017

.....

Poděkování

Tímto bych chtěl poděkovat doc. Ing. Jakubovi Štibingerovi, CSc. za odborné rady, trpělivost a pomoc při řešení diplomové práce. Dále bych chtěl poděkovat Ing. Ladě Ungerové za pomoc při poskytnutí podkladů nezbytných k vypracování diplomové práce.

Abstrakt

Tato práce pojednává o problematice nakládání s dešťovými srážkami vzhledem ke stále většímu trendu zastavování území s následným dopadem na hydrologické cykly a stavy podzemních vod.

Práce si klade za cíle shrnout v teoretické části informace týkající se odvodnění a nakládání s dešťovými vodami v urbanizovaném území a v části praktické navrhnout několik možných inženýrských scénářů zaměřených na odvodnění střech obchodního centra Chodov.

Klíčová slova: vsakovací systém, infiltrace, přívalové srážky, odvodnění, retence a akumulace

Abstract

This paper discusses the handling of rainfall water due to the increasing trend of construction and its consequent impact on hydrological cycles and ground water tables.

Thesis aims at summarizing the information about drainage and rainfall water handling in urban areas in theoretical part and to come up with several engineering scenarios concerning the drainage of rooftops of Chodov shopping mall in the practical part.

Keywords: infiltration systems, infiltration, precipitation, drainage, retention and accumulation

Obsah

1. Úvod.....	9
2. Cíle práce	10
3. Literární rešerše	11
3.1. Historie nakládání s dešťovými vodami	11
3.2 Atmosférické srážky.....	12
3.2.1 Druhy srážek	12
3.2.2 Srážky v ČR	14
3.2.3 Kvalita a znečištění dešťových vod	15
3.3 Současný přístup k hospodaření s dešťovými vodami v zahraníčí a ČR	16
3.3.1 Přístup k HDV v ČR a její legislativní nástroje	17
3.4 Možnosti nakládání s dešťovými vodami	21
3.4.1 Odvedení jednotnou kanalizací	22
3.4.2 Akumulace a následný regulovaný odtok	22
3.4.3 Akumulace pro budoucí využití	22
3.4.4 Vsakování	24
3.4.5 Odpařování z volné hladiny	27
3.4.6 Odpařování z vegetace – zelené střechy	28
4. Charakteristika zájmové oblasti	30
4.1 Geografie	30
4.2 Geologické podmínky	31
4.3 Geomorfologické podmínky	32
4.4 Pedologické podmínky	34
4.5 Inženýrsko-geologický průzkum	35
4.6 Klimatologické podmínky	35
4.7 Hydrologické a hydrografické podmínky	36

5. Metodika	36
5.1 Zásady projektování	36
5.1.1 Podklady pro návrh vsakovacích zařízení	37
5.1.2 Umístění vsakovacích systémů a bezpečnost vsakování.....	38
5.1.3 Návrh vsakovacích systémů	39
5.2 Návrh zařízení	43
5.2.1 Koeficient vsaku k_v	43
5.2.2 Odvodňovaná plocha A_{red}	44
5.2.3 Periodicita srážek p	44
5.2.4 Odhad vsakovací plochy	45
5.3 Varianty	45
5.3.1 Vsakovací nádrž	45
5.3.2 Vsakování přes štěrkovou vrstvu	47
5.3.3 Vsakování plastovými bloky	50
5.4 Ekonomická bilance	53
5.4.1 Ekonomická bilance – vsakovací nádrž	54
5.4.2 Ekonomická bilance – štěrková vrstva	55
5.4.3 Ekonomická bilance – vsakovací bloky	56
6. Diskuze	58
7. Závěr	59
8. Seznam literatury.....	61
9. Přílohy	66

1. Úvod

V dnešní antropogenně změněné krajině se potýkáme s mnoha problémy, jedním z nich je problematika srážkového odtoku. Se stále vyšším zastoupením zastavěných území (silnice, zástavba) se narušuje přirozený cyklus vody a voda místo infiltrace a doplnění zásob podzemních vod odtéká po této ploše, bere s sebou mnoho nečistot a odtéká stokou do nejbližšího recipientu. U střech, asfaltových a betonových ploch je podíl odtoku až 90-100%. Pokud přihlídneme k možnému znečištění, je více než žádoucí začleňovat srážkové vody do jejich přirozeného koloběhu v místě jejich dopadu jak z hlediska ekologického, tak i ekonomického. Proto je třeba uchýlit se k zavedení srážkových vod do půdního profilu a teprve až pak do systému stokových sítí. S narůstající mírou zpevněných území roste nejen povrchový odtok, ale klesá i míra obnovy podzemních vod, což má za následek obrovské kontrasty mezi povodňovými situacemi a vysychajícími toky v suchých obdobích. To může vyústit v problémy, jakými jsou záplavy, eroze, snižování hladiny podzemní vody a znečištění vod (HLAVÍNEK, 2007). Právě tím, jak voda dopadá na zpevněný povrch, smývá z povrchu nečistoty (ropné látky a soli z pozemních komunikací), a je dále odváděna potrubím kanalizace a následně vyústěna do recipientu, se znečišťují naše vodní toky a nádrže. V normálním případě by se takové látky zachytily na svrchních vrstvách půdy a byly by postupně odbourány, avšak v případě, kdy je voda rychle svedena do koryt řek, jsou všechny tyto nečistoty odneseny s ní. Výsledná zhoršená kvalita vody ve vodních ekosystémech je limitujícím faktorem pro biodiverzitu vodního života (SIEKER, 2007).

2. Cíle práce

Cílem práce je v části literární rešerše nastítnit teorii hospodaření s dešťovými vodami v ČR a zahraničí, představit hlavní legislativní nástroje a technické normy týkající se dané problematiky. V praktické části práce navrhuje 3 možné varianty vsakování srážkových vod včetně dimenzování zařízení dle ČSN 75 9010. V práci je dále vypočten rozpočet pro všechny varianty a posouzena návratnost investičních záměrů.

3. Literární rešerše

3.1 Historie nakládání s dešťovými vodami

Historie odvodňování a odvodňovacích staveb se datuje již od období antiky. Již ve starověku existovaly podzemní nádrže o objemu až 1000 m^3 , ve kterých se shromažďovala dešťová voda pro různé potřeby společnosti (GARBRECHT, 1987). Jedním z prvních dokumentovaných systémů jsou mnoho metrů hluboké šachty k zasakování dešťových a odpadních vod z kuchyní a koupelí z domů a paláců, které byly postaveny asi 3000 př. n. l. v Babylonu (GEIGER, 2002). V ulicích starověkého Říma mohla dešťová voda zase zasakovat díky nevázaným spojům kamenných kvádrů, často byly také napojené na kanalizační systém přes vpusti. V atriích mnoha římských domů se nacházely otevřené nádrže, které sloužily k akumulaci dešťové vody. Přebytečná voda odtékala přepadem do cisteren pod zemí, kde byla voda chráněna před výparem, znečištěním a zároveň byla udržována její relativně nízká teplota. Zpočátku se jednalo o necentrální systémy, později také centrální.

Asi nejznámějším příkladem ve světě patří starověká pevnost Masada ležící západně od Mrtvého moře. Ačkoliv nejde primárně o systém vodních cisteren, je Masada v tomto směru světovým unikátem. 100 let př. n. l. v areálu pevnosti a paláce zde byla zbudována soustava cisteren pro zachycení dešťové vody. Dvě největší cisterny mají objem 750 m^3 a 1000 m^3 . Celkový obsah cisteren byl až $40\,000 \text{ m}^3$ vody. Dnes je přístupná již pouze jedna cisterna, ostatní jsou zasypané či uzavřené (BIČ, 1979).

Největší starověkou nádrží pro zachycení dešťových srážek byla však cisterna v Konstantinopoli o objemu $80\,000 \text{ m}^3$. Dnes je turistickou atrakcí nazývanou "katedrála pod vodou" (GARBRECHT, 1987).

Mnoho znalostí antiky upadlo v zapomnění po zániku římské říše. Rychlý vývoj měst vedl ke špatným hygienickým podmínkám a lidé se ubírali opět k budování veřejných či soukromých soustav pro zásobování vodou. V Benátkách bylo více jak 4500 cisteren do doby, než se v 19. stol. zavedlo centralizované zásobování pitnou vodou. Každá třetí přitom sloužila právě jako zásobárna pitné vody (SCHMIDT, 1986).

3.2 Atmosférické srážky

Teorie vzniku dešťových nebo padajících sněhových srážek hovoří o tom, že určitý počet jednotlivých oblačných kapek nebo ledových částic začne narůstat na úkor ostatních. V současnosti existují dvě teorie, které tento mechanismus přibližují. Tím je vývoj srážek ve smíšených oblacích a vývoj srážek ve vodních oblacích neboli koalescence (SOUKUPOVÁ, 2009).

3.2.1 Druhy srážek

Co se rozdělení týče, dají se srážky dělit:

- a) podle skupenství
 - kapalné (rosa, déšť)
 - tuhé (vločky)
 - smíšené
- b) podle původu
 - padající – vertikální
 - usazené – horizontální
- c) podle délky trvání
 - trvalé srážky
 - přeháňky
- d) podle příčin vzniku
 - uvnitř vzduchových hmot – nefrontální
 - frontální
 - orografické (SOUKUPOVÁ, 2009).

Teorie vzniku srážek a definice všech druhů srážek je nad rámec této práce a proto se práce detailnějším rozbořem nebude zabývat. Avšak bylo by vhodné definovat alespoň nejvíce běžné druhy srážek, které spadnou na zemský povrch a přispívají k povrchovému odtoku. Těmi jsou déšť, sníh a eventuálně kroupy.

Děšť

Deštěm označujeme vodní srážky, které vypadávají z oblaků v podobě kapek o průměru $> 0,5$ mm. Nejčastější velikost kapek je 1 – 2 mm, ty největší pak mohou dosahovat 6 – 7 mm. Při trvalém dešti dopadají kapky přibližně stejného rozměru, naopak při přeháňkách se velikost kapek různí. Zpravidla nejprve dopadají kapky větší, velikost se také může měnit v průběhu události.

Kategorie intenzity deště

velmi slabý	Neměřitelné množství. Ojedinelé kapky, které nesmáčí celý povrch, bez ohledu na dobu trvání.
slabý	0,1 - 2,5 mm/h. Jednotlivé kapky deště se dají pohledem rozeznat. Zvuk deště na exponovaný povrch se jeví jako pomalé ťukání, louže se tvoří velmi pomalu, voda z okapů začíná pomalu odtékat.
mírný	2,6 - 8,0 mm/h. Jednotlivé kapky se nedají rozeznat, nad tvrdým povrchem vidíme odskakující kapičky, louže vznikají rychle, z okapů proudí voda.
silný	8,1 - 40 mm/h. Vidíme pruhy deště, kapky se odrážejí od povrchů do výšky několika centimetrů, je zhoršená dohlednost.
velmi silný	Více než 40 mm/h. Souvislá vodní clona, stěrače aut už nepracují, voda nestačí odtékat z vodorovných povrchů. Přes déšť není skoro vidět. U nás se vyskytuje pouze v přeháňkách.

Tab. 1 – Kategorie deště podle intenzity (převzato ze SOUKUPOVÁ, 2009)

Sníh

Sníh jsou srážky v tuhé formě padající z oblaků, které se skládají z ledových krystalů nebo jejich shluků. U sněhových vloček pozorujeme několik rozmanitých tvarů. K těm základním tvarům patří šestiboký sloupek, šestiboká destička a dendrit. Na výsledném tvaru krystalků se podílí především teplota, méně pak stupeň nasycení vzduchu parou v okolí.

Kroupy

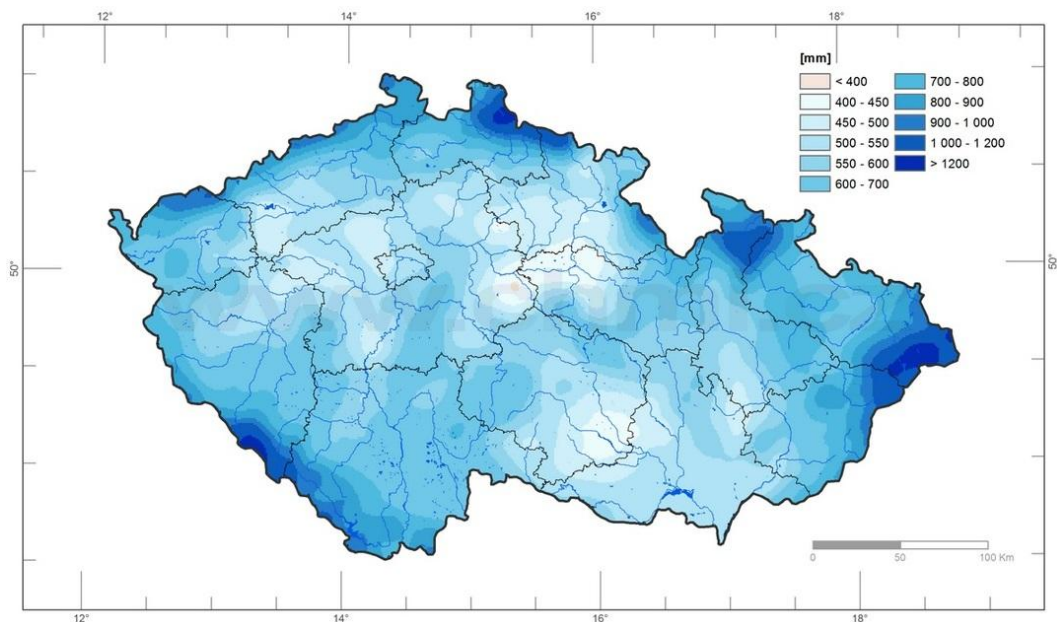
Jedná se o ledové částice větší než 5 mm padající z oblaků. V řezu mohou mít několik průzračných a neprůzračných vrstev. Kroupy vznikají výhradně z bouřkových mraků typu cumulonimbus (SOUKUPOVÁ, 2009).

3.2.2 Srážky v ČR

Srážkový úhrn v České republice je díky značným vertikálním rozdílům značně proměnlivý v prostoru a čase. Výrazně se zde projevuje návětrný a závětrný efekt horských překážek (VYSOUDIL, 2004). V roce 1997 a 2002 se v ČR vyskytly orograficky zesílené srážky (ŘEZÁČOVÁ et al, 2007).

Roční srážkové úhrny se pohybují od spodní hranice 410 mm (v oblasti Žatecké pánve) až do více než 1700 mm v Jizerských horách. Na více než polovině území se však roční úhrn srážek pohybuje mezi 600 a 800 mm. Zpravidla západní část Čech je dotována srážkami menšími než 550 mm, směrem na východ naopak rostou a v Českomoravské vrchovině dosahují 700 mm, v některých pohraničních horských oblastech pak dosahují 1400 mm a více (VYSOUDIL, 2004).

Pro vegetaci a především pro zemědělskou výrobu je důležité rozdělení srážek v průběhu roku. Výrazný nedostatek nebo nadbytek srážek způsobuje sucha nebo povodně, která mají za následek ekonomické ztráty či dokonce ztráty na lidských životech (TOLASZ et al, 2007). Chod srážek ČR se dá charakterizovat jako kontinentální s největším úhrnem v létě (asi 40% celkových srážek) a nejmenším v zimě (15%), na jaro pak připadne asi 25% a na podzim 20% celkových srážek. Od května do srpna je tedy nejdeštivější období s vůbec nejdeštivějším měsícem – červencem. Druhotné říjnové maximum je sledováno v oblasti moravských nížin a je prokazatelně způsobeno vlivem Jaderského moře (VYSOUDIL, 2004).



Obr. 1 – Roční úhrn srážek v ČR v roce 2016 (ČHMÚ, 2017)

3.2.3 Kvalita a znečištění dešťových vod

Někdo by si možná mohl myslet, že tím jak mraky vznikají odpařováním, měla by být dešťová voda vlastně vodou čistou či destilovanou. Avšak už v atmosféře dochází ke kontaktu se znečišťujícími látkami. Dešťová voda jakmile projde atmosférou, obsahuje pH asi 5,6. To je také proto, že se váže na CO₂ rozpuštěný ve vzduchu.

Znečištění zachycené dešťové vody je podle Krejčího et al (2002) trojího původu:

- rozpuštěné a nerozpuštěné látky v atmosférických srážkách
- znečištění na zemském povrchu, které se při bezdeštném období nahromadí na zemském povrchu a při příchodu deště je odváděno s povrchovým odtokem
- znečištění vznikající kontaktem dešťové vody s materiály na povrchu.

Pro stanovení velikosti znečištění je nutné vzít v úvahu délku bezdeštného období, objem dešťového odtoku a intenzitu atmosférických srážek.

Především znečištění v atmosféře se pak odráží na znečištění srážkového odtoku a to zejména ve velkých městech a průmyslových oblastech. Deštěm se vymývá atmosférické znečištění a tím prakticky dochází k čištění vzduchu. Výsledný dešťový odtok je pak tedy směsí srážkové vody včetně atmosférického znečištění a nečistot, které se vyskytují na povrchu. Z antropogenních zdrojů znečištění patří k nejvíce zastoupeným sloučeniny síry (SO₂ a H₂S) a dusíku (N₂O, NO, NO₂) ze spalování fosilních paliv, výfukových plynů motorů a také mikrobiální denitrifikací v půdním profilu či vodě. Z nich následně vznikají kyseliny a kyselinotvorné látky jako kyselina sírová, dusičná či chlorovodíková, které převažují nad látkami zásaditými jako uhličitán vápenatý a hořečnatý nebo amoniakální dusík, které ale pocházejí z přirozeného prostředí (ZORBIST, STUMM, 1979).

K dalším látkám přispívající ke znečištění vody patří chlor ze spalování PVC, těžké kovy ze spaloven a průmyslových závodů, uhlovodíky z výfukových plynů a rostlinné živiny jako např. fosfor či ionty amoniaku (HLAVÍNEK, 2007).

Látka	Jednotka	Název odběrné stanice:		
		Modrý potok	Košetice	Uhlířská
pH	-	4.44	4.72	4.43
Na	ug/l	236	193	591
K	ug/l	570	167	323
NH ₄	ug/l	492	954	931
Mg	ug/l	93	53	107
Ca	ug/l	384	410	561
Mn	ug/l	20.61	9.38	6.98
Zn	ug/l	48.75	37.01	29.86
Pb	ug/l	1.43	0.38	1.30
Cd	ug/l	0.07	0.03	0.09
Ni	ug/l	0.66	0.46	1.00
Fe	ug/l	27	25	37
Al	ug/l	23	5	29
F	ug/l	15	12	26
Cl	ug/l	575	383	812
NO ₃	ug/l	1968	3294	2489
SO ₄	ug/l	1915	1745	3387

Tab. 2 - Průměrné koncentrace polutantů vážené srážkovým úhrnem (ČHMÚ, 2007)

Jakmile voda dopadne na povrch, přichází opět do kontaktu s nečistotami či materiály, které mohou začít uvolňovat toxické látky a znečišťovat tak dešťový odtok. Při dopadu dešťové vody na střechy je voda často jediným činitelem, který je schopen střechu smývat. Na střechách je často vysoký podíl rozpuštěných kyslíčků (CO₂ a SO₂) a organických látek (ptačí trus, větvičky, pyl, prach, listí aj.). Hlavínek (2007) ale uvádí, že pokud je s vodou zodpovědně zacházeno, je toto znečištění velmi malé a takřka zdraví neškodné. Díky stáří budovy a klimatickým činitelům se do dešťového odtoku dostává mnoho znečištění v podobě úlomků betonu, omítky, cihel, barev a asfaltu. Při kontaktu vody se střešním materiálem je důležitý také druh materiálu. Jedná se především o kovové střechy a svody okapů, které mohou do vody vylučovat toxické kovy jako měď, zinek a chrom. Při kontaktu vody s azbestocementem se do vody uvolňuje nebezpečný lindan, který je zdraví nebezpečný a je podle nařízení vlády č. 258/2001 Sb. klasifikován jako toxický pro životní prostředí.

