

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA
V PRAZE
FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ
KATEDRA VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ

Revitalizace lokality na sídlišti Kamýk se
zvláštním zřetelem na zadržování a využití
srážkové vody

DIPLOMOVÁ PRÁCE

VEDOUCÍ PRÁCE: ING. Jana Soukupová, Ph.D.

DIPLOMANT: Bc. Adam Hlavinka

2021

Moje poděkování patří především vedoucí mé práce Ing. Janě Soukupové Ph.D. za odborné vedení a cenné rady a připomínky při konzultacích. Dále bych chtěl poděkovat svým milým rodičům, kteří mi umožnili studovat a po celou dobu mě podporovali. Speciální poděkování patří mé kamarádce Týně Průškové, která mě provedla světem AutoCADu a pomohla mi s realizací výkresů.

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Adam Hlavinka

Regionální environmentální správa

Název práce

Revitalizace lokality na sídlišti Kamýk se zvláštním zřetelem na zadržování a využití srážkové vody

Název anglicky

Revitalization of the locality in the Kamýk housing estate with special regard to the retention and use of rainwater

Cíle práce

Cílem práce je zpracovat literární rešerši k problematice zadržování a využití srážkové vody v sídlištním prostoru a jeho další revitalizaci. Na konkrétní lokalitě navrhnout vsakovací zařízení, drobné vodní prvky, zeleň a veškeré úpravy související s revitalizací daného místa. Student zpracuje jednoduchý rozpočet a výkresovou část.

Metodika

Student bude pracovat podle osnovy:

1. úvod
2. cíle práce
3. literární rešerše
4. metodika
5. popis obce
6. návrh opatření
7. orientační pořizovací náklady
8. diskuze
9. závěr
10. použité zdroje
11. přílohy

Doporučený rozsah práce

60

Klíčová slova

dešťová voda, vsakování, průlehy, eroze

Doporučené zdroje informací

- HLAVÍNEK, P. – PRAX, P. – KUBÍK, J. *Hospodaření s dešťovými vodami v urbanizovaném území*. Brno: ARDEC, 2007. ISBN 978-80-86020-55-6.
- JANEČEK, M. – ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE. FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ. *Základy erodologie*. V Praze: Česká zemědělská univerzita, 2008. ISBN 978-80-213-1842-7.
- METODIKA NÁVRHU A VÝSTAVBY OPTIMÁLNÍ VARIANTY PROTIPOVODŇOVÝCH A PROTIEROZNÍCH OPATŘENÍ (PPPO) PRO ZMÍRNĚNÍ EXTRÉMních HYDROLOGICKÝCH JEVŮ – POVODNÍ A SUCHA V KRAJINĚ (PROJEKT), – KOVÁŘ, P. – ŠTIBINGER, J. *Metodika návrhu a výstavby optimální varianty protipovodňových a protierozních opatření (PPPO) pro zmírnění extrémních hydrologických jevů – povodní a sucha v krajině : zpráva za rok 2008*. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, 2008. ISBN 978-80-213-1883-0.
- Metodika návrhu a výstavby optimální varianty protipovodňových a protierozních opatření PPPO pro zmírnění extrémních hydrologických jevů – povodní a sucha v krajině : stanovení infiltračních vlastností povrchových vrstev v lokalitě určené pro výstavbu protipovodňových a protierozních opatření : modelování povrchového odtoku z experimentálních ploch*. Praha: ČZU-FLE, 2006. ISBN 978-80-213-1600-3.
- Protierozní ochrana. Nové technologie v ochraně půdy před vodní erozí : Voda v krajině*. Praha: MZe ČR, 1995.
- STRÁNSKÝ, D. – ČESKÁ KOMORA AUTORIZOVANÝCH INŽENÝRŮ A TECHNIKŮ ČINNÝCH VE VÝSTAVBĚ. RADA PRO PODPORU ROZVOJE PROFESÍ. *Srážkové vody a urbanizace krajiny : TP 1.20.1 : technická pomůcka k činnosti autorizovaných osob*. Praha: Pro Českou komoru autorizovaných inženýrů a techniků činných ve výstavbě vydává Informační centrum ČKAIT, 2012. ISBN 978-80-87438-28-2.
- Závlahy : Voda v krajině*. Praha: MZe ČR, 1995.

Předběžný termín obhajoby

2021/22 LS – FZP

Vedoucí práce

Ing. Jana Soukupová, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra vodního hospodářství a environmentálního modelování

Konzultant

Ing. Eva Tylová

Elektronicky schváleno dne 8. 12. 2021

prof. Ing. Martin Hanel, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 9. 12. 2021

prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.

Děkan

V Praze dne 29. 03. 2022

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma vsakování dešťové vody v Praze 12 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 diplomovou 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 diplomová 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 30.3.2022

Abstrakt:

Tato diplomová práce se zabývá revitalizací sídlištního prostoru mezi ulicemi Cuřínova a Machuldova. Toto sídliště se dlouhodobě potýká s problémy spojenými se zadržováním vody, které jsou způsobeny suchými a větrnými podmínkami, které zapříčiňují erozi půdy. V literární rešerši jsou popsány způsoby opatření vedoucí k revitalizaci veřejných prostor, které napomáhají ke zlepšení mikroklimatu a životní pohody na sídlišti. Prostřednictvím informací nashromážděných při studiu podmínek na zájmovém území jsou vytvořeny jednotlivé návrhy, které by mohly být uplatněny při revitalizaci zmiňovaného prostoru. Ke každému návrhu připadá rozpočet potřebný k realizaci a grafické znázornění.

Klíčová slova: dešťová voda, vsakování, průlehy, eroze

Abstract:

This thesis deals with the revitalization of the residential area between Cuřínova and Machuldova streets in Prague. This housing estate has long been struggling with water retention problems caused by dry and windy conditions that cause soil erosion. The literature research describes measures leading to the revitalisation of public spaces that help to improve the microclimate and well-being of the housing estate. Through the data collected from the study of the situation in the area of interest, individual suggestions are made that could be applied to the revitalisation of the area. Each proposal is accompanied by a budget for implementation and a graphic representation.

Keywords: rainwater, infiltration, swales, erosion

Obsah

1. Úvod.....	1
2. Termíny a definice	2
3. Literární rešerše – možnosti nakládání s vodami v sídlištním prostředí	4
3.1. Akumulace vody a její další využití	4
3.2. Městská zeleň	7
3.3. Zatavněné plochy	8
3.4. Zelené střechy	9
3.5. Hügelkultur – vyvýšený záhon	12
3.6. Infiltrace srážkové vody	14
3.6.1. Plošné vsakování.....	15
3.6.2. Vsakovací průlehy	16
3.6.3. Vsakovací retenční nádrž	18
3.6.4. Dešťové zahrady	19
3.6.5. Propustné povrchy.....	20
4. Metodika.....	23
5. Popis zájmového území.....	27
6. Návrh opatření.....	34
6.1. Sběr dešťové vody	34
6.2. Zelené střechy	36
6.3. Šotolinové hřiště.....	37
6.4. Rekonstrukce chodníku.....	38
6.5. Vsakovací průlehy	39
6.6. Hügelkultur.....	40
6.7. Dešťová zahrada	41
6.8. Suchá retenční nádrž	42
6.9. Městská zeleň	43
6.9.1. Stromy.....	43
6.9.2. Keře.....	44
7. Diskuze.....	47
8. Závěr	50
9. Použitá literatura	51
10. Přílohy.....	55

1. Úvod

Infiltrace srážkové vody je proces, kdy se voda vsakuje do půdy, kde je její část zadržena. Voda se pak dostává horninovým prostředím do kolektorů podzemních vod, nebo se uvolňuje do prostředí a zlepšuje mikroklima v místě dopadu. Tento proces má významný vliv v předcházení vzniku povodní a sucha a v zadržování vody v krajině i ve městech.

V současné době se s tématy, týkající se zadržování vody v krajině, setkáváme čím dál častěji. S rostoucím počtem lidí je spojeno nezbytné zastavování doposud nezastavěných území. To způsobuje, že v hustě osídlených místech dešťová voda odtéká povrchově místo toho, aby zůstala v místě dopadu. V urbanizovaném území odteče po povrchu cca 55% srážek a pouze 15% se vsákne do země. V území, kde je přirozený zemský povrch odteče po povrchu pouze 10% srážek a 50% se vsákne do země. Pro Českou republiku jsou srážky jediným zdrojem vody pro koloběh vody na celém našem území. Díky různorodosti podnebí České republiky jsou proměnlivé úhrny i výskyt srážek. To, spolu s výkyvy srážkové činnosti, způsobuje, že se často stáváme svědky povodní, ale i extrémně suchých období. Mírné zimy, doprovázené minimálními sněhovými srážkami spolu se suchými a horkými léty negativně ovlivňují množství podzemních i povrchových vod. Je tedy nezbytné, aby se lidská sídla co nejvíce přizpůsobila současným podmínkám, a to zejména snahou udržet srážkovou vodu v místě dopadu a podpořit přirozený vodní koloběh. (MMR, 2019)

Zadržet vodu v krajině jde buď správnou péčí o půdu anebo technicky. Zadržení vody v půdě skýtá řadu výhod. Správně obdělávaná půda o mocnosti 1 m na ploše 1 km² dokáže zadržet cca 300 000 m³ vody. Abychom dosáhli takových výsledků, je potřeba udržovat vhodný zdravotní stav půdy a její ideální drsnost povrchu. Toho se dá docílit například střídáním plodin, zatravněnými pásy i tím, že se budeme starat o zdraví našich lesů. (MMR, 2019)

Správné hospodaření s dešťovou vodou ve městech vede k výraznému zlepšení klimatu, a tak i podmínkám pro život obyvatel. Existuje mnoho způsobů, jak města přizpůsobit měnícím se klimatickým podmínkám. Některé z nich jsou popsány v následující rešerši.

