

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ

Katedra plánování krajiny a sídel

Návrh likvidace dešťových vod v nové zástavbě bytových domů

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Vedoucí práce: Dr. Ing. et Ing. Miroslav Kravka

Bakalant: Filip Chudárek

2021

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Filip Chudárek

Rozvoj venkova a zemědělství

Územní plánování

Název práce

Návrh likvidace dešťových vod v nové zástavbě bytových domů.

Název anglicky

Infiltration of rainfall in the area of new housing development.

Cíle práce

Pro konkrétní lokalitu nedaleko Prahy navrhnete optimální variantu likvidace dešťových vod ze střech a zpevněných ploch. Diskutujte silné a slabé stránky řešení, případně variant.

Metodika

Stručně shrňte teoretický a legislativní rámec problematiky.

Popište místní podmínky, které ovlivní řešení.

Zpracujte koncepci návrhu, včetně jednoduchého grafického vyjádření.

Doporučený rozsah práce

30 normovaných stran textu + přílohy

Klíčová slova

dešťová voda, zasakování, intravilán

Doporučené zdroje informací

ČERMÁKOVÁ, B. – MUŽÍKOVÁ, R. *Ozeleněné střechy*. Praha: Grada, 2009. ISBN 978-80-247-1802-6.

INSTITUT PLÁNOVÁNÍ A ROZVOJE HLAVNÍHO MĚSTA PRAHY. SEKCE STRATEGIÍ A POLITIK. *Strategický plán hl. m. Prahy : návrhová část – aktualizace 2016*. Praha: IPR Praha, 2016. ISBN 978-80-87931-63-9.

REKTOŘÍK, J. – ŠELEŠOVSKÝ, J. *Jak řídit kraj, město, obec : rukověť územní samosprávy. III. díl, Sociální a technická infrastruktura*. Brno: Masarykova univerzita, Ekonomicko-správní fakulta, 2002. ISBN 80-210-2956-0.

SÝKORA, J. – ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE. FAKULTA AGROBIOLOGIE, POTRAVINOVÝCH A PŘÍRODNÍCH ZDROJŮ. *Urbanismus a územní plánování : (venkovský prostor)*. Praha: Powerprint, 2016. ISBN 978-80-7568-004-4.

ŠILHÁNKOVÁ, V. – KOUTNÝ, J. – ČABLOVÁ, M. – UNIVERZITA PARDUBICE. EKONOMICKO-SPRÁVNÍ FAKULTA. *Urbanismus a územní plánování*. Pardubice: Univerzita Pardubice, 2002. ISBN 80-7194-415-7.

Předběžný termín obhajoby

2020/21 LS – FŽP

Vedoucí práce

Dr. Ing. et Ing. Miroslav Kravka

Garantující pracoviště

Katedra plánování krajiny a sídel

Elektronicky schváleno dne 15. 3. 2021

prof. Ing. Petr Sklenička, CSc.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 15. 3. 2021

prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.

Děkan

V Praze dne 23. 03. 2021

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma *Návrh likvidace dešťových vod v nové zástavbě bytových domů* vypracoval samostatně a citoval jsem všechny informační zdroje, které jsem v práci použil a které jsem rovněž uvedl na konci práce v seznamu použitých informačních zdrojů.

Jsem si vědom, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, především ustanovení § 35 odst. 3 tohoto zákona, tj. o užití tohoto díla.

Jsem si vědom, že odevzdáním bakalářské práce souhlasím s jejím zveřejněním podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a to i bez ohledu na výsledek její obhajoby.

Svým podpisem rovněž prohlašuji, že elektronická verze práce je totožná s verzí tištěnou a že s údaji uvedenými v práci bylo nakládáno v souvislosti s GDPR.

V Praze dne: 23.3.2021

.....

Filip Chudárek

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval vedoucímu své bakalářské práce Dr. Ing. et Ing. Miroslavu Kravkovi za odborné vedení, připomínky, cenné rady při konzultacích a čas, který mi věnoval. Dále bych chtěl poděkovat své rodině za podporu během studia, zejména pak své mámě Ing. Lence Chudárkové za konzultace v oboru a jazykovou korekturu při psaní práce. Nakonec bych chtěl poděkovat Ondrovi Marečkovi za jeho pomoc s matematickou stránkou práce.

Návrh likvidace dešťových vod v nové zástavbě bytových domů

Abstrakt

Tato práce se věnuje návrhu likvidace dešťových vod v urbanizovaném území za pomoci modrozelené infrastruktury. Práce souhrnně popíše problematiku, jednotlivá opatření, která se ve městech používají a popíše proces navrhování těchto zařízení na studii bytové zástavby v Hostivici.

Klíčová slova

Vsak dešťové vody, modrozelená infrastruktura, urbanizace, technická infrastruktura

Infiltration of rainfall in the area of new housing development

Abstract

This bachelor's thesis studies the rainwater management in urban areas by implementing a sustainable infrastructure. The Thesis summarizes problematics, individual drainage systems being used in cities and illustrates the planning process of these drainage systems on a study of new housing development area in Hostivice city.

Key words

Infiltration of rain water, sustainable drainage systems, urbanization, infrastructure

Obsah

1. Úvod.....	1
2. Cíl práce.....	2
3. Metodika	3
4. Literární rešerše	4
4.1 Atmosférické srážky a hydrologický cyklus	4
4.2 Vývoj klimatu a srážkového úhrnu v ČR	4
4.3 Vliv urbanizace na vodní režim.....	5
4.4 Pojem „sponge cities“	7
4.5 Modrozelená infrastruktura (MZI)	8
4.6 Prvky modrozelené infrastruktury (MZI).....	10
4.6.1 Zařízení pro akumulaci a využívání srážkové vody.....	10
4.6.2 Vegetační střechy	11
4.6.3 Polopropustné povrchy	12
4.6.4 Povrchová vsakovací zařízení.....	14
4.6.5 Podzemní vsakovací zařízení	15
4.6.6 Retenční nádrže.....	17
4.7 Znečištění dešťových vod.....	17
4.7.1 Druhy znečištění dešťových vod.....	18
4.7.2 Druhy předčištění dešťové vody	18
4.8 Ukázky využití modrozelené infrastruktury v praxi.....	20
4.8.1 Ukázka 1: Úřední centrum v Kemptenu.....	20
4.8.2 Ukázka 2: Náměstí Benthemplein v Rotterdamu.....	21
4.8.3 Ukázka 3: Náměstí Bridget Joyce v Londýně.....	22
4.9 Legislativa týkající se problematiky.....	23
4.10 Dotace ve vodním hospodářství	23
5. Postup vytváření návrhu likvidace dešťové vody.....	25

5.1	Návrhové parametry	25
5.2	Standarty pro likvidaci DV ve studijním území	27
5.3	Dimenzování objektů pro likvidaci DV	29
5.3.1	Vsakovací zařízení	29
5.3.2	Retenční nádrže	31
5.3.3	Výpočtový model	31
5.4	Postup vytvoření a porovnání variant.....	35
5.5	Charakteristika studijního území	36
5.5.1	Popis územní studie	37
5.5.2	Hydrogeologické podmínky v řešeném území.....	38
6.	Vlastní práce - varianty řešení	39
6.1	Varianta 1 - Vsak + MZI	39
6.2	Varianta 2 - Vsak.....	42
6.3	Varianta 3 - Bez vsaku + MZI.....	44
6.4	Varianta 4 - Bez vsaku	46
6.5	Porovnání návrhů	48
6.6	Diskuse	50
7.	Závěr	51
8.	Zdroje.....	52
8.1	Knižní zdroje	52
8.2	Internetové zdroje.....	52
8.3	Legislativní zdroje	54
8.4	Technické normy	54
8.5	Seznam obrázků	54
8.6	Seznam tabulek.....	56
8.7	Přílohy	57

1. Úvod

Je známo, že města po celém světě rostou a poptávka po bydlení ve městech je stále vyšší. Odhaduje se, že z celkové populace naší planety žije 50 % obyvatel ve městech a je předpokládáno, že tento trend bude pokračovat i nadále. (UN-Habitat, 2016)

Život ve městech a jejich rychlý růst přináší mnoho výhod. Při tomto rychlém růstu se ale města potýkají s novými problémy. Nová zástavba rozšiřujících se měst zvyšuje podíl zpevněných a nepropustných povrchů a prohlubuje tak rozdíly mezi vodním režimem v přirozené a urbanizované krajině. Udržitelnost měst se proto stává stále větším tématem pro územní plánování. Ve městech se totiž čím dál více projevuje efekt tzv. tepelných ostrovů, který vzniká právě kvůli zpevněným povrchům, ze kterých jsou města převážně tvořena. Tyto povrchy se zahřívají vlivem sluneční energie rychleji a intenzivněji než přírodní krajina a ochlazují se naopak pomaleji.

Tímto problémem se zabývá modrozelená infrastruktura, která se do měst pokouší implementovat přírodě blízké povrchy a způsoby odvodnění, které mohou pomoci městům přiblížit se zpět vodnímu režimu v přírodě.

Život ve městech je mi blízký a přináší pro mě spoustu výhod. Rychlá komunikace, studijní a pracovní příležitosti nebo kulturní vyžití. V rychlém tempu měst ale člověk často ztratí kontakt s přírodou. Ve své práci se proto věnuji návrhům likvidace dešťové vody, které přibližují vzhled i chování zástavby přírodě. Tyto návrhy porovnávám s tradičními řešeními a zjišťuji, co vše je nutné zvážit při plánování těchto opatření a jaké benefity, nebo naopak přítěže mohou různé druhy opatření přinášet.

2. Cíl práce

Cílem práce je vytvořit řešení pro likvidaci dešťové vody v území s novou zástavbou bytových domů, které bude odpovídat standardům pro udržitelný rozvoj, platné normě a legislativě, a zároveň bude napomáhat ke zvýšení retence dešťové vody a zlepšení mikroklimatu v zájmovém území. Návrh bude obsahovat několik variant řešení, výpočty parametrů opatření pro likvidaci dešťové vody a grafické vizualizace.

3. Metodika

Celá práce je rozdělena do několika částí. V první části práce je v literární rešerši shrnuta problematika nakládání s dešťovou vodou ve městech. Rešerše se zaměřuje na atmosférické jevy, rozdíly mezi vodním režimem ve městech a v přírodě a modrozelenou infrastrukturu, která se tyto rozdíly snaží zmenšovat. V poslední části rešerše jsou krátce popsány tři konkrétní příklady z praxe, legislativní normy a další právní předpisy, které se problematiky týkají.

V následující části práce je popsán postup při navrhování opatření pro likvidaci dešťové vody (dále DV). Kapitola vysvětluje, jaká kritéria a data jsou nutná při posouzení výběru opatření a kde se tato data dají ověřit. Dále obsahuje konkrétní výňatky z norem, které přímo nastavují podmínky pro řešení likvidace DV jak obecně, tak i konkrétně pro řešené území. Důležitou část kapitoly tvoří popis a vysvětlení výpočtů pro dimenzování prvků likvidace DV a používání výpočtového modelu. Konec této části je věnován postupu vytváření a vyhodnocování variant a popisu studijního území, ve kterém jsou návrhy prováděny.

Ve čtvrté části práce se nachází varianty řešení likvidace dešťové vody, které se liší návrhovými parametry tak, aby bylo možné jejich porovnání a zjištění, jak se projevuje použití modrozelené infrastruktury v intravilánu měst na koncových zařízeních pro likvidaci DV a jaké přínosy tato infrastruktura pro města poskytuje. Varianty obsahují tabulky návrhových parametrů a schématická vyobrazení řešených prvků v konkrétním území. Zobrazení slouží pouze pro vizuální porovnání velikostí jednotlivých prvků a jejich umístění ve studii. V závěru této části jsou všechny varianty porovnány mezi sebou.

Poslední část práce se věnuje diskusi o nejlepší variantě řešení. V diskusi jsou zmíněny další oblasti problematiky, které je nutné při návrzích uvažovat, důležité cíle při řešení likvidace dešťových vod ve městech a jak byly tyto cíle naplněny.

4. Literární rešerše

4.1 Atmosférické srážky a hydrologický cyklus

Atmosférické srážky vznikají kondenzací vodních par. Srážky se dělí na kapalné (déšť) a pevné (sníh a kroupy). (Beran, 2009)

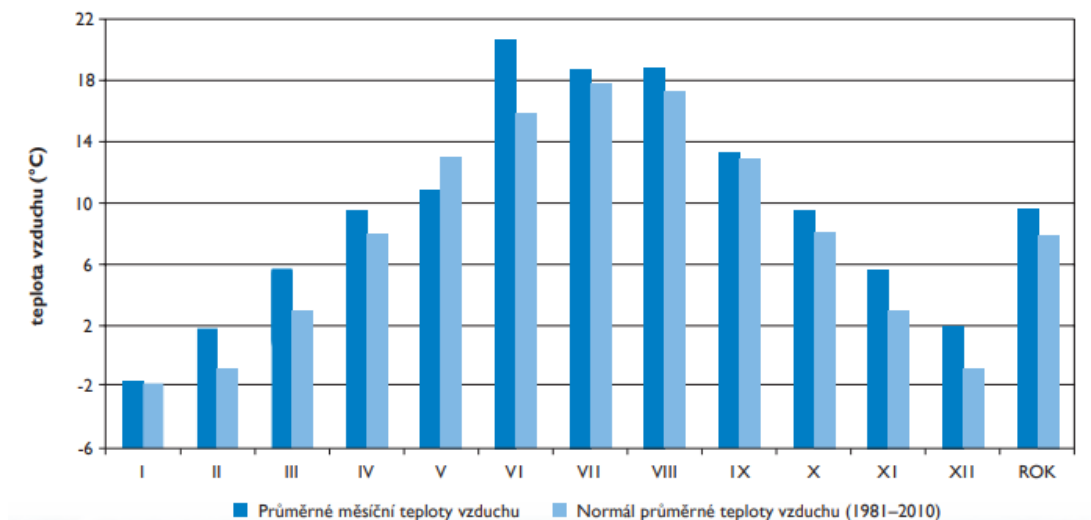
Hydrologický cyklus na pevnině je ovlivňován dvěma hlavními činiteli: vlivy přírodních ekosystémů a antropogenními vlivy. Ekosystémy využívají část srážkové vody na svůj vývoj, antropogenní vlivy jsou pak potřeby vody společnosti. (Beran, 2009)

Hydrologický cyklus probíhá díky sluneční energii a gravitaci. Tyto síly zapříčiňují evapotranspiraci, kondenzaci, infiltraci a povrchový odtok. Celkové množství vody na planetě se téměř nemění. V přírodě probíhá tento cyklus uzavřeně a voda se na jedno místo často vrací. Ve městech k tomuto uzavřenému cyklu ale téměř nikdy nedochází. Města získávají užitkovou vodu z okolního rurálního okolí a splaškovou a dešťovou vodu pak vypouští kanalizací do řek a oceánů. (Zevenbergen, 2011)

Hydrologická bilance se sestavuje pro určité časové období, přičemž základním časovým obdobím je hydrologický rok. Hydrologický rok má 12 měsíců, ale v našich podmínkách začíná 1. listopadu předchozího roku a končí 31. října. Toto období je nastaveno tak, aby do odtokového procesu byly zařazeny i pevné srážky (sníh a led). (Beran, 2009)

4.2 Vývoj klimatu a srážkového úhrnu v ČR

Města i krajina stále více bojují se zvyšujícími se teplotami a suchem. Zadržování vody v krajině a ve městech může v tomto boji silně pomoci, a proto je na schopnosti krajiny a měst zadržet vodu v místě dopadu kladen stále větší důraz. Porovnání vývoje průměrných teplot vzduchu v letech 1981-2010 a v roce 2019 na Obrázku č.1 potvrzuje, že průměrné teploty se celkově zvyšují. (Ministerstvo zemědělství: Zpráva o stavu vodního hospodářství ČR v roce 2019)



Obrázek 1: Průměrné měsíční teploty vzduchu na území České republiky v roce 2019 ve srovnání s normálem let 1981-2010. Z grafu je patrné, že teploty se ve většině měsíců roku 2019 navýšily o několik stupňů. (eAGRI, 2019)

4.3 Vliv urbanizace na vodní režim

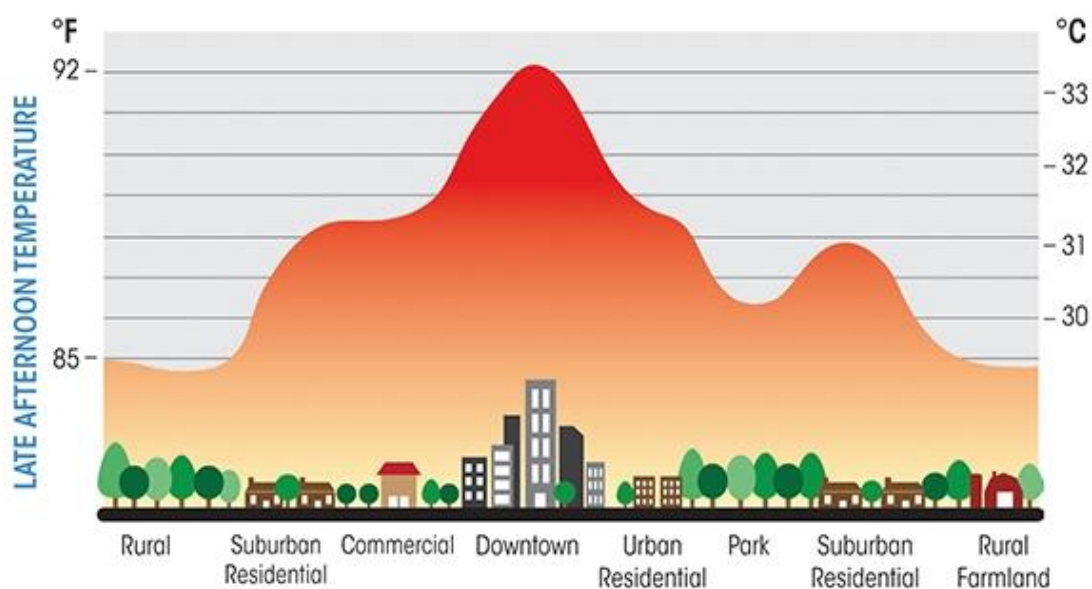
„Urbanizace je výstavba měst a rozvoj městského způsobu života spojený s výraznou změnou životního stylu, zvyšováním koncentrace obyvatelstva a s přesídlováním lidí z vesnic do měst, významný trend 19. a 20. století zpočátku v průmyslově vyspělých státech, nyní rostoucím tempem zejména v zemích méně rozvinutých.“ (Katedra urbanismu a územního plánování ČVUT, 2011)

Urbanizace s sebou přináší spoustu výhod jako lepší pracovní příležitosti, prosperitu a možnost využívat svůj volný čas efektivněji. S rostoucím tempem zastavování a rozšiřování měst dochází ale k narušování přirozeného vodního cyklu, který nemůže fungovat na zpevněných plochách měst. Urbanizovaná území jsou specifická vysokým podílem nepropustných povrchů (např. komunikace, chodníky, parkoviště, střechy budov atd.), které tvoří i více než 70 % z celkové plochy zastavěných území. Srážková voda se na těchto nepropustných plochách nemůže vsakovat do podloží tak, jako se vsakuje v povodích s přirozeným vegetačním krytem. Povrchový odtok v přirozeném prostředí tvoří pouze 10 %, v urbanizovaném prostředí je to až 55 % objemu srážkové vody. (Vítek, 2018)

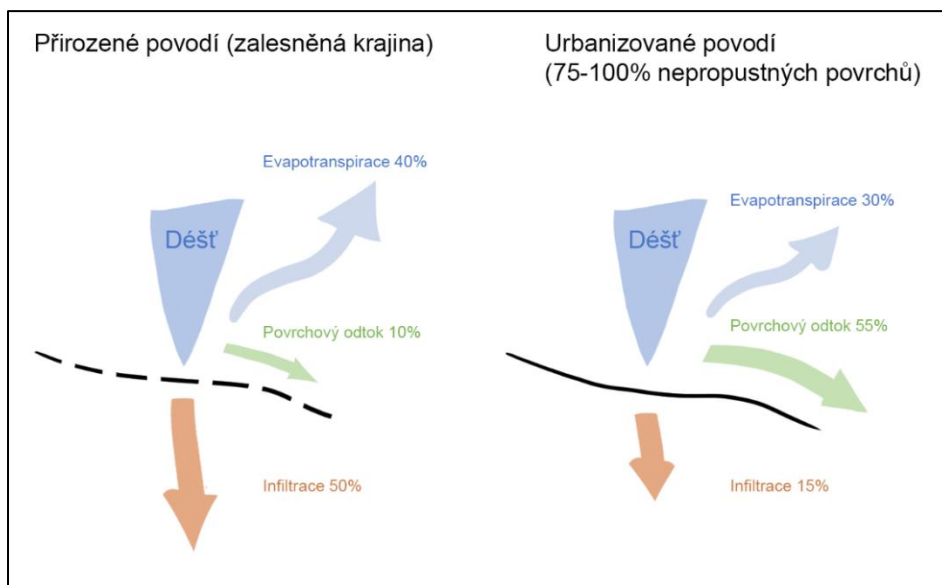
Vegetace napomáhá evapotranspiraci, ale také zlepšuje propustnost povrchu a voda se do půdy s vegetací vsakuje rychleji a hlouběji. Půda nasává vodu jako houba, její

retenční vlastnosti se mění podle prokořenění půdy, obsahu humusu, její mocnosti a míry zhutnění. (Slavíková a kol. 2007).