Větším problémem pro znečištění odtokové vody je odtok ze silnic a ulic, kde je míra znečištění daleko větší. K jeho znečištění přispívají především automobilová doprava (těžké kovy, uhlovodíky, dehet), aplikace posypových solí na vozovky (chloridy, popř. nečistoty s posypové směsi), odpadky, eroze zpevněných ploch, zvířata, vegetace, látky uvolňující se z povrchů budov a v neposlední řadě průmysl (HLAVÍNEK, 2007).

3.3 Současný přístup k hospodaření s dešťovými vodami v zahraničí a ČR

Jak již bylo řečeno, problém urbanizovaných území jsou zastavěné plochy, které na jedné straně zvyšují riziko povodní při přívalových srážkách a na straně druhé neumožňují dotaci vody do podzemních vod kvůli absenci vsaku. To vše je také umocněno dalšími dvěma faktory:

1. klimatické změny zapříčiňují, že intenzita přívalových srážek je o poznání větší a zároveň se vyskytují i delší období sucha
2. větší míra urbanizace ještě více podporuje zastavování území zpevněnými plochami a tím více povrchového odtoku vzniká.

V zahraničí (např. USA, Velká Británie, Německo, Nizozemí, Švýcarsko) se prosazuje již od 70. let 20. stol. přístup s přírodě blízkým odvodněním, které je založené na tom, aby se svým charakterem v maximální možné míře blížilo či napodobovalo přirozené odtokové charakteristiky před urbanizací území. Jde o tzv. decentralizovaný způsob odvodňování. K nejvíce přírodě blízkému naložení s dešťovou vodou je tedy vsak, výpar či pomalý odtok do lokálního cyklu vody.

Německo a Švýcarsko jsou zeměmi, které mohou České republice sloužit jako ideální vzor. V legislativě těchto zemí jsou tyto metody ukotveny již řadu let.

V sousedním Německu došlo v roce 1996 k novele Vodního zákona (WHG), která jasně posouvá trend k zachování životního prostředí vodních toků a jejich ochranu před antropogenními vlivy. Text doslova říká: „zachovat režim odtoku a zabránit jeho zvýšení nebo zrychlení.“ Tím dává jasně najevo, že odvádění odtoku jednotnou kanalizací již nepřichází v úvahu.

DWA-Arbeitsblatt A138 (2005) je německá technická směrnice, která popisuje návrh, stavbu a provoz zařízení pro vsakování, tím mohou být plošná vsakování, vsakování v průlezích, drenážích, příkopech, šachtách a jejich možné kombinace. Tato směrnice dále dělí odtoky z povrchu dle míry jejich znečištění na:

- Neškodné - vody ze střech (kromě měděných či pozinkovaných), chodníků či ozeleněných ploch
- Tolerovatelné – odtoky mohou být vsakovány, pokud tomu předchází vhodná předúprava
- Netolerovatelné – odtoky musí být upraveny nebo odvedeny do stokové sítě

DWA-Merkblatt M153 (2007) je směrnice, která pojednává o návrhu k předčištění srážkových vod, na znečištění srážkových vod a na účinnosti zařízení k předčištění. K dalším regulím patří např. spolková nařízení či technické předpisy.

Ve Vodním zákonu Švýcarska (GSchG, 1991) je vsakování neznečištěných dešťových vod výslovně nařízeno.

Zákon říká, že odpadní voda, která nebyla znečištěna, se má podle pokynů kantonálních úřadů vsakovat. Pokud by to snad nebylo možné, smí být po dovolení kantonálních úřadů odvedena do povrchových vod, přitom se musí zajistit, aby voda odtékala rovnoměrně v případě velkých objemů. Pokud byla odpadní voda znečištěna, je nutné její předčištění a po souhlasu kantonálních úřadů může být odvedena do povrchových nebo podzemních vod.

Nařízení na ochranu vod (GSchV, 1998) pak rozlišuje odpadní vodu znečištěnou a neznečištěnou. Zpravidla se srážková voda bere jako neznečištěná, pokud odtéká se střech, silnic, prostranství, kde se nenakládá s látkami se znečišťujícím charakterem a pokud bude v půdě dostatečně dlouho a dostatečně čištěna.

Nástrojem pro odvodnění obcí s následným plánováním, jak naložit s dešťovými vodami, jsou Generální plány odvodnění (GEP), jehož podobu mají na svědomí jednotlivé kantony. GEP stanoví, ze kterých území se mají neznečištěné vody zasakovat, ze kterých se mají odvádět do recipientů a naopak ze kterých zasakování není možné kvůli výskytu podzemních vod.

V České republice je hospodaření s dešťovými vodami (dále jen HDV) o několik kroků zpátky než je tomu v případě Německa a Švýcarska a zpravidla se tato problematika začala dostávat pozvolna do povědomí veřejnosti před asi 10 lety. Až

do roku 2007 nemělo HDV žádný platný právní rámec, avšak na začátku 21. stol. vzniklo několik projektů inspirovaných právě zahraniční legislativou. První byl Generel odvodnění hl. m. Prahy (GO HMP), který byl vytvořen podle švýcarského vzoru. Dalším dokumentem byl Plán hlavních povodí ČR z roku 2007, který již klade důraz na vsakování, podporu podzemních vod či přímé využívání srážkové vody v oblasti dopadu. Další legislativní nástroje budou podrobněji probrány v následující podkapitole.

3.3.1 Přístup k HDV v ČR a její legislativní nástroje

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

Jedním z hlavních předpisů, které se k problematice nakládání s dešťovými vodami vážou, je vodní zákon. Jde o hlavní dokument legislativy ČR zabývající se nakládání a hospodaření s vodou. Dále se zabývá správou vodních toků a v neposlední řadě i vodohospodářských objektů na tocích. V § 5 tohoto zákona se dokonce píše, že při nové výstavbě, změně stavby či změně účelu stavby musí stavebník zabezpečit zásobování vodou a odvádění, čištění či jiný druh zneškodnění odpadní vody v souladu s tímto zákonem a musí také zajistit vsakování nebo zadržování či odvádění povrchových vod, které vznikly srážkovou činností a dopadly na takovou stavbu v souladu se zákonem stavebním. V jiném případě nemůže být stavba povolena (zákon č. 254/2001 Sb.).

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

Druhým významným zákonem je zákon o vodovodech a kanalizacích, který se více zaměřuje na nakládání s vodami v urbanizovaném území.

Důležitou částí zákona je v rámci nakládání s dešťovou vodou především § 12, odst. 1, ve kterém je psáno, že kanalizace musí být navrženy tak, aby nepoškozovaly životní prostředí. Zároveň musí být omezeno znečištění recipientů přívalem dešťových vod.

V § 20 se také píše, že provozovatel kanalizační sítě může účtovat poplatek za odvádění dešťové vody do kanalizace, avšak stavby pro bydlení, které zastupují v urbanizovaném území velkou část, jsou od tohoto poplatku ušetřeny. Z toho plyne, že stavebníci, kteří řeší realizaci nové výstavby, nejsou dostatečně motivováni pro alternativní využití dešťových srážek v místě jejich dopadu. To však neplatí v případě Německa a Švýcarska, tam je každý producent odpadních vod, který odvádí vodu kanalizací, zpoplatněn bez výjimek! Některé obce navíc vydávají publikace, kterými upozorňují a vzdělávají občany, jak ušetřit, pokud by využili některou z metod vsakování (zákon č. 274/2001 Sb.).

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

Samotný stavební zákon neupřesňuje jak nakládat s dešťovými vodami, to je však definováno ve vyhlášce k tomu to zákonu č. 501/2006 Sb., o obecných požadavcích na využívání území, ve znění vyhlášky č. 269/2009 Sb., která kromě upřesnění požadavků na stavby, upřesňuje i požadavky na nakládání s dešťovými vodami. § 20 tohoto dokumentu říká, že na stavební pozemek je vymezen tak, aby na něm bylo zajištěno vsakování dešťových vod případně jejich odvedení z ploch zastavěných či zpevněných, pokud není v plánu jejich jiné využití. Prioritně se však preferuje jejich vsakování na pozemku, pak jejich zadržení a regulované odvedení oddílnou kanalizací, a pokud ani to není možné, odvádí se dešťové vody z pozemku regulovaně jednotnou kanalizací (vyhláška č. 501/2006 Sb.).

Kromě legislativních nástrojů, kterými je nutno se řídit, existují i další vodítka při návrhu, projektování a realizaci zařízení k hospodaření s dešťovými vodami. Jsou to předpisy především pro odborníky (techniky), jimiž jsou normy. Níže jsou dvě hlavní normy, které se zabývají nakládáním s dešťovými vodami a vsakováním.

ČSN 75 9010 Vsakovací zařízení srážkových vod

Norma vznikla v roce 2012 s ohledem na novelizaci legislativních předpisů. Zabývá se návrhem vsakování srážkových vod jako jedním ze způsobů nakládání

s dešťovými vodami. Předepisuje, jak se mají zařízení na vsakování srážkových vod navrhovat, realizovat jejich výstavba, a také definuje následný provoz těchto zařízení (ČSN 75 9010, HYDROPROJEKT CZ a. s., 2012).

TNV 75 9011 Hospodaření se srážkovými vodami

Jde o odvětvovou technickou normu vodního hospodářství, která vyšla v platnost v březnu roku 2013 a obdobně jako norma ČSN 75 9010 reaguje na trendy a novelizaci legislativy v oblasti hospodaření se srážkovými vodami ze zastavěných a zpevněných území (TNV 75 9011, ČVUT, 2013).

Norma slouží především jako návod pro návrh a následný provoz odvodňovacích staveb a zařízení a to v rámci přírodě blízkému způsobu. Norma také uvádí, jak snižovat srážkový odtok případně prevenci jeho vzniku. Norma obsahuje mimo jiné přehled zařízení hospodařící se srážkovou vodou včetně zařízení vsakovacích.

Důležité je ještě uvést, že legislativa uvádí dva termíny, které mají zřejmě stejný význam, těmi jsou “srážkové vody” a “dešťové vody”. V rámci jednotné terminologie by bylo vhodné uvažovat do budoucna o sjednocení termínů a přiklonit se tedy pouze k jednomu z těchto dvou slovních spojení.

3.4 Možnosti nakládání s dešťovými vodami

Nejčastějšími metodami likvidace dešťové vody jsou:

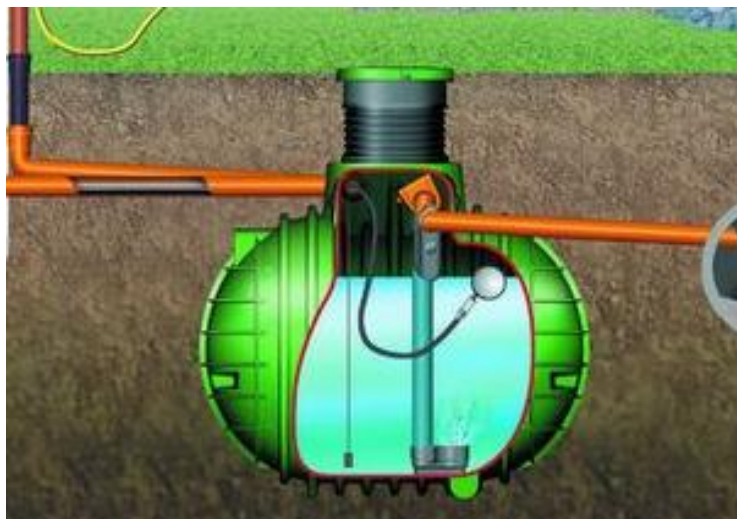
1. Odvedení jednotnou kanalizací
2. Akumulace a následný regulovaný odtok
3. Akumulace pro budoucí využití
4. Vsakování
5. Odpařování z volné hladiny
6. Odpařování z vegetace

3.4.1 Odvedení jednotnou kanalizací

Jedná se o přímé napojení dešťových svodů na kanalizační přípojku. Tento způsob byl znám již 2600 let př. n. l. a účelem bylo, aby obydlí zůstalo suché a voda byla tím pádem odvedena co nejrychleji. V dnešní době je tento způsob nepřijatelný. Pro stavebníky je však stále nejjednodušším a hlavně levným řešením pro likvidaci dešťové vody. V případě novostaveb či rekonstrukcí se však vyžaduje od tohoto způsobu upustit.

3.4.2 Akumulace a následný regulovaný odtok

Jde o podobný princip jako v předchozím případě (tzn. voda je odváděna kanalizací), avšak mezi svody a kanalizační přípojku je napojena akumuláční nádrž, která zadržuje vodu a ta je do kanalizace odváděna postupně menším odtokem. Nádrž se dimenzuje ve většině případů na dvouletý déšť, rychlost odtoku se navrhuje správcem kanalizační sítě. Tímto je omezeno přetěžování kanalizační sítě a dá se tak i druhotně předcházet povodním, neřeší to však problematiku lokálního hydrologického cyklu.



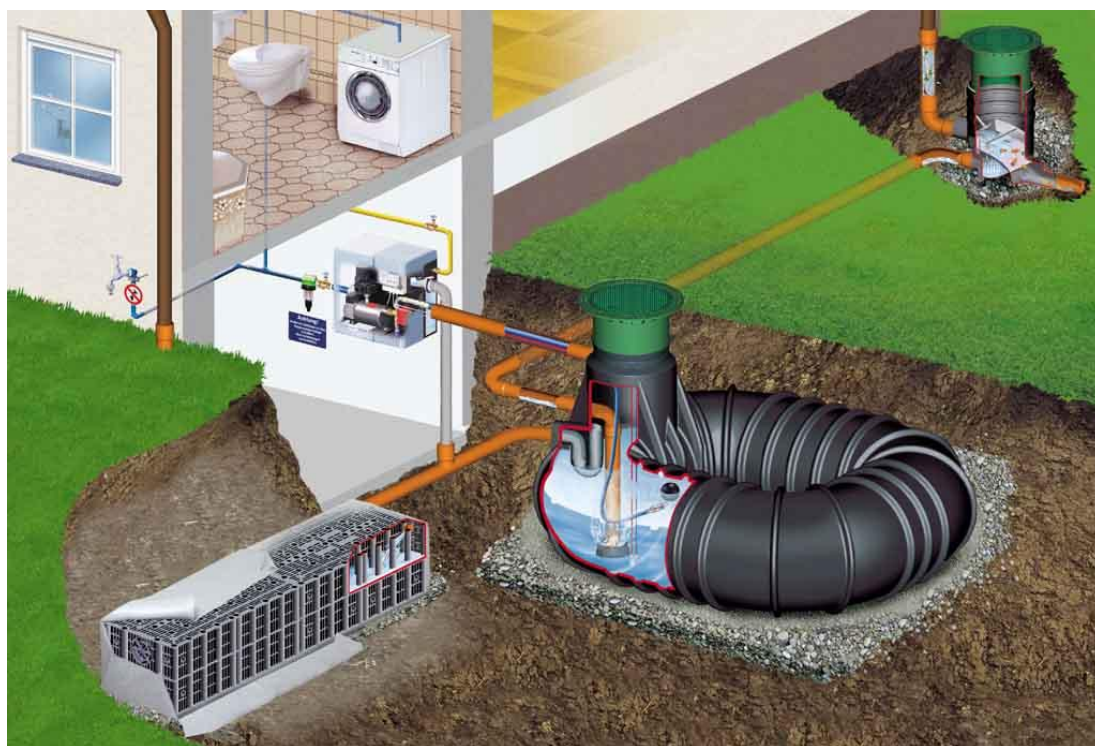
Obr. 2 – Akumuláční nádrž (TZB-INFO, 2017)

3.4.3 Akumulace pro budoucí využití

Pro tento způsob hospodaření je nutné dešťovou vodu shromažďovat na pozemku, znamená to opět zbudovat akumuláční nádrž, ze které je možné čerpat vodu pro

méně náročné činnosti, kde by bylo zbytečné využívat vodu pitnou. I přes dnešní velké hygienické nároky je určitě zbytečné používat pitnou vodu na zalévání trávníku, mytí auta či splachování WC. Přibližně se předpokládá, že asi 50% vody pitné je možné pro takové a podobné účely nahradit vodou dešťovou.

Samotná nádrž se dimenzuje jak podle spotřeby vody, tak i podle srážkového úhrnu. Pokud omezíme spotřebu vody pouze na činnosti, které nejsou tolik citlivé na nedostatek vody jako je zalévání zahrady či mytí aut, můžeme nádrž dimenzovat menší. Není pak nutné řešit doplňování pitné vody do systému, a je možné vodu čerpat pouze obyčejným zahradním čerpadlem, které se zapne, bude-li to zapotřebí. Tímto se sice nebude dešťová voda využívat v takové míře, avšak razantně se tím sníží investiční náklady.



Obr. 3 – Akumulační nádrž pro následné využití (STAVCENTRUM, 2002)

Nádrže by měly mít přepady, které v případě přebytku vody budou odvádět vodu do vsaku jako na obr. 3.

3.4.4 Vsakování

Pokud se stavitel rozhodne pro vsakování dešťové vody, má zpravidla dvě řešení, vsakování podpovrchové nebo povrchové. Vsakování je asi tím nejideálnějším řešením, musí to však umožňovat místní podmínky (hydrogeologický průzkum – vsakovací zkouška). V případě podzemního zasakování jsou dešťové svody s filtry mechanicky zachytávající nečistoty přímo napojeny na zasakovací objekt a následný vsak probíhá automaticky bez větších problémů či údržby. Tím se jednak podporuje lokální hydrologický cyklus s dotací podzemních vod a zároveň se ulevuje kanalizační síti.



Obr. 4 – Podpovrchové vsakovací zařízení (TZB-INFO, 2017)

Stavebník by také měl přemýšlet o způsobu zpomalení vody, v případě absence zpomalení přívalové srážky, může očekávat nemalé problémy.