2. Termíny a definice

Srážkové vody – vody z atmosférických srážek.

Srážková povrchová voda přípustná – srážková voda, která nepředstavuje riziko znečištění půd a ohrožení kvality podzemních vod.

Srážková povrchová voda podmíněčně přípustná – srážková voda, která může být znečištěna a může představovat riziko kontaminace podzemních nebo povrchových vod. Riziko je možné snížit nebo eliminovat specifickými opatřeními (předčištění).

Vsakovací/zasakovací zařízení – zařízení sloužící k vsakování srážkových povrchových vod do horninového prostředí.

Povrchové vsakovací zařízení – vsakovací zařízení nacházející se na povrchu terénu, sloužící ke vsakování srážkových povrchových vod do horninového prostředí povrchem terénu.

Podzemní vsakovací zařízení – vsakovací zařízení, nacházející se pod úrovní terénu, sloužící ke vsakování srážkových povrchových vod do horninového prostředí.

Retenční objem vsakovacího zařízení – objem prostoru ve vsakovacím zařízení, určeného k zadržení srážkové povrchové vody před vsakem.

Průleh – povrchové vsakovací zařízení ve tvaru mělké prohlubně určené k vsakování srážkové povrchové vody s krátkodobou povrchovou retencí.

Bezpečnostní přeliv – část vsakovacího zařízení nebo retenčního objektu, sloužící k bezpečnému převedení vody při poruše vsakovacího zařízení nebo při vyšším než navrhovaném zatížení.

Centrální způsob odvodnění – způsob odvodnění, zabývající se nakládáním se srážkovými vodami společně pro více staveb.

Decentrální způsob odvodnění – způsob odvodnění, zabývající se nakládáním se srážkovými vodami v místě vzniku. Decentrální způsob odvodnění navrácí srážkové vody do přirozeného koloběhu vody. Jedná se o zařízení podporující vsakování, výpar a pomalý odtok do lokálního koloběhu vody.

Dešťová kanalizace – potrubní vedení sloužící k odvedení srážkových vod do vodního recipientu.

Hospodaření s dešťovými vodami – způsob nakládání se srážkovými vodami, kladoucí důraz na přirozenou bilanci vody.

Předčištění srážkových vod – činnost sloužící k ochraně příjemce srážkových vod. Hlavní důraz je kladen na eliminaci hrubých nečistot a nerozpuštěných látek, snížení obsahu živin a patogenních organismů a odstranění organických látek, spotřebovávajících kyslík. Probíhá v technických nebo přírodě blízkých zařízeních.

Koeficient vsaku k_v^5 – rychlost infiltrace srážkové vody do horninového prostředí ve vsakovacím zařízení za atmosférického tlaku při hydraulickém sklonu $l=1$.

Mezerovitost – objemový poměr mezer ve směsi kameniva k jednotce objemu směsi. Pro účely vsakování je využívána sypná hmotnost setřeseného kameniva v %.

3. Literární rešerše – možnosti nakládání s vodami v sídlištním prostředí

3.1. Akumulace vody a její další využití

Ačkoliv se moje práce zaměřuje především na vsakování srážkové vody, je sběr vody a její využití jeden z nejlepších způsobů, jak s dešťovou vodou hospodařit. Díky velkým plochám, kterými disponují střechy na sídlišti Kamýk, je možné za příznivých klimatických podmínek čerpat množství vody, které by mohlo pokrýt určitou spotřebu užitkové vody. Na území střední Evropy průměrně spadne 55 m³ vody na 100 m² střechy během jednoho roku. To znamená, že voda zachycená se střech by dokázala nahradit až 60% spotřeby užitkové vody. Dala by se využít na zavlažování zahrad a zeleně v městech, splachování toalet anebo na praní prádla. (Poliak, 2010)

Sběr a využívání dešťové vody tedy ušetří jak peníze, tak pitnou vodu a přírodu. Systémy využívající dešťové vody se skládají z několika nezbytných komponentů. Spadená voda stéká pomocí okapů a svodů do potrubí, jež ústí do akumulární nádrže. Ještě, než se začne voda hromadit v nádrži, musí projít přes filtr pevných částic a „uklidňující“ membránu, díky které se nevýří sedimenty, které mohou být u dna nádrže. Čerpadla dále zajišťují libovolný odběr vody, která vede potrubím na zamýšlené místo. (Brabec, 2014)

Zásadní roli při využívání dešťové vody hrají filtrační zařízení. Pro zachycení hrubších nečistot, které s sebou voda nese, skvěle poslouží i okapový filtr, který se nasazuje na svod z okapu. Tento filtr zachytí nečistoty hlavně hrubšího charakteru, voda může dále obsahovat prach anebo písek, ale dá se bezpečně využít na závlahu zahrady. Jediné úskalí je sedimentace nečistot na dně nádrže, proto je tento filtr vhodný zejména pro nádrže, které je možno lehce vyčistit. Okapový filtr se však dá zkombinovat například s podokapovým filtračním hrncem, který musí být umístěn v zemi na místě, kde okapový svod ústí do potrubí. Voda nejdříve projde přes cca 5 cm vrstvu šterku, který zachytí hrubší nečistoty, dále putuje přes netkanou textilií a filtrační síto, které zbaví vodu drobných nečistot. Existují také samočisticí filtrační zařízení, fungující díky třívrstvé filtrační složce, skrze kterou protéká voda oky velkými 0,35 mm. Výnosnost těchto samočisticích filtrů bývá okolo 95 %, jelikož

nečistoty bývají odplaveny se zbylou vodou. Jestliže má být nasbíraná voda využívána například na praní prádla, což je skvělá alternativa pro rodinné domy, je potřeba nainstalovat před akumulární nádrž filtrační šachtu. (Dvořáková, 2007)

Akumulární nádrže mohou být umístěny nad zemí nebo pod povrchem země. Při výběru nádrže je potřeba brát v potaz několik okolností. Je třeba znát zamýšlenou velikost nádrže, která se odvíjí od velikosti sběrné plochy, a předpokládanou spotřebou. V případě umístění nádrže do země musíme myslet na horninové složení a na rizika spojená s vlivy počasí a podzemních vod. Na základě toho můžeme vybrat materiál, který bude pro dané místo nejvhodnější. Nádrže mohou být například sklolaminátové nebo ocelové, ale nejvíce využívané bývají často plastové a betonové. Díky své odolnosti vůči vnějším tlakům bývají betonové nádrže vhodným řešením, pokud chceme umístit nádrž například pod příjezdovou cestu, nebo pokud v zamýšlené oblasti hrozí vzednutí podzemní vody. Nevýhodou bývá skutečnost, že se betonové nádrže často skládají z jednotlivých skruží, které postupem času mohou ztratit těsnicí vlastnosti ve spojích. Plastové alternativy bývají často z polyethylenu a případě podzemních nádrží bývají z plastu obsahujícího skelná vlákna, díky kterým jsou odolnější. Zásadní výhody plastových nádrží jsou snadná montáž a údržba, nízká hmotnost, odolnost vůči korozi a variabilní uspořádání, které se dá přizpůsobit povrchu a dané oblasti. (Dvořáková, 2007)

Nasbíranou vodu můžeme dále použít hned několika způsoby. Ve většině případů ji však budeme čerpat za pomoci čerpadel a systémů trubek. Dají se využít buďto sací čerpadla, která bývají umístěna mimo nádrž, anebo ponorná, která jsou přímo v nádrži a jsou opatřena plovákovým spínačem, který zajistí bezproblémový chod čerpadla a zamezí tomu, aby jelo čerpadlo na prázdno. Většinou se voda odebírá cca 15 cm nad dnem nádrže, kde je voda čistá. (Dvořáková, 2007)

Správně odebraná a skladovaná dešťová voda nabízí zdroj vody, který je za dobrých klimatických podmínek dlouhodobě udržitelný. Díky technickému pokroku je možné dešťovou vodu upravit pro další využití. (Dvořáková, 2007)