Narušení přirozeného vodního cyklu má za následek zhoršení životních podmínek obyvatel měst. Změnami dochází ke vzniku tzv. tepelných ostrovů, tedy neschopnosti městského prostředí regulovat teplotu na svém území. Ochlazování může být jednoduše docíleno transpirací vegetace, ale pouze v případě, že je vegetace správně zásobena vodou. Protože ale dešťová voda odtéká do kanalizací, nevsakuje se k vegetaci. Zpevněné plochy jako asfalt nebo beton, které mají za příčinu zvýšený odtok dešťové vody, také zvyšují prašnost a absorbují světelné paprsky a dále tak ohřívají své okolí. (Vítek, 2018)



Obrázek 2: Tepelné ostrovy ve městech, graf ukazuje trend zvyšování průměrné teploty v zastavěných plochách oproti rurálním oblastem. (ISOVER)



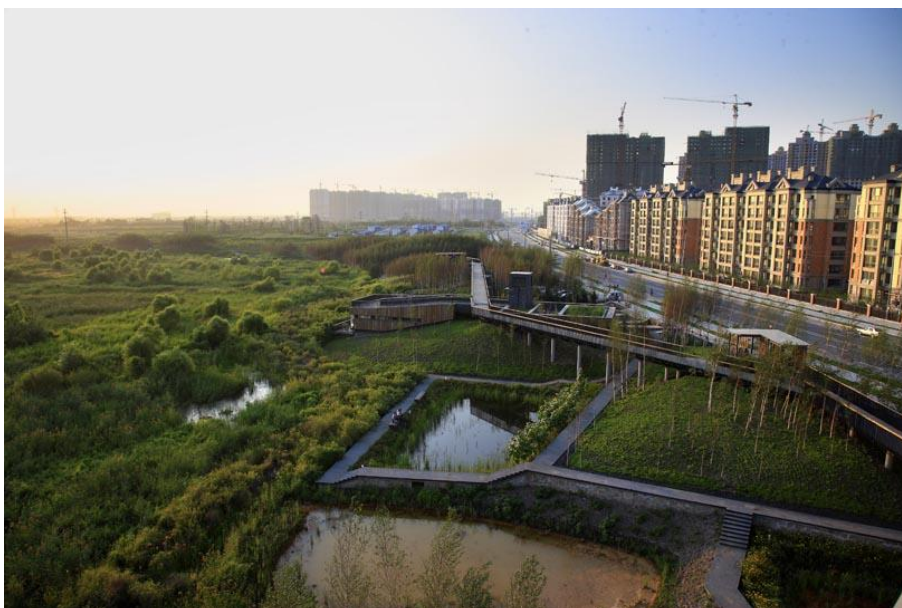
Obrázek 3: Porovnání přírodního a urbanizovaného povodí, obrázek popisuje rozdíl fungování zpevněných a propustných povrchů pomocí tří měnících se parametrů: evapotranspirace, povrchový odtok a infiltrace (Hospodaření se srážkovými vodami - cesta k modrozelené infrastruktuře)

„Urbanizací je narušen přírodní vodní režim v krajině. Objem přímého dešťového odtoku ze zastavěných ploch je větší a rychlost odtoku je vyšší než v nezastavěných územích. Přitom dochází ke snížení infiltrace dešťových vod a tím ke snížení obnovy podzemních vod.“ (Krejčí, 2002)

4.4 Pojem „sponge cities“

Pojem „sponge city“ označuje nový směr plánování měst tak, aby byla udržitelná a držela krok s novodobými problémy jako je sucho, nedostatek vody a tepelné ostrovy v zastavěném území. Hlavním principem „sponge cities“ je přiblížit vodní režim ve městech režimu, který probíhá běžně v přírodě. Konceptem této teorie je udržet srážkovou vodu ve městech co nejdéle, aby sloužila k ochlazování a zavlažování po dobu sucha a čistit vodu přírodními procesy. Města by se tedy měla přeměnit na „houby“, která bude vodu nasávat a zadržovat, místo toho, aby se vody co nejrychleji zbavovala. Zadržení vody je možné dosáhnout různými způsoby v různých měřítkách. (Jacquet T, 2017)

Způsoby pro zadržení dešťové vody jsou popsány v následující kapitole 4.5 Modrozelená infrastruktura (MZI)



Obrázek 4: Qunli stormwater park, Charbin, Čína. Projekt na okraji města, který pomocí parku o rozloze 34 ha zadržuje srážkovou vodu v blízkosti zástavby. (urbanNext)

4.5 Modrozelená infrastruktura (MZI)

Až do nedávna byla pro odvodňování městských center používána převážně tzv. „šedá“ řešení. Tyto prvky infrastruktury jsou tvořeny převážně z nepropustných materiálu, jako beton nebo asfalt, a skládají se z trubních kanalizačních vedení vody, retenčních objektů a dalších zařízení sloužících k odvádění dešťové vody do stokové sítě. Tato řešení jsou v odvodňování měst vcelku účinná, ale jejich funkce je omezená pouze na jeden úkol, a to rychlé odvedení vody do stokové sítě. K největší nevýhodě stávající infrastruktury ale patří její neschopnost přizpůsobit se moderním problémům, jako jsou extrémní výkyvy počasí a další dopady klimatické změny. Modrozelená infrastruktura (dále jen MZI) na rozdíl od stávající sítě dokáže zastávat stejnou funkci, ale dále přidává další enviromentální, sociální nebo ekonomické benefity. (Vítek, 2018)

MZI funguje na principu přirozené retence půdy. K hlavním cílům MZI patří zpomalování a předčišťování srážkové vody, kterou následně pomůže udržet v místě dopadu, čímž přináší benefity. (Vítek, 2018)

„Pokud si uvědomíme základní procesy ekosystémů, jako je například přirozený čistící mechanismus a koloběh vody v přírodě, poslouží nám jako vzor pro trvale udržitelné technologie nakládání s dnes již vzácnou vláhou a jako model, jak co nejpřirozenějším způsobem začlenit odvodňovací zařízení do stavby pozemní komunikace. To znamená konkrétně co nejlépe využívat možnosti odpařování, vsakování, zadržování a čištění.“ (Dr. Erhard Meißner, 2006)

MZI se dělí na dvě složky, modrou a zelenou, nebo také vodní a vegetační prvky. V některých oblastech mohou být využívány pouze prvky z jedné složky, ale neúčinněji funguje MZI, když jsou složky maximálně kombinovány a vzájemně propojovány. (Vítek, 2018)

Propojováním různých prvků MZI vznikají ve městech místa vhodná k rekreaci, která zároveň plní další funkce. Zlepšují mikroklima, snižují hluk a přispívají k ochraně před extrémními výkyvy počasí. Pro vytvoření komplexního systému MZI je vždy zapotřebí mezioborové spolupráce. Na vytváření těchto systémů by se měli podílet vodohospodáři, projektanti, urbanisté, dopravní inženýři a krajinní architekti. Jen při posouzení systémů hospodařícího s dešťovou vodou ze všech oborů bude zařízení fungovat správně a bezpečně. (Počítáme s vodou, Michaela Koucká)

Systémy MZI přímo reagují na novodobé potřeby měst. Je odhadováno, že města se budou stále více potýkat se suchem, erozí půdy, nedostatkem pitné vody nebo z povodněmi vznikajícími při přívalových deštích. Prvky MZI pomáhají regulovat tyto výkyvy a celkově zpomalovat koloběh vody ve městech tak, aby zástavbě nevytvářel problémy, ale naopak přinášel benefity. (Woods B, 2016)

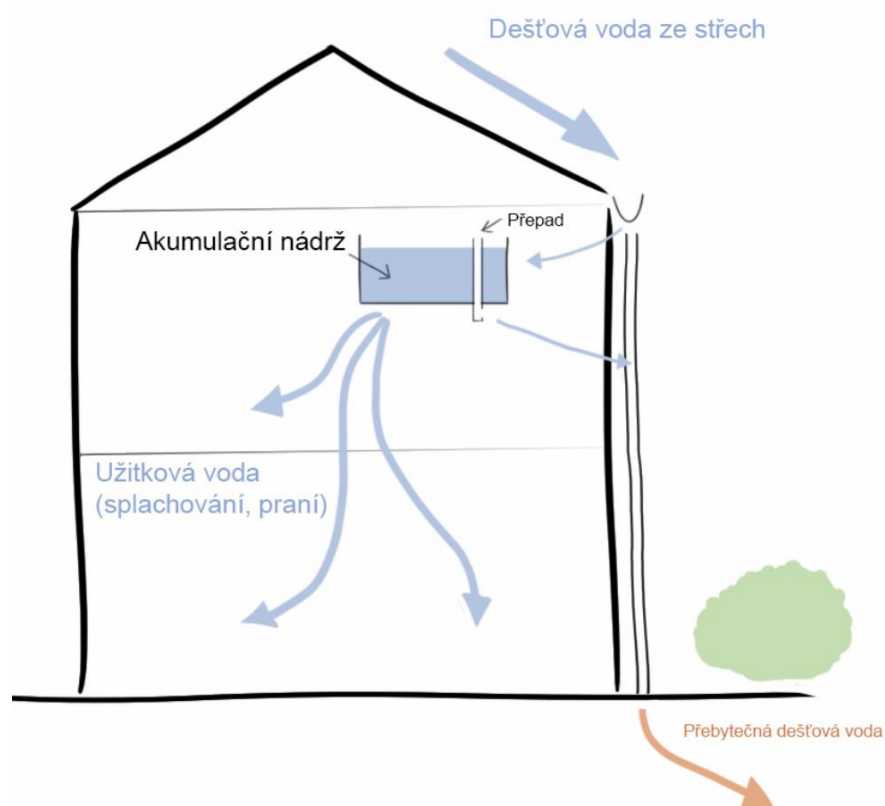
„Plnou integrací MZI do urbánního prostředí je šance do budoucna zajistit městům a obcím jejich udržitelný rozvoj. MZI posiluje celý městský ekosystém a z hlediska ochrany před záplavami a dlouhotrvajícími suchy se zkvalitňuje bezpečnost, zdraví a život jeho obyvatel. Aplikace MZI reprezentuje principy hydrologické, ekologické, urbánní a sociálně kulturní a jejich propojením a kombinací vzniknou modro zelená opatření, která budou dohromady vytvářet interaktivní a multifunkční systémy.“ (Vítek, 2018)

4.6 Prvky modrozelené infrastruktury (MZI)

4.6.1 Zařízení pro akumulaci a využívání srážkové vody

Dešťová voda může být také využita pro další použití v přílehlých nemovitostech. Takto využitá voda nejen že sníží povrchový odtok, ale také ušetří pitnou vodu. Dešťové vody mohou být znovu využity pro zavlažování, splachování WC, praní prádla, úklid nebo mytí aut. Opětovné využití srážkových vod se váže na výši jejich znečištění, podle které je určeno, na které činnosti může být voda znovu využita (TNV 75 9011) (více v kapitole 4.7 - Znečištění dešťových vod).

Dešťová voda může být sbírána ze střech nebo jiných zpevněných povrchů a ukládána do akumulacních nádrží. Zařízení se dělí podle způsobu dopravy dešťové vody: gravitační, přečerpávací a kombinované. Gravitační zařízení umísťuje akumulacní nádrže co nejvýše, například hned pod střechu, a k distribuci vody po budově pomáhá gravitační síla. Přečerpávací zařízení umísťuje akumulacní nádrž pod úroveň terénu, mimo nebo uvnitř budovy. K distribuci vody pak využívá čerpadla. (Woods B, 2016)



Obrázek 5: Využití dešťové vody v budovách, obrázek popisuje možnost využívání dešťové vody v budovách za pomoci akumulacní nádrže jako užitkovou vodu. (The SuDS Manual - vlastní zpracování)

4.6.2 Vegetační střechy

Vegetační a štěrkové střechy slouží ke snížení srážkového odtoku, snížení kulminačních průtoků a zvýšení evapotranspirace. K dalším přínosům patří estetická a ochlazovací funkce. Konstrukce střechy se skládá z vícevrstvého systému, který obsahuje filtrační vrstvu a vegetační pokryv. Při použití vegetační střechy je nutno dbát na dodržení hmotnostních limitů konstrukce a počítat i s hmotností filtrační a vegetační vrstvy při plném nasycení vodou. Vegetační střechy se navrhují ve sklonu max 1:3 a štěrkové pouze ploché. Filtrační vrstva je tvořena materiálem, který má vysokou retenční schopnost a nízkou měrnou hmotnost např. upravené granulované expandované jílovité materiály. (TNV 75 9011)

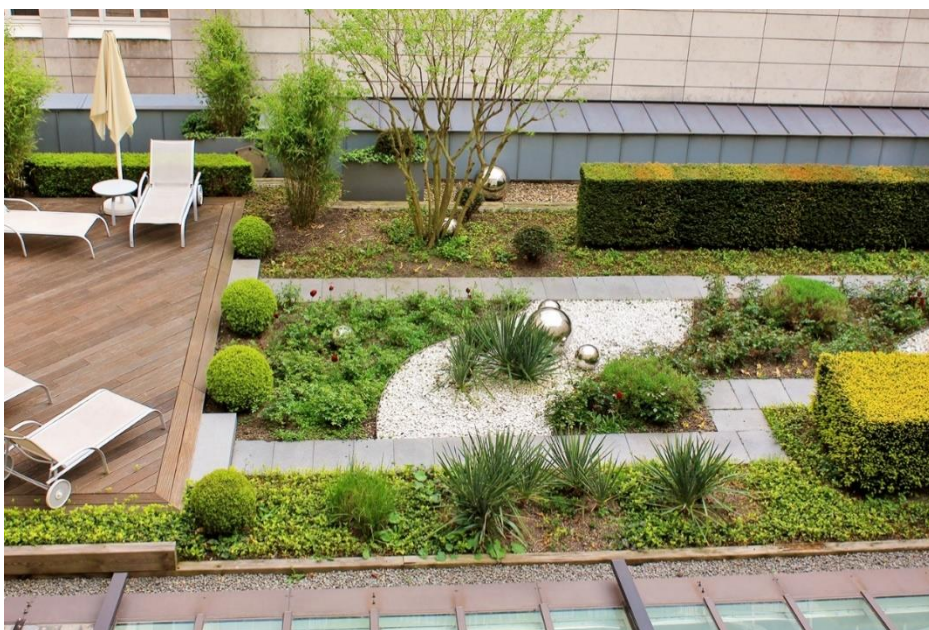
Vegetační střechy se dále dělí na střechy extenzivní a intenzivní.

Extenzivní střechy jsou pokryté na celé ploše střechy druhy vegetace, které mají nízkou míru růstu a nízké nároky na údržbu (mechy, sukulenty, traviny a byliny). Tyto střechy jsou navrženy jako bezúdržbové. Mohou být jak ploché, tak sklonité a navrhují se jako nepochůzná (přístup pouze v případě údržby). (Woods B, 2016)



Obrázek 6: Extenzivní vegetační střecha (ECOSSEDUM)

Intenzivní vegetační střechy jsou pokryty zelenými plochami s okrasnou funkcí, rostlinami, keři i stromy. Na intenzivních vegetačních střechách se vytvářejí komplexnější systémy rostlin, které podporují biodiverzitu v místě jejich umístění. Na intenzivních střechách se mohou objevit i vodní prvky. Obvykle jsou pochůzné a mají vyšší nároky na údržbu. Celá střecha je uložena na vyšší vrstvě podloží a klade tak vyšší nároky na konstrukční řešení stavby. (Woods B, 2016)



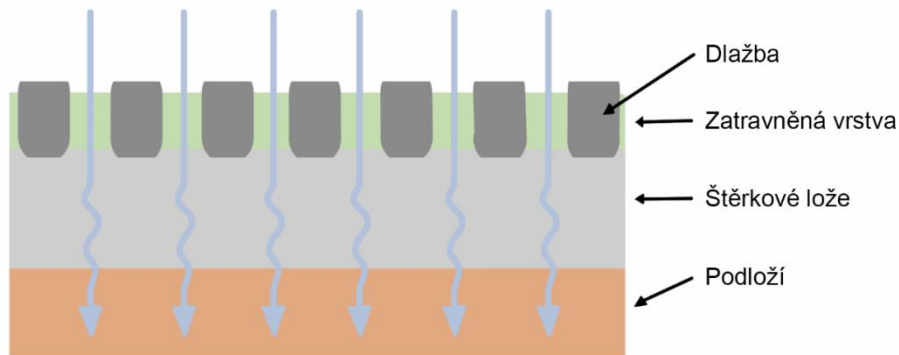
Obrázek 7: Intenzivní vegetační střecha (MAPEI)

4.6.3 Polopropustné povrchy

Polopropustné povrchy jsou vhodné pro aplikování MZI na plochách veřejných prostranství, pěších komunikacích nebo parkovacích plochách. Polopropustné povrchy se skládají ze zpevněných povrchů, ve kterých jsou pravidelně rozmístěny spáry a mezery, které umožňují vsak vody do podloží těchto dlažeb. Pod pevným povrchem se umísťuje humusová vrstva, která zajišťuje čištění srážkové vody. Dlažba se pokládá do štěrkového lože, které svou pórovitostí vytváří retenční prostor pro srážkovou vodu. (Dr. Erhard Meißner, 2006)

Polopropustné povrchy slouží ke snížení povrchového odtoku a podílu nepropustných ploch na daném území. Vhodné povrchy, které podporují vsak dešťové vody jsou například kamenná nebo betonová dlažba s pískovými spárami, zatravněvací dlažba a rošty, porézní asfalt nebo zatravněné štěrkové vrstvy. (TNV 75 9011)

Polopropustné povrchy mohou fungovat jako celkové řešení pro likvidaci DV, pokud jsou použity v oblasti, která dovoluje vsak do podloží. Pokud není vsakovací plocha dostatečná, jsou polopropustné povrchy vhodné pro použití v kombinaci s odtokem do dalších prvků MZI. Polopropustné povrchy ale slouží i v oblastech, které vsak do podloží nedovolují. Podporují totiž zpomalení povrchového odtoku a snižují tak nároky na koncová zařízení pro likvidaci DV a také napomáhají odparu v území.