V případě zasakování povrchového jde o velmi jednoduchý a elegantní způsob vsaku dešťové vody. Investiční náklady nejsou veliké a stejně tak systém je téměř bezúdržbový. Metodami povrchového vsakování se mluví především o vsakovacím průlehu či rýze. Samozřejmě je zde, stejně jako v případě návrhu nádrže, nutné navrhnout akumulací objem. Do výpočtů ale vstupuje i další faktor a tím je propustnost zeminy. V případě dobře propustných písčitých zemin stačí zpravidla

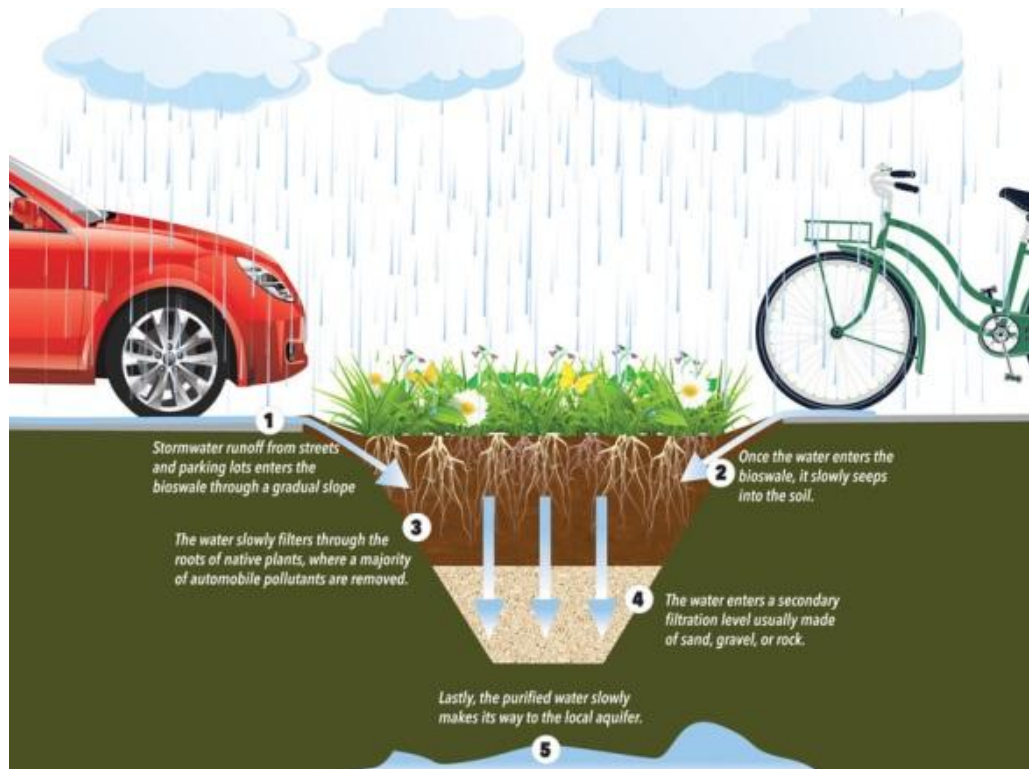
menší objem. U jílových podloží je nutné navrhnout objem větší či kombinovat s další možností odvodnění.



Obr. 5 – Vsakovací průleh (www.tzb-info.cz)

Zvláštním druhem vsakovacího průlehu je tzv. Bioswale. Jedná se o elegantní metodu, která má zachytit, filtrovat a rozkládat znečišťující látky (bahno, ropné látky, těžké kovy a jiný organický materiál) z povrchového odtoku (HUNT et al., 2008). Jsou tvořeny drenážní vrstvou, sklony svahů nejsou větší než 6 % a jsou osázeny vegetací, kompostem či kamenným záhozem (LOECHL et al., 2003).

Podle území, které má inženýr k dispozici, je možno tyto objekty dimenzovat buď jako přímé kanály či meandrující. Biologické faktory také přispívají k rozkladu některých polutantů (HOGAN, 2010). Tato opatření jsou velmi populární především ve Spojených státech.



Obr. 6 – Bioswale (WATERSHED COUNCIL, 2017)



Obr. 7 – Bioswale u parkoviště, Portland, USA (CLEMSON UNIVERSITY, 2017)

3.4.5 Odpařování z volné hladiny

Odpařování z volné hladiny se hodí do míst, kde je dostatečně velká plocha pro vybudování jezírka či poldru, kde voda nebude stát delší dobu. Při větších objemech vody by však bylo potřeba velké plochy při využití pouze odparu z hladiny, proto se jezírka kombinují například s přepadem do vsaku nebo vytvářejí vodní kaskády. U objemnějších nádrží je možné vodu čerpat a využívat na zalévání. Jezírko nebo nádrž musí být navrženo na velkou proměnlivost výšky vodní hladiny, to je nutné určit z celkového odpařitelného objemu za rok. Stavba jezírka se hodí jak na zahradu soukromého domu, tak do městského prostředí. Jako v případě vsakování se nepřetěžuje kanalizace a podporuje lokální cyklus vody, navíc jezírko v městském prostředí působí estetickým dojmem a zároveň se podporuje mikroklima prostředí.



Obr. 8 – Vsakovací jezírko (TZB-INFO, 2017)

3.4.6 Odpařování z vegetace – zelené střechy

Jak v případě extenzivní nebo intenzivní vegetace, která je vysázena na substrátu střechy, je účelem zelených střech především retence dešťové vody. Je známo, že v případě intenzivního využití je půda schopna zadržet téměř všechnu dešťovou vodu, v případě extenzivního využití to je minimálně 30% (HLAVÍNEK, 2007).

3.4.6.1 Extenzivní zelené střechy

Extenzivní střešní vegetace je charakterizována smíšeným substrátem zpravidla nenáročných rostlin, po sadbě již ve většině případů není nutná intenzivní či vůbec žádná následná údržba. Pěstují se rostliny nenáročné, které jsou schopné se rozrůstat do plochy, rostliny kterým nevadí delší doba bez dotace vody a snadno regenerují. Zeleň má funkci estetickou, ekonomickou a ekologickou (HLAVÍNEK, 2007). V případě extenzivní zeleně se často počítá s přirozenou sukcesí a přesné složení druhů je ignorováno. Údržba je minimální s důrazem na ekonomickou stránku. (ŠIMEČKOVÁ, VEČEŘOVÁ, 2010).

Extenzivní zeleň je možné zakládat na střechách s nižší s únosností od 100 – 300 kg/m². Pro výskyt většího počtu osob jsou takové střechy nevhodné (ONDŘEJ, 1996).



Obr. 9 – Extenzivní zelená střecha (KNAUF INSULATION, 2017)

3.4.6.2 Intenzivní zelené střechy

Nejčastěji se pěstují travnaté plochy, sází se ale také keře či menší stromky. Vrstva půdy může být větší než 1 m, to si však žádá únosnost střechy od 300 - 1000 kg/m². Doplnkové zavlažování je zde nutné, může být nadzemní nebo podpovrchové. Takto vytvořená zahrada je již rozšířeným obytným prostorem, kde je možný výskyt lidí. Zásady výsadby se zde příliš neliší od zásad na přirozeném půdním profilu (ONDŘEJ, 1996).

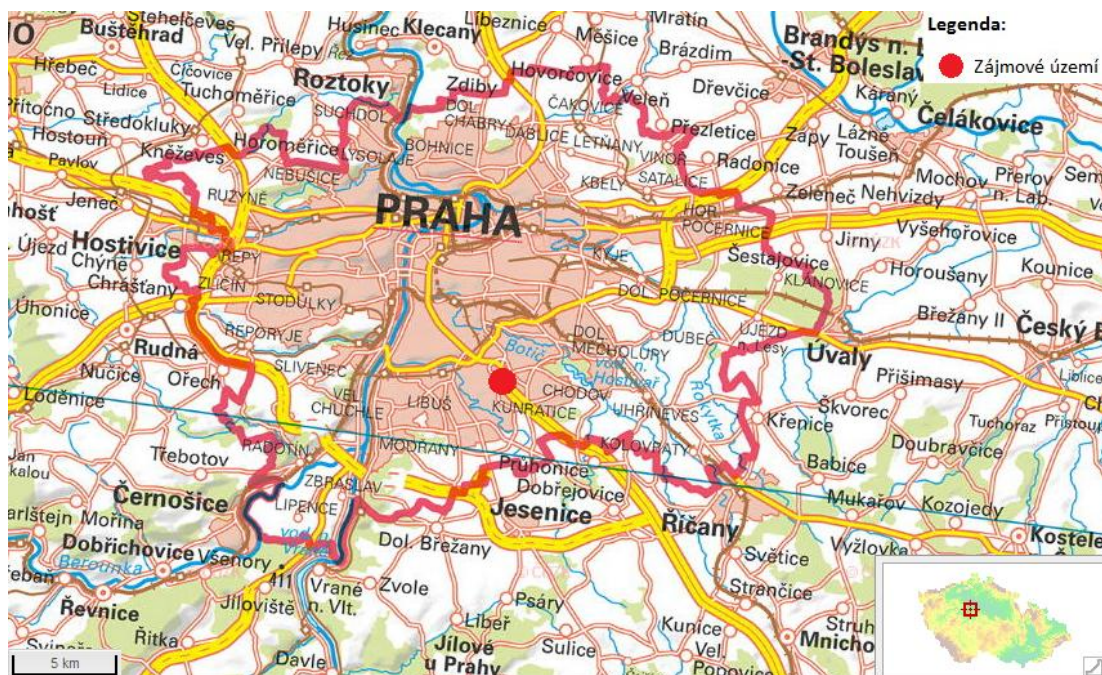


Obr. 10 – Intenzivní zelená střecha (ACRE, 2017)

4. Charakteristika zájmové oblasti

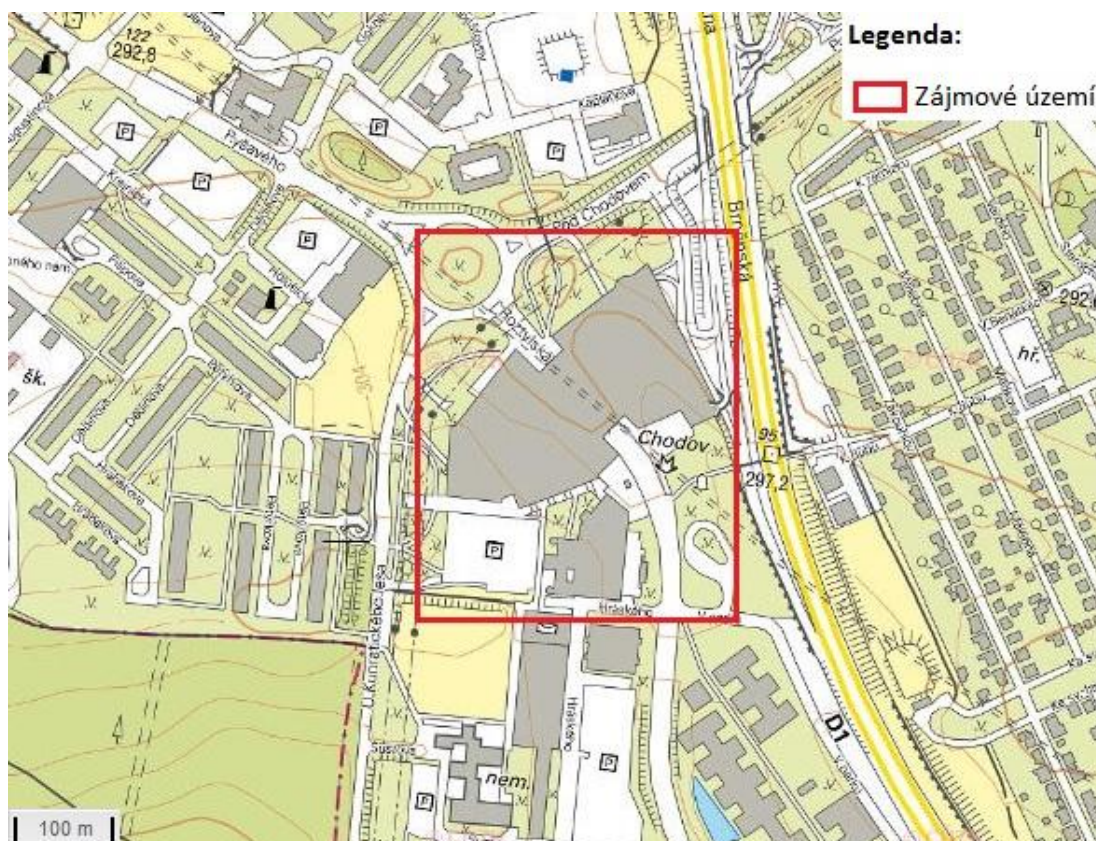
4.1 Geografie

Lokalita Chodov je součástí městské části Praha 4, kraje hlavního města Prahy. Hl. m. Praha je s 496 km² nejmenším krajem ČR. Dle zprávy CENIA Ministerstva životního prostředí z roku 2014 byl počet obyvatel k tomuto roku 1 259 079 s nejvyšší hustotou zalidnění v rámci krajů 2538 obyv./km². Území Prahy se nachází ve střední části České Vysočiny, na severovýchodě zasahuje Česká křídlová tabule, většinu území ale zaujímá Pražská plošina. Charakteristickým znakem Prahy jsou rozsáhlé plošiny, mezi kterými proudí řeka Vltava včetně jejích přítoků. Reliéf je velmi členitý, především je tomu tak na západě kraje. Nejvyšším položeným místem je s 399 m. n. m vrch Teleček na jihozápad od Zličína. Území Prahy je odvodňováno řekou Vltavou s jejími přítoky do Severního moře. Klimaticky se hl. m. Praha řadí do teplé oblasti (CENIA, 2015). Obrázek 11 zobrazuje kraj hl. m. Prahy s vyznačenou zájmovou oblastí.



Obr. 11 – hl. m. Praha s vyznačením zájmového území (GEOPORTAL, 2017)

Lokalita obchodního centra Chodov se nachází na převážně rovinatém terénu s lehkým sklonem severovýchodním směrem. Dle topografické mapy se místo nachází na vrstevnicích s výškou 300 - 304 m. n. m. Z hlediska katastru nemovitostí spadá celý objekt pod katastrální území Chodov. Výřez zájmového území je viditelný na obrázku 12.



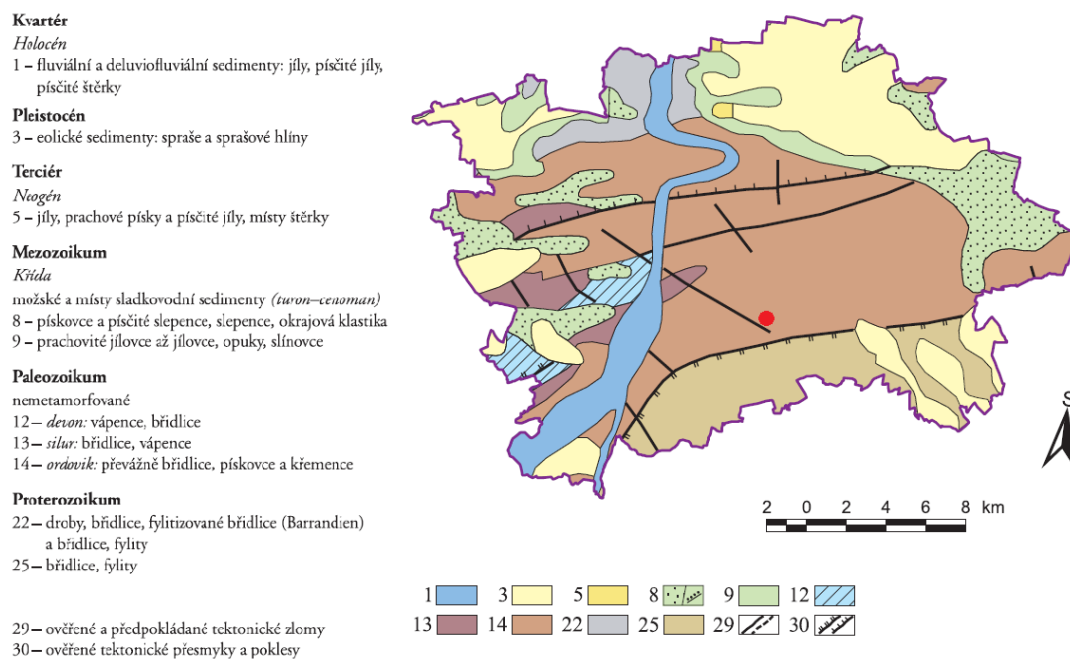
Obr. 12 – zájmové území Chodov (GEOPORTAL, 2017)

4.2 Geologické podmínky

Vývoj na území hlavního města z hlediska geologie probíhá už více jak tři čtvrtě miliardy let, od starohor až po současnost, pestrost horninového podloží je tedy značná. Třikrát bylo zaplaveno a usazovaly se zde vrstvy sedimentů, pak zase vystupovalo, když se tvořily horské masivy.

Území Prahy spadá do střední části Českého masivu, oblasti tepelsko-barrandienské (více na obr. 13). Nejstarším podklad je tvořen na severozápadě a jihozápadě

svrchním proterozoikem. Mladší paleozoikum pak tvoří ordovik, silur a devon. Paleozoické uloženiny prošly zvrásněním do úzkého brachysynklinoria , které je protažené se směru JZ – SV, kde ty nejstarší horniny vystupují na okrajích a nejmladší uprostřed této struktury. Pravidelnost uložení je narušena poruchami příčnými a podélnými (pražský zlom, šárecký zlom, závistský přesmyk). Terciérní a kvartérní denudace měly za následek dnešní rozšíření křídových sedimentů na území Prahy. Zachovaly se zde proto jen horniny mořského a sladkovodního cenomanu a spodního a středního turonu. Sedimenty terciéru jsou zde zastoupeny uloženinami řazenými k miocénu a pliocénu. Pleistocenní a holocenní sedimenty jsou zástupci kvartéru. Rozsahem i mocností zaujímají značný význam na území Prahy i antropogenní uloženiny, zejména z těžební a stavební činnosti (BRADOVÁ, 2012).

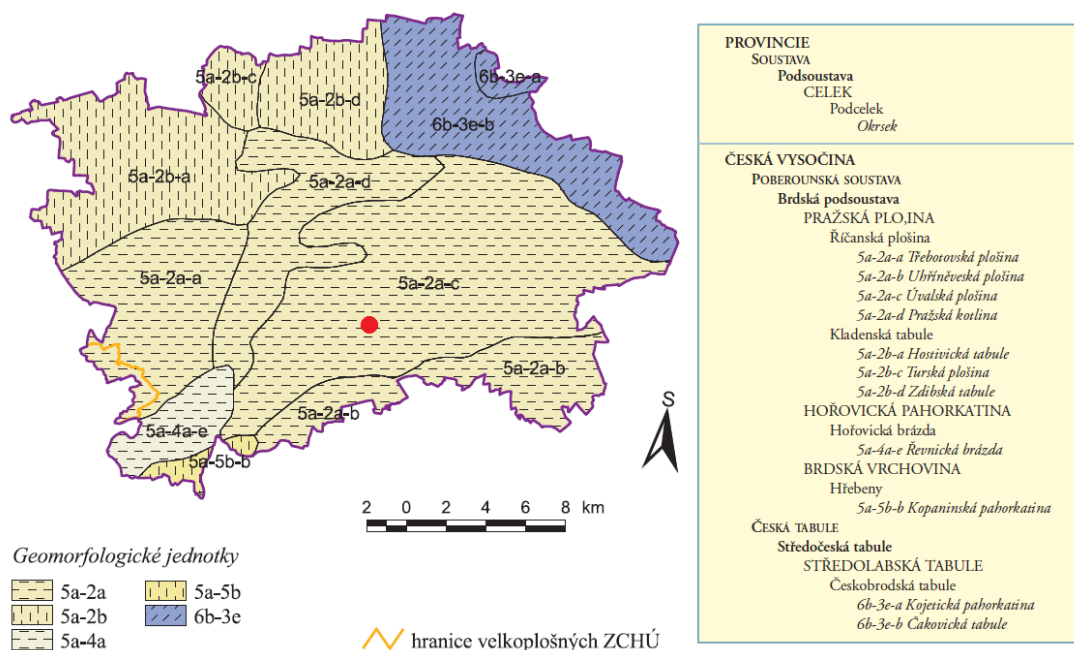


Obr. 13 – Geologie Prahy (KUBÍKOVÁ, 2005)

4.3 Geomorfologické podmínky

Praha se nachází ve střední části České vysočiny, jen menší část na severovýchodě se rozkládá na území České tabule. Pro většinu území (asi 4/5) je typický plochý až mírně zvlněný terén, kde nejsou příliš velké výškové rozdíly a výslednicí je území

s celkově plošinným rázem. Původní parovina má tendenci klesat od JZ k SV k širokému úvalu Labe. Charakteristická morfologie centrální Prahy byla pak ovlivněna především erozním a akumulacním vlivem Vltavy a jejích přítoků za poslední milion let, kdy v okolní paroviny Pražské plošiny vznikla Pražská kotlina se skalními stěnami a strmými svahy. Pražská kotlina je relativně úzkou sníženinou rozšiřující se v místech Holešovického meandru; nejvíce sevřená je Vltava v místě svého vtoku, respektive odtoku z Prahy. Členitost Prahy z hlediska morfologie je dosti značná, v jejím geomorfologickém utváření význačně kontrastuje plošinný reliéf nejvyšších lokalit s hluboce zaříznutými údolími Vltavy a jejích přítoků. Levý břeh Vltavy má nejčlenitější reliéf, hluboce zaříznuté potoky zde vytvořily řadu protáhlých výběžku, které někdy končí až prudkými svahy v Pražské kotlině. Co se výškového rozdílu týče, dosahuje délky 224 m, a to na relativně malém území. Nejvyšším položeným místem je s 399 m. n. m vrch Teleček na jihozápad od Zličína. Místem nejnižše položeným (177 m n. m.) je hladina Vltavy v místě, kde na severním okraji (Praha – Suchdol) opouští území Prahy (BRADOVÁ, 2012).