Nezákladnější a téměř beznákladové využití dešťové vody je zavlažování. Dešťová voda bývá přirozenou zálivkou pro vegetaci. Díky tomu, že neobsahuje skoro žádné

minerály ani chlor, je vhodnější nežli voda pitná. Automatické zavlažovací systémy zaručují úsporné a optimální zalévání vegetace. Je mnoho možností, jak takové systémy realizovat, závisí zejména na druhu prostoru, který chceme zásobovat nasbíranou vodou. Na zahradě mých rodičů se nám daří, při jednom vydatném dešti nasbírat bezmála 4000 litrů dešťové vody, kterou za pomoci hadice a gravitace rozvádíme, kam zrovna potřebujeme. Využíváme soustavu nádrží nádrží na vodu i samostatné nádrže, které jsou napojeny na okapy a svody vedoucí ze střechy domu i zahradní pergoly. Všechny nádrže jsou opatřeny ventilem, na který se dá napojit hadice a v případě potřeby většího tlaku vody i čerpadlo. Existují ale i podzemní rozvody zavlažovacích systémů, které se uloží do mělkých výkopů a následně se překryjí drny. Při takové instalaci je potřeba myslet na to, že v zimě může potrubí zamrznat, a tak je potřeba nádrže i rozvody v mrazivém období vyprázdnit. K samotnému zavlažování se dají využít takzvané zadržovače, které jsou zabudovány v zemi, a které se za pomoci čidel anebo řídicí jednotky spustí, když je potřeba. (Dvořáková, 2007)

Díky své měkkosti je dešťová voda ideální pro splachování toalet, čehož mohou využít zejména majitelé rodinných domů. Nepochází zde totiž k zanášení vodním kamenem. Hlavním důvodem je ale zejména šetrnost vůči pitné vodě. Během jednoho spláchnutí totiž spotřebujeme 3–6 litrů pitné vody, což je při charakteru využívání toalet nadbytečným plýtváním. (Dvořáková, 2007)

Měkkost dešťové vody také výrazně přispívá na její atraktivitě pro praní prádla. V měkké vodě se výrazně lépe rozpouští prací prostředky a díky jejímu složení se pračky nezanášejí vodním kamenem. Tím pádem se za cenu jednoho kvalitního filtru jemných částic, který odstraní drobné znečištění dešťové vody, ušetří na pracích prostředcích, změkčovačích vody a také údržbě samotné pračky. Pro ideální podmínky pro vodu určenou k praní je vhodné zamezit přístupu světla k vodě, a proto je lepší umístit nádrž na dešťovou vodu pod zem. (Dvořáková, 2007)

V neposlední řadě je dešťová voda vhodná pro úklid míst, kde není potřeba využívat pitnou a nezávadnou vodu. Auto nebo podlahu (třeba podlahu kancelářských prostor nebo nákupních center) bezpečně umyje i voda dešťová. (Dvořáková, 2007)

Hlavními výhodami akumulace dešťové vody a jejím následném využití jsou:

- zvlaha městské zeleně, zahrad a záhonů
- využití v domácnosti namísto pitné vody (splachování, praní, čištění)
- snížení povrchového odtoku

3.2. Městská zeleně

V hospodaření s dešťovou vodou hraje obrovskou roli vegetace. Zdravý vzrostlý strom může odpařit až 400 litrů vody za den, čímž ochlazuje okolní prostředí, snižuje prašnost a zvyšuje vlhkost vzduchu. Pokud má strom dostatečné zásoby vody, může v dobách horka snížit okolní teplotu až o 3 °C. Ten samý strom zároveň dokáže vstřebat nezanedbatelné množství oxidu uhličitého, a to za pomoci přirozeného procesu fotosyntézy. Skrze listy absorbují stromy oxid uhličitý, ze kterého si vezmou uhlík a produkují kyslík. (Čermák a Prax, 2003)

Rostliny s hlubokými kořeny mají schopnost uchovávat vodu. Díky tomu snadněji přežijí období sucha, a zároveň dokáží zásobovat vodou rostliny, které rostou kolem nich.

Při výběru vhodných dřevin a křovin je nutné myslet na pár základních pravidel. Zejména je potřeba vyvarovat se stromů, které mohou být invazivní. Nejvhodnější bývají původní druhy, které se v dané oblasti nachází. Pro města a volně přístupná místa se využívají nejedovaté stromy a stromy, jejichž pyl při rozkvětu nezpůsobuje alergické reakce. Vzhledem k podmínkám intravilánu je třeba vybírat vegetaci, která dokáže zároveň odolat znečištění vzduchu, nevyváženosti srážek a teplotním výkyvům. Musíme také myslet na prostorové nároky stromu na stanoviště, kde se bude strom nacházet. Inženýrské sítě bývají často hlavním faktorem pro dlouhodobou existenci stromů. Proto je před výsadbou nezbytná kontrola těchto sítí, aby se zamezilo kolizím při růstu stromů, a to nad zemí i pod zemí. Prostor pod zemí, který slouží pro prokořenění by měl zabírat nejméně 16 m², přičemž by měl být alespoň 0,8 m hluboko. (AOPK, 2013)

Jak už bylo naznačeno výše, za nejdůležitější a nejvýraznější prvky městské zeleně platí stromy a keře. Mezi hlavní výhody při jejich využití patří:

- zlepšení okolního klimatu – produkce kyslíku, zachycení prachových částic v ovzduší, zvyšování vlhkosti ve vzduchu, snižování teplotních extrémů
- zadržování srážkové vody a podpora výparu
- protierozní funkce
- omezení okolního hluku
- estetická a rekreační funkce
- podpora biodiverzity – tvorba biotopů pro ptáky, hmyz a jiné živočichy

3.3. Zatrávněné plochy

Trávníky bývají nejrozsáhlejšími a nejběžnějšími plochami veřejných prostor. Oproti zpevněným povrchům vykazují trávníky v létě mnohem nižší teplotu, čímž výrazně přispívají omezení přehřívání okolí. Díky přirozenému zadržování, zasakování a výparu srážkové vody zlepšují mikroklima místa, kde se nacházejí. (JV PROJEKT VH., 2018)

Při hospodaření s dešťovou vodou slouží trávníky jako opatření pro zlepšení mikroklimatu a zpomalení nebo dokonce prevence vzniku srážkového odtoku. Trávník společně s humusovou vrstvou odfiltrují nečistoty z vsakující se srážkové vody do půdy. Také proto jsou trávníky nejčastějšími vegetačními filtračními vrstvami u vsakovacích průlehů, či jiných vsakovacích zařízení. (JV PROJEKT VH., 2018)

Rozlišujeme několik druhů trávníků v závislosti na způsobu využití a požadovaném finálním výsledku (luční, parkový, zátěžový šterkový, okrasný paterový aj.). Liší se schopností hospodařit s dešťovou vodou a požadavky na jejich údržbu. (Sýkorová et al., 2021)

Pro trávníky, které bývají vystaveny větší pozornosti, například v parcích, na hřištích či parkových náměstích, jsou voleny udržované trávníky, které poskytují příjemné prostředí pro návštěvníky. Jsou to parkové a parterové trávníky. Na sídlištích a v příměstské krajině lze využít extenzivní luční typ trávníku, který nevyžaduje

vysokou míru údržby a má větší ekologický přínos pro své okolí. (JV PROJEKT VH., 2018)

Správný typ trávníku je potřeba vybrat s ohledem na ekologické a ekonomické aspekty i na jeho umístění. Druhově pestré, luční druhy trávníků, které se sečou dvakrát ročně a vystačí jim závlaha ze srážek, poskytují životní prostor pro různé druhy živočichů. Naopak okrasné trávníky, které vyžadují náročnější péči – častou závlahu, sečení, hnojení, budou sloužit spíše obyvatelům k rekreaci. Existuje kompromis v podobě takzvané mozaikové seči. To znamená, že sekané plochy se pravidelně střídají. Tento způsob údržby je šetrnější vůči rostlinám i živočichům a je vhodný zejména v letních měsících, kdy trávník díky suchu a vysokým teplotám upadá do letního klidového období – živiny se stáhnou s listů do kořenů, trávník přestane růst a začne žloutnout.

Mezi hlavní výhody travnatých ploch ve městech patří především:

- protierozní funkce a ochrana půdy
- snížení povrchového odtoku a zadržování srážkové vody v místě dopadu
- kořenový systém a humusová vrstva funguje jako filtr nečistot při vsakování srážkové vody
- zlepšení kvality ovzduší a okolního klimatu – zvýšení vzdušné vlhkosti, snížení okolní teploty, zachycení prachových částic a jiných nečistot vyskytujících se v ovzduší
- podpora biodiverzity – tvorba biotopů
- v případě lučních trávníků – místo pro opylující hmyz
- estetická funkce
- rekreační funkce
- jednoduchá plošná aplikace

3.4. Zelené střechy

Během posledních desetiletí se zelené střechy staly symbolem moderního bydlení. Díky technologickému pokroku se z výhod provázejících zelené střechy mohou těšit obyvatelé v každém městě. Krom příznivého vlivu na okolní klima skýtají zelené střechy taky mnoho funkčních výhod. Například zelené střechy koncipované jako

zahrady mohou mimo jiné sloužit jako místo pro rekreaci a odpočinek a zároveň mohou být útočištěm pro ptactvo a hmyz.