Obrázek 8: Schéma skladby polopropustného povrchu v podobě zatravněvacích dlaždic (Přírodě blízké odvodnění dopravních ploch v sídlech- vlastní zpracování)



Obrázek 10: Polopropustná dlažba použitá v praxi (Přírodě blízké odvodnění dopravních ploch v sídlech)



Obrázek 9: Zatravněvací dlaždice použité na parkovacích plochách (Přírodě blízké odvodnění dopravních ploch v sídlech)

4.6.4 Povrchová vsakovací zařízení

Plošná vsakovací zařízení se navrhují jako plochy se zatravněnou humusovou vrstvou se sklonem nejvýše 1:20. Na plochu zařízení musí být voda přiváděna rovnoměrně tak, aby bylo dosaženo vsakování na celé ploše. Tato zařízení se navrhují v přímé návaznosti na odvodňovanou plochu (parkovací stání, komunikaci nebo jinou zpevněnou plochu). Při překročení navrhované vsakovací kapacity je potřeba zajistit odvod přebytečné vody buď do kanalizace, povrchových vod nebo do dalšího zařízení např. průlehu. Za plošná vsakovací zařízení se nepovažují plochy z propustných nebo polopropustných materiálů. (TNV 75 9011)

Povrchová vsakovací zařízení se rozdělují podle tvaru a velikosti.

- **Bodová vsakovací zařízení**

Výkop vyplněný materiálem s prostorem mezi jednotlivými frakcemi (šterk, kamenivo), nebo plastovými vsakovacími bloky. Do zařízení je voda přiváděna na povrchu a přes zatravněnou humusovou vrstvu putuje do podzemního prostoru, kde je dočasně akumulována a postupně vsakovaná stěnami zařízení do okolního podloží. (Woods B, 2016)

- **Vsakovací průlehy/příkopy**

Fungují na stejném principu jako bodová vsakovací zařízení. Pro jejich instalaci postačí mělčí výkop, než je tomu u bodových zařízení, voda je distribuována po celé délce výkopu. Tento druh zařízení se hodí na likvidaci dešťové vody z delších liniových staveb jako jsou chodníky, cyklostezky, parkoviště nebo malá náměstí. (Woods B, 2016)

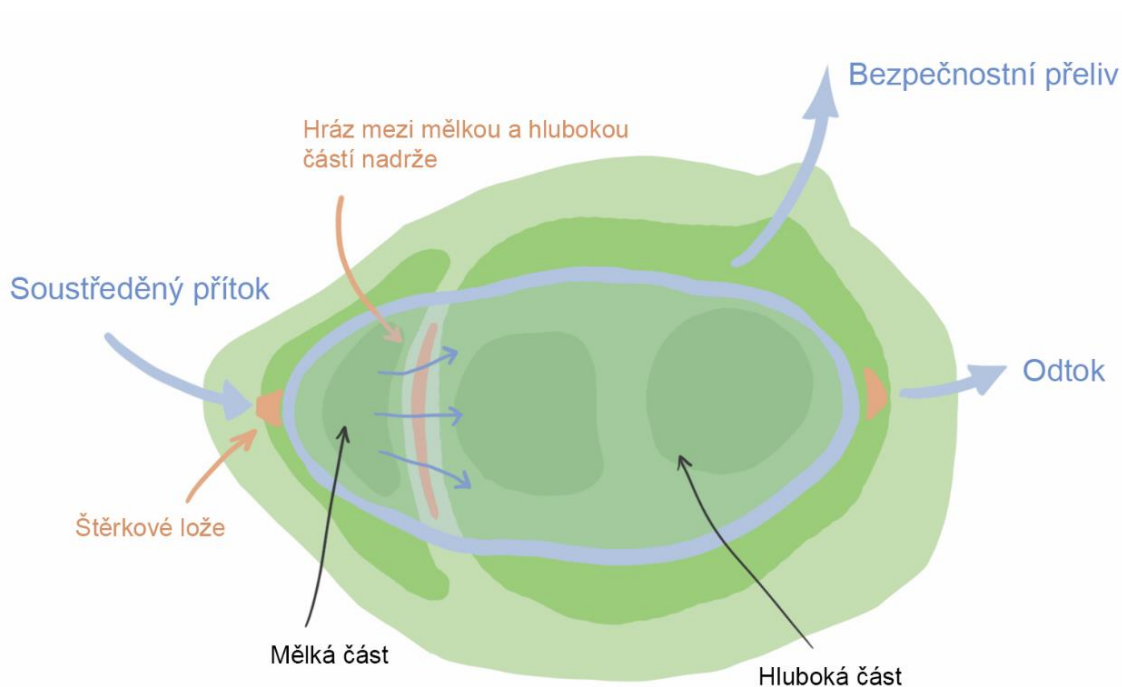
„Přívod vody do průlehu se doporučuje navrhovat jako povrchový rovnoměrný po délce průlehu, nejlépe přes zatravněný pruh. Tím se zvyšuje čisticí schopnost průlehu.“ (TNV 75 9011)

- **Umělé mokřady**

Umělé mokřady jsou mělké nádrže s vodními rostlinami, které plní funkci biologického čištění srážkových vod. Mokřady účinně zadržují vodu v místě dopadu a plní také funkci okrasnou a rekreační. Rostliny umístěné v nádrži čistí přitékající vodu podobně jako kořenové čističky. (Vítek J. 2018)

Umělé mokřady mohou být vytvářeny v různých velikostech a tvarech. Před vtokem do nádrže se doporučuje vytvořit usazovací prostor ze štěrku nebo kameniva. Tento prostor bude také sloužit ke zpomalení vtékající vody a chránit tak vtok před půdní erozí, která při velkých průtocích mohla poškodit začátek zařízení. (Woods B, 2016)

Umělé mokřady podporují evapotranspiraci, zvyšují půdní vlhkost, ztraktivňují městský prostor, zlepšují mikroklima a posilují biodiverzitu. Jsou ale prostorově náročné a složité na údržbu. (Vítek J. 2018)



Obrázek 11: Schéma umělého mokřadu, mělká část mokřadu tvoří usazovací prostor pro mechanické nečistoty, celý mokřad se osazuje vegetací, které pomáhají čistit vodu v něm (The SuDS Manual- vlastní zpracování)

4.6.5 Podzemní vsakovací zařízení

Podzemní vsakovací zařízení jsou uměle vytvořené prostory pod úrovní terénu a jsou vždy kombinována s retencí srážkové vody. Před vstupem dešťové vody do zařízení se podle stupně jejího znečištění má předřadit předčištění. Součástí podzemních vsakovacích zařízení by měly být kontrolní a čisticí prvky. Podzemní vsakovací zařízení musí být opatřeno odvětráním. (ČSN 75 9010)

Podzemní vsakovací zařízení se dělí na štěrkové vsakovací zařízení, vsakovací bloky, tunelové systémy a vsakovací šachty.

- **Štěrkové vsakovací zařízení**

Prostor pod úrovní terénu je vyplněný štěrkiem s drenážním rozvodným potrubím. Výhodou tohoto systému jsou nízké pořizovací náklady. Nevýhodou je oproti jiným podzemním objektům nižší životnost a horší prostorové využití vzhledem k tomu, že cca 75 % objemu je zaplněno štěrkiem a pouze 25 % je využitelných jako čistý retenční objem vsakovacího zařízení. (TZB-info)

- **Vsakovací bloky**

Prostor pod úrovní terénu je vyplněn vsakovacími bloky z lehkých odolných plastů, tyto bloky vytváří pod povrchem prostor pro retenci a zasakování vody. Výhodou tohoto řešení je velký akumulací prostor, který ale stále poskytuje vysokou pevnost a stabilitu na povrchu celého zařízení. S bloky se snadno manipuluje a jejich instalace je nenáročná. Pro jejich instalaci jsou potřeba výkopové práce v menším rozsahu, než je tomu u štěrkových zařízení. (ASIOa)

- **Tunelové systémy**

Tunelové systémy fungují na stejném principu jako zasakovací bloky. Liší se pouze tvarem, který jednoduše umožňuje pokrýt velké plochy. Tunelové systémy také dosahují větší pevnosti a jsou proto vhodné na plochy určené pro pojezd nákladních automobilů. (ASIOb)

- **Vsakovací šachty**

Dalším typem vsakovacího objektu je vsakovací šachta. „Tento objekt je výhodný pro jeho jednoduchost, možnost revize, snadnou obnovu při jeho zanesení a v neposlední řadě kvůli nákladům na pořízení.“ (TZB-info)

Srážkovou vodu je třeba přivést svislým potrubím ke dnu šachty a na dno šachty se nasype vrstva štěrkopísku o tloušťce minimálně 300 mm. (ČSN 75 9010)

Zasakování vody do podloží může probíhat ve dvou směrech - vertikálně přes polopropustnou stěnu skruže a netěsné spáry mezi skružemi, nebo horizontálně přes

propustné dno. Aby se zamezilo zanášení šachty, je nutné před šachtu umístit prvky předčištění. (Ministerstvo pro místní rozvoj ČR, 2019)

4.6.6 Retenční nádrže

Retenční dešťové nádrže se navrhují pro dočasné zadržení srážkové vody a vyrovnání přítoku do dešťové kanalizace, povrchových vod nebo jiného zařízení likvidace DV (Revize ČSN 75 6760, 2014)

Retenční nádrže mohou být povrchové nebo podpovrchové. Oba druhy nádrží plní stejnou funkci, a to regulovat odtok ze zastavěného území při intenzivních srážkách tak, aby se snížil nápor odtokových vln v konečném recipientu. Povrchové nádrže plní společně s regulační funkcí také funkci rekreační a estetickou. Povrchová retenční nádrž může podpořit biodiverzitu v místě zřízení. (Ekolist)

4.7 Znečištění dešťových vod

Do srážkových vod se mohou dostat různé druhy znečištění podle druhu materiálu, se kterým přijdou do kontaktu. Z peších a cyklistických komunikací se do srážkové vody dostávají hrubé nečistoty vznikající mechanickým opotřebením zpevněných ploch (šterk, písek, obrus, hlína). Do vody se dále dostávají zvířecí exkrementy, listí a jiné části vegetace nebo odpadky. V zimě je voda kontaminovaná solí používanou při údržbě silnic. Ve srážkové vodě odtékající z komunikací je proto nutno počítat s mírně vyššími koncentracemi hrubých i jemných nerozpuštěných látek, organického znečištění, dusíku, fosforu a patogenních mikroorganismů. (TNV 75 9011)

Očekávané znečišťující látky ve srážkových vodách, na jednotlivých typech ploch jsou shrnuty v příloze č. 1: Typické znečišťující látky na jednotlivých typech ploch a očekávané znečištění srážkových vod.

Pokud tedy chceme srážkovou vodu zadržovat v místě dopadu, buď zpomaleným povrchovým odtokem nebo zasakováním, je nutné zjistit, čím může být voda kontaminována a jaký druh předčištění je vhodný.

4.7.1 Druhy znečištění dešťových vod

Znečištění na dopravních plochách a pozemních komunikacích pro motorová vozidla je způsobeno emisemi ze spalování pohonných hmot, opotřebením vozovky, pneumatik a brzd vozidel, korozí vozidel, únikem pohonných hmot, olejů, brzdové kapaliny, rozmrazovacích prostředků, materiály používanými na údržbu a opravy silnic, včetně zimní údržby i ztrátami přepravovaného materiálu. Nejzávažnějšími znečišťujícími látkami srážkových vod odtékajících ze silnic jsou vzhledem k vysokým koncentracím nerozpuštěné látky, chloridy, těžké kovy zinek a měď a uhlovodíky (minerální oleje, benzín a nafta). (TNV 75 9011)

Toto znečištění se může lišit v závislosti na intenzitě dopravy, podílu nákladní dopravy v území nebo na periodicitě čištění uličního prostoru. Pro prostory překladišť, skladišť a manipulačních ploch je nutné individuální posouzení znečištění. Individuální posouzení je také nutné u ploch zemědělských areálů, jelikož v dešťových vodách, které se dostávají do styku s těmito plochami, se mohou objevovat stopy škodlivých látek z močůvek, hnojů, hnojiv, pesticidů, pohonných hmot zemědělských strojů apod. (TNV 75 9011)

Všechna tato znečištění je pro zjednodušení možné rozdělit na neznečištěnou, mírně, středně a vysoce znečištěnou srážkovou vodu - viz Příloha č. 1.

4.7.2 Druhy předčištění dešťové vody

Typy čištění se liší podle příjemce srážkových vod. Druh předčištění je tedy jiný, pokud je dešťová voda zasakována do podloží, nebo když je sváděna do jednotné kanalizace, nebo do povrchových vod.

Pro DV, které nejsou určeny pro vsakování, ale pro svod do povrchových vod platí jiná pravidla předčištění, zpravidla jsou nároky na předčištění o něco menší, než jak je tomu v předchozím případě. Následující tabulka č. 1 ukazuje rozdělení předčištění pro různé typy ploch, ze kterých bude DV odváděna do povrchových vod.

Tabulka 1: Rozdělení nutnosti předčištění dešťové vody pro různé druhy povrchů (TNV 75 9011 - vlastní zpracování)

Typ plochy	Opatření
Vegetační střechy Střechy s plochou neošetřených kovových částí do 500 m ² Komunikace pro chodce a cyklisty Málo frekventovaná parkoviště (osobní auta) Málo frekventované pozemní komunikace (příjezdy k domům)	Pouze jednoduché předčištění hrubých nečistot (listí trav a další vegetace) v podobě záchytných košů ve střešních a dvorních vpustích a lapače střešních splavenin na svislém dešťové potrubí.
Středně frekventované pozemní komunikace Vysoce frekventovaná parkoviště (osobní auta a autobusy, nákladní auta)	Jednoduché mechanické předčištění (kalová jímka s nornou stěnou pro zadržení lehkých kapalin, filtrace) a záchytné koše ve dvorních vpustích.
Střechy s plochou neošetřených kovových částí nad 500 m ²	Filtrace přes zatravněnou humusovou vrstvu nebo filtrace přes adsorbenty těžkých kovů.
Vysoce frekventované pozemní komunikace Plochy skladišť, manipulační plochy Komunikace zemědělských areálů Parkoviště nákladních aut	Náročnější mechanické předčištění (odlučovač lehkých kapalin, usazovací nádrž s nornou stěnou, filtrace přes adsorbční materiály).

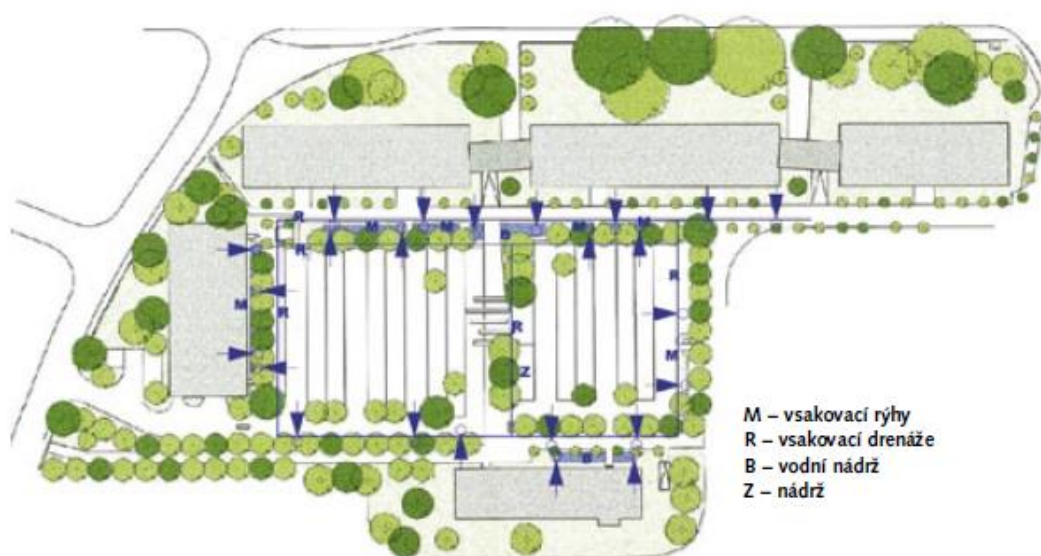
Pro DV, které jsou určeny pro vsakování do podloží jako předčištění funguje humusová vrstva, přes kterou se voda zasakuje. Při vsakování dochází k filtraci nerozpuštěných látek, adsorbci těžkých kovů a uhlovodíků a k biologickému rozkladu rozložitelného znečištění. U jednotlivých vsakovacích zařízení je nutné řešit hlavně zanášení mechanickými nečistotami, které mohou omezit funkci zařízení. Před vsakovací zařízení je proto nutné umístit sedimentační zařízení jako např. kalovou jímku nebo usazovací nádrž. V těchto prvcích předčištění se zachytí usaditelné látky jako kal, hlína, písek nebo posypové látky. (TNV 75 9011)

Větší nároky na předčištění vody určené pro vsakování se kladou u srážkových vod, které přicházejí do styku s plochami překladišť, skladišť, manipulačních ploch nebo ploch zemědělských areálů.

4.8 Ukázky využití modrozelené infrastruktury v praxi

4.8.1 Ukázka 1: Úřední centrum v Kemptenu

Přestavba kasárenského nástupiště na městské prostranství s komplexním řešením likvidace dešťové vody pomocí modrozelené infrastruktury. V území byl vytvořen systém průlehů, rýh, podzemních vsakovacích zařízení a povrchových nádrží, které likvidují srážkovou vodu ze střech, parkovacích míst a veřejného prostranství o celkové výměře 12 677 m². Systém ročně likviduje 13 000 m³ DV a výrazně tak odlehčuje kanalizaci v území. (Dr. Erhard Meißner, 2006)



Obrázek 12: Schéma přestavby úředního centra v Kemptenu. V tomto projektu byl vytvořen komplexní systém přírodě blízkého odvodnění skládající se ze vsakovacích rýh, průlehů a nádrží. (Přírodě blízké odvodnění dopravních ploch v sídlech)



Obrázek 14: Alejová výsadba stromů s integrovanou retencí a vsakováním dešťové vody. (Přírodě blízké odvodnění dopravních ploch v sídlech)



Obrázek 13: Dlážděné žlaby svádějí vodu ze silnice do vsakovacích rýh (Přírodě blízké odvodnění dopravních ploch v sídlech)

4.8.2 Ukázka 2: Náměstí Benthemplein v Rotterdamu

Multifunkční řešení veřejného prostoru mezi budovami univerzity a divadla, které likviduje srážkovou vodu podzemním vsakem. Tři vsakovací prostory jsou navrženy tak, aby odvodňovaly celkovou plochu náměstí. Dvě mělké nádrže se naplní při každém dešti a jedna hluboká nádrž pouze při mimořádném vytrvalém dešti. Voda z nádrží putuje do podzemního vsakovacího zařízení, všechny nádrže se vyprázdní max. do 36 hodin. Když neprší, fungují dna nádrže jako hřiště, místa ke shromažďování nebo jiné volnočasové aktivity. (DEUrbanisten)



Obrázek 16: Náměstí Benthemplein v Rotterdamu, největší ze tří nádrží, která v prázdném stavu slouží jako hřiště. (DEUrbanisten)



Obrázek 15: Náměstí Benthemplein v Rotterdamu, největší ze tří nádrží plně naplněná srážkovou vodou. (DEUrbanisten)



Obrázek 17: Náměstí Bentheplein v Rotterdamu, pohled na celý projekt z ptačí perspektivy (DEUrbanisten)

4.8.3 Ukázka 3: Náměstí Bridget Joyce v Londýně

Revitalizace shromažďovacího prostoru před školkou, která přispívá ke snížení povrchového odtoku, zadržování srážkové vody v místě dopadu a k osvětě o modrozelené infrastruktuře. V projektu byl na náměstí před školkou o celkové výměře 2700 m² vytvořen multifunkční park s dešťovými zahradami, do kterých je svedena voda ze střech školky. Tato úložiště dešťové vody mají kapacitu 120 m³ a jsou volně přístupné pro děti prostřednictvím lávky. (susDrain)



Obrázek 19: Dešťová zahrada před mateřskou školkou přivod vody ze střech. (susDrain)



Obrázek 18: Dešťová zahrada s lávkou, která likviduje dešťovou vodu ze střechy mateřské školky. (susDrain)

4.9 Legislativa týkající se problematiky

Zákon č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon) novelizovaný v roce 2010 určuje obecné podmínky a pravidla pro hospodaření se srážkovou vodou.