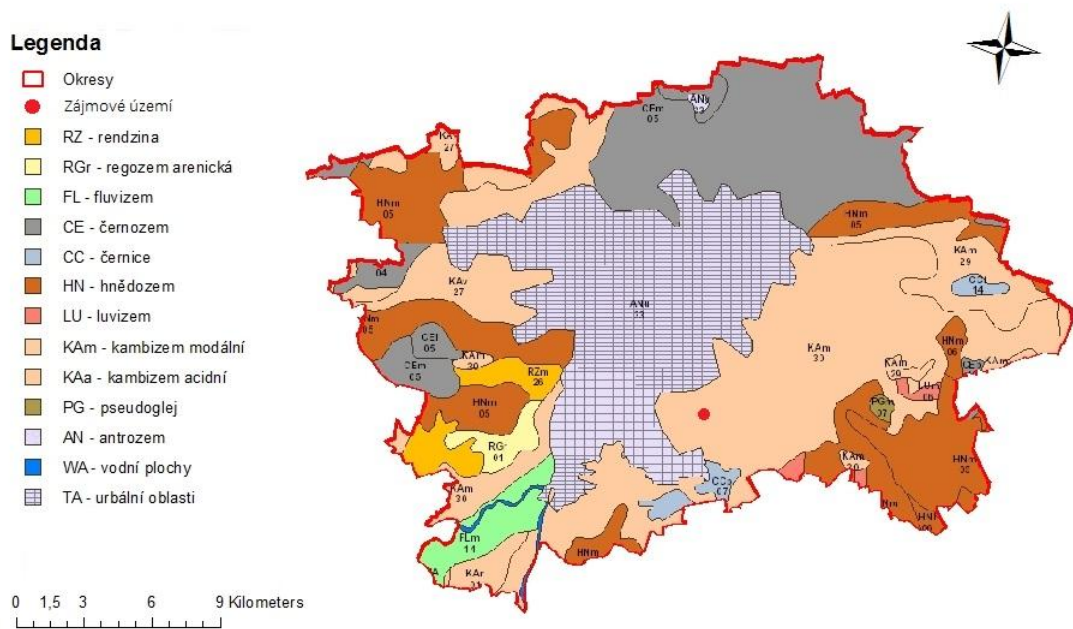
Obr. 14 – Geomorfologie Prahy (KUBÍKOVÁ, 2005)

4.4 Pedologické podmínky

Dle klasifikace půdních typů podle TKSP a WRB (obr. 14), která je přístupná jako WMS vrstva do prostředí ArcGIS (NĚMEČEK, LÉROVÁ, 2009) se na zájmovém území vyskytují kambizemě modální.

Ložek et al. (2003) tyto typy půd charakterizuje následovně. Jde o půdy patřící mezi tzv. kambisoly. Název kambizem vychází z latinského slova *cambiare*, což znamená měnit. Vyskytuje se ve svažitém terénu v hlavních souvrstvích magmatitů a metamorfitů a zpevněných sedimentárních hornin. Mateční hornina je většinou nekarbonátového, skeletnatého charakteru. Pro kambizemě je typický výskyt v mírném humidním klimatickém pásmu, a především pod povrchem listnatých lesů.

Význačný je pro ně kambický hnědý metamorfovaný horizont bez jílových povlaků a takřka neobsahují karbonáty. Kambizemě jsou zpravidla hluboké až velmi hluboké půdy. S nadmořskou výškou hloubka půdy roste, zvyšuje se i kyprost obsah humusu a hloubka prohumóznění. Jde o země mladé, které se vyvinuly z rankerů a pararendzin. Vegetačním pokryvem je listnatý les. Hlavními procesy jsou humifikace a sialitizace, což je zvětrávání s tvorbou druhotného jílu, který je bohatý na křemík, spojená s hnědnutím.



Obr. 15 – Klasifikace půdních typů dle TSKP a WRB (NĚMEČEK, LÉROVÁ, 2009; staženo 27.3. 2017)

4.5 Inženýrsko-geologický průzkum

Podle geomorfologického rozdělení patří zájmové území do Poberounské soustavy, podsoustavy Pražská plošina a celku Říčanská plošina. Původní povrch má parovinný charakter zarovnaný dlouhodobou denudací, dnešní niveleta terénu je výsledkem intenzivní stavební činnosti, ke které zde došlo během posledních let zejména díky výstavbě obchodního centra Chodov.

Předkvartérní podklad zájmové oblasti tvoří horniny barrandienského paleozoika – ordoviku. Ten je zde zastoupen šareckým a dobrotivským souvrstvím. Šarecké souvrství zaujímá jižní část lokality, zatímco dobrotivské severní. Styk těchto souvrství je transgresivní ve směru západ-východ.

Šarecké souvrství je starší ze dvou jmenovaných. V nezvětralém stavu se jedná o šedé až tmavošedé prachovité až jemně písčité břidlice s charakteristickým roubíkovitým rozpadem. Ty zvětralé jsou pak šedohnědé až hnědé, barvou poznamenané hydroxidy železa, úlomkovitě či drobně úlomkovitě rozpadavé. Ty zcela zvětrané břidlice mají podle vrtných průzkumů až charakter jílu (eluvium).

Souvrství dobrotivské se vyskytuje ve dvou typických faciích. Prvními jsou černošedé jílovité až slabě prachovité břidlice a druhou skupinou jsou bělošedé masivní křemence. Výskyt křemenců v souvrství je značně nepravidelný díky podmínkám sedimentace či tektonickému rozrušení souvrství. V nezvětralém stavu jsou dobrotivské jílové břidlice šedé až černošedé barvy, slídnaté, v polohách blízkých vložkám křemenců až prachovitopísčité, kusovitě rozpadavé. Zvětralé břidlice jsou hnědé až rezavě hnědé, úlomkovitě rozpadavé. Eluvium má charakter písčitého jílu s drobnými úlomky břidlic.

Skalecké křemence dobrotivského souvrství jsou nejtvrďšími horninami zájmové oblasti. Jde o světle žlutošedé až bělavé jemnozrné křemence, lavicovitě vrstevnaté. Jsou zpravidla příčně rozpukané, a to především v poruchových zónách s výplní písčitého jílu (KRÁL, VOLTR, 2013).

4.6 Klimatologické podmínky

Oblast Prahy leží v rámci klimatologie na pomezí mezi oblastí mírně teplou, suchou s mírnou zimou a oblastí mírně teplou, suchou s převážně mírnou zimou. Klima

Praha je ovlivněno i tzv. tepelným ostrovem velkoměsta, to znamená, že v centru města může být teplota v porovnání s volnou krajinou i o 1 °C vyšší. To je zapříčiněno nejenom větší koncentrací zdrojů tepla, ale i menšími ztrátami výparu díky větší míře urbanizace a nedostatku vegetace, kde velká část srážek ihned odtéká do kanalizace. Dlouhodobý roční průměr teploty vzduchu (1951-1990) se pohybuje od 9,9 °C v centru města (Klementinum) do 7,9 °C v nejvyšších polohách na kraji města (Ruzyně) (BRADOVÁ, 2012).

4.7 Hydrologické a hydrografické podmínky

Prahou neprotéká jen největší Vltava a Berounka, ale i další toky o délce 360 km. Asi nejvýznamnějším potokem Prahy je Rokytka, která je nejdelší (celkem 37,5 km, v Praze 30,5 km). Největším pražským potokem je však 34,5 km dlouhý Botič. Dalšími významnými potoky jsou Dalejský (14,3 km), Litovicko-šárecký (23,5 km) a Kunratický potok (13,3 km).

Do vltavského povodí (1-06-01-001) se na území hlavního města vlévají tyto řeky:

Berounka	1-10-04-002
Rokytka	1-12-01-034
Botič	1-12-01-020
Kunratický potok	1-12-01-006/001
Dalejský potok	1-12-01-008 (BRADOVÁ, 2012).

5. Metodika

5.1 Zásady projektování

Při výstavbě zařízení hospodařící s dešťovou vodou je stavebník nucen držet se zásad jejich návrhu či pozdější výstavby. Zejména se jedná o vyhlášky 268/2009 Sb. a 269/2009 Sb., které stanoví, že stavebník by měl upřednostnit nejprve vsakování dešťové vody před dalšími možnostmi. To jsou však legislativní předpisy, které příliš nedefinují, jak technicky navrhnout takovou stavbu. K tomu slouží norma ČSN 75

9010 z roku 2012. Nejdůležitějším kritériem pro rozhodování o vhodnosti použití vsakovací stavby je jakost povrchových srážkových vod a vhodnost horninového prostředí pro vsakování, která se vyjádří koeficientem vsaku.

5.1.1 Podklady pro návrh vsakovacích zařízení

K podkladům, které jsou nutné pro návrh vsakovacího zařízení, jsou:

- výsledky geologického průzkumu pro vsakování
- znalost kvality dešťových povrchových vod (záleží na plochách, ze kterých odtékají)

5.1.1.1 Výsledek geologického průzkumu pro vsakování

Výstupem z geologického posudku musí být především:

- hodnota koeficientu vsaku
- posouzení vhodnosti vsakování vzhledem k ochraně stávajících či budoucích jímacích zdrojů, ochraně podzemních vod, ohrožení okolním stavebních objektů a ke střetu zájmů, které jsou chráněny dalšími předpisy
- vyhodnocení vhodnosti zasakování z hlediska geologického, doporučení vhodného druhu vsakovacího systému, jeho provedení a umístění s přihlédnutím ke sklonu terénu.

5.1.1.2 Kvalitativní stránka vsakování

Vody dělíme podle ploch, ze kterých odtékají, na:

- přípustné; ty je možné vsakovat bez jakýchkoliv úprav (vody ze zelených ploch, střech z inertních materiálů, parkovišť a vozovek pro motorová vozidla do 3,5 t)
- podmíněně přípustné; takové vody je nutné před zasakováním předčistit (vody z veřejných komunikací pro motorová vozidla či více frekventovaná parkoviště pro motorová vozidla do 3,5 t a autobusy, vody z komunikací nacházející se v zemědělských či průmyslových zónách)

- nepřijatelné; možné vsakování výjimečně po úpravě vody (např. z parkovišť nákladních aut, vrakovišť, skládek) (ČSN 75 9010).

5.1.1.3 Předčištění dešťových vod

Pro zachycení a čištění odtékající vody je možné využít následující možnosti dle ČSN 75 9010:

- zachycení hrubých splavenin česlemi
- oddělení pevných částic pomocí sedimentace
- oddělení látek s rozdílnou hustotou pomocí gravitačních odlučovačů
- filtrace vody přes vhodné filtrační médium
- odbourávání přirozenými procesy (např. průsak přes vegetační půdní vrstvu)

5.1.2 Umístění vsakovacích systémů a bezpečnost vsakování

Při samotném návrhu vsakovacího systému je nutné dodržovat:

- předepsanou vzdálenost od budov či hranic pozemků
- předepsanou vzdálenost od studní
- vzdálenost dna vsakovacího systému od hladiny podzemní vody (min. 1 m)
- bezpečnost podzemních objektů proti vyplavení vztlakem.

Odstupová vzdálenost X [m] vsakovacího systému od objektu budovy se stanoví podle vztahu:

$$X = (1 / a) \cdot 21213 \cdot k_v \cdot (h + 0,5) + 2$$

kde:

a - koeficient bezpečnosti [$m \cdot s^{-1}$] ($a = 0,9 - 1,0$)

k_v – koeficient vsaku [$m \cdot s^{-1}$]

h – rozdíl výšek mezi maximální hladinou vody ve vsakovacím systému a úrovni podzemního podlaží [m] (ČSN 75 9010).

5.1.3 Návrh vsakovacích systémů

Při návrhu vsakovacích systémů je nutné stanovit především dobu prázdnění a retenční objem systému.

Hodnoty potřebné pro stanovení retenčního objemu a doby prázdnění se vypočtou pomocí vzorce pro redukovaný půdorysný průmět odvodněné plochy A_{red} a vsakovací plochy A_{vsak} .

U odvodňovacích zařízení navrhovaných ze sériově řazených retenčních nádrží a/nebo vsakovacích zařízení a u odvodňovaných ploch s výměrou větší než 3 ha se doporučuje stanovit retenční objem deterministicky a to za pomoci dlouhodobé nestacionární simulace srážkoodtokového děje s využitím závazných, místně platných hydrologických podkladů (ČSN 75 9010).

5.1.3.1 Odvodňovaná plocha

Redukovaný půdorysný průmět odvodněné plochy A_{red} se stanoví dle vztahu:

$$A_{\text{red}} = \sum_{i=1}^n A_i \cdot \psi_i$$

kde

A_i – půdorysný průmět [m^2] odvodňované plochy určitého druhu (viz tabulka 3),

ψ_i – součinitel odtoku srážkových povrchových vod pro odvodňovanou plochu určitého druhu (podle tabulky 3),

n – počet odvodňovaných ploch určitého druhu

Při návrhu vsakovacích zařízení dešťových vod z více nemovitostí je také možné použít součinitel odtoku dle ČSN 75 6101 (ČSN 75 9010).

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).			

Tabulka 3 – Součinitele odtoku srážkových povrchových vod (převzato z ČSN 75 9010)

5.1.3.2 Vsakovaný odtok

Vsakovaný odtok [m³/s] je závislý na odtokové ploše a koeficientu vsaku a stanoví se podle vztahu:

$$Q_{\text{vsak}} = 1/f \cdot k_v \cdot A_{\text{vsak}}$$

kde

f – součinitel bezpečnosti vsaku (doporučuje se $f \geq 2$),

k_v – koeficient vsaku uvedený ve výstupech geologického průzkumu [m/s],

A_{vsak} – plocha vsakovacího dna zařízení [m²].

Koeficient vsaku by měl být jedním z výstupů geologického průzkumu. Případná filtrační vrstva by neměla mít menší propustnost než horninové prostředí vyjádřené právě koeficientem vsaku (ČSN 75 9010).

5.1.3.3 Vsakovací plocha

Vsakovací plocha A_{vsak} [m²] se stanoví pomocí následujících vztahů:

a) pro podzemní prostor s propustnými stěnami

$$A_{\text{vsak}} = L \cdot b' = L \cdot (h_{\text{vz}}/2 + b)$$

b) pro vsakovací šachtu s propustnými stěnami (skruže s otvory ve stěnách) ve spodní části

$$A_{\text{vsak}} = \pi \cdot R'^2 = \pi \cdot (R + h_{\text{vz}}/4)^2$$

kde je

L – délka podzemního prostoru [m],

b – šířka podzemního prostoru [m],

b' – šířka vsakovací plochy podzemního prostoru [m],

h_{vz} – výška propustných stěn [m],

R – poloměr vsakovací šachty [m],

R' – poloměr vsakovací plochy vsakovací šachty [m].

Pokud bychom chtěli výpočet zjednodušit nebo předpokládáme nepropustnost stěn, můžeme předpokládat, že plocha A_{vsak} se rovná ploše propustného dna.

Vsakovací plocha u kombinovaných vsakovacích systémů se stanoví individuálně.

Před samotným výpočtem retenčního objemu vsakovacích zařízení nebo podzemního prostoru či tunelových systémů je možno odhadnout plochu A_{vsak} následovně:

$$A_{\text{vsak}} = (0,1 \text{ až } 0,3) \cdot A_{\text{red}}$$

Při koeficientu vsaku menším jak $5 \cdot 10^{-5}$ m/s může být nutné navrhnout plochu větší než pomocí předchozího vztahu. Vsakovací plocha tak může být zvětšena při odhadu rozměrů (ČSN 75 9010).

5.1.3.4 Retenční objem vsakovacího systému

Podle ČSN 75 9010 se retenční objem do 3 ha stanoví podle vztahu:

$$V_z = h_d/1000 \cdot (A_{\text{red}} + A_{\text{vz}}) - 1/f \cdot k_v \cdot A_{\text{vsak}} \cdot t_c \cdot 60$$

kde:

h_d – úhrn srážky [mm] stanoven podle tabulky z ČSN 75 9010 (příloha 1) či přesnějších místně platných hydrologických údajů s odpovídající periodicitou dle tabulky 4,

A_{red} – redukovaný půdorysný průmět odvodňované plochy [m^2],

A_{vsak} – plocha vsakovacího dna zařízení [m^2],

A_{vz} – plocha hladiny vsakovacího zařízení [m^2] (pouze u povrchových vsakování),

f – součinitel bezpečnosti vsaku (doporučuje se $f \geq 2$),

k_v – koeficient vsaku uvedený ve výstupech geologického průzkumu [m/s],

t_c – doba trvání srážky dané periodicity [min] udané v příloze 1 či přesnějších místně platných hydrologických údajů (ČSN 75 9010).

Riziko při přeplnění vsakovacího zařízení	Návrhová periodičita srážek p (rok⁻¹)
Při přetečení vsakovacího zařízení je možný odtok srážkové vody ze vsakovacího zařízení po povrchu terénu nebo přepadovým potrubím mimo budovy nebo podzemní dopravní zařízení. Při zpětném vzduť v dešťové kanalizaci, která je zaústěna do vsakovacího zařízení, je možný odtok srážkové vody z dešťové kanalizace po povrchu terénu mimo budovy nebo podzemní dopravní zařízení. Prostory odvodněné do dešťové kanalizace nacházející se pod hladinou zpětného vzduť jsou proti vniknutí vzduť vody z dešťové kanalizace chráněny technickým opatřením podle ČSN EN 12056-4 a ČSN 75 6760.	0,2
Pokud není splněna některá z podmínek uvedených v předcházejícím řádku této tabulky, např. u vsakovacích zařízení, která slouží pouze pro odvodnění podzemních dopravních zařízení a/nebo vstupů do budov nacházejících se pod úrovní okolního terénu, a odvodňované prostory pod úrovní terénu nemohou být před vodou přetékající ze vsakovacího zařízení chráněny.	0,1
V případech, kdy je zpracován generel odvodnění nebo generel kanalizace zájmového území a obsahuje návrhovou periodičitu srážek.	Hodnota podle generelu
V souladu s hydraulickou spolehlivostí vybudované protipovodňové ochrany.	Individuálně stanovená hodnota
POZNÁMKA Zpětné vzduť v dešťové kanalizaci zaústěné do vsakovacího zařízení vznikne při naplnění vsakovacího zařízení na větší objem, než je vypočtený retenční objem. Hladinou zpětného vzduť je úroveň terénu v místě, kde může srážková voda ze vsakovacího zařízení a/nebo připojené dešťové kanalizace přetékat (úroveň poklopu s otvory, mříže na šachtě apod.).	