Díky vzrostlé vegetaci se zvyšuje vlhkost okolního vzduchu a snižují se teplotní fluktuace. Listy mají schopnost zachytávat částice prachu, plyných škodlivin a aerosolů a díky snižování povrchových teplot omezují vertikální kroužení vzduchu nad střechami, které způsobuje víření prachu. (Čermáková a Mužíková, 2009)

Schopnost zadržovat srážkovou vodu a regulovat tak odtok podstatně odlehčí kanalizačním systémům. Velká část srážkové vody se ze zelených střech vypaří a tím podpoří přirozený koloběh vody, který je ve městech narušen tzv. klimatickým deštníkem. (Čermáková a Mužíková, 2009; Thompson, J.W. and Sorving, K. 2000)

Vegetační a půdní vrstva také funguje jako ochrana izolačních vrstev před působením vlivu slunce, teplotních výkyvů a počasí, čímž se značně prodlouží jejich životnost. Jestliže je střecha svědomitě udržována, může být její životnost de facto neomezená. (Dohnal, 2014)

Díky izolační schopnosti zelené střechy nejen že nedochází k přehřívání střech a budov, ale minimalizují se i tepelné ztráty. Zelené střechy jsou ideálním řešením pro budovy, stojící u silnic nebo v oblastech se zvýšeným akustickým vytížením, jako jsou průmyslové zóny a letiště. Pouhých 12 cm substrátu dokáže snížit zvukovou zátěž až o 40 decibelů. (Čermáková a Mužíková, 2009)

I přes všechny tyto výhody jsou s budováním zelených střech spojeny také drobné nevýhody a určitá rizika. Asi nejvíce omezujícím problémem u zřizování zelených střech jsou vyšší náklady spojené jak se samotnou výstavbou, tak s nezbytnou údržbou. I když zelené střechy zaručují delší životnost a menší pravděpodobnost poruch, může nastat situace, kdy bude potřeba nákladnějších oprav, a to díky horšímu přístupu k izolačním vrstvám. Při konstrukci zelených střech je potřeba myslet na vyšší hmotnost, zejména u intenzivního typu. V mnoha případech je nutné zesílení konstrukce a pokud se tyto střechy nacházejí v oblastech s nižším počtem srážek, je nutné zřídit také zavlažovací systém. (Čermáková a Mužíková, 2009)

Obecně lze zelené střechy dělit podle typu vegetační vrstvy (extenzivní a intenzivní) a podle sklonu střechy (ploché a sklonité).

Extenzivní typ zelené střechy se vyznačuje menší vrstvou substrátu, kterážto bývá silná 8–15 cm. Extenzivní zelené střechy jsou méně náročně na údržbu i celkovou konstrukci domu. Rostlinná skladba je tvořena převážně ze suchomilných rostlin, které jsou schopny přežít v extrémních podmínkách. (Čermáková a Mužíková, 2009; Thompson, J.W. and Sorving, K. 2000)

Pro intenzivní typ zelené střechy, kde je potřeba silnější konstrukce stavby, se mocnost potřebného substrátu pohybuje v rozmezí 25–100 cm, tudíž by střecha měla mít nosnost až 1000kg/m². Pro intenzivní typ zelených střech se využívají trávníky, byliny, keře i menší stromy, tudíž je vyžadována soustavná údržba. (Čermáková a Mužíková, 2009; Thompson, J.W. and Sorving, K. 2000)

Střechy s maximálním sklonem 1:4 lze “ozelenit” bez záchytných systémů. Střechy s vyšším sklonem je potřeba opatřit záchytnými prvky, jako jsou smyčkové rohože nebo protiskluzové fólie. Využívá se zejména extenzivní typ, pro jeho nižší nároky na údržbu a nižší zátěž střechy. (Čermáková a Mužíková, 2009; Thompson, J.W. and Sorving, K. 2000)

Nás ale především zajímá řešení plochých střech, kde se dá využít intenzivní typ, který má větší vliv na okolní klima. Není zde potřeba žádných opatření proti sesuvu substrátu a je zde možno využít veškeré druhy vegetace. Bezspádové střechy jsou ideální pro sběr a zadržování vody, která se dá následně využít ať už na údržbu zeleně nebo, v případě velkého přebytku, v domácnostech nacházejících se pod touto střechou. Vrstva substrátu a kořenové systémy vegetace mohou fungovat jako filtr. (Čermáková a Mužíková, 2009; Thompson, J.W. and Sorving, K. 2000)

Mezi zásadní přínosy zelených střech je možné zahrnout:

- zlepšení klimatu a kvality ovzduší v okolí – zachycení prachu a nečistot ve vzduchu, zvyšování vlhkosti, snižování teploty
- snížení extrémních výkyvů teplot
- zmírnění dopadu přívalových dešťů a snížení povrchového odtoku

- kořenový systém rostlin funguje spolu s humusovou vrstvou jako filtr na předčištění srážkové vody
- podpora biodiverzity – tvorba nových biotopů
- protihluková funkce
- díky izolační funkci úspora energie jak v létě, tak i v zimě
- estetická a rekreační funkce
- v případě intenzivních vegetačních střech produkce potravin

3.5. Hügelkultur – vyvýšený záhon

Hügelkultur může být skvělý způsob, jak využít odpadový materiál z okolní zeleně, jako například dřevo z pokáceného nebo prořezaného stromu, a zároveň přimět srážkovou vodu, aby zůstala tam, kde ji potřebujeme. Svým způsobem to také může částečně plnit funkci zasakovacího příkopu.

Celá podstata hügelkultur spočívá v tom, že se pod vrstvu hlíny uloží jakékoliv nezávadné dřevo společně s hlínou, takže celý objekt bude schopen nasát více vody a za pomoci dřeva ji déle udržet. I jeden vydatný déšť může vytvořit zásobu dostatečné vlhkosti v hügelkultur na několik týdnů dopředu. Rozkládající se dřevo také bohatě zásobí živinami rostoucí vegetaci nad ním a v jeho blízkosti. Struktura takového hügelu se dá poté přirovnat k houbě, plné drobných vzduchových kapes, které vytvářejí prostor pro stabilní vlhkost a pro kořeny vegetace, která roste na povrchu. (Chalker-Scott, 2017; Laffoon, 2016)

Při budování hügelkultur je nutné myslet na pár klíčových aspektů, které by mohly ovlivnit umístění a druh hügelkultur. Pokud zamýšlíme pěstování zeleniny za pomoci hügelkultur, je vhodnější situovat ho směrem sever – jih, což způsobí rovnoměrné rozložení slunečního svitu pro potencionální plodiny. Je dobré si zjistit, kde se v dané oblasti kumuluje voda, popřípadě kudy voda protéká, než se vsákne do země, nebo odteče kanalizací. Strategicky umístěný hügelkultur dokáže přebytečnou vodu nasát a uložit, popřípadě přesměrovat tok vody tam, kde by se lépe vsakovala. Vyšší typy hügelkultur mohou mít zásadní vliv na proudění vzduchu v oblasti, kde se nachází. Mohou fungovat jako větrolamy, a tak je dobré se nejdříve zamyslet, kde by tato vlastnost mohla být prospěšná. Aby se zamezilo budování hnízd hlodavců, je třeba

svědomitě prokládat dřevo zeminou, bez větších mezer. (Adams et al., 2013; Chalker-Scott, 2017)

Existuje pět rozdílných typů hügelkultur, které se dají vybudovat v závislosti na charakteru oblasti a zamýšlené funkci hügelkultur. Jak už jsem zmínil, všechny mají schopnost dobře zadržovat vodu a zásobovat okolí potřebnými živinami. Další výhody a nevýhody potom závisí na druhu hügelkultur. (Daron, 2019)

Prvním typem je hügelkultur je v podstatě hromada dřeva proložená zeminou, která je následně zahrnuta hlínou vhodnou pro pěstování zamýšlené vegetace. Tato varianta je ideální pro ty, kterým zbylo dřevo po prořezávkách a rádi by ho dále využili. Konstruktivní cyklus začíná tím, že vespod vznikajícího hügelkultur začneme pokládat ty největší kusy dřeva, mohou to být klidně celé kulatiny, na které se navrství zemina, která bude sloužit jako podklad menším kusům dřeva. Takhle to pokračuje do finální, požadované výšky. Díky tvaru trojbokého hranolu může také fungovat jako větrolam, popřípadě může být postaven tak, aby směřoval proudící srážkovou vodu tam, kam si člověk usmyslí. Tento typ hügelkultur je ale náchylnější k vysychání a je zde větší pravděpodobnost, že se v něm usídlí hlodavci. Proto by se tento typ neměl používat v bezprostřední blízkosti obydlí. (Daron, 2019)

Druhý typ hügelkultur je ideální pro oblasti se suchým a horkým klimatem. Jedná se o hügelkultur, který má své základy pod úrovní povrchu okolní země. Konstruktivní cyklus je prakticky stejný, jako u výše zmíněného typu. Nejdříve se ale musí vyhloubit příkop o velikosti zamýšleného hügelkultur, který bude následně zaplněn dřevem a hlínou. Není proto potřeba dovážet hlínu z jiných míst a díky tomu, že je dřevo nasáklé vodou pod zemí, je méně pravděpodobné, že hügelkultur bude vysychat. Opět je potřeba dbát na pečlivé vyplňování prostor mezi dřevem a hlínou, čímž se zamezí usídlování hlodavců. Další z výhod těchto zcela pohřbených hügelkultur je skutečnost, že to nemá zásadní vliv na vzhled oblasti, kde se nachází. S trochou nadsázky lze říct, že by se na systému takových hügelkultur dalo vybudovat golfové hřiště. (Daron, 2019)