Účelem vodního zákona je zajistit takové využívání vodních zdrojů, které je v souladu s udržitelným rozvojem a právem Evropských společenství. Zákon říká, že využívání vodních zdrojů musí přispívat ke zlepšení jakosti podzemních a povrchových vod a snižování účinku sucha a povodní. (Zákon 254/2001 Sb.)

Z vodního zákona dále vyplývá povinnost stavebníka zajistit u novostaveb odvádění nebo akumulaci dešťových vod, předčištění vod tak, aby neohrožovaly konečný recipient a likvidaci dešťových vod ze staveb vsakováním a zadržováním, pokud je to možné. (Zákon 254/2001 Sb.)

„Bez splnění těchto podmínek nesmí být povolena stavba, změna stavby před jejím dokončením, užívání stavby ani vydáno rozhodnutí o dodatečném povolení stavby nebo rozhodnutí o změně v užívání stavby.“ (Zákon 254/2001 Sb.)

4.10 Dotace ve vodním hospodářství

Dotační tituly pro řešenou problematiku zprostředkovává Ministerstvo zemědělství a krajské úřady.

Ministerstvo zemědělství v rámci programu životního prostředí nabízí tyto dotační tituly:

- Hospodaření se srážkovými vodami v intravilánu a jejich další využití namísto jejich urychleného odvádění kanalizací. Maximální výše podpory je 85 % celkových nákladů. Alokace pro tento titul je 5,3 mld Kč.
- Zprůtočnění nebo zvýšení retenčního potenciálu koryt vodních toků a přilehlých niv, zlepšení přirozených rozlivů. Maximální výše podpory je 85 % celkových nákladů. Alokace pro tento titul je 5,3 mld Kč.

- Revitalizace funkčních ploch a prvků sídelní zeleně. Maximální výše podpory je 60 % celkových nákladů. Alokace pro tento titul je 1,9 mld Kč.
- Realizace přírodě blízkých opatření vyplývajících z komplexních studií cílených na zpomalení povrchového odtoku vody, protierozní ochranu a adaptaci na změnu klimatu. Maximální výše podpory je 75 % celkových nákladů. Alokace pro tento titul je 4,2 mld Kč.

V rámci národních programů poté:

- „Dešťovka“ - Hospodaření s dešťovou vodou v domácnostech (zachytávání srážkové vody pro zálivku zahrady, akumulace srážkové vody pro splachování WC a zálivku zahrady, využití šedé či přečištěné odpadní vody pro zálivku, splachování WC, odpojení srážkové vody od kanalizace). Maximální výše podpory je 50 % celkových nákladů. Alokace pro tento titul je 0,1 mld Kč.
- „Podpora sídelní zeleně“ - Podpora obnovy a zhodnocení přírodních ploch, včetně doprovodných vodních prvků, ve městech, obcích a jejich okolí. Maximální výše podpory je 80 % celkových nákladů. Alokace pro tento titul je 0,04 mld Kč.

5. Postup vytváření návrhu likvidace dešťové vody

5.1 Návrhové parametry

Při vybírání vhodného způsobu likvidace DV je důležitým parametrem horninové prostředí v místě realizace. Pro výběr vhodného zařízení pro likvidaci DV je nutné v konkrétním území provést potřebné geologické a hydrogeologické průzkumy. (Ministerstvo pro místní rozvoj ČR, 2019)

Vlastnosti podloží a jejich použitelnost se dá také orientačně zjistit z mapy potenciálního vsaku pro území ČR, která mapuje druhy hornin na celém území ČR a rozděluje je do pěti tříd podle jejich schopnosti vsakování vody.

Návrhy opatření se řídí především koeficientem vsaku (K_v), který určuje propustnost podloží v daném území. Podle hodnoty tohoto koeficientu se určí, zda je možné dešťovou vodu zasakovat do podloží, nebo je nutné ji odvádět do povrchových vod, případně do dešťové kanalizace. Tento koeficient se může pohybovat mezi $1 \cdot 10^{-1}$ - $1 \cdot 10^{-10} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ viz Tabulka č. 2.

Tabulka 2: Rozdělení tříd propustnosti podle koeficientu vsaku, zeleně jsou vyznačeny hodnoty koeficientu, které dovolují vsakování do podloží. (TSH)

Třída propustnosti	Slovní označení	Koeficient vsaku $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$
I	velmi silně propustné	$1 \cdot 10^{-2}$
II	silně propustné	$1 \cdot 10^{-3}$
III	propustné	$1 \cdot 10^{-4}$
IV	mírně propustné	$1 \cdot 10^{-5}$
V	dosti slabě propustné	$1 \cdot 10^{-6}$
VI	slabě propustné	$1 \cdot 10^{-7}$
VII	velmi slabě propustné	$1 \cdot 10^{-8}$
VIII	nepatrně propustné	$1 \cdot 10^{-9}$

Vsakování lze použít, je-li hydraulická vodivost zemin v rozmezí 10^{-3} až $10^{-6} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. (Městské standardy vodovodů a kanalizací na území hl. m. Prahy: kanalizační část 6. aktualizace)

Koeficient vsaku je také možné přiřadit ke konkrétním druhům zemin. Skladbu zemin a jejich příslušnost ke koeficientu vsaku popisuje Tabulka č. 3.

Tabulka 3: Rozdělení tříd propustnosti podle konkrétních druhů hornin. (geologie.vsb.)

Druh zemin	Rozmezí koeficientu vsaku $m \cdot s^{-1}$
jíly a jílovité hlíny	$1 \cdot 10^{-10}$
hlíny, jílovité hlíny, písčité jíly	$1 \cdot 10^{-8} - 1 \cdot 10^{-10}$
hlinité písky, štěrky, štěrkovité hlíny	$1 \cdot 10^{-6} - 1 \cdot 10^{-8}$
písky a štěrky s příměsí jemnozrnné zeminy (5 - 15 %)	$1 \cdot 10^{-4} - 1 \cdot 10^{-6}$
čisté písky a štěrky, písčité štěrky s malou příměsí jemnozrnných zemin (méně než 5 %)	$1 \cdot 10^{-4} - 1 \cdot 10^{-1}$

Pro návrhy v mé práci, ve kterých je možné vsakování do podloží jsem proto zvolil $K_v 1 \cdot 10^{-5}$. Pro návrhy, které vsakování nedovolují pak $K_v 1 \cdot 10^{-7}$.

Při navrhování vsakovacích objektů se dále uvažuje výška hladiny podzemní vody. Ustálená hladina podzemní vody se musí nacházet min. 1 m pod spodní úrovní vsakovacího zařízení tak, aby vsakovaná dešťová voda neovlivňovala hladinu vody podzemní. (Ministerstvo pro místní rozvoj ČR, 2019)

Pro různé druhy ploch, ze kterých je voda odváděna, je zapotřebí navrhnout adekvátní předčištění vody tak, aby voda neznečišťovala konečný recipient. Druhy znečištění a možnosti předčištění jsou popsány v kapitole 3.6.

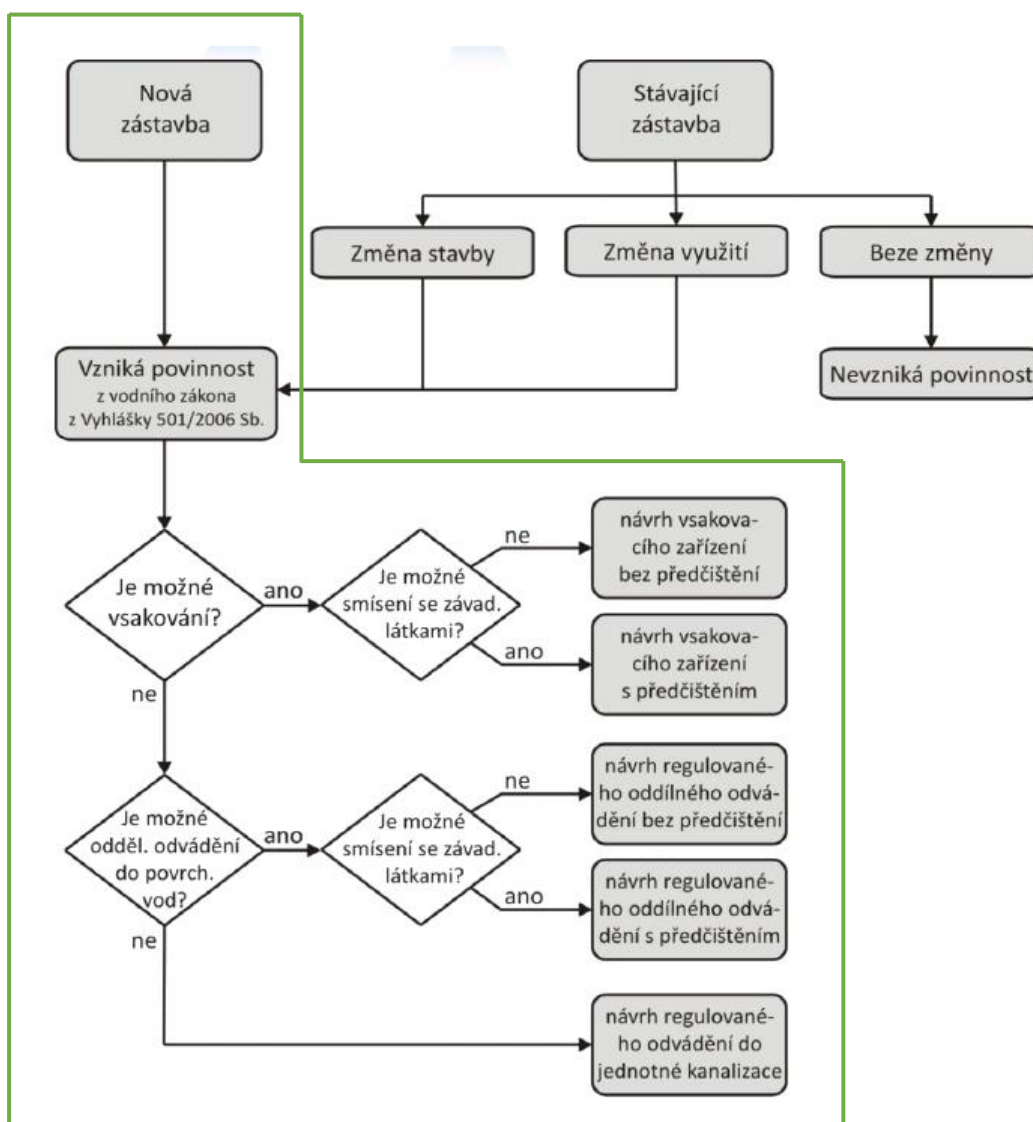
Po zjištění všech proměnných zmíněných výše je možné přistoupit k výběru technického řešení pro likvidaci DV.

Volba způsobu odvodnění se řídí těmito prioritami (v uvedeném pořadí):

- odvádění srážkových vod do půdního a horninového prostředí (vsakování), při jeho nedostatečné vsakovací schopnosti se vsakování kombinuje s retencí a regulovaným odtokem;
- retence a regulované odvádění srážkových vod do povrchových vod;
- retence a regulované odvádění srážkových vod jednotnou kanalizací.

(TNV 75 9011)

Pořadí těchto priorit společně s rozhodováním o nutném předčištění je vyobrazeno v následujícím schématu. Návrhů řešení v poslední části této práce se týká část schématu označena zelenou barvou.



Obrázek 20: Schéma popisující proces rozhodování při výběru druhu likvidace dešťové vody. (Počítáme s vodou, Stránský)

5.2 Standardy pro likvidaci DV ve studijním území

V této kapitole jsou popsány konkrétní podmínky pro likvidaci dešťové vody, které si stanovuje město Hostivice.

Pro novostavby v řešeném území platí, že odtok srážkových vod z jednotlivých nemovitostí musí být vždy regulovaný. Napojení regulovaného odtoku je možné do

povrchové vodoteče nebo do dešťové kanalizace a je podmíněno souhlasem vlastníka. (TSH, 2010)

Dimenzování retenčních objektů bude prováděno dle normy ČSN 75 6261 Dešťové nádrže pro nejnepříznivější dobu trvání srážky o periodicitě $p = 0.1$ a při uváženém povoleném odtoku. K vyprázdnění akumulčního prostoru dojde optimálně do 24 hodin. (TSH, 2010)

Povolená hodnota odtoku je rovna předpokládané velikosti odtoku přirozeného, neurbanizovaného povodí, která je stanovena na $8 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{ha}^{-1}$ a je platná pro nově realizované úseky dešťových kanalizací vyústěných do vodotečí. (TSH, 2010)

Protože jedním z hlavních cílů přírodě blízkých opatření pro likvidaci dešťové vody je zadržet vodu v místě dopadu, snažíme se při plánování vsakovacích zařízení využít co nejmenšího odtoku do povrchových vod nebo kanalizací tak, aby se dešťová voda co nejvíce využila v místě dopadu. Při zvolení moc nízkého odtoku se ale může stát, že se zařízení nezvládne vyprázdnit do 72 hodin. Překročení tohoto času vyprázdnění je podle normy ČSN 75 9010 nepřijatelné. Minimální hodnota odtoku do povrchových vod a kanalizací je $0,5 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{ha}^{-1}$. (Počítáme s vodou, Stránský)

Pro dimenzování vsakovacích a retenčních objektů budou využity intenzity náhradních zatěžovacích dešťů převzatých z publikace Systém zatěžovacích srážek pro území hl. m. Prahy, viz Tabulka č. 4. (TSH, 2010)

Tabulka 4: Zatěžovací srážky pro území hl. m. Prahy, které platí i pro město Hostivice (HydroprojektCZ a.s, 2002)

<i>T [min]</i>	<i>Intenzita deště i [$\text{l}/\text{s}/\text{ha}$] při periodicitě p</i>				
	<i>1.0</i>	<i>0.5</i>	<i>0.2</i>	<i>0.1</i>	<i>0.05</i>
10	160	205	263	308	352
15	130	170	210	247	285
20	107	140	173	204	236
30	78	100	127	153	178
40	61.5	79	104	124	144
60	44	55.4	75.9	91.1	106.7
90	32	40.4	55.2	65.4	76.8
120	25	32	43.8	52.8	50.1
180	18	22.9	31.3	33.4	37.7
240	14.7	18	25.1	30.1	34.5
300	12	15	21	25.1	29

5.3 Dimenzování objektů pro likvidaci DV

V návrzích na konci práce se využívají dva druhy koncových zařízení likvidace DV. Vsakovací zařízení a retenční nádrže. V následujících kapitolách jsou popsány výpočty nutné k zjištění parametrů těchto zařízení.

5.3.1 Vsakovací zařízení

„Při dimenzování vsakovacích zařízení je nutné stanovit zejména retenční objem a dobu prázdnění vsakovacího zařízení.“ (ČSN 75 9010)

Pro vypočítání retenčního objemu vsakovacího zařízení je nejprve nutné znát tzv. redukovanou plochu odvodňovaného území. Tato plocha popisuje, o kolik se teoreticky zmenší celková výměra odvodňovaného území, pokud na ni aplikujeme koeficient vsaku použitých povrchů.

Redukovaná odvodňovaná plocha A_{red} , v m^2 se stanoví pomocí vztahu:

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

- n Počet odvodňovaných ploch určitého druhu
- A_i Půdorysný průmět plochy určitého druhu v m^2
- ψ_i Součinitel odtoku srážkových povrchových vod pro odvodňovanou plochu určitého druhu

(ČSN 75 9010)

Vsakový odtok Q_{vsak} je závislý na vsakovací ploše a koeficientu vsaku. Vsakovaný odtok Q_{vsak} , v $m^3 \cdot s^{-1}$, se stanoví podle vztahu:

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

- f Součinitel bezpečnosti vsaku
 k_v Koeficient vsaku, v $m \cdot s^{-1}$
 A_{vsak} Vsakovací plocha vsakovacího zařízení, v m^2

(ČSN 75 9010)

Protože přítok do vsakovacího zařízení je zpravidla rychlejší než vsakový odtok, je nutné navrhnout zařízení tak, aby mělo určitý retenční objem. Tedy objem, který může být v zařízení zadržen do té doby, než se celé zařízení vyprázdní. Výpočet se provede pro všechny úhrny srážek s dobou trvání od 5 minut do 72 hodin. Za návrhový objem se považuje největší výsledek.

Retenční objem se stanoví ze vztahu:

$$V_{vz} = \frac{h_d}{1000} \cdot (A_{red} + A_{vz}) - Q_{vsak} \cdot t_c \cdot 60$$

- t_c Doba trvání srážky určité periodicity v minutách
 h_d Návrhový úhrn srážek s odpovídající dobou trvání t_c a stanovenou periodicitou, v mm/m^2
 A_{red} Redukovaný půdorysný průmět odvodňované plochy v m^2
 A_{vz} Plocha hladiny vsakovacího zařízení, v m^2 (pro povrchová vsakovací zařízení)
 Q_{vsak} Vsakový odtok v $m^3 \cdot s^{-1}$

(ČSN 75 9010)

Doba prázdnění T_{pr} vsakovacího zařízení říká, za jak dlouho po skončení deště se zařízení úplně vyprázdní. Norma stanovuje, že tato doba nesmí přesáhnout 72 hodin.

$$T_{pr} = \frac{V_{vz}}{Q_{vsak}}$$

V_{vz} Největší vypočtený retenční objem

Q_{vsak} Vsakovací odtok, v $m^3 \cdot s^{-1}$

(ČSN 75 9010)

5.3.2 Retenční nádrže

Retenčního objemu V_r v m^3 se určí podle vztahu:

$$V_r = \frac{w \cdot h_d}{1000} \cdot (A_{red} + A_r) - Q_0 \cdot t_c \cdot 60$$

w Součinitel stoletých srážek

h_d Návrhový úhrn srážek

A_{red} Redukovaný půdorysný průmět odvodňované plochy, v m^2

A_r Plocha hladiny retenční nádrže v m^2 (pro povrchové nádrže)

Q_0 Regulovaný odtok do vodního toku nebo kanalizace, v m^3/s

t_c Doba trvání srážky určité periodicity v minutách

(Revize ČSN 75 6760)

5.3.3 Výpočtový model

Dimenzování objektů je prováděno pomocí výpočtového modelu ASIO, který vychází z norem ČSN 75 9010, TNV 75 9011 a Revize ČSN 75 6760. Model používá stejné postupy jako ty uvedené v předchozích kapitolách a spojuje je do přehledného celku.