Tabulka 4 - Návrhová periodičita srážek pro dimenzování vsakovacích zařízení
(převzato z ČSN 75 9010)

Při stanovení retenčního objemu vsakovací nádrže se neuvažuje výpar vody, jelikož je vzhledem k době prázdnění zanedbatelný.

Výpočet se provede pro všechny návrhové úhrny srážek od 5 min do 72 h podle přílohy 1 nebo přesnějších místně platných hydrologických údajů. Za návrhový objem se pak bere největší objem vypočtený podle výše zmíněného vztahu, návrhová periodičita je brána z tabulky 4.

U vsakovacích zařízení, kde je použit štěrk nebo prefabrikovanými bloky je retenční objem roven objemu pórů nebo retenčního prostoru v blocích. Celkový objem W [m^3] je pak stanoven následujícím vztahem:

$$W = V_{vz} / m$$

kde:

V_{vz} – největší vypočtený retenční objem vsakovacího systému [m^3],

m – pórovitost či retenční schopnost vsakovacího systému

Pórovitost hrubého písku či štěrku je (o zrnitosti 2 – 20 mm) je 0,3. Retenční schopnost prefabrikovaných bloků je stanovena jejich výrobcem (ČSN 75 9010).

5.1.3.5 Doba prázdnění

Doba prázdnění vsakovacího systémů T_{pr} [s] se stanoví takto:

$$T_{pr} = V_{vz} / Q_{vsak}$$

kde jednotlivé členy rovnice byly již popsány dříve.

Doba prázdnění by neměla přesáhnout hranici 72 h (ČSN 75 9010).

5.2 Návrh zařízení

5.2.1 Koeficient vsaku k_v

Koeficient vsaku byl určen podle výsledků hydrogeologického průzkumu a laboratorních zkoušek (OURADA, 2013). Na příloze 2 je možno vidět řez terénem a vrtů J1, J3 a HJ5. V místě vrtu J3 byl určen koeficient vsaku $K_v = 1,800 \cdot 10^{-5}$ a hladina podzemní vody naražena ve výšce 6,20 m pod terénem a ustálená hladina

byla 5,89 m pod terénem. Až do hloubky 4,20 m je pokryv tvořen navázkou, do místa ustálené hladiny podzemní vody poté přechází v jílovitopísčitou hlínu až hlinitý písek s ojedinělými úlomky – deluviální sediment. Dle klasifikace ČSN EN ISO 14688 se jedná v hloubce 6,00 – 6,20 m o hlinitopísčité štěrky s obsahem jílu 2%, prachu 15%, písku 26% a štěrku 57%. Dle ČSN 73 6133 je zemina řazena do třídy G5 GC – štěrk jílovitý (OURADA, 2013). Dle normy ČSN 75 9010 je nutné vybudovat dno vsakovacího zařízení nejméně 1 m nad hladinou podzemní vody. Vrstva navázky při stavebních pracích bude vytěžena a dno zařízení bude umístěno nejhluběji 4,89 m pod terénem.

5.2.2 Odvodňovaná plocha A_{red}

Předpokladem pro výpočet odvodňované plochy resp. jejího redukováného půdorysného průmětu, jak stojí v normě, je znát celkovou plochu, její sklon a druh povrchu či jeho úpravu. Vzhledem k tomu, že střecha obchodního centra není homogenní, lépe řečeno její parametry se místo od místa liší, bylo nutné pro výpočet redukováné plochy vypočítat vážený průměr pro jednotlivé odvodňované plochy podle vzorce v kapitole 5.1.3.1 a tabulky 3, ze které se uvažují jednotlivé součinitele odtoku pro různé druhy povrchu a sklony. Sklon střech byl však ve všech případech v rozmezí 1 – 5%.

Výsledná redukovaná plocha k odvodnění činí **21255,2 m²**. Celková plocha střech má rozlohu 22753,84 m².

5.2.3 Periodicita srážek p

Norma ČSN 75 9010 doslovně říká, že pro odvodňované plochy do 3 ha se retenční objem vsakovacího zařízení stanoví podle parametrů v kapitole 5.1.3.4 s využitím návrhových úhrnů srážek podle tabulek A.1 a A.2 (příloha 1 této práce), nebo přesnějších místně platných hydrologických údajů. Návrhová periodicita se pak určí podle tabulky 4. Periodicita byla zvolena $p = 0,2 \text{ (rok}^{-1}\text{)}$, jak ostatně doporučuje i Vološ a Macek (2014).

5.2.4 Odhad vsakovací plochy

Odhad vsakovací plochy se vypočte podle ČSN 75 9010, konkrétně podle vztahu:

$$A_{\text{vsak}} = (0,1 \text{ až } 0,3) \cdot A_{\text{red}}$$

a tedy $A_{\text{vsak}} = 0,1 \cdot 21255,2 = \mathbf{2125,52 \text{ m}^2}$.

V těchto kapitolách byly určeny vstupní parametry a většina z nich bude použita pro návrh všech variant zařízení v následující kapitole.

5.3 Varianty

Následně budou řešeny tři vybrané varianty pro nakládání s dešťovou vodou. První variantou je vsakovací nádrž. Druhá varianta je vsakování přes šterkovou vrstvu. A třetí varianta bude obdobná té druhé, avšak místo šterku budou použity prefabrikované vsakovací bloky.

5.3.1 Vsakovací nádrž

Vsakování se děje přes oživenou vrstvu půdy v zemní nádrži. Pro vsakovací nádrže se zpravidla udává poměr mezi napojenou nepropustnou plochou a plochou vsakovací větší než 1:15. Takto vysoké hydraulické zatížení si ve vztahu na požadavek relativně rychlého prázdnění nádrže vyžaduje dostatečnou a trvale zajištěnou propustnost podloží (DWA - A 138, 2005). Propustnost $1,8 \cdot 10^{-5}$ by měla zajišťovat optimální dobu prázdnění. Obzvláště důležitý je správný odhad postupu kolmatace nádrže v čase. Příčinou zakolmatování jsou především látky, které unáší voda z dešťového odtoku, které se v zóně vsakování ukládají a vytváří těsnící nánosy (vnější kolmatace). Vyspádování dna nádrže směrem k místu přítoku zabrání tomu, aby se zanášelo celé dno. Dochází pak ale k zanášení dna u místa přítoku (HLAVÍNEK et al, 2007). V případě dimenzování této nádrže je kolmatace minimální, stačilo by tedy pouze vyspádování dna směrem k místu přítoku.

Vzhledem k lokalitě stavby (Praha) se výpočet provede podle přílohy 1 (podle lokality Praha – Hostivař) pro všechny návrhové úhrny srážek s dobou trvání od 5 min do 72 h, které jsou v této příloze uvedeny. Výpočet retenčního objemu je uveden v tabulce 5.

Doba trvání srážky t_c (min)	Výpočet retenčního objemu vsakovacího zařízení V_{vz}	Retenční objem vsakovacího zařízení V_{vz} (m^3)
5	$V_{vz} = 11,3/1000 \cdot (21255,2 + 551) - (0,5 \cdot 1,8 \cdot 10^{-5} \cdot 491 \cdot 5 \cdot 60)$	245,08
10	$V_{vz} = 16,5/1000 \cdot (21255,2 + 551) - (0,5 \cdot 1,8 \cdot 10^{-5} \cdot 491 \cdot 10 \cdot 60)$	357,15
15	$V_{vz} = 19,5/1000 \cdot (21255,2 + 551) - (0,5 \cdot 1,8 \cdot 10^{-5} \cdot 491 \cdot 15 \cdot 60)$	421,24
20	$V_{vz} = 21,1/1000 \cdot (21255,2 + 551) - (0,5 \cdot 1,8 \cdot 10^{-5} \cdot 491 \cdot 20 \cdot 60)$	454,81
30	$V_{vz} = 23,2/1000 \cdot (21255,2 + 551) - (0,5 \cdot 1,8 \cdot 10^{-5} \cdot 491 \cdot 30 \cdot 60)$	497,95
40	$V_{vz} = 24,7/1000 \cdot (21255,2 + 551) - (0,5 \cdot 1,8 \cdot 10^{-5} \cdot 491 \cdot 40 \cdot 60)$	528,01
60	$V_{vz} = 26,9/1000 \cdot (21255,2 + 551) - (0,5 \cdot 1,8 \cdot 10^{-5} \cdot 491 \cdot 60 \cdot 60)$	570,68
120	$V_{vz} = 30,6/1000 \cdot (21255,2 + 551) - (0,5 \cdot 1,8 \cdot 10^{-5} \cdot 491 \cdot 120 \cdot 60)$	635,45
240	$V_{vz} = 36,6/1000 \cdot (21255,2 + 551) - (0,5 \cdot 1,8 \cdot 10^{-5} \cdot 491 \cdot 240 \cdot 60)$	734,47
360	$V_{vz} = 42,5/1000 \cdot (21255,2 + 551) - (0,5 \cdot 1,8 \cdot 10^{-5} \cdot 491 \cdot 360 \cdot 60)$	831,31
480	$V_{vz} = 43,2/1000 \cdot (21255,2 + 551) - (0,5 \cdot 1,8 \cdot 10^{-5} \cdot 491 \cdot 480 \cdot 60)$	814,76
600	$V_{vz} = 43,8/1000 \cdot (21255,2 + 551) - (0,5 \cdot 1,8 \cdot 10^{-5} \cdot 491 \cdot 600 \cdot 60)$	796,03
720	$V_{vz} = 44,5/1000 \cdot (21255,2 + 551) - (0,5 \cdot 1,8 \cdot 10^{-5} \cdot 491 \cdot 720 \cdot 60)$	779,48
1080	$V_{vz} = 46,4/1000 \cdot (21255,2 + 551) - (0,5 \cdot 1,8 \cdot 10^{-5} \cdot 491 \cdot 1080 \cdot 60)$	725,46
1440	$V_{vz} = 46,9/1000 \cdot (21255,2 + 551) - (0,5 \cdot 1,8 \cdot 10^{-5} \cdot 491 \cdot 1440 \cdot 60)$	640,91
2880	$V_{vz} = 58,9/1000 \cdot (21255,2 + 551) - (0,5 \cdot 1,8 \cdot 10^{-5} \cdot 491 \cdot 2880 \cdot 60)$	520,78
4320	$V_{vz} = 62,5/1000 \cdot (21255,2 + 551) - (0,5 \cdot 1,8 \cdot 10^{-5} \cdot 491 \cdot 4320 \cdot 60)$	217,48

Tabulka 5 – Výpočet retenčního objemu vsakovacího zařízení

Podle ČSN 75 9010 a výpočtu se navrhuje největší retenční objem vsakovacího zařízení $V_{vz} = 831,31 m^3$ (viz. tabulka 5).

Pro stanovení doby prázdnění vsakovacího zařízení je nutné spočítat nejprve vsakovaný odtok Q_{vsak} .

$$Q_{vsak} = 1/f \cdot k_v \cdot A_{vsak} = \frac{1}{2} \cdot 1,8 \cdot 10^{-5} \cdot 491 = 0,004419 m^3 \cdot s^{-1}$$

Výsledný vsakovaný odtok se pak dosadí do vzorce pro dobu prázdnění T_{pr} :

$$T_{pr} = V_{vz} / Q_{vsak} = 831,31 / 0,004419 = \mathbf{52,25 h}$$

Doba prázdnění by podle normy ČSN 75 9010 neměla přesáhnout 72 h, což je splněno.

Vsakovací nádrž je tvaru obdélníku s délkou ve dně 21 m, šířkou ve dně 15 m a výškou 2 m. Sklon svahů jest v poměru 1:2 a rozměry na horní hraně jsou: délka 29

m a šířka 19 m. Dimenzovaná nádrž bude mít celkový retenční objem 866 m³, což je o necelých než 35 m³ více než vypočtená hodnota podle normy, což může vzhledem ke změně klimatu posledních několika let být užitečné. Bezpečnostní přeliv navržen není, ale nádrž je umístěna v dostatečné vzdálenosti od okolních budov, takže případný rozliv vody při katastrofických srážkách nebude mít negativní následky. Svah i dno samotné nádrže je osázeno travním porostem, tím se zajistí lepší filtrační schopnosti. Pro zadržení nerozpuštěných látek je nutno umístit před vtokem do nádrže zařízení k jejich zachycení. Nádrž je tedy navržena na srážkovou událost s trváním 6 h a periodicitou 0,2 rok⁻¹, tedy 5-ti letý návrhový déšť.

5.3.2 Vsakování přes šterkovou vrstvu

Jednou z velmi používaných variant pro vsakování dešťových srážek je použití šterkové vrstvy. Dnes jsou velmi moderní i plastové bloky, které mají lepší vsakovací vlastnosti, avšak jsou také dražší. Šterk má také velmi dobré vlastnosti z hlediska propustnosti vody. V tabulce 6 je srovnání různých materiálů s ohledem na propustnost a koeficient filtrace.

Zemina	Propustnost [m/s]	Koeficient filtrace
hrubozrný šterk	0,1 až 0,005	10 ⁻¹ až 5 · 10 ⁻³
jemně až středně zrnitý šterk	0,03 až 0,0005	3 · 10 ⁻² až 5 · 10 ⁻⁴
písčité šterk	0,01 až 0,0001	10 ⁻² až 10 ⁻⁴
hrubozrný písek	0,004 až 0,0001	4 · 10 ⁻³ až 10 ⁻⁴
středně zrnitý písek	0,001 až 0,00006	10 ⁻³ až 6 · 10 ⁻⁵
jemnozrnitý písek	0,0004 až 0,000006	4 · 10 ⁻⁴ až 6 · 10 ⁻⁶
hlinitý písek, písčité hlína	0,000075 až 0,00000005	7,5 · 10 ⁻⁵ až 5 · 10 ⁻⁸
Hlína	0,000005 až 0,0000000001	5 · 10 ⁻⁶ až 10 ⁻¹⁰
jílovitá hlína	0,000004 až 0,0000000001	4 · 10 ⁻⁶ až 10 ⁻¹⁰
hlinitý jíl	0,00000001 až 0,0000000001	10 ⁻⁸ až 10 ⁻¹⁰

Tabulka 6 – srovnání zemin podle propustnosti a koeficientu filtrace (DWA – A 138, 2005)

Šterk o frakci 16/32 má průměrný koeficient retence roven 0,3. Jde o podzemní vsakovací prostor vyplněný tzv. šterkovým polštářem a drenážními trubkami. Kvůli

údržbě a revizi se navrhuje i vstupní šachty. Aby se zamezilo zanášení, je tento celek obalen geotextilií. U podzemních zařízení se budují systémy k předčištění dešťové vody. V tomto případě, kdy se jedná o srážky tekoucí ze střechy, jde o vodu minimálně znečištěnou a předčist'ovací systémy nejsou nutné. Prostor pro zasakování je poté tvořen jílovitopísčitou hlínou až hlinitým pískem, jak vyplývá z inženýrskogeologického průzkumu.

Pokud to nevyžadují zvláštní podmínky místní hydrologie a hydrogeologie, jsou podle Seidla (2010) odstupové vzdálenosti pro standartní geologické podmínky následující:

- 5 m od obytných budov, které nemají vodotěsnou izolaci
- 2 m od obytných budov, které mají vodotěsnou izolaci
- 3 m od lokálních vegetačních míst (keře, stromy aj.)
- 2 m od hranice pozemků veřejných komunikací
- 0,8 m od elektrického vedení
- 1,5 m od vodovodů a plynovodů
- 0,5 m od telekomunikačního vedení
- 1 m nad hladinou podzemní vody

Pro možnost dosazení do výpočtu pro retenční objem vsakovacího zařízení je nutné znát nejprve vsakovací plochu. Proto jsem si určil rozměry štěrkového lože, kde délka činí 50 m, šířka 37 m a hloubka 1 m. Zpravidla je lepší zakládat vsakovací systémy mělčí, pokud to ostatní dva rozměry dovolují. Je to především kvůli nerovnoměrnosti srážek v posledních letech a možnosti přílišnému vzestupu hladiny podzemní vody při katastrofických srážkách. To je však špatně realizovatelné při návrhu vsakovacích zařízení u rodinných domů, kde není příliš velká plocha a tudíž zde je naopak limitujícím rozměrem délka či šířka (MARCELA SYNÁČKOVÁ, 6.4.2017, in verb). Hloubka dna štěrkového lože bude 1,5 m od terénu, to znamená, že na štěrkovou vrstvu překrytou geotextilií bude navezena vytěžená zemina o mocnosti 0,5 m.

Pro výpočet vsakovací plochy pro podzemní prostor s propustnými stěnami je nutno dosadit do vzorce dle ČSN 75 9010 (popsáno v kapitole 5.1.3.3):

$$A_{\text{vsak}} = L \cdot b' = L \cdot (h_{\text{vz}}/2 + b) = 50 \cdot (\frac{1}{2} + 37) = \mathbf{1875 \text{ m}^2}$$

Pro výpočet retenčního objemu podzemního prostoru je použit stejný vztah jako v předchozí variantě, avšak neuvažuje se ve výpočtu plocha hladiny vsakovacího zařízení A_{vz} .

Vzhledem k lokalitě stavby (Praha) se výpočet provede podle přílohy 1 (podle lokality Praha – Hostivař) pro všechny návrhové úhrny srážek s dobou trvání od 5 min do 72 h, které jsou v této příloze uvedeny. Výpočet retenčního objemu je uveden v tabulce 7.

Doba trvání srážky t_c (min)	Výpočet retenčního objemu vsakovacího zařízení V_{vz}	Retenční objem vsakovacího zařízení V_{vz} (m^3)
5	$V_{\text{vz}} = 11,3/1000 \cdot (21255,2 + 0) - (0,5 \cdot 1,8 \cdot 10^{-5} \cdot 1875 \cdot 5 \cdot 60)$	235,12
10	$V_{\text{vz}} = 16,5/1000 \cdot (21255,2 + 0) - (0,5 \cdot 1,8 \cdot 10^{-5} \cdot 1875 \cdot 10 \cdot 60)$	340,59
15	$V_{\text{vz}} = 19,5/1000 \cdot (21255,2 + 0) - (0,5 \cdot 1,8 \cdot 10^{-5} \cdot 1875 \cdot 15 \cdot 60)$	399,29
20	$V_{\text{vz}} = 21,1/1000 \cdot (21255,2 + 0) - (0,5 \cdot 1,8 \cdot 10^{-5} \cdot 1875 \cdot 20 \cdot 60)$	428,23
30	$V_{\text{vz}} = 23,2/1000 \cdot (21255,2 + 0) - (0,5 \cdot 1,8 \cdot 10^{-5} \cdot 1875 \cdot 30 \cdot 60)$	462,75
40	$V_{\text{vz}} = 24,7/1000 \cdot (21255,2 + 0) - (0,5 \cdot 1,8 \cdot 10^{-5} \cdot 1875 \cdot 40 \cdot 60)$	484,50
60	$V_{\text{vz}} = 26,9/1000 \cdot (21255,2 + 0) - (0,5 \cdot 1,8 \cdot 10^{-5} \cdot 1875 \cdot 60 \cdot 60)$	511,01
120	$V_{\text{vz}} = 30,6/1000 \cdot (21255,2 + 0) - (0,5 \cdot 1,8 \cdot 10^{-5} \cdot 1875 \cdot 120 \cdot 60)$	528,91
240	$V_{\text{vz}} = 36,6/1000 \cdot (21255,2 + 0) - (0,5 \cdot 1,8 \cdot 10^{-5} \cdot 1875 \cdot 240 \cdot 60)$	534,94
360	$V_{\text{vz}} = 42,5/1000 \cdot (21255,2 + 0) - (0,5 \cdot 1,8 \cdot 10^{-5} \cdot 1875 \cdot 360 \cdot 60)$	538,85
480	$V_{\text{vz}} = 43,2/1000 \cdot (21255,2 + 0) - (0,5 \cdot 1,8 \cdot 10^{-5} \cdot 1875 \cdot 480 \cdot 60)$	432,22
600	$V_{\text{vz}} = 43,8/1000 \cdot (21255,2 + 0) - (0,5 \cdot 1,8 \cdot 10^{-5} \cdot 1875 \cdot 600 \cdot 60)$	323,48
720	$V_{\text{vz}} = 44,5/1000 \cdot (21255,2 + 0) - (0,5 \cdot 1,8 \cdot 10^{-5} \cdot 1875 \cdot 720 \cdot 60)$	216,86
1080	$V_{\text{vz}} = 46,4/1000 \cdot (21255,2 + 0) - (0,5 \cdot 1,8 \cdot 10^{-5} \cdot 1875 \cdot 1080 \cdot 60)$	-107,26
1440	$V_{\text{vz}} = 46,9/1000 \cdot (21255,2 + 0) - (0,5 \cdot 1,8 \cdot 10^{-5} \cdot 1875 \cdot 1440 \cdot 60)$	-461,13
2880	$V_{\text{vz}} = 58,9/1000 \cdot (21255,2 + 0) - (0,5 \cdot 1,8 \cdot 10^{-5} \cdot 1875 \cdot 2880 \cdot 60)$	-1664,07
4320	$V_{\text{vz}} = 62,5/1000 \cdot (21255,2 + 0) - (0,5 \cdot 1,8 \cdot 10^{-5} \cdot 1875 \cdot 4320 \cdot 60)$	-3045,55

Tabulka 7 - Výpočet retenčního objemu šterkového vsakovacího zařízení

Podle ČSN 75 9010 a výpočtu se navrhuje největší retenční objem vsakovacího zařízení $V_{\text{vz}} = 538,85 \text{ m}^3$ (viz. tabulka 7).