Následující dva typy hügelkultur se od sebe liší de facto pouze svou velikostí. Jedná se o nízká a vysoká "lužka". Konstrukce probíhá opět stejně jako u předchozích

variant, kdy se začíná s většími kusy dřeva, na které se vrství půda s dalším dřevem. I přesto, že nízký typ hügelkultur nepojme tolik vody, a tudíž nebude mít tak blahodárný vliv na okolí, obohatí okolní půdu a vytváří vhodné prostředí pro prospěšné houby. (Daron, 2019)

Oproti tomu vysoký typ hügelkultur díky své velikosti vytváří extrémnější mikroklima a může take ovlivnit proudění vzduchu v celé oblasti. Jeho konstrukce může být, vzhledem k jejich velikosti, náročnější. Je potřeba více dřeva i půdy a také se musí řádně zvážit umístění a rozložení. V podstatě neexistuje velikostní limit, je však potřeba brát ohled na to, že vysoká lůžka mohou úplně změnit charakter krajiny. (Daron, 2019)

Posledním typem, který bych chtěl zmínit, je hügelkultur, který svojí podobou připomíná spíš vyvýšený záhon. Jedná se o hügelkultur ohraničený kulatinami, které drží jeho formu. Ve výsledku je tedy snazší sklizeň a hügelkultur vypadá uspořádaně. (Daron, 2019)

Výhodami využití hügelkultur v urbanizovaném prostředí jsou:

- zlepšení mikroklimatu
- zlepšení půdních vlastností
- možnost ovlivnit povrchový odtok

3.6. Infiltrace srážkové vody

Hlavním principem hospodaření s dešťovou vodou je předpoklad, že co nejdříve napodobením přirozeného koloběhu vody, využijeme její maximální potenciál při snaze vyrovnat se s negativními efekty, které vyvolává změna klimatu. V urbanizovaném prostředí většina srážkových vod odteče po povrchu. Zatímco v přírodě se z 50% vsákne, ze 40% vypaří a pouhých 10% srážkové vody odteče po povrchu. (MMR, 2019)

Stejně jako v přírodě, tak i v urbanizovaném prostředí lze využít místa, jako jsou například vegetační střechy, mokřady, zatravněné plochy, jezírka a jiné bioretenci systémy, které umožňují vsakování a zároveň čištění a filtrování srážkové vody. Zvýšení možnosti retence vody může napomoci přirozenému vodnímu cyklu, omezit

povrchový odtok, a tak zabránit znečišťování vodních zdrojů a snížit riziko lokálních záplav, spolu s dopady změny klimatu ve městech, které jsou poslední roky extrémní. (MMR, 2019)

Decentralizovaný systém, který se dá považovat za přírodě blízký způsob odvodnění, zahrnuje vsakování, výpar a pomalý odtok do lokálního hydrologického koloběhu. Je možné sem zařadit zařízení, která přispívají k ochraně vodních toků a přirozenému koloběhu vody, například zadržování vody a její regulovaný odtok do povrchových vod, nebo její akumulace a následné využití. (MMR, 2019)

Zvolení vhodného technického řešení vsakování srážkových vod je závislé na znečištění dané plochy, na horninovém a půdním prostředí a jejich vsakovací schopnosti.

Hlavní kritéria při volbě technického provedení zasakování jsou:

- hydrogeologické podmínky
- kvalita a množství vody, která má být vsakována – závisí na charakteru a velikosti plochy
- ekonomické požadavky na realizaci projektu
- lokální podmínky a architektonické začlenění do zástavby
- náročnost budoucího provozu a údržby
- udržitelnost záměru

3.6.1. Plošné vsakování

Jak už je patrné z názvu, metoda plošného vsaku vyžaduje velkou plochu veřejného prostranství. Jedná se o metodu, která pro vsakování srážkové vody využívá zatravněné plochy a jiné propustné povrchy. Využití plošného vsakování je ideální pro rozsáhlé plochy, kde mezi půdními pokryvy může dominovat travnatý povrch, nebo jiný nepropustný typ povrchu. Mezi takové prostory se dají zařadit například dětská hřiště, městské parky a zahrady, prostory uvnitř sídlišť anebo parkoviště. (JV PROJEKT VH., 2018)

Plošné vsakovací zařízení je vhodné umístit vedle zpevněné odvodňované plochy, přičemž sklon vsakovací plochy by neměl přesahovat 5 %. Toto opatření nedisponuje

žádným retenčním prostorem, takže je vhodné ho kombinovat s jinými opatřeními – zasakovací průlehy, retenční zařízení, dešťové záhony, nebo třeba vodní prvky a kanalizace. (JV PROJEKT VH., 2018)

Mezi hlavní výhody plošného vsakování patří:

- zvýšení vlhkosti půdy a okolí
- evapotranspirace
- nízké nároky na údržbu
- travnatá plocha slouží spolu s humusovou vrstvou k předčištění srážkové vody

3.6.2. Vsakovací průlehy

Vsakovací průleh je velice efektivní řešení při hospodaření s dešťovou vodou. Jedná se o mělkou prohlubeň, umožňující krátkodobé zadržení vody. Voda se díky humusové vrstvě a vegetačním pokryvu při vsakování i čistí. Průlehy je možné koncipovat jako pás zeleně, případně jako dešťové zahrady (viz kapitola 3.6.4. Dešťové zahrady), které mají kromě funkce zadržení vody také estetickou funkci. (MŽP, 2015; Office of water, 2021)

Jelikož se jedná o liniový prvek, vsakovací průlehy se skvěle hodí do ulic, nebo jako odvodňovací prvek velkých zpevněných ploch. Vsakovací průlehy se dají využít také pro oddělení provozně odlišných prostor, jako například cyklostezky od frekventované silnice. Na rozdíl od zábradlí, či jiných bariér bude průleh plnit jeho ekologické a estetické funkce. (Office of water, 2021)

Povrch takových průlehu může být tvořen trávnikem, luční směsí, trvalkovým záhonem a za určitých podmínek mohou být použity také stromy či keře. Výběr vegetačního pokryvu se musí přizpůsobit místním podmínkám, zamýšlenému estetickému záměru a umístění v rámci průlehu. Ve spodní části bývá zpravidla vyšší vlhkost, a tak je lepší volit rostliny, které odolají delšímu zamokření. (MŽP, 2015; Office of water, 2021)

S ohledem na retenční schopnosti podloží místa, kde je průleh plánovaný, je podzemní část průlehu řešena pomocí následujících variant:

a. Vsakovací průleh

Jedná se o mělký výkop s humusovou vrstvou, která je potřebná k následnému osazení a slouží také k filtraci vody. Tato varianta je vhodná v případě dostatečné retenční schopnosti podloží (cca $k_v \geq 1 \times 10^{-5}$ m/s) (Sýkorová et al., 2021)

b. Vsakovací průleh s retenční rýhou

Toto řešení je vhodné do míst, kde se pod mělce položenou nepropustnou vrstvou nachází vrstva s lepší retenční schopností nebo v místě, kde má horninové prostředí celkově horší schopnost vsakovat vodu (cca $k_v < 1 \times 10^{-5}$ m/s). Funguje to tak, že se na dně průlehu vyhloubí vsakovací rýha, která se naplní štěrkem, čímž se zvýší retenční schopnost a umožní se tak postup vody do propustnějších vrstev horninového prostředí. V rýze se nachází drenážní potrubí, zakončené revizní šachtou s bezpečnostním přelivem. To znamená, že drenážním potrubím voda odtéká pouze v případě, když je retenční rýha plná. (Sýkorová et al., 2021)

c. Vsakovací průleh s retenční rýhou a regulovaným odtokem

Tento způsob řešení se používá v místech, kde horninové prostředí disponuje nedostatečnými retenčními schopnostmi (cca $k_v < 1 \times 10^{-6}$ m/s). Retenční rýha zde slouží jako svod vody do kanalizace nebo povrchových vod. K vsakování vody pomocí retenční rýhy dochází jen minimálně. Drenážní potrubí je v tomto případě zakončeno revizní šachtou s regulátorem, který nechává protékat pouze zvolený průtok. Regulátor je většinou realizován jako vírový ventil anebo clona. (Sýkorová et al., 2021)

Hlavními výhodami vsakovacích průlehů jsou:

- vsak vody v místě dopadu
- možnost regulace odtoku
- filtrace srážkové vody pomocí humusové vrstvy
- zlepšení mikroklimatu

3.6.3. Vsakovací retenční nádrž

Za vsakovací retenční nádrž se dá považovat objekt, vytvářející retenční objem velké kapacity, do kterého je možné svést velké množství dešťových vod z více objektů anebo z rozlehlých ploch, jako jsou například dlouhé ulice sídlišť. (Vítek et al., 2015)

Podmínkou vybudování vsakovacích nádrží je podloží s dobrými retenčními schopnostmi. Stěny i dno nádrže tvoří travnatá vrstva, která dokáže dostatečné přefiltrovat vodu od nečistot, které se nachází na komunikacích a jiných, na nádrž navazujících plochách. (Vítek et al., 2015)