Tento výpočtový model je dostupný online na stránkách asio.cz. (ASIOc)

Výpočet vychází z návrhových parametrů v normě TNV 75 9011 a je do něj nutné zadat tyto parametry: koeficient vsaku K_v , součinitel bezpečnosti vsaku f (vyjadřuje bezpečnost a předpokládané změny vsakovací schopnosti horninového prostředí po určitém čase provozu vsakovacího zařízení, doporučuje se $f \geq 2$), povolený odtok do kanalizace, oblast, ve které se zařízení navrhuje, periodičita p (udává kolikrát do roka se dešť dané intenzity v místě návrhu vyskytuje) a výměry všech použitých povrchů v území (chodníky, vozovky, střechy, parkovací plochy atd.).

Popis používání výpočtového modelu:

- V rozbalovacím menu zvolíme požadovaný koeficient vsaku K_v a součinitel bezpečnosti vsaku f . V případě výpočtu objemu otevřené retenční nádrže zvolíme možnost „bez vsaku“.

Stanovení vsaku	bez vsaku	
Koeficient vsaku K_v :	0,00E+00	m/s k_v
Součinitel bezpečnosti vsaku f :	2	

bez vsaku
štěrk hrubý (1.10-2)
štěrk střední (1.10-3)
štěrk jemný (1.10-4)
štěrkopísek (1.10-4)
písek hrubý (1.10-4)
písek střední (5.10-5)
písek jemný (1.10-5)
zehlíněný písek (5.10-6)
píscitá hlína (1.10-6)
jílovitý písek (1.10-6)
spraš (5.10-7)
hlína (1.10-7)
hlinitý jíl (1.10-9)
jíl (1.10-10)

- Zvolíme povolený odtok do kanalizace (vodoteče), v případě řešeného území Hostivice je maximální povolený odtok $7,34 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$.
Hodnota maximálního odtoku je závislá na velikosti odvodňované plochy. Hodnota $7,34 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$ je přepočítána pro výměru studijního území. (TSH, 2010)

Povolený odtok do kanalizace
Povolený odtok do kanalizace $Q_o(Q_e^{**})$ 0,000 l/s

- V rozbalovacím menu zvolíme lokalitu, podle které model vybere správný návrhový déšť a zvolíme periodicitu. V případě města Hostivice se využívá stejný návrhový déšť jako pro Praha - Hostivař o periodicitě 0.1. (TSH, 2010)

Stanovení povrchového odtoku

Oblast:

Periodicita:

- 1 Brno
- 2 Bruntál
- 3 Polička
- 4 Kamýk nad Vltavou
- 5 Klášterní Hradisko
- 6 Mariánské Lázně
- 7 Mšeno
- 8 Ostrava – Vítkovice
- 9 Petrovice
- 10 Pěčín
- 11 Plzeň – Doudlevice
- 12 Praha – Hostivař
- 13 Seč
- 14 Tábor
- 15 Telč
- 16 Blá Třemešná
- 17 Třebíč
- 18 Uherské Hradiště
- 19 Vsetín
- 20 Vyškov – Brňany
- 21 Znojmo
- 22 horské lokality

- Do tabulky zadáme výměry odvodňovaných ploch a použité materiály. Výpočtový model vypočítá redukovaný půdorysný průmět odvodňované plochy v m².

Typ plochy -> součinitel odtoku φ	Odtok. souč. φ	Odvodňovaná plocha S [m]	S [ha]	Redukovaná plocha $S_r = S \cdot \varphi$	S_r [m ²]
šikmá střecha / kov, sklo, břidlice, eternit (1,0)	1,00	0	0,00	0	0
šikmá střecha / kov, sklo, břidlice, eternit (1,0)	1,00	0	0,00	0	0
šikmá střecha / kov, sklo, břidlice, eternit (1,0)	1,00	0	0,00	0	0
šikmá střecha / kov, sklo, břidlice, eternit (1,0)	1,00	0	0,00	0	0
šikmá střecha / kov, sklo, břidlice, eternit (1,0)	1,00	0	0,00	0	0
Celkem				0,00	0

- šikmá střecha / kov, sklo, břidlice, eternit (1,0)
- šikmá střecha / tašky, lepenka (1,0)
- plochá střecha / kov, sklo, eternit (1,0)
- plochá střecha / lepenka (0,9)
- plochá střecha / štěr (0,7)
- zatravněná střecha / ornice 10cm (0,5)
- zatravněná střecha, sklon do 15° / ornice 10cm (0,3)
- zpevněné plochy, cesty / asfalt, bezspárý beton (0,9)
- zpevněné plochy, cesty / dlažba s těsnými spárami (0,75)
- zpevněné plochy, cesty / zpevněný štěr (0,6)
- zpevněné plochy, cesty / dlažba s otevřenými spárami (0,5)
- zpevněné plochy, cesty / volný štěr, zatravněný štěr (0,3)
- zpevněné plochy, cesty / zasakovací dlaždice (0,25)
- zpevněné plochy, cesty / zatravněvací dlaždice (0,15)
- svahy, příkopy / hlinitá půda (0,5)
- svahy, příkopy / písčité půda (0,3)
- zahrady, louky, s odtokem do recipientu / plochá krajina (0,1)
- zahrady, louky, s odtokem do recipientu / strmá krajina (0,3)

- V tabulce jsou zobrazeny vypočítané hodnoty retenčních objemů pro všechny návrhové deště. Návrhový objem je vždy ten s nejvyšší hodnotou.

Stanovení retenčního objemu										
Doba trvání deště T_c	min	5	10	15	20	30	40	60	120	
Návrhové úhrny srážek	mm	11,1	15,7	19,4	21,6	25,1	28,2	31,0	38,9	
Povrchový odtok Q_d (Q_c^{**})	l/s	18,5	13,1	10,8	9,0	7,0	5,9	4,3	2,7	
Retenční odtok $Q_r = Q_{d(e)} - Q_o - Q_v$	l/s	14,0	8,6	6,3	4,5	2,5	1,4	0,0	0,0	
Retenční objem $V = V_d - Q_{vsak} * T_c$	m^3	4,3	5,3	5,8	5,6	4,7	3,6	0,0	0,0	
Doba trvání deště T_c	hod	4	6	8	10	12	18	24	48	72
Návrhové úhrny srážek	mm	43,8	47,3	48,6	49,3	50,0	52,2	53,8	63,9	70,9
Povrchový odtok Q_d (Q_c^{**})	l/s	1,5	1,1	0,8	0,7	0,6	0,4	0,3	0,2	0,1
Retenční odtok $Q_r = Q_{d(e)} - Q_o - Q_v$	l/s	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Retenční objem $V = V_d - Q_{vsak} * T_c$	m^3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Vypočteno pro T_c :

Retenční objem V :

Doba prázdnění RN:

- V posledním kroku lze upravovat rozměry výrobku (pouze u vsakovacích zařízení). V případě povrchových retenčních nádrží lze rozměry vypočítat podle potřebného retenčního objemu a maximální hloubky nádrže.

Výrobek:			AS-KRECHT
Skladební délka:	<input type="button" value="<"/>	<input type="button" value=">"/>	6,90 m
Skladební šířka:	<input type="button" value="<"/>	<input type="button" value=">"/>	1,30 m
Skladební výška:	<input type="button" value="<"/>	<input type="button" value=">"/>	0,80 m
Výška plnění:			0,53 m
Využití:			98,6 %
Počet bloků:			3 ks

5.4 Postup vytvoření a porovnání variant

Závěrem práce jsou návrhy čtyř variant řešení, které jsou vytvořeny na základě této metodiky. Tyto čtyři varianty se liší fiktivními podmínkami v místě provádění. Varianty popisují dvě nejpravděpodobnější situace, které na území ČR mohou nastat. Nejdůležitějším proměnným faktorem návrhů je koeficient vsaku hornin, který rozhoduje o proveditelnosti zasakování a dělí čtyři varianty na dvě skupiny. V každé skupině pak jedna varianta využívá prvky MZI, které napomáhají zpomalování odtoku DV a celkovému fungování zařízení pro likvidaci DV a jedna varianta, tzv. tradiční, která řeší likvidaci DV standardními postupy. Tradiční varianty slouží pro porovnání, které je shrnuto v závěru práce. Všechny hodnoty objemů a rozměrů ve variantách jsou vypočítány pomocí výpočtového modelu, který je popsán v předchozí kapitole. Všechny varianty a jejich parametry jsou shrnuty v následující tabulce (Tabulka č. 5) a poté podrobně rozepsány v jednotlivých podkapitolách.

Tabulka 5: Rozdělení variant (vlastní tvorba)

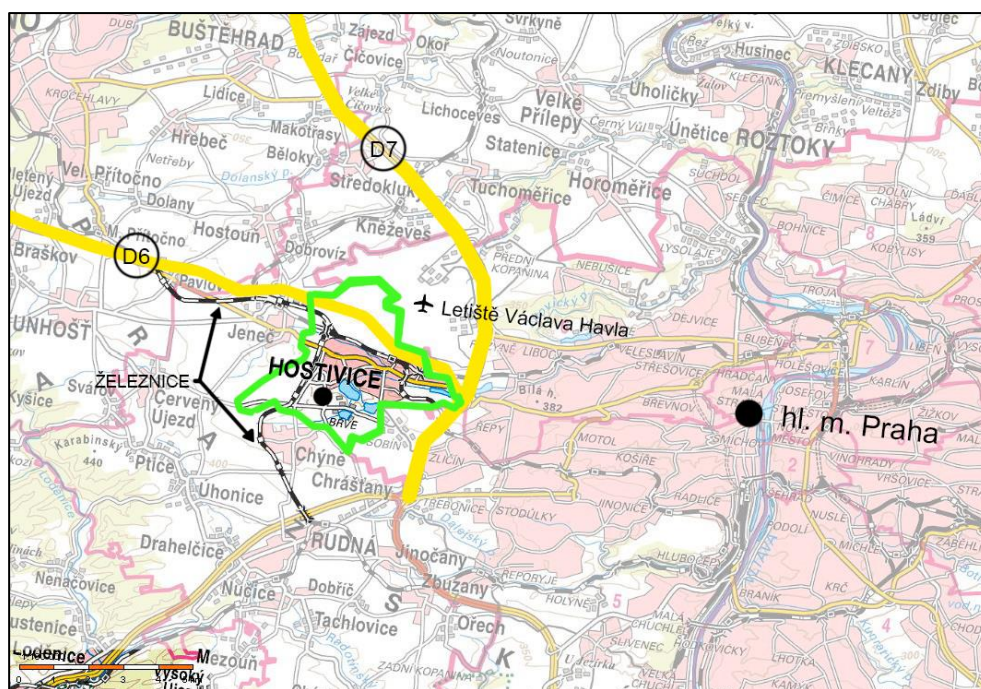
		Koeficient vsaku $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$	Prvky MZI
Podloží umožňuje vsak DV ($1\cdot 10^{-2} - 1\cdot 10^{-6} \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$)	Varianta 1	$(1\cdot 10^{-5})$	ANO
	Varianta 2	$(1\cdot 10^{-5})$	NE
Podloží neumožňuje vsak DV ($1\cdot 10^{-7} - 1\cdot 10^{-8} \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$)	Varianta 3	$(1\cdot 10^{-7})$	ANO
	Varianta 4	$(1\cdot 10^{-7})$	NE

Porovnání variant je provedeno na základě měřitelných parametrů ve výsledcích jednotlivých variant a diskusí o dalších přínosech jednotlivých variant, které nejsou přímo čitelné z výsledků. Při porovnání bude dbáno na množství zadržené vody v místě dopadu, velikosti koncových zařízení, proveditelnost a celkové přínosy pro zkvalitnění životních podmínek ve městě.

5.5 Charakteristika studijního území

Město Hostivice se nachází v okrese Praha - západ ve středočeském kraji v těsné blízkosti hl. m. Prahy. Výměra katastrálního území je 1 449 ha a nadmořská výška náměstí, které se nachází v blízkosti řešené plochy, je 341 m n. m. Počet obyvatel je k datu 1. 1. 2019 8546. (Hostivice, 2014)

V katastrálním území se nachází rozsáhlá rybníční soustava, která je chráněna jako přírodní památka Hostivické rybníky. Zajímavostí je, že soustava rybníků slouží jako zdrojová oblast pro pražský hradní vodovod na užitkovou vodu.



Obrázek 21: Výkres širších vztahů města Hostivice (vlastní tvorba)

5.5.1 Popis územní studie

V této bakalářské práci pracuji se studií, kterou jsem vytvořil ve druhém ročníku pro předmět Urbanismus 2. Studie zpracovává výstavbu nových bytových domů v centru města.

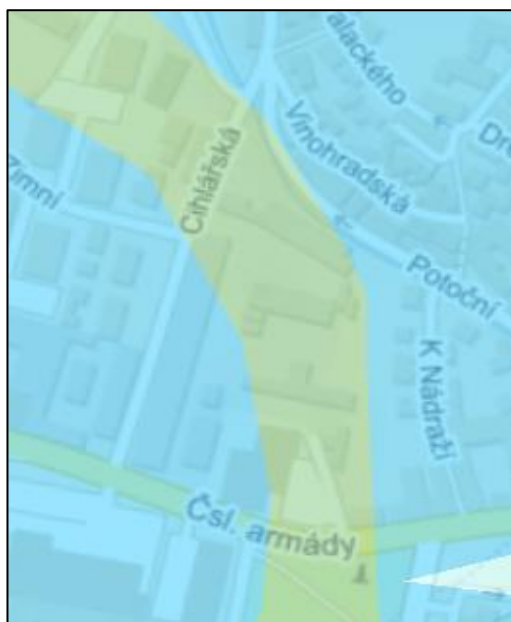
Samotné řešené území se vyskytuje v blízkosti centra města v důležitém komunikačním bodě. V okolí řešené plochy se nachází velkoobchod a městský úřad. V současnosti jsou na tomto území pouze plochy částečně využívaných skladů. Vzhledem k tomu, že se řešená plocha nachází v bodě s velkou koncentrací občanské vybavenosti a potenciálem pro zvýšení prostupnosti města, bylo by vhodné řešit novou zástavbu tak, aby působila funkčně a reprezentativně.

Řešené území má výměru cca 2 ha, z jihu je ohraničeno hlavní komunikací Čsl. Armády a na severu Jenečským potokem.

Na území bylo navrženo 6 třípodlažních bytových domů o rozměrech 25x16 m orientovaných ve dvou řadách. Před jednotlivými budovami jsou navržena malá veřejná prostranství a v severní části území pak hlavní veřejné prostranství, které slouží ke shromažďování a rekreaci. V jihovýchodní části území se nachází stávající budova občanské vybavenosti s vlastním parkovištěm. Tato budova má likvidaci DV vyřešenou a je proto vyloučena z návrhu. V území byly navrženy nové dopravní komunikace a parkovací plochy. Mezi bytovými domy vznikl nový městský park.

5.5.2 Hydrogeologické podmínky v řešeném území

V řešeném území se podle mapy potenciálního vsaku pro území ČR vyskytují dva druhy půdních typů, které mají kód vsaku 1 a 4, tedy půdy s vysokým až velmi vysokým potenciálem vsaku a sedimenty nivy.



Obrázek 22: Zobrazení studijního území v mapě potenciálního vsaku ČR, (Ministerstvo životního prostředí ČR, 2020)

Barevné vyjádření	Kód vsaku	Charakteristika potenciálního vsaku
šedá	0	bez informací
modrá	1	vysoká až velmi vysoká
světle modrá	2	střední
oranžová	3	nízká až velmi nízká
zelená	4	sedimenty nivy
tmavě oranžová	5	spraše

Obrázek 23: Legenda k mapě potenciálního vsaku ČR, (Ministerstvo životního prostředí ČR, 2020)

Charakteristika a možné využití těchto půdních typů pro prvky MZI je popsána v předchozí kapitole 5.1 - Návrhové parametry.

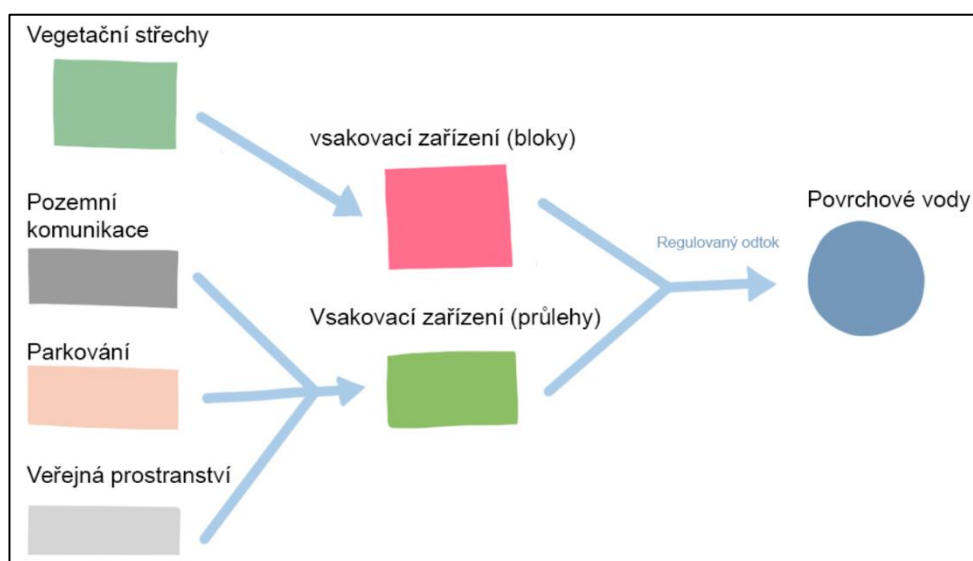
Pro přesnější určení půdních poměrů v konkrétním území by bylo nutné uskutečnit podrobný hydrogeologický průzkum kontrolním vrtem a provedením vsakovací zkoušky. Mapa potenciálního vsaku není dostatečným podkladem pro rozhodnutí o možnosti využití vsakovacích zařízení. Odvodňovaná plocha má po vyloučení plochy vodoteče, stávající budovy komerční vybavenosti a městského parku výměru cca 1 ha.

6. Vlastní práce - varianty řešení

6.1 Varianta 1 - Vsak + MZI

Třída propustnosti IV - koeficient vsaku $1 \cdot 10^{-5} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ (mírně propustné horniny)
řešení pomocí prvků MZI

Řešení v této variantě využívá prvků MZI jak ke zpomalení povrchového odtoku a čištění DV, tak k likvidaci dešťové vody z budov, komunikací a veřejných prostranství.



Obrázek 24: schéma likvidace DV varianta 1 - schéma popisuje cestu dešťové vody z různých ploch územní studie do zařízení pro likvidaci DV. Toto schéma koresponduje s grafickým výstupem. (vlastní tvorba)

- **Podloží**

Koeficient vsaku $1 \cdot 10^{-5}$ odpovídá zeminám skládajících se z písků a štěrků s příměsí jemnozrné zeminy a umožňuje využití vsakovacích zařízení k likvidaci dešťové vody.

- **Prvky MZI**

V této variantě řešení jsou použity prvky MZI, které podporují vsakování DV v místě dopadu, zpomalují povrchový odtok a snižují tak celkový objem proudící do konečného vsakovacího zařízení. Bytové domy jsou zastřešeny vegetační střechou s 10 cm vrstvou ornice. Parkovací plochy jsou tvořeny zatravnovací dlažbou usazenou

v zasakovacích rošttech, které umožňují zatížení automobilovou dopravou. Povrchy veřejného prostranství před vstupy do jednotlivých domů i na společném veřejném prostranství jsou tvořeny vsakovacími dlaždicemi uloženými na štěrkovém podkladu, který umožňuje retenci a zpomalení povrchového odtoku. Pěší komunikace se skládá z dlažby s otevřenými spárami vyplněnými jemným pískem.