Celkový objem vsakovacího zařízení ze šterkové výplně se stanoví podle vztahu:

$$W = V_{\text{vz}} / m = 538,85 / 0,3 = \mathbf{1796 \text{ m}^3}$$

Pro stanovení doby prázdnění vsakovacího zařízení je nutné spočítat nejprve vsakovaný odtok Q_{vsak} .

$$Q_{\text{vsak}} = 1/f \cdot k_v \cdot A_{\text{vsak}} = 1/2 \cdot 1,8 \cdot 10^{-5} \cdot 1875 = 0,016875 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$$

Výsledný vsakovaný odtok se pak dosadí do vzorce pro dobu prázdnění T_{pr} :

$$T_{\text{pr}} = V_{\text{vz}} / Q_{\text{vsak}} = 538,85 / 0,01913 = \mathbf{8,87 \text{ h}}$$

Doba prázdnění je menší než limitní hodnota podle ČSN 75 9010 (72 h).

Po výkopových pracích je nutné štěrkovou vrstvu zabalit do geotextilie, ta bude tvořit filtrační membránu, která zabrání přilišnému zanášení štěrkové vrstvy. Samotný přívod srážkové vody je veden žlabem, na jehož vyústění jsou napojeny perforované plastové trubice, které rozvádí vodu po délce štěrkového lože. Jakmile je voda přivedena do vsakovacího zařízení, je nutné řešit i problematiku tlaku vzduchu, jinak řečeno vzduch, který je tlačěn vodou z vnějšku, musí někam ucházet. Z tohoto důvodu je nutné opatřit vsakovací vrstvu šachtami, kterými může vzduch proudit ven.

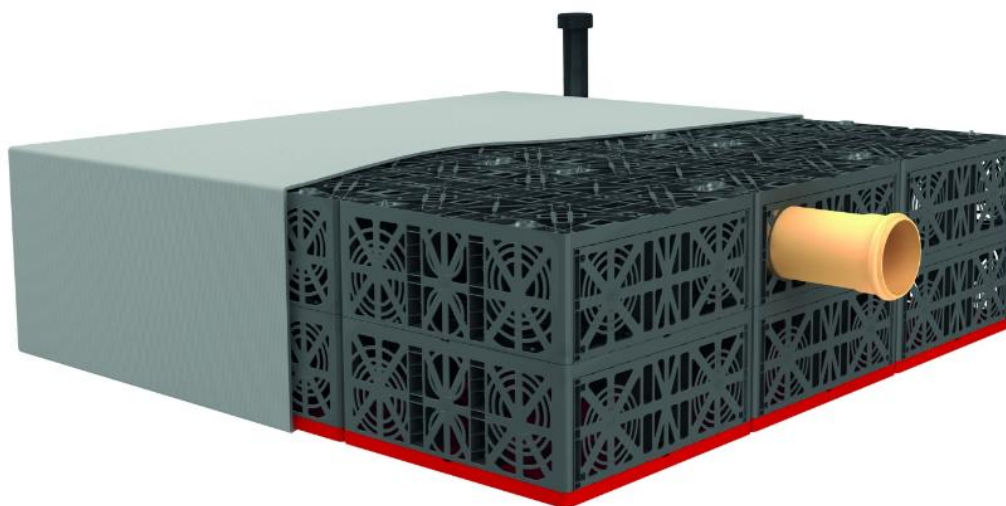
5.3.3 Vsakování plastovými bloky

Pro návrh vsakovacího zařízení z prefabrikovaných plastových bloků jsem vybral produkt firmy Glynwed s.r.o., konkrétně jde o bloky s obchodním názvem Garantia Ecobloc (obrázek 16). Vsakovací bloky jsou moderní alternativou k vsakovacím nádržím a drenážím z kameniva, štěrku nebo plastových trubek. Tyto bloky jsou zpravidla skládány do větších celků, které pak tvoří jedno velké pole.

Důvodem jejich širokého využití je především jejich retenční objem, který je podle výrobce až 3x větší než štěrkové lože. Retenční koeficient je udáván 96% (NICOLL, 2017). Tyto vsakovací bloky se navíc vyznačují odolností proti zatížení shora (např. dopravou nebo těžkými stroji). Při minimální vrstvě zeminy 250 mm jsou schopny odolávat zatížení osobního vozidla, při 500 mm dokonce nákladním automobilům do 30 t. Tělo bloku má rozměry 800 x 800 x 320 mm, k němu je potřebné ještě samotné

dno bloku, které má výšku 40 mm a zvětšuje tedy celý blok na 360 mm ve výškovém rozměru.

Dno samotného výkopu by mělo být rovinatého charakteru a na krajích přesahovat asi 500 mm, to se provádí kvůli možnosti manipulace a ukládání materiálů do výkopu. Na dno výkopu se poklade nejméně 80 mm vrstva šterku a po obvodu výkopu se vytvoří 150 mm hluboká rýha. Ta se tvoří z důvodu zachycení případných uvolněných stěn výkopu. Na podkladní šterkovou vrstvu se pak položí geotextilie (min. 200 g/m²). Přesah jednotlivých pásů geotextilie by měl být minimálně 200 mm. Na samotnou geotextilii se poté kladou dna vsakovacího bloku, jednotlivá dna se spojují k tomu určenými spojkami. Bloky se orientují směrem podél delší strany výkopu, aby jejich otevřené strany směřovaly ke kratší straně vsakovacího objektu, aby se vytvořil inspekční tunel. Obdobně se tak činí, pokud se kladou i další vrstvy bloků. Po usazení bloků se celý systém obalí geotextilií o plošné hmotnosti 200 g/m², zabrání se tak vniku nečistot do zařízení. Pro místo vstupu se do geotextilie provede řez do tvaru X a do vstupního otvoru se zavede přívodní trubka o průměru 200 mm. Volný zbytek geotextilie se přilepí či přivaří k trubce. Obdobně se tak provede i pro odvětrávací výstupy ve vertikálním směru. Pro obsyp a násyp se použije ten samý druh jako pro podsyp a to oblázkový šterk frakce 8/16. Obsyp se poté ručně (nikoliv vibračními stroji apod.) hutní po 300 mm (GLYNWED, 2017).



Obr. 16 – Vsakovací bloky Garantia Ecobloc (ECOBLOC, 2017)

Pro dimenzování vsakovacího objektu za použití vsakovacích bloků je postup obdobný jako u varianty šterku. To znamená navrhnout velikost vsakovací plochy a hloubku uložení vsakovacích bloků. V tomto případě jsou limitujícími faktory rozměry samotného bloku.

Rozměry dna výkopu jsem zvolil délku 44 m, šířku 40 m a výšku jsem zvolil podle výšky jednoho bloku a to 0,32 m (se dnem bloku 0,36 m), to znamená, že se klade pouze 1 vrstva bloků. Celkem tedy takovou plochu o rozloze 1760 m² pokryje 2750 bloků Garantia Ecobloc o půdorysném rozměru 0,8 x 0,8 m. Výpočet retenčního objemu vsakovacího zařízení je uveden v tabulce 8.

Doba trvání srážky t_c (min)	Výpočet retenčního objemu vsakovacího zařízení V_{vz}	Retenční objem vsakovacího zařízení V_{vz} (m ³)
5	$V_{vz} = 11,3/1000 \cdot (21255,2 + 0) - (0,5 \cdot 1,8 \cdot 10^{-5} \cdot 1760 \cdot 5 \cdot 60)$	235,43
10	$V_{vz} = 16,5/1000 \cdot (21255,2 + 0) - (0,5 \cdot 1,8 \cdot 10^{-5} \cdot 1760 \cdot 10 \cdot 60)$	341,21
15	$V_{vz} = 19,5/1000 \cdot (21255,2 + 0) - (0,5 \cdot 1,8 \cdot 10^{-5} \cdot 1760 \cdot 15 \cdot 60)$	400,22
20	$V_{vz} = 21,1/1000 \cdot (21255,2 + 0) - (0,5 \cdot 1,8 \cdot 10^{-5} \cdot 1760 \cdot 20 \cdot 60)$	429,48
30	$V_{vz} = 23,2/1000 \cdot (21255,2 + 0) - (0,5 \cdot 1,8 \cdot 10^{-5} \cdot 1760 \cdot 30 \cdot 60)$	464,61
40	$V_{vz} = 24,7/1000 \cdot (21255,2 + 0) - (0,5 \cdot 1,8 \cdot 10^{-5} \cdot 1760 \cdot 40 \cdot 60)$	486,99
60	$V_{vz} = 26,9/1000 \cdot (21255,2 + 0) - (0,5 \cdot 1,8 \cdot 10^{-5} \cdot 1760 \cdot 60 \cdot 60)$	514,74
120	$V_{vz} = 30,6/1000 \cdot (21255,2 + 0) - (0,5 \cdot 1,8 \cdot 10^{-5} \cdot 1760 \cdot 120 \cdot 60)$	536,36
240	$V_{vz} = 36,6/1000 \cdot (21255,2 + 0) - (0,5 \cdot 1,8 \cdot 10^{-5} \cdot 1760 \cdot 240 \cdot 60)$	549,84
360	$V_{vz} = 42,5/1000 \cdot (21255,2 + 0) - (0,5 \cdot 1,8 \cdot 10^{-5} \cdot 1760 \cdot 360 \cdot 60)$	561,20
480	$V_{vz} = 43,2/1000 \cdot (21255,2 + 0) - (0,5 \cdot 1,8 \cdot 10^{-5} \cdot 1760 \cdot 480 \cdot 60)$	462,03
600	$V_{vz} = 43,8/1000 \cdot (21255,2 + 0) - (0,5 \cdot 1,8 \cdot 10^{-5} \cdot 1760 \cdot 600 \cdot 60)$	360,74
720	$V_{vz} = 44,5/1000 \cdot (21255,2 + 0) - (0,5 \cdot 1,8 \cdot 10^{-5} \cdot 1760 \cdot 720 \cdot 60)$	261,57
1080	$V_{vz} = 46,4/1000 \cdot (21255,2 + 0) - (0,5 \cdot 1,8 \cdot 10^{-5} \cdot 1760 \cdot 1080 \cdot 60)$	-40,19
1440	$V_{vz} = 46,9/1000 \cdot (21255,2 + 0) - (0,5 \cdot 1,8 \cdot 10^{-5} \cdot 1760 \cdot 1440 \cdot 60)$	-371,71
2880	$V_{vz} = 58,9/1000 \cdot (21255,2 + 0) - (0,5 \cdot 1,8 \cdot 10^{-5} \cdot 1760 \cdot 2880 \cdot 60)$	-1485,22
4320	$V_{vz} = 62,5/1000 \cdot (21255,2 + 0) - (0,5 \cdot 1,8 \cdot 10^{-5} \cdot 1760 \cdot 4320 \cdot 60)$	-2777,28

Tabulka 8 – Výpočet retenčního objemu vsakovacího zařízení z vsakovacích bloků

Podle ČSN 75 9010 a výpočtu se navrhuje největší retenční objem vsakovacího zařízení $V_{vz} = 561,20 \text{ m}^3$ (viz. tabulka 8).

Celkový objem vsakovacího zařízení ze vsakovacích bloků se stanoví podle vztahu:

$$W = V_{vz} / m = 561,20 / 0,96 = \mathbf{584,6 \text{ m}^3}$$

Pro stanovení doby prázdňení vsakovacího zařízení je nutné spočítat nejprve vsakovaný odtok Q_{vsak} .

$$Q_{vsak} = 1/f \cdot k_v \cdot A_{vsak} = 1/2 \cdot 1,8 \cdot 10^{-5} \cdot 1760 = 0,01584 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$$

Výsledný vsakovaný odtok se pak dosadí do vzorce pro dobu prázdňení T_{pr} :

$$T_{pr} = V_{vz} / Q_{vsak} = 561,20 / 0,01584 = \mathbf{9,84 \text{ h}}$$

Doba prázdňení je menší než limitní hodnota podle ČSN 75 9010 (72 h).

Vsakovací zařízení, které je tvořeno 2750 bloky, je navrženo na objem 563,2 m³, což je téměř shodný údaj s výsledným retenčním objemem spočítaným podle normy.

5.4 Ekonomická bilance

Ekonomická bilance či rozvaha je tvořena náklady na výstavbu a terénní úpravy potřebné pro výstavbu vsakovacího zařízení. Jedná se o odhad finančního hlediska projektu.

Srážková voda dopadající na objekty obchodního centra Chodov je ze střech odváděna svody do kanalizace a jako obchodní budova je za tyto služby nucena platit stočné. Stočné je určeno z průměrných ročních srážek v dané lokalitě, z velikosti střech a z odtokového součinitele dle druhů střech. V tabulce 9 jsou udány hodnoty potřebné k výpočtu stočného.

Veličina	Hodnota	Jednotka
Roční srážkový úhrn za rok 2016	0,535	m · rok ⁻¹
Celková plocha střech	22753,84	m ²
Odtokový součinitel dle druhu střechy - Ψ	0,93	-

Vzorec pro výpočet odtoku srážkové vody za rok je následující:

$$Q_r = h_r \cdot A \cdot \Psi$$

kde:

h_r – průměrný roční úhrn srážek za rok [m · rok⁻¹],

A – plocha střech [m²]

Ψ – součinitel odtoku srážkových vod pro odvodňovanou plochu určitého druhu (dle tabulky 3).

$$Q_r = h_r \cdot A \cdot \Psi = 11\,321 \text{ m}^3 \cdot \text{rok}^{-1}$$

Pro výpočet výsledné ceny stočného za celý rok je potřeba vynásobit roční odtok srážkové vody cenou stočného za m³. Vývoj stočného (i vodného) každým rokem stoupá, v tabulce 10 jsem proto zahrnul ceny za poslední 3 roky (PVK, 2017).

Období	2015	2016	2017
Cena stočného (Kč · m ⁻³)	32,94	37,54	38,99
Cena celkem za daný rok (Kč)	372914	424962	441406

S aktuální cenou stočného pro rok 2017 (38,99 Kč · m⁻³) by cena stočného za rok činila 441 406 Kč, v roce 2015 by však obchodní centrum zaplatilo o více než 68 tisíc korun méně.

5.4.1 Ekonomická bilance – vsakovací nádrž

Náklady potřebné k výstavbě vsakovací nádrže zahrnují především výkopové práce těžkou mechanizací - bagrem, doprava vytěžené zeminy na skládku nákladními auty (20 t), poplatky za ukládku stavebního odpadu (kategorizovaného jako 17 05 04 podle katalogu odpadů), ohumusování a zatravnění povrchu nádrže. Předpokladem pro tuto činnost je potřeba kolového bagru s obsluhou (cca 1000 Kč · h⁻¹), který bude schopen naložit vytěženou zeminou za 1 hod. 5 nákladních aut, které mohou uvést max 20 t (počítám však 18 t), těžená zemina má objemovou hmotnost cca 2000 kg · m⁻³ (NOVÁK, HOŘEJŠÍ, 1968). Zemina bude odvážena do 3,1 km vzdálené provozovny pro ukládku stavebního a jiného odpadu s jednotkovou cenou 165 Kč · t⁻¹ (KARE, 2017). Cenu dopravy nákladního auta odhaduji na 50 Kč · km⁻¹ (počítám pouze cestu v jednom směru). Po výkopových pracích je žádoucí plochu nádrže ohumuset a zasít travní semeno v dávce 25 g · m⁻². Více už je patrné z tabulky 11.

Položka	Množství	Jednotka	Cena za jednotku (Kč)	Cena celkem (Kč)
Výkopové práce	866	m ³	11,6	10045,60
Odvoz výkopové zeminy - počet ujetých km nákladními auty (20 t)	298	km	50	14914,44
Ukládka stavebního odpadu	1732	t	165	285780,00
Ohumusování tl. 10 cm	491	m ²	42	20622,00
Osetí travním osivem	12,3	kg	97,5	1196,81
			Σ cena	332 559

Tabulka 11 – Cenový rozpočet pro vsakovací nádrž

Návratnost investice je do 9 měsíců, pokud porovnááme s cenou stočného pro rok 2017. Náklady na zalévání travního semene po výsevu, následnou údržbu travního porostu či odstraňování usazených nánosů u dna nádrže nejsou brány v úvahu. Nejde ale o větší nárůst investičních nákladů.

5.4.2 Ekonomická bilance – štěrková vrstva

Náklady potřebné k výstavbě vsakovacího zařízení ze štěrkové vrstvy zahrnují především výkopové práce těžkou mechanizací - bagrem, doprava vytěžené zeminy na skládku nákladními auty (20 t), poplatky za ukládku stavebního odpadu (kategorizovaného jako 17 05 04 podle katalogu odpadů), dopravu a pokládku štěrku frakce 16/32, pokládku geotextilie a perforovaných drenážních trubek, instalaci odvětrávacích zařízení, zavezení vrchní vrstvy zeminy o tl. 50 cm a následné ohumusování a zatravnění povrchu. Předpokladem pro tuto činnost je potřeba kolového bagru s obsluhou (cca 1000 Kč · h⁻¹), který bude schopen naložit vytěženou zeminou za 1 hod. 5 nákladních aut, které mohou uvést max. 20 t (počítám však 18 t), těžená zemina má objemovou hmotnost cca 2000 kg · m⁻³ (NOVÁK, HOŘEJŠÍ, 1968). Zemina bude odvážena do 3,1 km vzdálené provozovny pro ukládku stavebního a jiného odpadu s jednotkovou cenou 165 Kč · t⁻¹ (KARE, 2017). Cenu dopravy nákladního auta odhaduji na 50 Kč · km⁻¹ (počítám pouze cestu v jednom směru). Štěrku frakce 16/32 o objemové hmotnosti 1800 kg · m⁻³ (NOVÁK, HOŘEJŠÍ, 1968) je možno zakoupit ve stejné provozovně, kam bude odvážena

výkopová zemina, a to za cenu 330 Kč · t⁻¹ (KARE, 2017). Po výkopových pracích je žádoucí plochu nad štěrkovým tělesem ohumusovat a zasít travní semeno v dávce 25 g · m⁻². Více už je patrné z tabulky 12.