Retenční nádrže se nejvíc hodí do prostředí, kde převažují plochy pokryté trávou (například prostory mezi domy na sídlišť, městské parky a zahrady) anebo naopak jako doplněk ke zpevněným plochám, jako jsou parkoviště či novodobá náměstí. Při správném provedení může nádrž krom zadržení a vsaku srážkové vody, plnit také estetické a rekreační funkce. (Vítek et al., 2015; Stránský et al., 2019)

Retenční nádrž by se měla budovat tak, aby její plocha byla menší, než 10% rozlohy odvodňované plochy. Hloubka samotné nádrže se obvykle pohybuje v rozmezí 0,3m až 2 m, přičemž sklon jejich stěn by měly být v rozmezí 1:4 až 1:2 vzhledem ke stabilitě travnaté vrstvy s ohledem na bezpečnost osob. Přítok by měl být ideálně rovnoměrný po celé délce okraje nádrže, aby se zamezilo vodní erozi. V případě soustředěného přítoku je potřeba místo přítoku zpevnit. Dno nádrže by nemělo být výrazně svažité. V případě vybudování nádrže ve svahu, lze dno nádrže rozčlenit hrázkami. Jelikož se část retenční nádrže při deštích nachází pod vodou, musí být travnatý porost odolný vůči dočasnému zatopení. V případě realizace nádrže v místě, kde má podloží horší retenční schopnosti, je pod zatravněným dnem nádrže ve vrstvě štěrku umístěno drenážní potrubí, které odvádí přebytečnou vodu do šachty s regulátorem odtoku. Tím se voda vsakuje a zároveň regulovaným odtokem pokračuje do dalšího vsakovacího zařízení anebo do kanalizace. Ve vhodném prostředí může být bezpečnostní přeliv vyřešen odtokem do povrchových vod, či přirozeným rozlivem do okolí. (Vítek et al., 2015; Stránský et al., 2019)

Hlavními výhodami vsakovacích retenčních nádrží jsou:

- zlepšení mikroklimatu
- zadržování vody v místě dopadu
- podpora evapotranspirace
- estetická a rekreační funkce
- podpora biodiverzity

3.6.4. Dešťové zahrady

Za takzvané bioklimatické neboli dešťové zahrady jsou označovány zahrady tvořené původními keři, trvalkami a květinami, které jsou často vysázeny v terénní prohlubni nebo ve svahu. Zde se díky těmto rostlinám a jejich kořenovým systémům zadržuje a filtruje voda, stékající ze zpevněných a nepropustných ploch, které nejsou schopny vodu zadržet. Zásadou rostlinné skladby se stékající voda v dešťové zahradě zbaví kontaminantů, které by se jinak dostaly do podzemních vod nebo by odtekly do kanalizací. Pomáhají tak udržovat stav hladiny podzemní vody a díky vyšší vlhkosti vzduchu v okolí zlepšují prostředí. Jelikož se k výsadbě využívá především původní vegetace, není zapotřebí žádné hnojivo a dešťové zahrady bývají téměř bezúdržbové. (Kalníková, 2020)

Dešťové zahrady mají mít funkci především vsakovací, díky čemuž se v nich voda zdrží maximálně 72 hodin, než se odpaří anebo vsákne. Tím se zamezí problémům spojených s komáry, kteří vyhledávají stojatou vodu pro kladení svých vajec. Co se konstrukce dešťových zahrad týče, ideální je vybudování takových zahrad v místech, kde se přirozeně zdržuje voda. Jak už jsem zmínil, obvykle bývají dešťové zahrady stavěny v mělkých prohlubních nebo ve svazích tak, aby se do nich dostalo co nejvíce vody. Pod dešťovou zahradou je vhodné vybudovat také vsak. Je to díra odpovídající rozměrům dešťové zahrady, která je vyložená geotextilií a naplněná štěrkem pro lepší infiltraci vody. Na vsak se poté navrství zemina vhodná k pěstování vysněných rostlin. Ideální je použít kombinaci písku, kompostu a zeminy, ježto umožní bezproblémové vsakování. Po vysazení rostlin je možné použít na povrch mulčovací kůru, která zpomalí odpařování z povrchu. V případě, že by se voda v takové zahradě zadržovala déle, než je vhodné, je možné nainstalovat doprostřed záhonu trubku, která povede přímo do štěrkového podloží a vytvoří tak přebytek. Hloubka dešťové zahrady by se měla pohybovat v rozmezí 15–30 cm se svahem do 12%. (Bannerman, Considine, 2003; Kalníková, 2020)

Mezi hlavní přínosy dešťových zahrad patří:

- zadržování dešťové vody a regulace odtoku
- zlepšení kvality ovzduší a okolního klimatu – vyšší vlhkost vzduchu, nižší teplota okolí
- kořenový systém rostlin spolu s humusovou vrstvou filtrují nečistoty z vsakující se vody
- podpora biodiverzity

3.6.5. Propustné povrchy

Propustné povrchy městských komunikací se prokázaly jako efektivní řešení při řízení odtoku v městském prostředí. Ve městech může objemný odtok způsobit nezanedbatelnou erozi a tím i znečištění povrchových vod. (Ferguson, 2005)

Jak už název prozrazuje, propustná dlažba umožňuje dešťové vodě proniknout skrz a vsáknout se do podkladových půd pod dlažbou, čímž napodobí přirozenou absorpci půdy. Zároveň ale poskytuje dostatečně pevný povrch, který dokáže unést těžká břemena, jako jsou automobily. (Ferguson, 2005)

Při využití porézních materiálů je třeba myslet na to, že se během velké bouřky nebo přívalových dešťů může naplnit kapacita kamenného podkladu pod povrchem, což zabrání plynulé absorpci do půdy. Nejlepším způsobem, jak tomuto problému zabránit, je znát druh půdy a její propustnost a na základě toho zvolit hloubku kamenného podkladu a drenáže. (Ferguson, 2005)

Je třeba brát ohled i na podnebí. Chladnější klima s sebou může přinést specifické komplikace. Písek použitý v případě námrazy může narušit porézní strukturu betonu a snížit tak jeho propustnost a chloridy z posypové soli se mohou snadno dostat do půdy. Řešení se nabízí v rychlém odvodňování pod porézními materiály, které zapříčiní rychlejší tání sněhu na povrchu, nebo pravidelná údržba za pomoci průmyslových vysavačů, které dokáží nasát veškerý sediment. (Ferguson, 2005)

Můžeme se setkat s různými druhy propustné dlažby. Jedná se buďto o porézní materiál, který umožňuje vodě protékat, a přitom zachytává pevné částice, které s

sebou voda nese, anebo se plocha skládá z neporézních bloků, rozmístěných tak, aby voda mohla protékat skrz mezery. Tento typ povrchu se hojně používá při stavbách parkovišť, příjezdových cest nebo i samotných silnic, které jsou vystaveny automobilovému provozu. Někdy se takové parkoviště nebo příjezdová cesta dá zkombinovat s podzemní nádrží, ze které se dá voda využít například na zavlažování okolní zeleně. (Paver, 2018; Özyavuz, 2017)

Původně se propustné povrchy vytvářely za pomoci nepropustných materiálů, které byly rozmístěny tak, aby se mezi jednotlivými díly mohla voda vsakovat do půdy a zároveň, aby byl povrch zpevněn dostatečně pro zamýšlené využití dané oblasti. Později se však začaly objevovat alternativy, které svojí efektivitou předčily dosavadní techniky. (Ferguson, 2005)

Jedním z nejpoužívanějších zasakovacích povrchů je všem velmi dobře známá zámková dlažba. Ve většině případů jsou díly dlažby tvořeny nepropustným materiálem, ale vzájemně propojená konstrukce vydlážděného povrchu umožňuje vodě prosakovat do podloží a následně do půdy. Bohužel je běžné, že se postupem času mezery mezi dlaždicemi zanášejí pevným materiálem a tím se propustnost tohoto systému snižuje. Je tedy třeba dbát na pravidelnou údržbu těchto ploch, což může být poměrně nákladné. (Paver, 2018)

Dalšími poměrně často používanými materiály jsou porézní asfalt a beton. Většinou se jedná o směs asfaltu nebo betonu společně s drobným štěrskem, který díky své hrubé struktuře s póry lépe pohlcuje vodu a zpomaluje tak její odtok z dané lokality. Jednou z nevýhod těchto materiálů je jejich křehkost, která bohužel omezuje využití těchto materiálů pouze na méně zatížené oblasti. (Paver, 2018)

Pravým opakem výše zmíněných materiálů jsou plastové mřížkové dlaždice, které jsou polopružné, ale zároveň pevné, a tak se skvěle hodí pro těžký automobilový provoz. Tyto dlaždice často vyplněné štěrskem nebo zeminou, což zaručuje maximální propustnost a zároveň potřebnou pevnost povrchu. Díky odolnosti plastu vůči přírodním vlivům je toto řešení dlouhodobé a téměř bezúdržbové. Pružnost tohoto typu dlažby zaručuje spolehlivost vozovky a zabraňuje popraskání v případě vysokého vytížení. (Paver, 2018)