Výměry všech odvodňovaných ploch včetně použitých materiálů, vypočítaných objemů a rozměrů zařízení pro likvidaci DV jsou vyčísleny v tabulce č. 6.

Tabulka 6: Shrnutí výsledků varianty 1, v tabulce jsou k odvodňovaným plochám přiřazeny použité povrchy, v pravé části tabulky poté nalezneme výsledné objemy a rozměry potřebných zařízení k likvidaci dešťové vody. (vlastní tvorba)

Varianta 1 (vsak + MZI) koeficient vsaku $1 \cdot 10^{-5}$		Odtok do povrchových vod $0,5 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$		
Typ ploch	Druh použitého technického řešení	Výměra (m^2)	Objem vsakovacího zařízení (m^3)	Rozměry zařízení (m)
Zpevněné plochy VP	Vsakovací dlaždice	674	Bez zařízení	-
Zpevněné plochy VP (před domy)	Vsakovací dlaždice	222	168,4	126,5x2,6x0,80
Parkování	Zatrávňovací dlažba	1308		
Komunikace (automobilová)	Nepropustný povrch	3156		
Komunikace (pěší)	Dlažba s otevřenými spárami	1415		
Plochy střech	Vegetační střecha (10 cm ornice)	2400	46,4	11,5x9,1x0,80
Celkem		9175	214,8	

• Likvidace DV

Dešťová voda je likvidována za pomoci vsakovacích zařízení. Vsakování je rozděleno na dvě části - samostatné vsakovací zařízení pro dešťovou vodu ze střech a systém vsakovacích průlehů pro vsakování dešťové vody z komunikací a veřejných prostranství před jednotlivými domy. Zařízení pro likvidaci DV ze střech se skládá ze vsakovacích bloků a je umístěno pod úroveň terénu. DV je do něj přiváděna podzemním potrubím. Pro zajištění bezpečnosti jsou zařízení vybavena bezpečnostními přelivy, které umožňují regulovaný odtok do povrchových vod (Jenečského potoka) v případě dosažení jejich maximální kapacity. Systém prvků MZI

v této variantě dovolil využít minimální odtok do povrchových vod, díky kterému zůstává voda zadržena v území po delší dobu. Pro likvidaci DV z hlavního veřejného prostranství na jihu území postačí propustný povrch v podobě vsakovacích dlaždic.

- **Předčištění**

Předčištění srážkových vod, které jsou likvidovány vsakem je pouze mechanické. Humusová vrstva, přes kterou je voda zasakována, se postará o adsorbci znečištění, které se v řešeném druhu zástavby objevuje. Svod DV ze střech je opatřen lapačem střešních splavenin, který z DV odstraní mechanické nečistoty. Před vsakovacím zařízením je umístěno sedimentační zařízení. Samotné zařízení je vybaveno revizní šachtou, která umožňuje kontrolu a čištění vtoku.

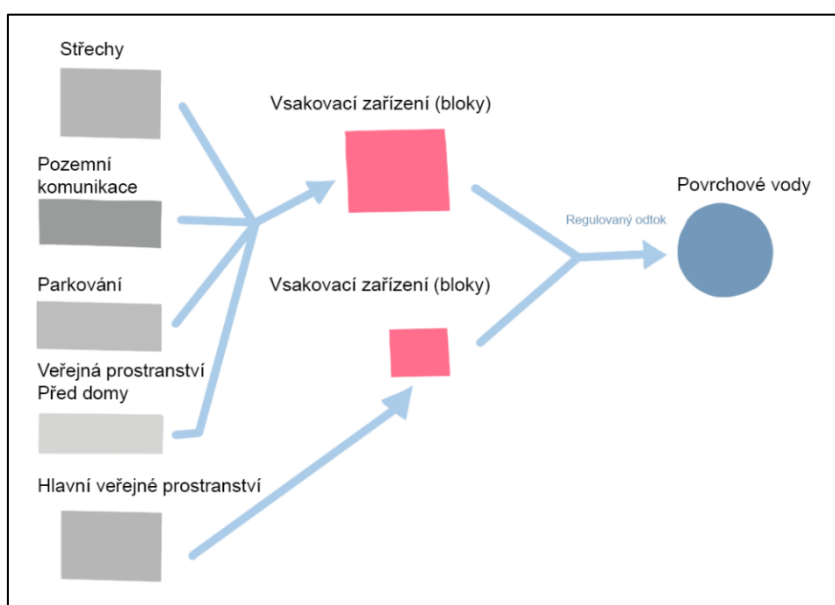
- **Grafická část**

Schématický výkres návrhu se nachází v příloze č. 2.

6.2 Varianta 2 - Vsak

Třída propustnosti IV - koeficient vsaku $1 \cdot 10^{-5} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ (mírně propustné horniny) tradiční řešení bez prvků MZI

Řešení v této variantě využívá k likvidaci DV vsakovací prvky, ale území není vybaveno prvky MZI, které by zpomalovaly povrchový odtok.



Obrázek 25: schéma likvidace DV varianta 2 - schéma popisuje cestu dešťové vody z různých ploch územní studie do zařízení pro likvidaci DV. Toto schéma koresponduje s grafickým výstupem. (vlastní tvorba)

- **Podloží**

Koeficient vsaku $1 \cdot 10^{-5}$ odpovídá zeminám skládajících se z písků a štěrků s příměsí jemnozrné zeminy a umožňuje využití vsakovacích zařízení k likvidaci dešťové vody.

- **Likvidace DV**

DV je likvidována pomocí vsakovacích zařízení. Vsakování je rozděleno na dvě části. První vsakovací zařízení v severní části území likviduje DV ze střeš bytových domů, peších a automobilových komunikací, parkovacích ploch a veřejných prostranství před jednotlivými domy. Druhé vsakovací zařízení je umístěno u hlavního veřejného prostranství v jižní části území. Protože se v území nenachází prvky MZI, které by zpomalovaly povrchový odtok, bylo nutné využít maximálního odtoku do povrchových vod, aby nebyla překročena doba prázdnění a prvky fungovaly bezpečně.

- **Prvky MZI**

V této variantě se prvky MZI nenachází, všechny povrchy jsou řešeny tradičními nepropustnými materiály.

Výměry všech odvodňovaných ploch včetně použitých materiálů, vypočítaných objemů a rozměrů zařízení pro likvidaci DV jsou vyčísleny v Tabulce č. 7.

Tabulka 7: Shrnutí výsledků varianty 2, v tabulce jsou k odvodňovaným plochám přiřazeny použité povrchy, v pravé části tabulky poté nalezneme výsledné objemy a rozměry potřebných zařízení k likvidaci dešťové vody. (vlastní tvorba)

Typ ploch	Druh použitého technického řešení	Výměra (m ²)	Objem vsakovacího zařízení (m ³)	Rozměry zařízení (m)
Zpevněné plochy VP	Nepropustný povrch	674	19,5	9,2x5,2x0,8
Zpevněné plochy VP (před domy)	Nepropustný povrch	222	247,2	23x22,1x0,8
Parkování	Nepropustný povrch	1308		
Komunikace (automobilová)	Nepropustný povrch	3156		
Komunikace (pěší)	Nepropustný povrch	1415		
Plochy střech	Kovová střecha	2400		
Celkem		9175	266,7	

- **Předčištění**

Uliční vpusti, které shromažďují DV z pozemních komunikací jsou vybaveny filtračním košem, který zachytí hrubé nečistoty. Svod DV ze střechy prochází přes lapač střešních splavenin, který zachytí hrubé nečistoty. Vzhledem k tomu, že dešťová voda putuje do vsakovacích zařízení bez jakéhokoliv předčištění, je nutné před obě zařízení umístit předčištění v podobě sedimentační jímky. Samotné zařízení je vybaveno revizní šachtou, která umožňuje kontrolu a čištění vtoku.

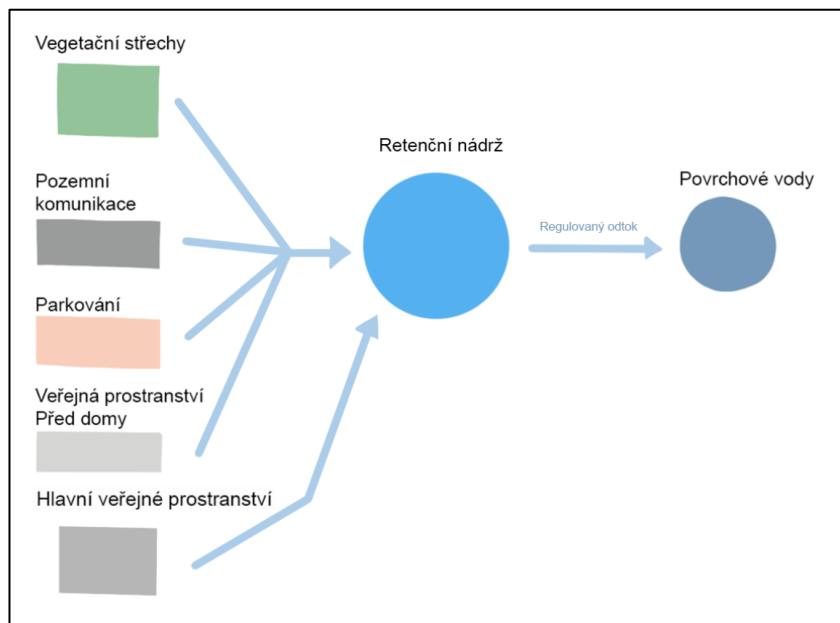
- **Grafická část**

Schématický výkres návrhu se nachází v příloze č. 3.

6.3 Varianta 3 - Bez vsaku + MZI

Návrh pro třídu propustnosti I - koeficient vsaku $1 \cdot 10^{-7} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ (slabě propustné horniny) řešení pomocí prvků MZI

Řešení v této variantě využívá prvků MZI ke zpomalení povrchového odtoku a čištění. Likvidace DV je řešena otevřenou retenční nádrží s regulovaným odtokem do povrchových vod (Jenečský potok).



Obrázek 26: Schéma likvidace DV varianta 3 - schéma popisuje cestu dešťové vody z různých ploch územní studie do zařízení pro likvidaci DV. Toto schéma koresponduje s grafickým výstupem. (vlastní tvorba)

- **Podloží**

Koeficient vsaku $1 \cdot 10^{-7}$ odpovídá zeminám skládajících se z hlinitých písků, jílovitých písků a štěrkovitých hlín. Tento koeficient neumožňuje využití vsakovacích zařízení k likvidaci dešťové vody.

- **Likvidace DV**

K likvidaci DV je použita otevřená retenční nádrž s regulovaným odtokem v severní části území. Dešťová voda je do ní přiváděna ze všech odvodňovaných ploch v území přes prvky MZI pomocí podzemního potrubí.

- **Prvky MZI**

V této variantě jsou použity prvky MZI, které zpomalují povrchový odtok, zadržují vodu v místě dopadu a zvyšují odpar v území. Bytové domy jsou zastřešeny vegetační střechou s 10 cm vrstvou ornice. Parkovací plochy jsou tvořeny zatravnovací dlažbou usazenou v zasakovacích roštích, které umožňují zatížení automobilovou dopravou. Povrchy veřejného prostranství před vstupy do jednotlivých domů i na společném veřejném prostranství jsou tvořeny vsakovacími dlaždicemi uloženými na šterkovém podkladu, který umožňuje retenci a zpomalení povrchového odtoku. Pěší komunikace se skládá z dlažby s otevřenými spárami vyplněnými jemným pískem.

Výměry všech odvodňovaných ploch včetně použitých materiálů a vypočítané objemy a rozměry zařízení pro likvidaci DV jsou vyčísleny v Tabulce č. 8.

Tabulka 8: Shrnutí výsledků varianty 3, v tabulce jsou k odvodňovaným plochám přiřazeny použité povrchy, v pravé části tabulky poté nalezneme výsledné objemy a rozměry potřebných zařízení k likvidaci dešťové vody. (vlastní tvorba)

Typ ploch	Druh použitého technického řešení	Výměra (m ²)	Objem retenční nádrže (m ³)
Varianta 3 (bez vsaku + MZI) koeficient vsaku $1 \cdot 10^{-7}$		Odtok do povrchových vod 7,34 l·s ⁻¹	
Zpevněné plochy VP	Vsakovací dlaždice	674	154,6
Zpevněné plochy VP (před domy)	Vsakovací dlaždice	222	
Parkování	Zatravnovací dlažba	1308	
Komunikace (automobilová)	Nepropustný povrch	3156	
Komunikace (pěší)	Dlažba s otevřenými spárami	1415	
Plochy střech	Vegetační střecha (10cm ornice)	2400	
Celkem		9175	

- **Předčištění**

Dešťová voda prochází přes prvky MZI, které ji čistí. Humusová vrstva na vegetačních střechách a pod polopropustnými povrchy filtruje znečištění, které se v řešeném druhu zástavby nachází. Uliční vpusti, které shromažďují DV z pozemních komunikací jsou vybaveny filtračním košem, který zachytí hrubé nečistoty. Před retenční nádrží je umístěno sedimentační zařízení, které zbavuje DV pevných nečistot.

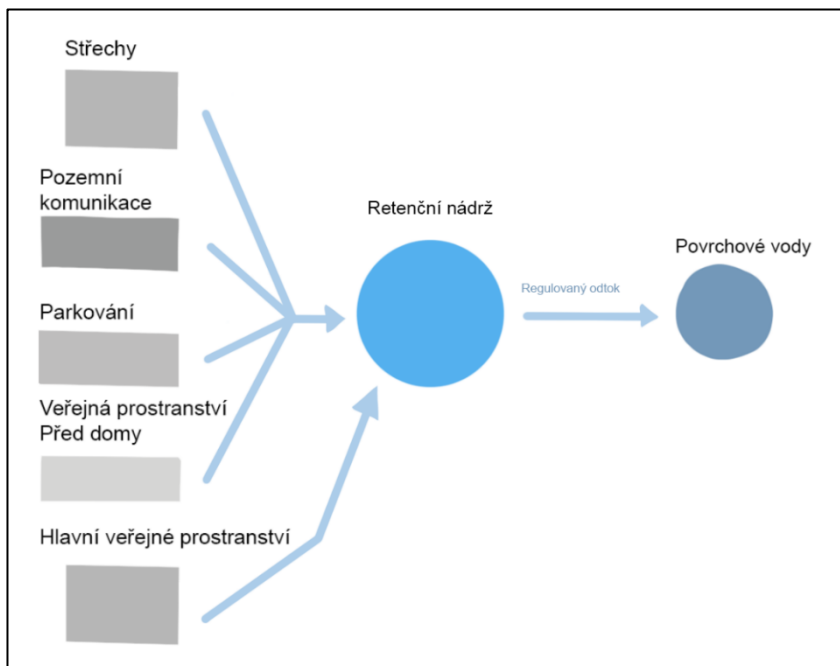
- **Grafická část**

Schématický výkres návrhu se nachází v příloze č. 4.

6.4 Varianta 4 - Bez vsaku

Návrh pro třídu propustnosti I - koeficient vsaku $1 \cdot 10^{-7} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ (slabě propustné horniny) tradiční řešení bez prvků MZI

Toto řešení likviduje srážkovou pomocí retenční nádrže a bez prvků MZI. Tato varianta slouží pro porovnání „tradičního“ řešení s ostatními variantami.



Obrázek 27: Schéma likvidace DV varianta 4 - schéma popisuje cestu dešťové vody z různých ploch území studie do zařízení pro likvidaci DV. Toto schéma koresponduje s grafickým výstupem. (vlastní tvorba)

- **Podloží**

Koeficient vsaku $1 \cdot 10^{-7}$ odpovídá zeminám skládajících se z hlinitých písků, jílovitých písků a šterkovitých hlín. Tento koeficient neumožňuje využití vsakovacích zařízení k likvidaci dešťové vody.

- **Likvidace DV**

K likvidaci dešťové vody je použita otevřená retenční nádrž s regulovaným odtokem v severní části území. Dešťová voda je do ní přiváděna ze všech odvodňovaných ploch v území, za pomoci uličních vpustí a podzemního potrubí.

- **Prvky MZI**

V této variantě se prvky MZI nenachází, všechny povrchy jsou řešeny tradičními nepropustnými materiály.

Výměry všech odvodňovaných ploch včetně použitých materiálů a vypočítané objemy a rozměry zařízení pro likvidaci DV jsou vyčísleny v Tabulce č. 9.

Tabulka 9: Shrnutí výsledků varianty 4, v tabulce jsou k odvodňovaným plochám přiřazeny použité povrchy, v pravé části tabulky poté nalezneme výsledné objemy a rozměry potřebných zařízení k likvidaci dešťové vody. (vlastní tvorba)

Typ ploch	Druh použitého technického řešení	Výměra (m ²)	Objem retenční nádrže (m ³)
Zpevněné plochy VP	Nepropustný povrch	674	280,9
Zpevněné plochy VP (před domy)	Nepropustný povrch	222	
Parkování	Nepropustný povrch	1308	
Komunikace (automobilová)	Nepropustný povrch	3156	
Komunikace (pěší)	Nepropustný povrch	1415	
Plochy střech	Kovová střecha	2400	
Celkem		9175	

- **Předčištění**

Svod vody ze střech je opatřen lapačem střešních splavenin, který odfiltruje pevné nečistoty. Uliční vpusti, které shromažďují DV z pozemních komunikací, jsou vybaveny filtračním košem, který zachytí hrubé nečistoty. Vzhledem k tomu, že dešťová voda z ostatních ploch putuje do retenční nádrže bez jakéhokoliv předčištění, je nutné před vtokem vytvořit konstrukčně oddělený usazovací prostor.

- **Grafická část**

Schématický výkres návrhu se nachází v příloze č. 5.

6.5 Porovnání návrhů

Pro zjednodušení textu jsou varianty 1 až 4 psány zkratkou **V1, V2, V3, V4**.

Při porovnání jednotlivých návrhů je potřeba zvážit několik parametrů. Některé přínosy zařízení je možné kvantifikovat a porovnat číselně, jako například objemy zařízení pro likvidaci DV, které ukazují, jaký přínos mají přírodě blízká opatření na zmenšení celkového odtoku DV z území, nebo podíl propustných povrchů k celkové výměře území. Další přínosy nejsou z návrhů přímo měřitelné a jsou tedy porovnány v rámci diskuse. Hlavním faktorem v tomto porovnání hraje množství zadržené vody v území. (viz kapitola 4.5).

Když porovnáme retenční objemy zařízení ve **V1** a **V2**, zjistíme, že ve **V1**, ve které jsou použity prvky MZI, je zapotřebí o 51,9 m³ menšího retenčního objemu. Tento rozdíl by byl ještě navýšen, pokud by byl u **V2** použitý nejnižší povolený odtok do povrchových vod tak jako ve **V1**. Zvolení takového odtoku ale nebylo možné, protože by byla překročena doba prázdnění zařízení a hrozilo by překročení maximální kapacity zařízení. Zmíněných 51,9 m³ je možné považovat za objem vody, který díky prvkům MZI zůstal zadržen v místě dopadu a přispěl tak ke zlepšení mikroklimatu v území (viz kapitola 4.5). Stejný výsledek je možné najít v porovnání objemů zařízení ve **V3** a **V4**. Ve **V3**, ve které jsou použity prvky MZI, je zapotřebí o 126 m³ menšího retenčního objemu.