Položka	Množství	Jednotka	Cena za jednotku (Kč)	Cena celkem (Kč)
Výkopové práce	2275	m ³	11,6	26390,00
Odvoz výkopové zeminy - počet ujetých km nákladními auty (20 t)	522	km	50	26120,37
Ukládka stavebního odpadu	3033	t	165	500500,00
Geotextilie	4649	m ²	29	134815,20
Doprava štěrku nákl. auty (20 t)	574	km	50	28675,00
Štěrka frakce 16/32	3330	t	330	1098900,00
Drenážní trubky DN 100	850	m	27,7	23545,00
Odvětrávací šachty	10	ks	2500	25000,00
Ohumusování tl. 10 cm	1850	m ²	42	77700,00
Osetí travním osivem	46,3	kg	97,5	4509,38
			Σ cena	1 946 155

Tabulka 12 – Cenový rozpočet pro variantu štěrkové vrstvy

Návratnost investice je do 4,5 roku, pokud porovnááme s cenou stočného pro rok 2017. Náklady na zalévání travního semene po výsevu či následnou údržbu travního porostu nebo revizní náklady nejsou brány v úvahu. Nejde ale o žádný větší nárůst investičních nákladů.

5.4.3 Ekonomická bilance – vsakovací bloky

Náklady potřebné k výstavbě vsakovacího zařízení z vsakovacích bloků zahrnují především výkopové práce těžkou mechanizací - bagrem, doprava vytěžené zeminy na skládku nákladními auty (20 t), poplatky za ukládku stavebního odpadu (kategorizovaného jako 17 05 04 podle katalogu odpadů), dopravu a pokládku štěrku frakce 8/16, pokládku geotextilie, dna bloků a samotné bloky spojované k tomu určenými spojkami, po stěnách vsakovacího zařízení se ještě napojují zakončení bloků (2 ks na každý blok). K nákladům dále patří pokládka perforovaných

drenážních trubek, instalaci odvětrávacích zařízení, zavezení vrchní vrstvy zeminy o tl. 50 cm a následné ohumusování a zatravnění povrchu. Předpokladem pro tuto činnost je potřeba kolového bagru s obsluhou (cca 1000 Kč · h⁻¹), který bude schopen naložit vytěženou zeminou za 1 hod. 5 nákladních aut, které mohou uvést max. 20 t (počítám však 18 t), těžená zemina má objemovou hmotnost cca 2000 kg · m⁻³ (NOVÁK, HOŘEJŠÍ, 1968). Zemina bude odvážena do 3,1 km vzdálené provozovny pro ukládku stavebního a jiného odpadu s jednotkovou cenou 165 Kč · t⁻¹. Cenu dopravy nákladního auta odhaduji na 50 Kč · km⁻¹ (počítám pouze cestu v jednom směru). Štěrka frakce 8/16 o objemové hmotnosti 1900 kg · m⁻³ (NOVÁK, HOŘEJŠÍ, 1968) je možno zakoupit ve stejné provozovně, kam bude odvážena výkopová zemina, a to za cenu 325 Kč · t⁻¹ (KARE, 2017). Po výkopových pracích je žádoucí plochu nad vsakovacím tělesem ohumusovat a zasít travní semeno v dávce 25 g · m⁻². Více už je patrné z tabulky 13.

Položka	Množství	Jednotka	Cena za jednotku (Kč)	Cena celkem (Kč)
Výkopové práce	1735	m ³	11,6	20126,00
Odvoz výkopové zeminy - počet ujetých km nákladními auty (20 t)	282	km	50	14105,00
Ukládka stavebního odpadu	1625	t	165	268125,00
Doprava štěrku nákl. auty (20 t)	50	km	50	2480,00
Štěrka frakce 8/16	280	t	325	91000,00
Geotextilie	4300	m ²	29	124700,00
Bloky Garantia Ecobloc	2750	ks	1319	3627250,00
Dno bloku	2750	ks	508	1397000,00
Zakončení bloku	336	ks	339	113904,00
Spojky	5200	ks	15	78000,00
Drenážní trubky DN 100	820	m	27,7	22714,00
Odvětrávací šachty	20	ks	2500	50000,00
Ohumusování tl. 10 cm	1760	m ²	42	73920,00
Osetí travním osivem	44,0	kg	97,5	4290,00
			Σ cena	5 887 614

Tabulka 13 – Cenový rozpočet vsakovacího zařízení z vsakovacích bloků

Návratnost investice činí 13,5 roku, pokud porovnáváme s cenou stočného pro rok 2017. Náklady na zalévání travního semene po výsevu, následnou údržbu travního porostu či revizní náklady nejsou do rozvahy počítány. Nejedná se ale o větší nárůst investičních nákladů.

6. Diskuze

Práce předkládá 3 možné varianty vsakování dešťových vod pro objekt obchodního centra Chodov. Ke všem variantám je zpracován hrubý odhad investičních nákladů s dobou návratnosti investice.

První variantou je vsakovací nádrž s dobou prázdnění 52,25 h, což je v tomto ohledu nejslabší varianta. Dalším negativem je záběr povrchu o ploše 551 m², což u dvou ostatních variant nepřipadá v úvahu vzhledem k jejich podpovrchové výstavbě. Avšak nespornou výhodou je především výše investičních nákladů, které by se jako investiční záměr splatily za 9 měsíců a již by nebylo nutné platit stočné. Další výhodou je přirozený vzhled nádrže, která by při dalších úpravách (výsadba vegetačních prvků, vybudování přístupových cest) obohatila území sídliště o prvky zeleně a vodní plochy. Při dostatečné úpravě a vhodném umístění by stavba mohla plnit rekreační funkci.

Druhou variantou je vsakování za užití šterkového lože. Toto zařízení má dobu prázdnění 8,87 h, což ho v tomto ohledu řadí oproti ostatním variantám na první místo. S investičními náklady necelých dvou milionů korun jde o druhou nejlevnější variantu s dobou návratnosti 4,5 roku. Negativem je potřebná plocha k výstavbě zařízení a množství vytěžené zeminy. Další možnou nevýhodou je dle mého názoru náchylnost k protržení geotextilie při neopatrné výstavbě či větším zatížení.

Poslední variantou je metoda vsakovacích bloků, která je nesporně nejdražší variantou. S investičními náklady dosahující téměř šest milionů korun je 3x dražší než šterkové lože a až zhruba 17,5x dražší než vsakovací nádrž, doba splatnosti je 13,5 roku. S dobou prázdnění 9,84 h je druhým nejrychleji se prázdnícím zařízením. Co bych však chtěl u této možnosti vyzdvihnout je možnost zatížení celého systému shora. To znamená, že při dostatečné vrchní vrstvě zeminy je možné nechat systém zatěžovat těžkými nákladními auty. Zvolil jsem mocnost vrstvy 500 mm, což je minimální hodnota pro zatížení nákladními auty o hmotnosti 30 t. To bude

dostatečná hodnota i vzhledem k faktu, že do oblasti obchodního centra je zákaz vjezdu nákladním automobilům nad 12 t hmotnosti (mimo dopravní obsluhy). Toto zařízení by tedy mohlo být vybudováno pod povrchem parkoviště.

Osobně se přikláním k první variantě, tedy vsakovací nádrži. Jedná se o nejlevnější variantu, jde o variantu, která je nejvíce přírodě blízká, vsakování přes oživenou vrstvu půdy rapidně zlepšuje filtrační schopnost, uplatňuje se u ní výpar z volné hladiny, což jak říká Hlavínek (2007), pozitivně působí na mikroklima oblasti. S doplněním vegetačních prvků může nádrž sloužit i jako místo odpočinku. Při dalších úpravách vody může sloužit i jako alternativní zdroj vody pro splachování WC, mytí aut apod. Tímto způsobem by bylo možno ušetřit i na vodném.

V případě využívání dešťových vod se však hledí především na ekonomickou stránku věci, dle vyjádření přední inženýrky spravující stavbu obchodního centra není taková možnost příliš lukrativní. Dosavadní řešení pro obchodní centrum Chodov spočívá v několika retenčních nádržích, které mají přepad do kanalizace. V případě obchodního centra Černý most je šedá voda (voda z umyvadel či sprch) a voda dešťová z 80% znovu využívána na splachování WC (LADA UNGEROVÁ, 2017, in verb). Rází se tedy přístup decentralizovaného systému nakládání s odpadními vodami (tzv. DESAR), což je koncept snažící se cílit na ekologické, vodohospodářské i ekonomické hodnoty a podporovat lokální hydrologii. Dle mého názoru jde o velice inteligentní koncept s dobrými vyhlídkami do budoucna, je však stále nepochopený a bude těžké přesvědčit většinu občanů ustoupit od zavedeného, snad i pohodlného centralizovaného systému.

7. Závěr

Jedním z cílů práce bylo představit základní poznatky v oblasti hospodaření s dešťovými vodami. Hospodaření s dešťovými vodami je stále více diskutovaným tématem, jelikož jde o jistý směr, jak se bránit přemíře povrchového odtoku, znečištění povrchových vod, povodňovým stavům či nadměrnému zatěžování čistíren odpadních vod.

Myslím, že důležitým aspektem je především ukotvení HDV ve státní legislativě, to je důležitým krokem ke zlepšení situace, avšak dle mého názoru nejsou občané stále dostatečně motivováni či nuceni se o HDV zajímat. Dalším zajímavým prvkem je i

dotační politika státu. Podle ministra životního prostředí Richarda Brabce má přijít nový dotační program s názvem “Dešťovka”. Půjde o program cílený na HDV v domácnostech. Cílem je motivovat občany k využívání dešťové vody tam, kde je to skutečně potřeba. Dotace mají dosahovat až 50% a do programu je ministerstvo ochotno investovat 100 milionů korun. Přesné podmínky budou zveřejněny v dubnu 2017.

Jak uvádí IPCC (2008), změna klimatu není jen konspirační teorií a z poznatků vyplývá, že do roku 2100 by teplota měla stoupnout průměrně o 1,8 °C, v méně příznivém scénáři až o 4 °C. Podle stejného zdroje bude ubývat množství srážek, ale srážkové události budou o poznání vydatnější, to znamená, že se dají očekávat kritické přívalové srážky. Se stoupající mírou urbanizace a výstavbě zpevněných ploch to může znamenat ještě větší riziko zmíněných druhů ohrožení.

Stejně jako skládkování v odpadovém hospodářství, ani odvádění dešťových vod do kanalizace a následně recipientu nemá dle mého názoru budoucnost a z dlouhodobého hlediska je neudržitelné. Stavebníci jsou nuceni projektovat stavby s minimálními investičními náklady, je tedy třeba je motivovat k návrhu takových staveb, které budou brát ohled i na podporu lokální hydrologie daného území, čímž se minimalizují rizika a finanční náklady na možnou sanaci území při kritických srážkových událostech. Není ani tak důležité investovat do protipovodňových opatření jako v případě hlavního města, když není řešena příčina. Je složité navrhovat vsakovací zařízení v zastavěném území především kvůli potřebné ploše, je však nutná motivace k HDV v plánované výstavbě (především rodinných domů). Práce řeší a navrhuje možnosti vsakování srážkových vod ve značně urbanizované oblasti a může sloužit jako podklad pro samotný návrh vsakovacích zařízení.

8. Seznam použité literatury

Knihy a články:

- **BIČ M., 1979: Stopami dávných věků, 1. vyd. Praha: Nakladatelství Vyšehrad, 274 s. S. 103.**
- **BRADOVÁ E., 2012: Územně analytické podklady hl. m. Prahy 2012. Praha: Útvar rozvoje hl. m. Prahy, 2012.**
- **GARBRECHT G., 1987: Die Wasserversorgung antiker Städte.**
- **GEIGER W., DREISEITL H., 2001: Neue Wege für das Reggenwasser.**
- **HLAVÍNEK P., 2007: Hospodaření s dešťovými vodami v urbanizovaném území. Ardec, Brno, 164 s.**
- **HOGAN, M. C., 2010: "Bioswale." Archived June 25, 2010, at the Wayback Machine. Encyclopedia of Earth. Eds. LOEHRLEIN M. (Topic Editor); CUTLER J. Cleveland. Washington, D.C.: Environmental Information Coalition, National Council for Science and the Environment.**
- **HUNT W.F., SMITH FT., JADLOCKY S.J., HATHAWAY J.M., EUBANKS P.R., 2008: Pollutant Removal and Peak Flow Mitigation by a Bioretention Cell in Urban Charlotte, N.C. Journal of Environmental Engineering, 134 (5) pp.403-408.**
- **IPCC, 2008: Climate change 2007: IPCC fourth assessment report.**
- **KRÁL J., VOLTR J., 2013: Podrobný inženýrskogeologický průzkum pro Obchodní centrum Chodov, Budova D, 15 s.**
- **KREJČÍ V., HLAVÍNEK P., ZEMAN E., 2002: Odvodnění urbanizovaných území – koncepční přístup. Brno: Noel 2000.**
- **KUBÍKOVÁ J., LOŽEK V., ŠPRYŇAR P. a kol., 2005 In: MACKOVČIN P. a SEDLÁČEK M. (eds.): Chráněná území ČR, svazek XII. Agentura ochrany přírody a krajiny ČR a EkoCentrum Brno, Praha, 304 pp.**

- **LOECHL, PAUL M., et al. (2003). Design Schematics for a Sustainable Parking Lot. Champaign, IL: US Army Corps of Engineers, Research and Development Center. Construction Engineering Research Laboratory. Document no. ERDC/CERL TR-03-12.**
- **NOVÁK O., HOŘEJŠÍ J., 1968: Statické tabulky pro stavební praxi. Technický průvodce 51. SNTL, Praha, 1968, 476 str. Str. 83, 117.**
- **NĚMEČEK J., LÉROVÁ Z., 2009: Klasifikace půdních typů podle TKSP a WRB. WMS vrstva pro ArcGIS ve zpracování 1: 250 000. Katedra pedologie a ochrany půd, ČZU. Praha.**
- **ONDŘEJ J., 1996: Trvalkové vegetační pokryvy na střešních konstrukcích malé únosnosti. In: Využití trvalek ve veřejné zeleni. Jena, Praha, 29-43.**
- **OUŘADA T., 2013: Protokoly s výsledky laboratorních rozborů zemin a hornin. Geotechnický servis, Praha.**
- **ŘEZÁČOVÁ, D. a kol. Fyzika oblaků a srážek. 1. vydání. Praha: Academia, 2007. 576 s. ISBN 978-80-200-1505-1.**
- **SEIDL P., 2010: „Wavin Azura, Wavin Q-Bic.“ 20.**
- **SCHMIDT H., 1986: Untersuchungen zur Regenwassernutzung in Wohnbauten.**
- **SIEKER H., 2007: Neue Entwicklungen in der Regenwasserbewirtschaftung - Wasserbilanz als Planungskriterium, in Landesverbandstagung in Pforzheim, 18. DWA – Landesverband BadenWürttemberg.**
- **SOUKUPOVÁ J., 2009: Skripta k předmětu Atmosférické procesy, 4. vydání, ČZU, Praha, 201 s.**
- **ŠIMEČKOVÁ J., VEČEŘOVÁ I., 2010: Zelené střechy – naděje pro budoucnost. Svaz zakládání a údržby zeleně, Brno, 38 s**
- **TOLASZ, R a kol. Atlas podnebí Česka = Climate atlas of Czechia. 1. vydání. Praha: ČHMÚ; Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2007. 255 s. ISBN 978-80-86690-26-1.**

- **VOLOŠ B., MACEK L., 2014: Nejistoty při navrhování systémů nakládání s dešťovými vodami. Časopis vodní hospodářství, ročník 64, číslo 3/2014, str. 15-17.**
- **VYSOUDIL, M. Meteorologie a klimatologie. 1. vydání. Univerzita Palackého v Olomouci: Olomouc, 2004. 281 s. ISBN 80-244-0875-9.**
- **ZORBIST J., STUMM W., 1979: Wie sauber ist das Schweizer Regenwasser. Neue Zürcher Zeitung, 146 s. NZZ Mediengruppe.**

Zákony a vyhlášky:

- **Zákon č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví a související předpisy**
- **Zákon č. 254/2001 Sb., o vodách a změně některých zákonů (vodní zákon)**
- **Zákon č. 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů (zákon o vodovodech a kanalizacích)**
- **Zákon č. 183/2006 Sb., o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon)**
- **Vyhláška 501/2006 Sb.**
- **Vyhláška 268/2009 Sb.**
- **Vyhláška 269/2009 Sb.**

Technické předpisy a normy:

- **DWA-A 138 - Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser, 2005.**
- **DWA-Merkblatt M153 - Handlungsempfehlungen zum Umgang mit Regenwasser, 2007.**
- **ČSN EN ISO 14688**

- ČSN 73 6133 - Navrhování a provádění zemního tělesa pozemních komunikací
- ČSN 75 9010 – Vsakovací zařízení srážkových vod
- TNV 75 9011 – Hospodaření se srážkovými vodami

Internetové zdroje:

- ACRE, 2017: Obrázek intenzivní střechy. Online: <http://www.acre.cz/fotogalerie/17.jpg>, cit. 18.3.2017.
- CENIA, 2015: Zpráva o životním prostředí v kraji Hl. m. Praha, 2014. Online: <http://www1.cenia.cz/www/sites/default/files/2015/Praha.pdf>, cit. 18.3.2017.
- CLEMSON UNIVERSITY, 2017: Obrázek Bioswale. Online: http://www.clemson.edu/extension/hgic/water/resources_stormwater/images/304_portland1.jpg, cit. 8.3.2017
- ČHMÚ, 2017: Mapa srážek ČR v roce 2016. Online: <http://portal.chmi.cz/historicka-data/pocasi/mapy-charakteristik-klimatu#>, cit. 15.2.2017.
- ČHMÚ, 2007: Průměrné koncentrace polutantů vážené srážkovým úhrnem, Praha. Online: http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/tab_roc/2007_enh/cze/precipitation_y_avg_total/y_avg_total_1866040.html, cit. 8.3.2017.
- GARANTIA ECOBLOC, 2017: Obrázek vsakovacích bloků Ecobloc. Online: <http://ecobloc.cz/wp-content/uploads/cropped-slozeni.png>, cit. 7.4.2017.
- GEOPORTAL, 2017: Mapový systém. Obrázky 11 a 12. Online: <https://geoportals.gov.cz/web/guest/map>, cit. 8.3.2017.
- KARE, 2017: Provozovna zabývající se recyklací stavebního odpadu a prodejem stavebního materiálu; Ceník pro výpočet

- některých položek rozvahy. Online: http://www.karepraha.cz/files/KARE-Praha_cenik_2017-02.pdf, cit. 1.4.2017.
- KNAUF INSULATION, 2017: Obrázek extenzivní zelené střechy. Online: http://www.knaufinsulation.cz/sites/cz.knaufinsulation.net/files/Urbanspace/Roof_Winter_v.jpg, cit. 12.3.2017.
 - MŽP, 2017: Tisková zpráva Ministerstva životního prostředí, Praha. Online: http://www.mzp.cz/cz/news_170203_priority, cit. 15.4.2017.
 - PRAŽSKÉ VODOVODY A KANALIZACE, 2017: Cena stočného pro rok 2015, 2016, 2017. Online: <http://www.pvk.cz/vse-o-vode/cena-vodneho-a-stocneho/vyvoj-vodneho-a-stocneho-v-praze/>, cit. 7.4.2017.
 - STAVCENTRUM, 2002: Obrázek akumulční nádrže s přepadem. Online: http://www.stavcentrum.cz/images/voda/dum1_v.jpg, cit. 8.3.2017.
 - TZB-INFO, 2007: Obrázek akumulční nádrže. Online: <http://voda.tzb-info.cz/docu/zpravy/0099/009972o1.jpg>, cit. 8.3.2017.
 - TZB-INFO, 2007: Obrázek podpovrchového vsakovacího zařízení. Online: <http://voda.tzb-info.cz/docu/clanky/0084/008413o3.jpg>, cit. 8.3.2017.
 - TZB-INFO, 2007: Obrázek vsakovacího průlehu. Online: <http://voda.tzb-info.cz/docu/clanky/0099/009961o3.jpg>, cit. 8.3.2017.
 - TZB-INFO, 2007: Obrázek vsakovacího jezírka. Online: <http://voda.tzb-info.cz/docu/clanky/0065/006557o1.jpg>, cit. 12.3.2017.
 - WATERSHED COUNCIL, 2017: Obrázek Bioswale. Online: <https://www.watershedcouncil.org/uploads/7/2/5/1/7251350/6956630.jpg?799>, cit. 8.3.2017.