Plastové mřížové dlaždice mohou být ovšem i v pevné – nepružné podobě, tvořené šestiúhelníkovou strukturou buněk. Tento typ dlažby najde skvělé využití v 20 průmyslových oblastech, kde se pohybují těžkotonážní vozidla. Při využití těchto pevných konstrukcí je vhodné dbát na řádně vyrovnaný povrch. (Paver, 2018)

Pro méně vytižené oblasti, kde se budou pohybovat vozidla pouze minimálně, je možné využít srolovaných plastových “kobereců”, které mají posloužit ke zpevnění povrchů, ale přitom nezabraňovat jejich schopnosti pohlcovat vodu. S těmito povrchy se můžeme často setkat na pěšinách, cyklostezkách, popřípadě příjezdových cestách. Svoji strukturou připomínají již zmíněné plastové mřížové dlaždice, ale díky menším nárokům na pevnost mohou být srolovány do takových rohoží. Usnadní se tím jejich skladování, převoz i aplikace. (Paver, 2018; Özyavuz, 2017)

Přínosy využití propustných povrchů jsou:

- zadržetí vody v místě dopadu
- snížení povrchového odtoku
- snížení okolní teploty

4. Metodika

Před zpracováním návrhu na revitalizaci části sídliště Kamýk bylo nutné se s danou oblastí důkladně seznámit. Jelikož jsem ve své bakalářské práci pracoval na sídlišti Kamýk, věděl jsem, že musím začít terénním průzkumem, a to za přítomnosti místostarostky Prahy 12 Ing. Evy Tylové a mé vedoucí práce Ing. Jany Soukupové Ph. D.. Na základě jejich znalostí o tamních poměrech jsme se dohodli na revitalizaci sídlištního prostoru mezi ulicemi Cuřínova a Machuldova. Terénní průzkum byl zaměřen na získání informací o současném stavu řešeného areálu, a to především v souvislosti s hospodařením s dešťovou vodou. Hlavním cílem terénního průzkumu bylo zajištění informací o uplatitelnosti a efektivitě opatření pro nakládání s dešťovou vodou a hodnocení limitů dané oblasti, které mohou realizaci těchto opatření komplikovat.

Nejvíce problematická místa jsem si nafotografoval (obrázek 1–8). Pomocí dat o výskytu inženýrských sítí, které jsem získal z geoportálu hlavního města Prahy a informací získaných z terénního průzkumu jsem určil vhodná místa pro realizaci opatření, které jsem zpracoval v projektové části.

Při zpracování projektu jsem využil možnosti konzultací s odborníky z Vodohospodářského atelieru, kteří se zabývají mimo jiné inženýrskou činností v oblasti vodního hospodářství a poradenstvím se zaměřením na zpracování žádostí o poskytnutí finančních prostředků z tuzemských i fondů EU. Další konzultace mi poskytla zahradní architektka Ing. Martina Jurová, autorka dešťových záhonů v Ruprechtově, zasakovacích pásů v Ježkovicích a dalších podobně zaměřených projektů. Tyto konzultace mi pomohly zejména při sestavování jednoduchých rozpočtů na jednotlivá opatření.

Na základě informací získaných studiem dané problematiky společně s terénním průzkumem, jsem pomocí programu AutoCAD vytvořil výkresy znázorňující řezy jednotlivých opatření. Ty se kvůli své velikosti nachází v přílohové části.



Obrázek 1



Obrázek2



Obrázek 3



Obrázek 4



Obrázek 5



Obrázek 6



Obrázek 7

Přehled umístění pořízených fotografií včetně orientace



Obrázek 8



Mapa 1: Poloha a orientace fotografií

5. Popis zájmového území

Tato diplomová práce se zabývá především revitalizací sídlištním prostorem mezi ulicemi Cuřínova a Machuldova. Lokalita, kde se tento prostor nachází, je význačná svými mimořádnými větrnými podmínkami a suchým prostředím.

Celou plochu zájmového území pokrývají půdy hydrologické skupiny B – půdy se střední rychlostí infiltrace (mapa 2). Půdy se podle hydrologických vlastností rozdělují do čtyř kategorií. A, B, C, D a to na základě minimální rychlosti vsakování vody do půdy bez pokryvu a po dlouhodobém sycení. Obecně platí, že infiltrační schopnost půd by měla být střední až vysoká k minimalizaci povrchového odtoku a s tím spojenou vodní erozi. Naopak extrémně vysoká infiltrační schopnost půdy s promyvným vodním režimem může zapříčinit rychlé vyplavování živin a polutantů do podloží a podzemních vod.

Infiltrační schopnosti půdy ovlivňuje hned několik přímých i nepřímých faktorů. Patří mezi ně například klimatické podmínky – množství, intenzita a časové rozložení srážek, teplotní podmínky a roční období. Poměrně velkou mírou infiltrační schopnosti ovlivňují fyzikální vlastnosti půdy (zrnitost, humóznost, struktura, pórovitost), vlhkostní poměry, kořenové systémy anebo způsob využití půdy.

Charakteristiky jednotlivých kategorií podle hydrologických vlastností jsou:

A – půdy s vysokou rychlostí infiltrace ($> 0,20$ mm/min) při úplném nasycení. Patří sem převážně dobře až nadměrně odvodněné šterky a písky

B – půdy se střední rychlostí infiltrace ($0,10 - 0,20$ mm/min) při úplném nasycení. Patří sem převážně půdy středně hluboké až hluboké, středně dobře až dobře odvodněné, hlinitopísčité až jílovitohlinité

C – půdy s nízkou rychlostí infiltrace ($0,05 - 0,10$ mm/min) při úplném nasycení. Patří sem převážně půdy s málo propustnou vrstvou v půdním profilu a půdy jílovitohlinité až jílovité.

D – půdy s velmi nízkou rychlostí infiltrace (<0,05 mm/min) při úplném nasycení. Patří sem převážně jíly s vysokou bobtnavostí, půdy s trvale vysokou hladinou podzemních vod, půdy s vrstvou jílu na povrchu anebo těsně pod povrchem a mělké půdy nad téměř nepropustným podložím.

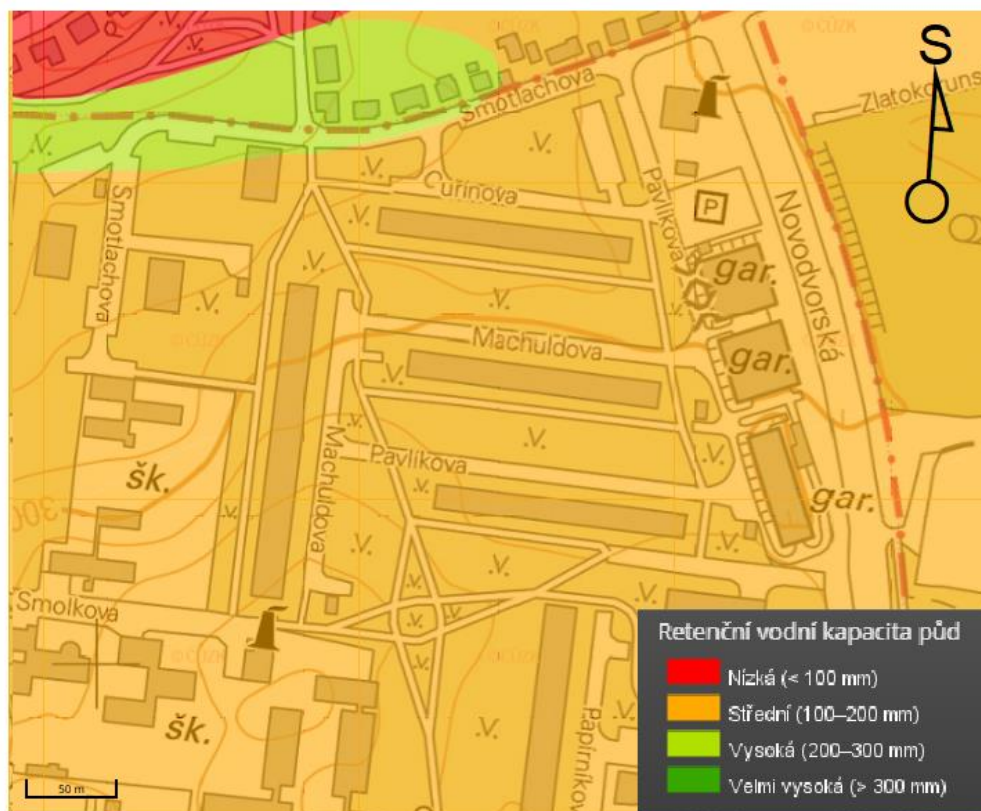
Hydrologické skupiny půd



Mapa 2: Hydrologické skupiny půd

Na další mapě (mapa 3) lze vidět, že většinu sídliště pokrývají půdy se střední retenční vodní kapacitou (100–200 mm). Tu lze charakterizovat jako množství vody, které je půda schopna zadržet a postupně ji uvolňovat pro potřebu rostlin. Hodnoty retenční vodní kapacity zohledňují průměrnou hloubku profilu a obsah vody. Určují tak skutečné množství vody, které je půda při srážkách schopna zadržet.