Další číselné porovnání je možné provést mezi skupinami (**V1, V2**) a (**V3, V4**). Tyto skupiny se od sebe liší zvoleným vsakovacím koeficientem, který u první skupiny dovoluje využívání vsakovacích zařízení pro likvidaci DV a druhé skupiny ne. V tomto případě je spíše než samotné množství vody důležitý konečný recipient této DV. Při likvidaci za pomoci vsakování se voda infiltruje do podloží v místě dopadu a zlepšuje tak vodní bilanci v území. V druhém případě je voda zadržena pouze krátkodobě a poté je odváděna do povrchových vod. Takto likvidovaná voda tedy přispívá ke zlepšení mikroklimatu v území pouze minimálně (odparem z hladiny povrchové retenční nádrže). Skupina (**V1,V2**) při návrhovém dešti zadrží 240,75 m³ v území. Skupina (**V3,V4**) odvede 217,45 m³ do povrchových vod. Porovnání celkových retenčních objemů a aritmetických průměrů nalezneme v Tabulce č. 10.

Tabulka 10: Porovnání retenčních objemů variant 1 - 4.

	V1	V2	V3	V4
Retenční objem (m ³) zařízení	214,8	266,7	154	280,9
Aritmetický průměr objemů (m ³)	240,75		217,45	
Prvky MZI	ANO	NE	ANO	NE
Vsakování	ANO	ANO	NE	NE

Voda, která je likvidována bez použití vsakovacích zařízení, končí ve vodoteči. V případech, kde není povrchová voda dostupná, je regulovaný odtok směřovaný do dešťové nebo jednotné kanalizace. Při rozšiřování zastavěných ploch ve městech je třeba myslet na celkovou kapacitu konečných recipientů a čistíren odpadních vod. MZI pomáhá vylučovat dešťovou vodu z těchto recipientů a snižuje tak celkové kulminační průtoky v kanalizacích a vodotečích.

Dalším možným parametrem, který vypovídá o přínosech řešení je podíl propustných a nepropustných povrchů v území. Návrh, který v území vytváří větší podíl propustných nebo polopropustných ploch, přispívá více k zadržení vody v území. Celková plocha území je po přičtení zatravněného městského parku, který nebyl součástí výpočtu odvodnění, ale zvětšuje podíl propustných povrchů, 16 175 m². V následující tabulce nalezneme porovnání celkové plochy s plochou materiálů, které přispívají ke zlepšení retence vody v území (vegetační střechy, vsakovací dlažby, dlažby s otevřenými spárami, zatravnovací dlažby a zatravněné plochy). Porovnání podílů propustných materiálů k celkové ploše území nalezneme v Tabulce č. 11.

Tabulka 11: Porovnání podílů propustných povrchů v území.

	V1	V2	V3	V4
Podíl propustných povrchů k celkové ploše území v %	80	40	80	40

Z tabulky je zřejmé, že varianty, které obsahují prvky MZI, zadržují v území více vody než ty bez prvků MZI. **V1** navíc oproti **V3** umísťuje do území vsakovací průlehy o celkové délce 126,5 m a likviduje DV pomocí vsaku. **V1** tedy zadrží nejvíce vody v řešeném území.

Prvky MZI aplikované ve **V1** a **V3** mají také měřitelný dopad na podobu koncových zařízení pro likvidaci DV. Když porovnáme velikosti vsakovacích zařízení **V1** a **V2** zjistíme, že pro likvidaci DV vsakem v území bez prvků MZI je zapotřebí až 5x větší plocha ke vsakování pomocí vsakovacích bloků, uvažujeme-li stejnou hloubku zařízení. V případě **V3** a **V4** je u **V4** zapotřebí retenční nádrže s téměř 2x větší plochou než ve **V3**. Velikosti koncových zařízení variant **V2** a **V4** byly téměř hraniční a jejich umístění mezi bytovými domy by mohlo být problémové. Z toho vyplývá, že prvky MZI mohou účinně zmenšit velikost koncových zařízení a docílit tak snížení nákladů a záboru území. Pokud je uvažováno o likvidaci DV vsakem, je vhodné využít komplexního systému návrhu se zapojením prvků MZI, které podporují celkový cíl vsakovacích systémů tedy zadržet vodu v místě dopadu.

6.6 Diskuse

Důležitým prvkem porovnání variant by byly náklady spojené s výstavbou a náročnost jejich provedení. Pro takové porovnání by však bylo zapotřebí vypracování podrobného projektu, což nebylo předmětem této práce. Lze ale uvažovat alespoň o náročnosti provedení jednotlivých návrhů. Komplexní systémy odvodnění, které využívají přírodě blízkých opatření pro likvidaci DV, vyžadují angažovanost měst a investorů. Při výstavbě takových systémů je zapotřebí větší mezioborové spolupráce, než je tomu u tradičních řešení. Je potřeba vzít v potaz více faktorů a propojovat více zařízení, která musí být správně dimenzována a na likvidaci pracovat společně. Při aplikování prvků MZI je třeba dbát na jejich správné umístění v prostoru tak, aby nenarušovaly funkčnost, bezpečnost a prostupnost zástavby. Prvky MZI mohou zabírat větší část uličního prostoru a není je proto možné aplikovat například v husté zástavbě historických center. Pokud ale výše zmíněné aspekty nejsou problémem, měla by města usilovat o zavádění přírodě blízkých opatření na likvidaci DV tam, kde to jde. Prvky modrozelené infrastruktury plní stejné funkce jako tradiční šedá infrastruktura a navíc její implementace přináší další pozitiva. Zvýšením podílu vegetace v podobě vegetačních střech, zatravnovacích dlaždic, stromů a dalších prvků MZI se mimo pozitivní ekologické dopady zmíněné v porovnání variant, navyšuje také atraktivita zástavby a zlepšuje celková kvalita životních podmínek ve městech. Vegetace může prokazatelně snížit teplotu ve městech v letních měsících o několik stupňů a napomáhá ke snížení prašnosti.

7. Závěr

Cílem této práce bylo navrhnout řešení likvidace dešťové vody, které bude v souladu s platnými normami a bude podporovat retenci vody v místě dopadu a napomáhat celkové udržitelnosti města.

V rámci práce byly vytvořeny čtyři návrhy, které se lišily návrhovými parametry tak, aby bylo možné jejich porovnání a vyhodnocení optimálního řešení. První dvě varianty ukazují návrh při použití vsakovacích systémů, druhé dvě varianty pak řešení bez vsakování, s použitím retenčních nádrží.

Návrhy se skládají z popisu vstupních dat, použitých technických řešení, výměr odvodňovaných povrchů a schématických výkresů, ze kterých je patrné, jak mohou být prvky MZI umístěny v prostoru. Podle normy TNV 75 9011 a zákona č. 183/2006 Sb., Zákon o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon), vzniká povinnost řešit likvidaci DV prioritně vsakováním, poté retencí a odvodem do povrchových vod a až pokud jsou obě předchozí možnosti vyloučeny, může být voda odváděna do kanalizace.

Pro zjištění geologických poměrů v takové přesnosti, aby bylo možné rozhodnout o možnosti vsakování, je nutné provést v konkrétním území několik hydrogeologických průzkumů v podobě vsakovací zkoušky ve vrtu nebo bagrované sondě, podle které se přesně určí koeficient vsaku K_v . Protože tato konkrétní data nebyla v rámci práce dosažitelná, je hlavním výsledkem práce zjištění působení prvků MZI na podobě koncových zařízení pro likvidaci DV a jejich přínosů na zlepšení mikroklimatu v území.

Varianty **V1** a **V3** tedy přináší nejvíce výhod pro studijní území v obou potencionálních vlastnostech půdního prostředí. Prvky MZI v těchto variantách dokázaly několikrát zmenšit koncová zařízení a přináší další výhody popsané v literární rešerši a diskusi. Nejlepších výsledků dosahuje **V1**, která využívá prvky MZI a likviduje DV vsakováním. Pokud je tedy v lokalitě možné využít vsakovacích zařízení, je vhodné kombinovat je s prvky MZI tak, aby vznikl komplexní systém přírodě blízkého odvodnění, který přináší nejvíce benefitů pro udržitelnost města.

8. Zdroje

8.1 Knižní zdroje

- Beran J., 2009: Základy vodního hospodářství Vyd. 2., Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha, ISBN: 978-80-213-1875-5
- Krejčí J. a kolektiv, 2002: Odvodnění urbanizovaných území - koncepční přístup, NOEL 2000, Brno, ISBN: 80-86020-39-8,
- Ministerstvo pro místní rozvoj ČR, 2019: VSAKOVÁNÍ SRÁŽKOVÝCH VOD Metodická pomůcka Ministerstva pro místní rozvoj, Praha 2019
- Zevenbergen, C. Urban flood management, CRC Press/Balkema 2011, Leiden ISBN 978-0-415-55944-7.
- Vítek J.; Vacková M.; Vítek R. et al, 2018: Hospodaření se srážkovými vodami - cesta k modrozelené infrastruktuře, Olomouc
- Jacquet T. Stormwater management in landscape design, Design Media Publishing Limited 2017, ISBN 978-1-910596-61-6.
- Woods B.;Wilson B. et al, 2016: The SuDS Manual,CIRIA, Londýn, ISBN: 978-0-86017-760-9
- Dr. Erhard Meißner; Angela Nadler; Georg Rosenzweig, 2006: Přírodě blízké odvodnění dopravních ploch v sídlech, Bavorský zemský úřad pro životní prostředí 2006, ISBN 80-903244-8-7
- Slavíková L. [ed.], 2007: Ochrana před povodněmi v urbanizovaných územích, IREAS, Institut pro strukturální politiku, o. p. s., Praha, ISBN: 978-80-86684-48-2

8.2 Internetové zdroje

- Katedra urbanismu a územního plánování ČVUT, © 2011: urbanizace (online) [2020.10.09]. Dostupné z: < <http://www.uzemi.eu/pojmy/urbanizace> >
- Hostivice, © 2009: statistické údaje (online) [2020.20.11]. Dostupné z: < <http://www.hostivice.eu/statisticke-udaje/d-409944/p1=4410> >

- TZB-info, © 2001-2021: Jak vypadá vsakovací zařízení srážkových vod (online) [2021.05.03]. Dostupné z: < <https://voda.tzb-info.cz/destova-voda/16968-hospodareni-se-srazkovymi-vodami> >
- ASIOa, © 2001-2021: Vsakovací Blok AS-NIDAPLAST (online) [2021.05.03]. Dostupné z: < <https://www.asio.cz/cz/as-nidaplast-link> >
- ASIOb, © 2001-2021: Vsakovací tunel AS-KRECHT (online) [2021.05.03]. Dostupné z: < <https://www.asio.cz/cz/as-krecht> >
- ASIOc, © 2001-2021: Návrh objemu retenční nádrže dle ČSN 75 9010 (online) [2021.05.02]. Dostupné z: < <https://www.asio.cz/cz/navrh-objemu-retencni-nadrze> >
- eAGRI, © 2009-2021 Ministerstvo zemědělství: Zpráva o stavu vodního hospodářství ČR v roce 2019 (online) [2021.05.01] Dostupné z: < <http://eagri.cz/public/web/mze/voda/osveta-a-publikace/publikace-a-dokumenty/modre-zpravy/zprava-o-stavu-vodniho-hosp-2019.html> >
- DEUrbanisten: Water Square Benthemplein (online) [2021.08.02] Dostupné z: < <http://www.urbanisten.nl/wp/?portfolio=waterplein-benthemplein> >
- eAGRI, © 2009-2021 Ministerstvo zemědělství: Koncepce na ochranu před následky sucha pro území České republiky, přílohy (online) [2021.08.01] Dostupné z: < <http://eagri.cz/public/web/mze/ministerstvo-zemedelstvi/koncepce-a-strategie/koncepce-na-ochranu-pred-nasledky-sucha.html> >
- susDrain, ©susDrain 202: Case Studies - Bridget Joyce Square, London (online) [2021.08.02] Dostupné z: < https://www.susdrain.org/case-studies/case_studies/bridget_joyce_square_london.html >
- ekolist, © BEZK: Povrchové retenční dešťové nádrže – zatím nevyužitá příležitost městské a příměstské krajiny (online) [2021.04.02] Dostupné z: < <https://ekolist.cz/cz/publicistika/priroda/povrchove-retencni-destove-nadrze-zatim-nevyuzita-prilezitest-mestske-a-primestske-krajiny> >
- ISOVER ©2021: Proč je dobré ozelenit střechu (online) [2021.09.03] Dostupné z: < <https://www.isover.cz/aktuality/proc-je-dobre-ozelenit-strechu> >
- UN-Habitat © 2012-2021: United Nations Human Settlements Programme: Applying the Fundamentals of Planned Urbanization for Prosperous Cities (online) [2021.13.03] Dostupné z: < <https://unhabitat.org/project/applying-the-fundamentals-of-planned-urbanization-for-prosperous-cities> >

- Počítáme s vodou, Michaela Koucká, ©2021 Počítáme s vodou: Modro-zelená infrastruktura je cesta, jak udržet vodu ve městech a vnitrozemí (online) [2021.20.02] Dostupné z: < <https://www.pocitamesvodou.cz/modro-zelena-infrastruktura-je-cesta-jak-udrzet-vodu-ve-mestech-a-vnitrozemi/> >

8.3 Legislativní zdroje

- Zákon 254/2001 Sb., o vodách (vodní zákon), v platném znění

8.4 Technické normy

- TNV 75 9011: Hospodaření se srážkovými vodami, Český normalizační institut, 2013
- ČSN 75 9010: Vsakovací zařízení srážkových vod, Český normalizační institut, 2012
- Revize ČSN 75 6760: Vnitřní kanalizace II, Český normalizační institut, 2014
- TSH, Technické standardy pro kanalizační zařízení ve správě Technických služeb Hostivice, Dostupné z: < <http://www.ts.hostivice.cz/vodovod-a-kanalizace/> >
- Městské standardy vodovodů a kanalizací na území hl. m. Prahy: kanalizační část 6. aktualizace – leden 2020

8.5 Seznam obrázků

Obrázek 1: Průměrné měsíční teploty vzduchu na území České republiky v roce 2019 ve srovnání s normálem let 1981-2010. (eAGRI, 2019).....	5
Obrázek 2: Tepelné ostrovy ve městech (ISOVER) Dostupné z: < https://www.isover.cz/aktuality/proc-je-dobre-ozelenit-strechu >	6
Obrázek 3: Porovnání přirozeného a urbanizovaného povodí (Hospodaření se srážkovými vodami - cesta k modrozelené infrastruktuře, vlastní zpracování).....	7
Obrázek 4: Qunli stormwater park, Charbin, Čína (urbanNext) Dostupné z: < https://urbannext.net/qunli-stormwater-park/ >	8

Obrázek 5: Využití dešťové vody v budovách (The SuDS Manual - vlastní zpracování).....	10
Obrázek 6: Extenzivní vegetační střecha (ECOSSEDUM) Dostupné z: < https://www.ecosedum.cz/ecosedum-pack/skladba-zelene-strechy/ >	11
Obrázek 7: Intenzivní vegetační střecha (MAPEI) Dostupné z < https://www.mapeisradosti.czmagazinzelene-strechy-jak-na-ne-a-jak-ziskat-dotace >	12
Obrázek 8: Schéma skladby polopropustného povrchu v podobě zatravňovacích dlaždic (Přírodě blízké odvodnění dopravních ploch v sídlech- vlastní zpracování)	13
Obrázek 9: Zatravňovací dlaždice použité na parkovacích plochách (Přírodě blízké odvodnění dopravních ploch v sídlech)	13
Obrázek 10: Polopropustná dlažba použitá v praxi (Přírodě blízké odvodnění dopravních ploch v sídlech)	13
Obrázek 11: Schéma umělého mokřadu (The SuDS Manual- vlastní zpracování) ...	15
Obrázek 12: Schéma přestavby úředního centra v Kemptenu (Přírodě blízké odvodnění dopravních ploch v sídlech)	20
Obrázek 13: Dlážděné žlaby svádějí vodu ze silnice do vsakovacích rýh (Přírodě blízké odvodnění dopravních ploch v sídlech).....	21
Obrázek 14: Alejová výsadba stromů s integrovanou retencí a vsakováním dešťové vody. (Přírodě blízké odvodnění dopravních ploch v sídlech)	21
Obrázek 15: Náměstí Benthemplein v Rotterdamu (DEUrbanisten) Dostupné z: < http://www.urbanisten.nl/wp/?portfolio=waterplein-benthemplein >	21
Obrázek 16: Náměstí Benthemplein v Rotterdamu, největší ze tří nádrží, která v prázdňém stavu slouží jako hřiště. (DEUrbanisten) Dostupné z: < http://www.urbanisten.nl/wp/?portfolio=waterplein-benthemplein >	21
Obrázek 17: Náměstí Benthemplein v Rotterdamu, pohled na celý projekt z ptačí perspektivy (DEUrbanisten) Dostupné z < http://www.urbanisten.nl/wp/?portfolio=waterplein-benthemplein >	22
Obrázek 18: Dešťová zahrada s lávkou (susDrain) Dostupné z < https://www.susdrain.org/case-studies/case_studies/bridget_joyce_square_london.html >	22
Obrázek 19: Dešťová zahrada před mateřskou školkou (susDrain) Dostupné z < https://www.susdrain.org/case-studies/case_studies/bridget_joyce_square_london.html >	22

Obrázek 20: Schéma popisující proces rozhodování při výběru druhu likvidace dešťové vody (Počítáme s vodou, Stránský) Dostupné z < https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:3VE3CO2tzycJ:https://www.pocitamesvodou.cz/wp-content/uploads/2015/01/Hospodareni-se-srazkovymi-vodami-2017.pdf+&cd=1&hl=cs&ct=clnk&gl=cz >	27
Obrázek 21: Výkres širších vztahů města Hostivice (vlastní tvorba)	36
Obrázek 22: Zobrazení studijního území v mapě potenciálního vsaku ČR, (Ministerstvo životního prostředí ČR, 2020) Dostupné z: < https://webmap.dppcr.cz/dpp_cr/povis.dll?MU=001&MAP=5440&lon=14.0237865&lat=50.094303&scale=120960 >	38
Obrázek 23: Legenda k mapě potencionálního vsaku ČR, (Ministerstvo pro místní rozvoj ČR, 2019).....	38
Obrázek 24: schéma likvidace DV varianta 1 - (vlastní tvorba).....	39
Obrázek 25: schéma likvidace DV varianta 2 - (vlastní tvorba).....	42
Obrázek 26: schéma likvidace DV varianta 3 - (vlastní tvorba).....	44
Obrázek 27: schéma likvidace DV varianta 4 - (vlastní tvorba).....	46

8.6 Seznam tabulek

Tabulka 1: rozdělení nutnosti předčištění dešťové vody pro různé druhy povrchů (TNV 75 9011 - vlastní zpracování)	19
Tabulka 2: Rozdělení tříd propustnosti podle koeficientu vsaku (TSH).....	25
Tabulka 3: Rozdělení tříd propustnosti podle konkrétních druhů hornin. (geologie.vsb.) Dostupné z < http://geologie.vsb.cz/CviceniInzenyrskaGeologie/KAPITOLY/10_Vlastnosti/10%20Vlastnosti_v7ma.htm >	26
Tabulka 4: Zatěžovací srážky pro území hl. m. Prahy, které platí i pro město Hostivice (HydroprojektCZ a.s, 2002).....	28
Tabulka 5: Rozdělení variant (vlastní tvorba).....	35
Tabulka 6: Shrnutí výsledků varianty 1 (vlastní tvorba).....	40
Tabulka 7: Shrnutí výsledků varianty 2 (vlastní tvorba).....	43
Tabulka 8: Shrnutí výsledků varianty 3 (vlastní tvorba).....	45
Tabulka 9: Shrnutí výsledků varianty 4 (vlastní tvorba).....	47