9. Přílohy

9.1 Příloha č. 1 – ČSN 75 9010 (Příloha A)

ČSN 75 9010

Příloha A (informativní)

Hydrologické podklady pro stanovení návrhového množství srážkových povrchových vod

Pro odvodňované plochy do 3 ha se retenční objem vsakovacího zařízení stanoví podle 6.2.5 s využitím návrhových úhrnů srážek podle tabulek A.1 a A.2, nebo přesnějších místně platných hydrologických údajů.

POZNÁMKA Tabulky A.1 a A.2 byly zpracovány z dostupných hydrologických podkladů pro ČR a s využitím statistických výstupů projektu GA ČR 103/07/0676 s názvem – „Extrémní srážkové scénáře pro rizikovou analýzu posouzení ekonomicky únosného a ekologicky šetrného návrhu stokových sítí“.

U odvodňovacích systémů navrhovaných ze sériově řazených retenčních a/nebo vsakovacích zařízení a u odvodňovaných ploch větších než 3 ha se doporučuje retenční objem vsakovacího zařízení stanovit deterministicky, pomocí dlouhodobé simulace.

Pro návrh a případné posouzení vsakovacího zařízení pomocí dlouhodobé simulace srážkoodtokových poměrů v zájmové oblasti je nutno mít k dispozici validované (místně platné) historické srážkové řady o minimální délce 10 let pro návrhovou periodicitu srážek $p = 0,2 \text{ rok}^{-1}$ a 20 let pro návrhovou periodicitu srážek $p = 0,1 \text{ rok}^{-1}$.

Validací srážkoměrných dat se ve smyslu přípravy návrhových srážkových podkladů pro postupy popsané v této normě rozumí důkladná kontrola, homogenizace a převod primárních dešťových dat do podoby historických dešťových řad a následného statistického vyhodnocení.

POZNÁMKA Další podrobnější informace lze nalézt v [12] a [23].

Pokud má být analýza klimatických dat smysluplná, musí být založena na kvalitních datech. V případě srážkových úhrnů za krátké časové období je časová a prostorová variabilita těchto hodnot velmi vysoká. Pro dlouhé časové řady srážkových intenzit, kdy jsou tyto stanice od sebe velmi vzdálené je korelace mezi řadami velmi nízká. Závaznost srážkových dat pro danou lokalitu potvrdí validace srážkových dat. Validací srážkových dat (primárních dat získaných z automatické srážkoměrné stanice nebo digitalizací ombrogramů z databáze ČHMÚ) se rozumí sled statistického ošetření nehomogenit v primárním záznamu, doplnění výpadků pomocí referenčních řad, či jiné v literatuře doporučené postupy, viz [22], [24], [25] a [26].

POZNÁMKA Další podrobnější informace lze nalézt v [22], [24], [25] a [26].

Stanovení návrhových hodnot množství srážkových vod pro vsakování jiným způsobem než převzetím údajů z tabulky A.1 a A.2 je nutné v technické zprávě či hydrotechnických výpočtech doložit a to uveřejněním technických postupů, kterými byla validace srážkových podkladů zpracována a uveřejněním zpracovatele.

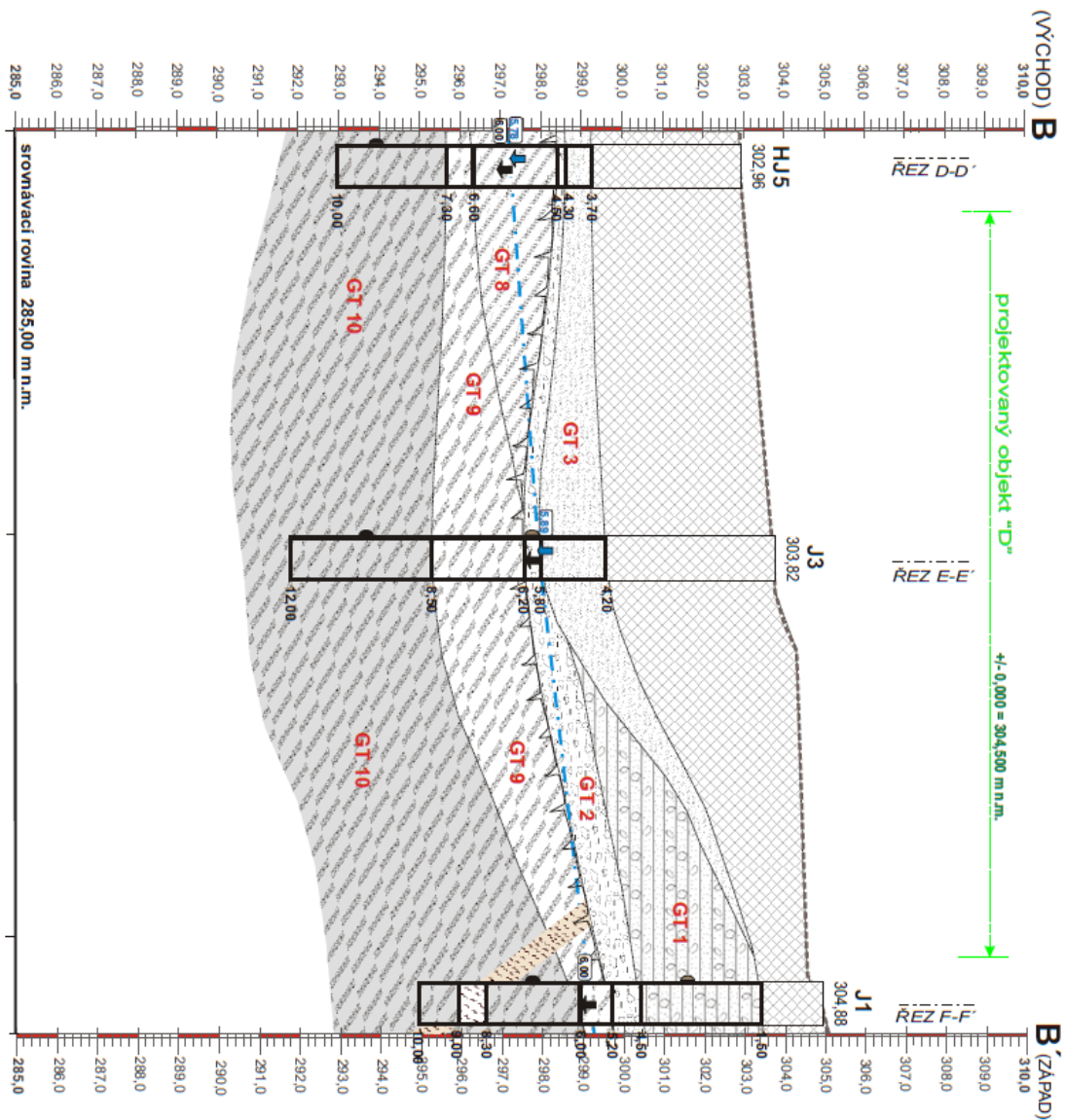
Tabulka A.1 – Návrhové úhrny srážek s dobou trvání 5 min až 120 min.

Číslo stanice	Místo	Nadmořská výška [m n. m.]	Periodicita ρ [rok ⁻¹]	Doba trvání srážek t_c [min]							
				5	10	15	20	30	40	60	120
				Návrhové úhrny srážek h_d [mm]							
1	Brno	257	0.2	9.5	13.5	16.5	18.5	21.3	23.9	26.2	33.1
			0.1	11.1	15.7	19.4	21.6	25.1	28.2	31.0	38.9
2	Bruntál	547	0.2	9.1	13.9	16.7	18.4	20.5	22.1	24.1	27.6
			0.1	10.4	16.2	19.5	21.4	24.1	25.9	28.3	32.3
3	Polička	593	0.2	9.7	13.7	16.0	17.8	20.2	21.7	24.1	28.2
			0.1	11.1	15.8	18.5	20.5	23.2	25.2	28.0	32.8
4	Kamýk nad Vltavou	287	0.2	11.6	16.6	19.3	20.8	23.0	24.7	26.8	30.5
			0.1	13.8	20.0	23.0	25.0	27.5	29.5	32.2	36.7
5	Klástermí Hradisko	215	0.2	10.0	15.4	18.7	20.9	23.6	25.4	27.9	31.9
			0.1	11.3	18.0	22.1	24.6	28.1	30.5	33.3	36.5
6	Mariánské Lázně	581	0.2	10.9	15.5	18.2	20.2	22.7	24.7	27.5	32.0
			0.1	12.9	18.5	21.6	24.0	27.2	29.5	32.5	38.0
7	Mšeno	352	0.2	10.9	14.9	17.4	19.1	21.4	23.2	25.6	29.7
			0.1	12.6	17.7	20.7	22.8	25.9	27.8	30.9	36.0
8	Ostrava-Vítkovice	237	0.2	10.8	15.2	17.8	19.6	22.1	23.8	26.3	30.5
			0.1	12.3	17.4	20.6	22.8	25.9	28.1	31.3	36.6
9	Petrovice	398	0.2	11.3	17.1	19.4	21.6	23.6	25.2	27.6	31.5
			0.1	13.0	19.9	22.8	25.0	27.7	30.0	32.7	38.2
10	Pěčín	508	0.2	12.1	17.2	19.6	21.2	23.8	25.4	28.0	31.6
			0.1	13.9	20.0	23.0	25.1	28.3	30.2	33.3	37.9
11	Plzeň-Doudlevice	311	0.2	10.2	15.0	17.6	19.2	21.4	22.8	24.9	28.6
			0.1	11.9	17.5	20.7	22.7	25.2	27.1	29.7	34.3
12	Praha-Hostivař	240	0.2	11.3	16.5	19.5	21.1	23.2	24.7	26.9	30.6
			0.1	13.1	19.5	23.2	25.3	28.1	30.2	33.1	37.9
13	Seč	540	0.2	12.5	17.9	20.6	22.2	24.5	26.2	28.4	32.3
			0.1	14.4	20.9	24.2	26.2	28.8	30.7	33.4	38.0
14	Tábor	441	0.2	11.9	16.4	18.4	19.7	21.8	23.2	25.1	28.6
			0.1	13.8	19.1	21.4	23.2	25.6	27.1	29.4	33.5
15	Telč	526	0.2	10.2	15.7	19.1	21.4	24.5	25.9	27.8	31.0
			0.1	11.6	18.2	22.2	25.1	28.8	30.5	32.9	36.8
16	Bílá Třemešná	322	0.2	8.9	14.0	16.9	18.6	21.1	22.9	25.4	29.7
			0.1	10.1	16.1	19.6	22.0	25.0	27.4	30.6	36.0
17	Třebíč	406	0.2	11.9	16.6	19.4	21.4	23.9	26.2	28.8	33.0
			0.1	13.8	19.3	22.5	24.7	28.1	30.5	33.5	36.0
18	Uherské Hradiště	181	0.2	8.9	13.7	16.6	17.9	19.6	21.0	22.9	26.0
			0.1	10.4	16.0	19.4	20.9	23.0	24.7	26.9	30.5
19	Vsetín	345	0.2	9.4	14.0	16.7	18.8	21.6	23.2	25.7	29.8
			0.1	10.7	16.0	19.2	21.6	24.8	26.9	29.7	34.6
20	Vyškov-Brňany	255	0.2	9.8	13.4	16.2	18.3	21.5	25.2	27.5	34.8
			0.1	12.2	16.1	19.5	22.1	26.4	31.4	34.0	42.5
21	Znojmo	306	0.2	12.1	17.6	20.6	22.6	25.4	27.1	29.5	33.6
			0.1	14.0	20.7	24.4	26.8	30.1	32.2	35.2	40.1
22	Horské lokality	nad 650	0.2	10.4	14.5	17.0	19.4	22.7	25.7	30.0	39.7
			0.1	11.9	16.7	19.6	22.2	26.1	29.5	34.6	45.7

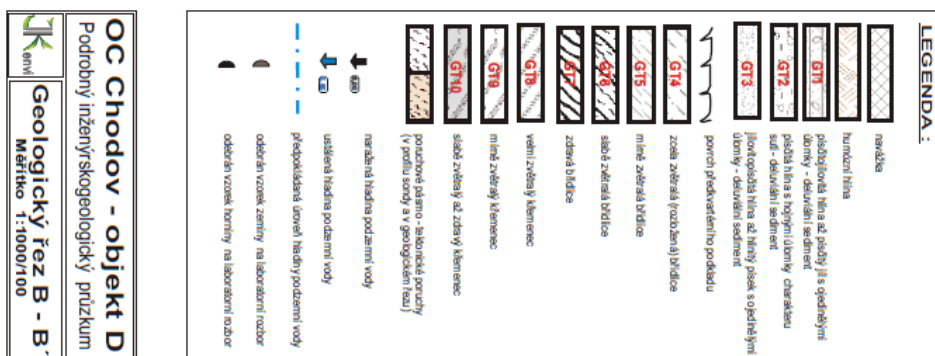
Tabulka A.2 – Návrhové úhrny srážek s dobou trvání 4 h až 72 h

Číslo stanice	Místo	Nadmořská výška [m n. m.]	Periodicita ρ [rok ⁻¹]	Doba trvání srážek t_c [h]								
				4	6	8	10	12	18	24	48	72
				Návrhové úhrny srážek h_n [mm]								
1	Brno	257	0.2	37.1	38.7	39.4	40.1	40.7	42.7	44.2	53.9	60.2
			0.1	43.8	47.3	48.6	49.3	50.0	52.2	53.8	63.9	70.9
2	Bruntál	547	0.2	33.4	38.2	38.9	39.7	40.5	42.9	44.3	56.7	63.3
			0.1	39.2	42.9	43.9	44.8	45.8	48.6	50.6	64.6	73.2
3	Polička	593	0.2	34.1	39.9	41.7	42.7	43.7	46.8	49.0	64.3	73.9
			0.1	39.7	46.0	47.3	48.6	49.9	53.9	56.8	75.5	88.3
4	Kamýk nad Vltavou	287	0.2	35.0	36.5	37.2	37.9	38.5	40.6	41.8	52.7	58.4
			0.1	42.1	45.0	46.0	46.8	47.6	49.9	51.2	63.6	69.8
5	Klášteří Hradisko	215	0.2	33.6	34.5	35.4	36.3	37.2	39.9	41.3	56.1	63.0
			0.1	37.5	38.6	39.7	40.7	41.8	45.0	46.5	64.0	71.9
6	Mariánské Lázně	581	0.2	34.9	36.0	37.1	38.2	39.3	42.6	44.6	61.5	70.9
			0.1	41.4	42.7	44.0	45.2	46.5	50.4	52.6	73.1	83.5
7	Mšeno	352	0.2	33.8	36.3	38.0	39.0	39.6	41.4	42.2	52.3	56.4
			0.1	41.1	44.1	46.6	47.2	47.9	50.0	50.8	62.5	67.2
8	Ostrava-Vítkovice	237	0.2	36.7	40.7	41.9	43.1	44.3	47.9	50.1	68.7	78.9
			0.1	41.9	45.0	47.1	48.6	50.2	54.8	58.2	80.5	95.2
9	Petrovice	398 (400)	0.2	37.7	43.9	47.4	48.1	48.9	51.2	52.8	63.9	71.0
			0.1	45.9	53.6	56.5	57.5	58.5	61.5	63.6	78.5	87.7
10	Pěčín	508 (564)	0.2	37.7	43.8	49.5	50.4	51.3	53.9	55.2	69.6	76.2
			0.1	45.5	53.0	55.3	56.4	57.5	60.8	62.4	81.2	89.2
11	Plzeň-Doudlevice	311	0.2	33.0	35.3	36.9	38.2	39.0	41.2	42.6	53.6	60.1
			0.1	39.5	42.3	44.3	45.9	47.6	50.3	51.8	66.6	73.9
12	Praha-Hostivař	240	0.2	36.6	42.5	43.2	43.8	44.5	46.4	46.9	58.9	62.5
			0.1	45.7	52.0	52.8	53.7	54.6	57.2	58.1	73.5	78.9
13	Seč	540	0.2	38.4	44.0	45.2	46.5	47.8	51.6	54.3	72.6	84.6
			0.1	45.3	52.2	53.7	55.2	56.6	61.1	64.4	85.5	99.8
14	Tábor	441	0.2	32.4	34.4	35.9	37.1	37.8	40.0	41.8	51.6	59.1
			0.1	38.0	40.4	41.2	42.0	42.8	45.3	47.1	59.0	66.9
15	Telč	526 (569)	0.2	37.7	43.1	43.9	44.8	45.6	48.0	49.7	61.6	69.2
			0.1	44.8	52.9	54.7	55.6	56.5	59.1	61.2	72.9	81.8
16	Bílá Třemešná	322	0.2	36.1	41.8	42.4	43.0	43.7	45.6	46.8	56.7	62.1
			0.1	44.1	52.2	53.6	54.2	54.8	56.7	58.1	67.3	73.3
17	Třebíč	406	0.2	33.9	34.8	35.6	36.5	37.3	39.9	41.6	54.4	62.2
			0.1	37.0	38.1	39.2	40.2	41.3	44.5	46.7	62.4	72.2
18	Uherské Hradiště	181	0.2	30.3	32.4	33.9	34.7	35.5	37.9	40.0	50.6	59.2
			0.1	35.6	37.5	38.5	39.4	40.3	43.0	45.4	57.4	67.4
19	Vsetín	345	0.2	36.3	42.7	47.6	48.7	49.9	53.3	55.2	73.3	82.4
			0.1	42.2	49.8	56.2	57.6	59.0	63.3	66.0	87.7	100.0
20	Vyškov-Brňany	255	0.2	37.6	38.2	38.7	39.2	39.8	41.4	42.6	50.5	55.6
			0.1	43.8	44.4	45.0	45.6	46.2	48.1	49.3	58.3	64.0
21	Znojmo	306 (334)	0.2	39.0	39.7	40.4	41.1	41.8	43.9	45.0	56.8	62.1
			0.1	45.5	46.4	47.2	48.0	48.8	51.3	52.2	66.6	71.8
22	Horské lokality	nad 650	0.2	48.7	57.8	66.8	75.8	84.9	99.1	103.7	155.7	178.8
			0.1	56.2	66.6	77.0	87.5	97.9	122.5	129.6	200.5	235.2

9.2 Příloha č. 2 – Řez terénem s vrty J1, J3 a HJ5 (OUŘADA, 2013)



Příloha č.3.2



OC Chodov - objekt D
Podrobný inženýrsko-geologický průzkum
Geologický řez B - B'
Měřítko 1:1000/100