Tabulka 10: Porovnání retenčních objemů variant 1 - 4 (vlastní tvorba).	49
Tabulka 11: Porovnání podílů propustných povrchů v území. (vlastní tvorba).....	49

8.7 Přílohy

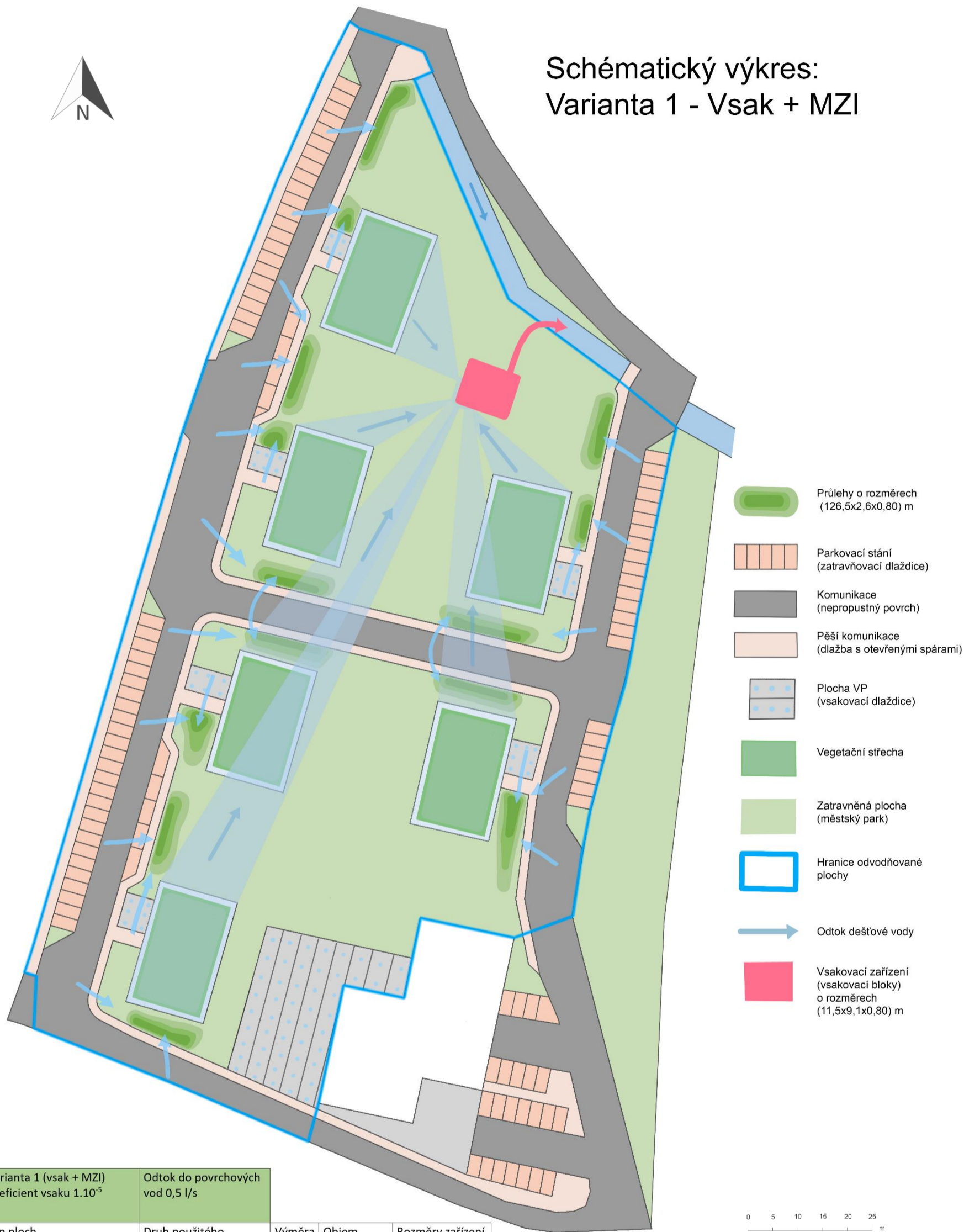
Příloha č. 1: Typické znečišťující látky na jednotlivých typech ploch a očekávané znečištění srážkových vod (TNV 75 9011, 2013 - vlastní zpracování)

Typ plochy		Hrubé nečistoty a splaveniny	jemné částice	Těžké kovy	Uhlovodíky	Organické znečištění	Živiny N,P	Patogenní mikroorganismy	Chloridy
Střechy	Vegetační extenzivní								
	Vegetační intenzivní								
	s plochou neošetřených kovových částí do 50m								
	s plochou neošetřených kovových částí 50 -500m								
	s plochou neošetřených kovových částí nad 500m								
zatravněné plochy									
Komunikace pro chodce a cyklisty									
Parkoviště	málo frekventovaná osobní auta								
	vysoce frekventovaná osobní auta a autobusy								
	nákladní auta								
Pozemní komunikace	málo frekventované (příjezdy k domům)								
	středně frekventované 300-15000 automobilů/24h								
	vysoce frekventovaná nad 15000 automobilů/24h								
Plochy skladišť, manipulační plochy									
Komunikace zemědělských areálů									

	Míra znečištění srážkové vody
	vysoce znečištěná
	středně znečištěná
	mírně znečištěná
	neznečištěná

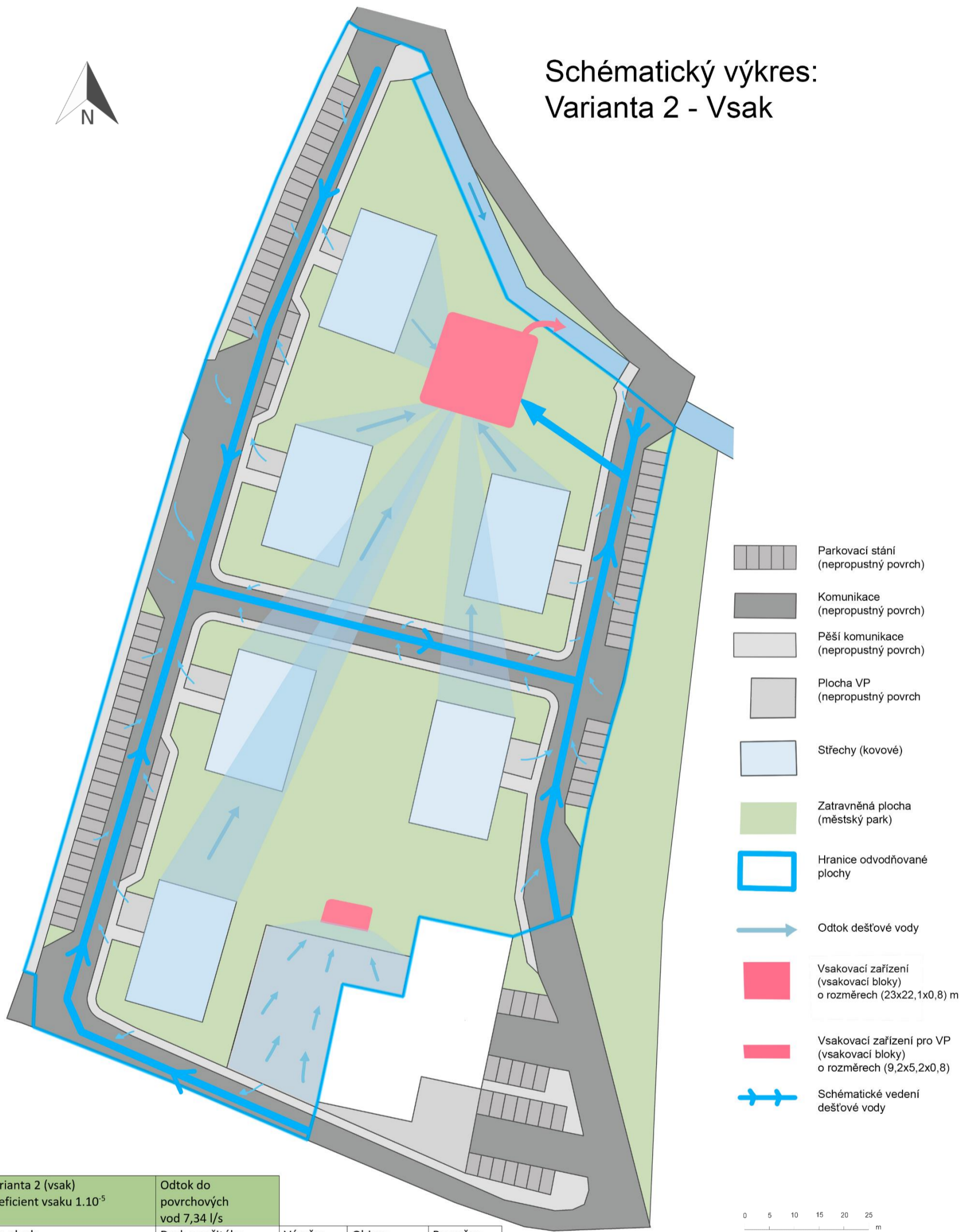
Příloha č.1: Typické znečišťující látky na jednotlivých typech ploch a očekávané znečištění srážkových vod. Pokud jsou v jedné buňce tabulky použity dvě barvy, znamená to, že se míra znečištění pohybuje kdekoliv mezi zobrazenými hodnotami. (TNV 75 9011, 2013 - vlastní zpracování)

Schématický výkres: Varianta 1 - Vsak + MZI

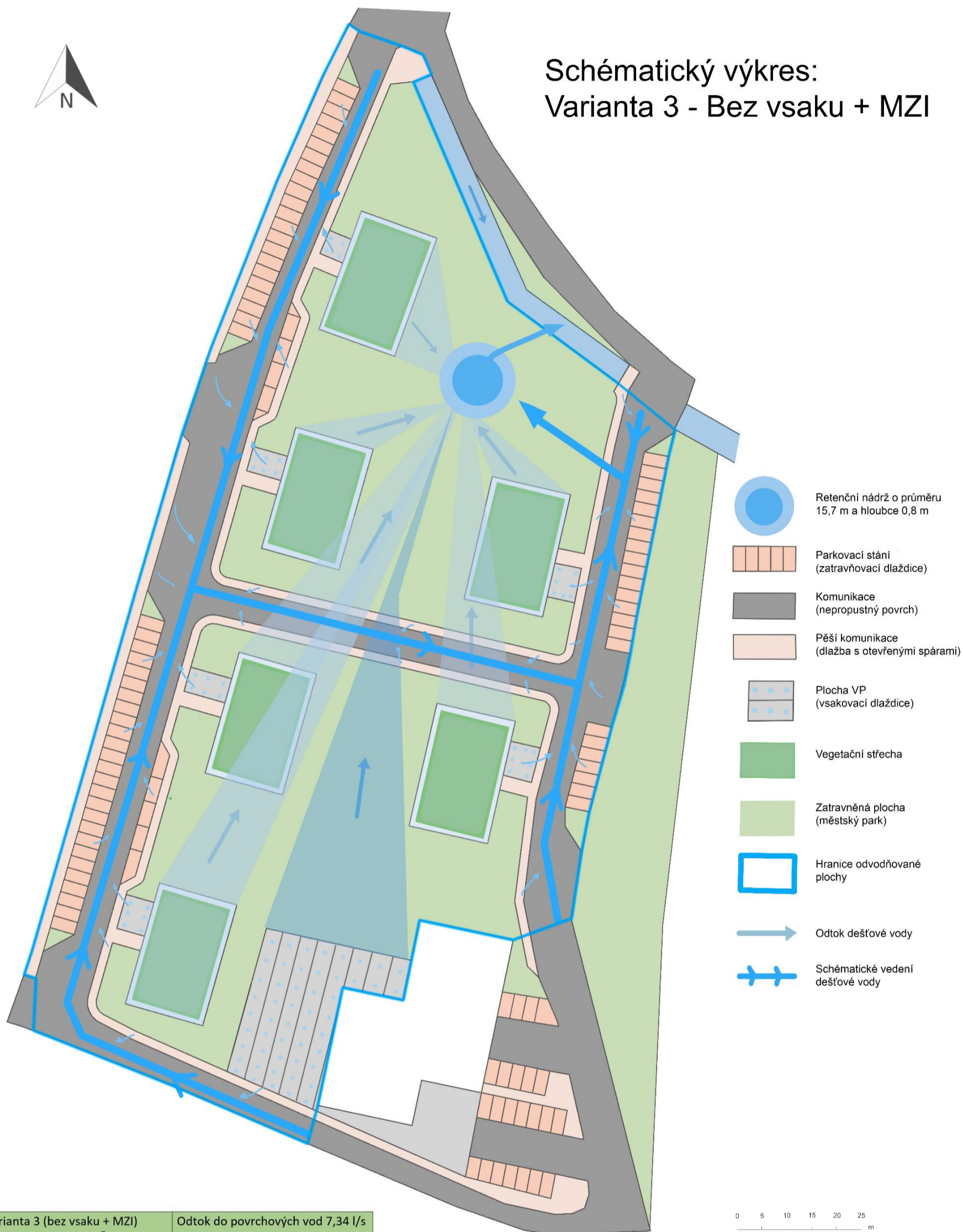


Varianta 1 (vsak + MZI) koeficient vsaku $1 \cdot 10^{-5}$		Odtok do povrchových vod 0,5 l/s		
Typ ploch	Druh použitého technického řešení	Výměra (m ²)	Objem vsakovacího zařízení (m ³) bez zařízení	Rozměry zařízení (m)
Zpevněné plochy VP	vsakovací dlaždice	674	-	-
Zpevněné plochy VP (před domy)	vsakovací dlaždice	222		
Parkování	zatravněvací dlažba	1308		
Komunikace (automobilová)	nepropustný povrch	3156		
Komunikace (pěší)	Dlažba s otevřenými spárami	1415	168,4	126,5x2,6x0,80
Plochy střech	vegetační střecha (10cm ornice)	2400	46,4	11,5x9,1x0,80
Celkem		9175	214,8	

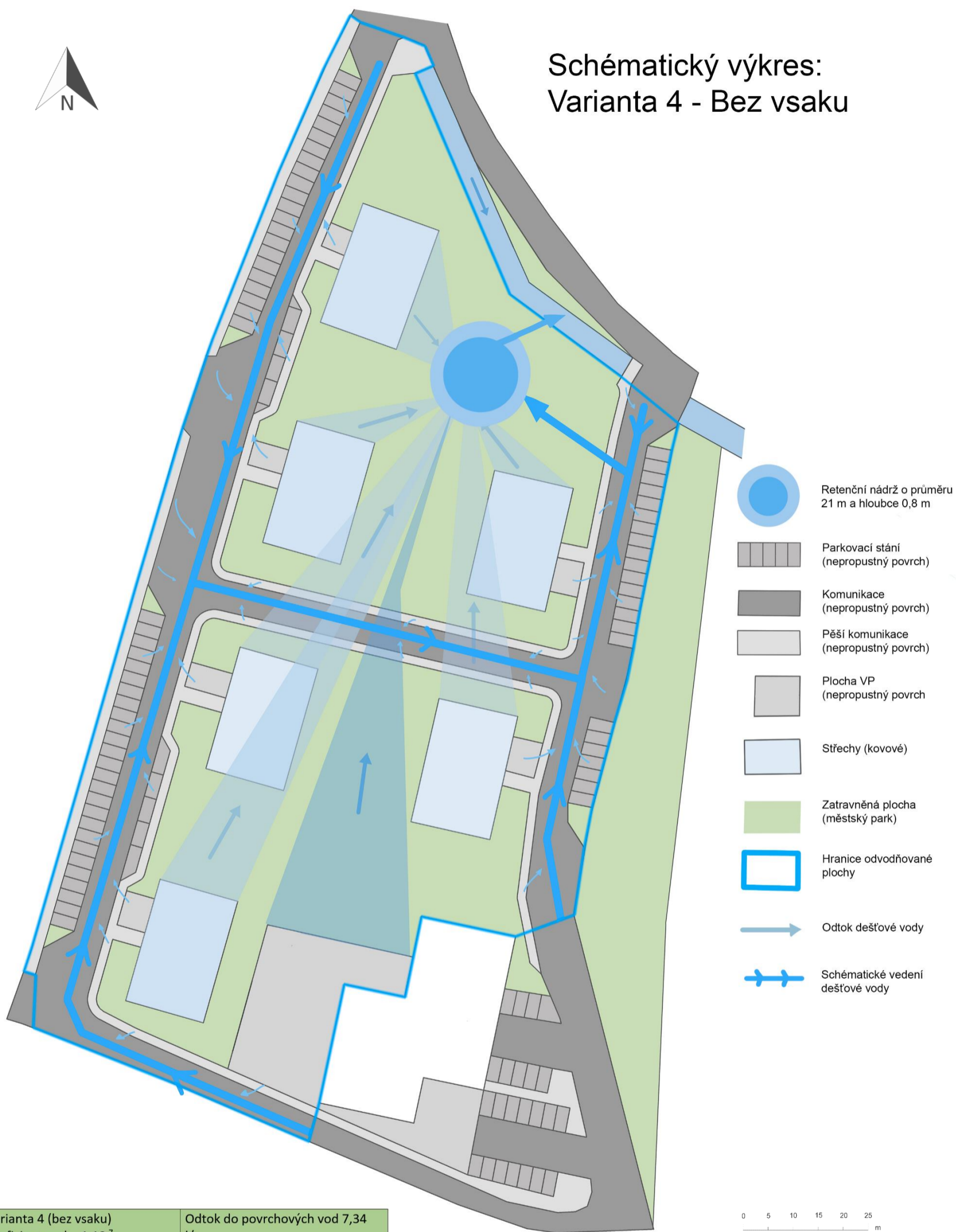
0 5 10 15 20 25
m



Varianta 2 (vsak) koeficient vsaku $1 \cdot 10^{-5}$		Odtok do povrchových vod 7,34 l/s		
Typ ploch	Druh použitého technického řešení	Výměra (m ²)	Objem vsakovacího zařízení (m ³)	Rozměry zařízení (m)
Zpevněné plochy VP	nepropustný povrch	674	247,2	23x22,1x0,8
Zpevněné plochy VP (před domy)	nepropustný povrch	222		
Parkování	nepropustný povrch	1308		
Komunikace (automobilová)	nepropustný povrch	3156		
Komunikace (pěší)	nepropustný povrch	1415		
Plochy střech	kovová střecha	2400	247,2	23x22,1x0,8
Celkem		9175	266,7	



Varianta 3 (bez vsaku + MZI) koeficient vsaku 1.10^{-7}		Odtok do povrchových vod 7,34 l/s	
Typ ploch	Druh použitého technického řešení	Výměra (m ²)	Objem retenční nádrže (m ³)
Zpevněné plochy VP	vsakovací dlaždice	674	154,6
Zpevněné plochy VP (před domy)	vsakovací dlaždice	222	
Parkování	zatravněvací dlažba	1308	
Komunikace (automobilová)	nepropustný povrch	3156	
Komunikace (pěší)	Dlažba s otevřenými spárami	1415	
Plochy střech	vegetační střecha (10cm ornice)	2400	
Celkem		9175	



Varianta 4 (bez vsaku) koeficient vsaku $1 \cdot 10^{-7}$		Odtok do povrchových vod 7,34 l/s	
Typ ploch	Druh použitého technického řešení	Výměra (m ²)	Objem retenční nádrže (m ³)
Zpevněné plochy VP	nepropustný povrch	674	280,9
Zpevněné plochy VP (před domy)	nepropustný povrch	222	
Parkování	nepropustný povrch	1308	
Komunikace (automobilová)	nepropustný povrch	3156	
Komunikace (pěší)	nepropustný povrch	1415	
Plochy střech	kovová střecha	2400	
Celkem		9175	