Retenční vodní kapacita půd

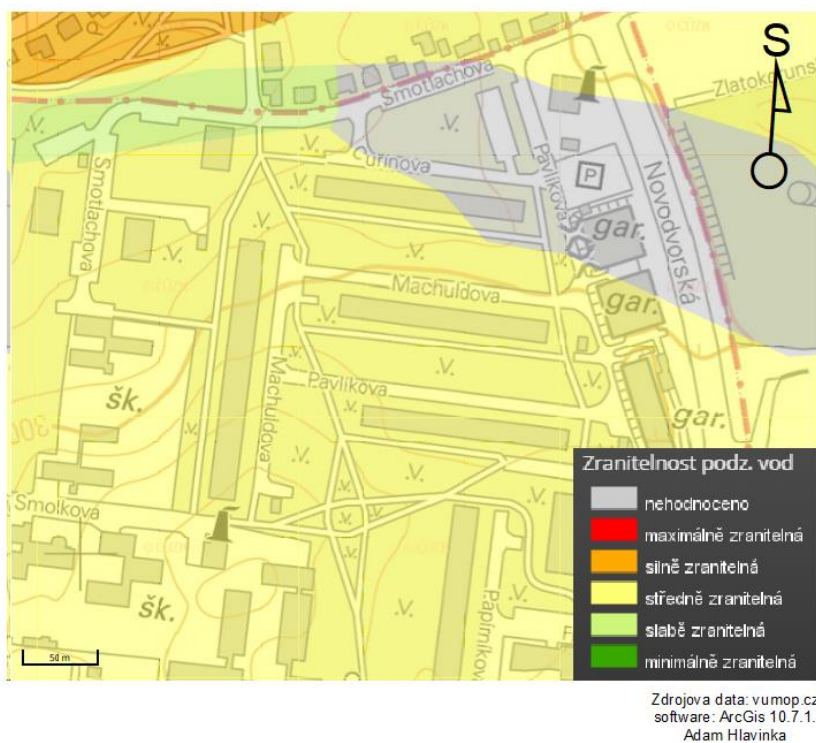


Zdrojová data: vumop.cz
software: ArcGis 10.7.1.
Adam Hlavinka

Mapa 3: Retenční vodní kapacita půd

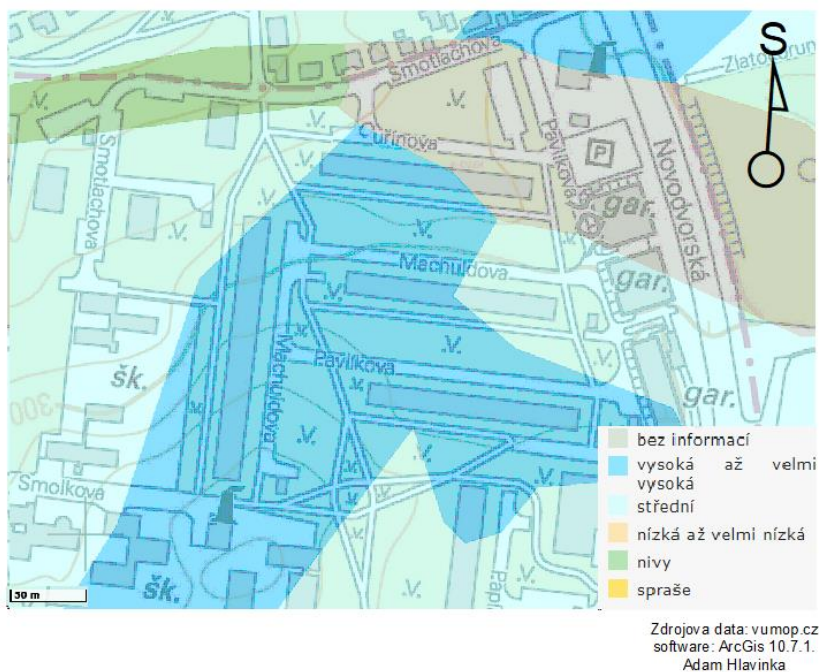
Na mapě znázorňující zranitelnost podzemních vod (mapa 4) je patrné, že na většině území sídliště jsou podzemní vody středně zranitelné. Z mapy, která zobrazuje potenciální vsak (mapa 5), lze vyčíst, že na větší polovině zájmového území jsou velmi dobré a středně dobré podmínky pro vsak vody. Zhruba na 20% území jsou podmínky s nízkým potenciálem vsaku.

Zranitelnost podzemních vod



Mapa 4: Zranitelnost podzemních vod

Mapa potenciálního vsaku

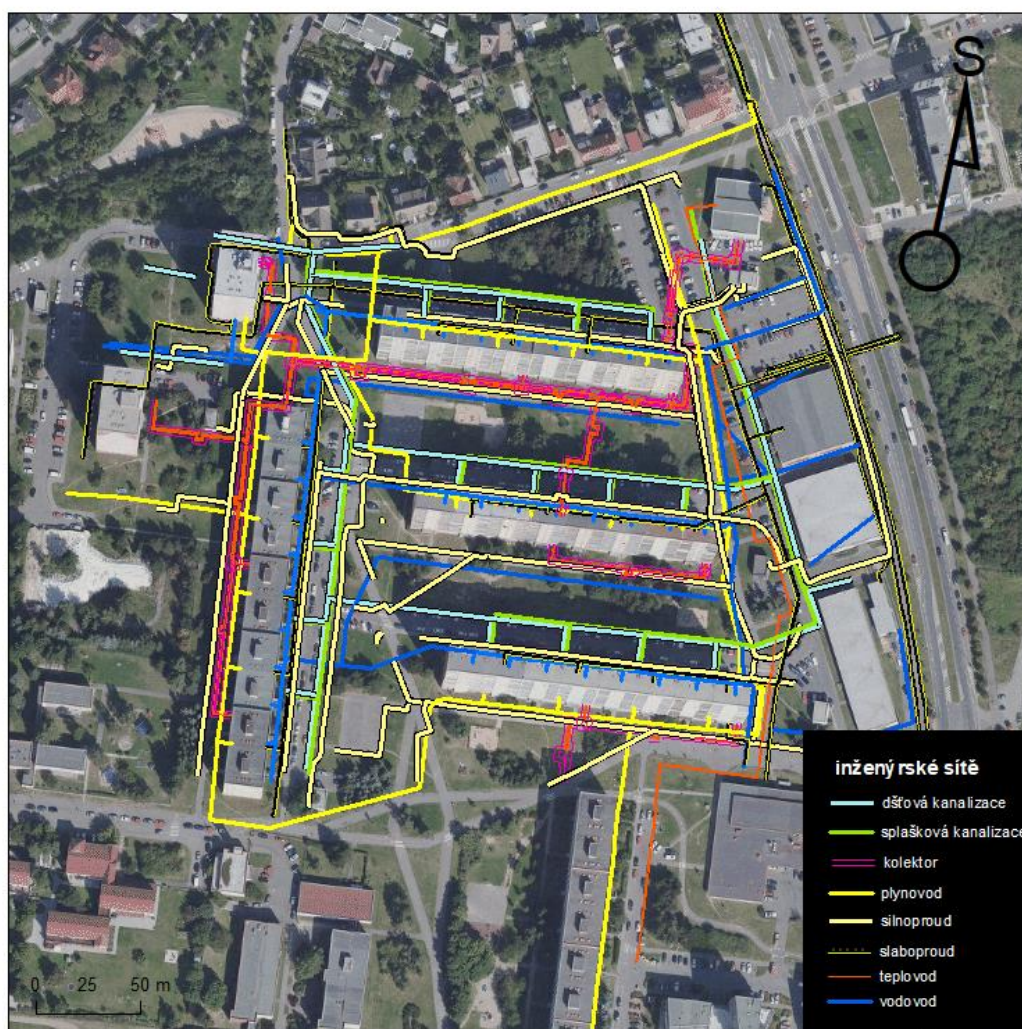


Mapa 5: Mapa potenciálního vsaku

Z uvedených podkladů je vyplývá, že na celém území této oblasti jsou podmíněně vhodné podmínky pro realizaci opatření pro vsak srážkových vod. Tyto podmínky jsou spolu s technickou infrastrukturou vymežujícím limitem pro hospodaření s dešťovou vodou.

Co se inženýrských sítí týče, v zájmové lokalitě se v podzemí nachází vodovod, teplovod, kanalizace a elektrické vedení (mapa 6). Jinak nevyužitý prostor je vhodný k realizaci opatření na vsakování vody a výsadbu nové zeleně.

Technická infrastruktura



Zdrojová data: geoportal ČÚZK
Software: ArcMap 10.7.1.
Adam Hlavinka

Mapa 6: Technická infrastruktura

Prostřednictvím následující tabulky (tabulka 1) a grafů (graf 1–10) je znázorněna sezónní distribuce srážek v letech 2011 - 2020 - srážkové úhrny [mm] za jednotlivé měsíce. Je zde patrná sezónní rozkolísanost oproti dlouhodobému normálu. Sezónní úhrn srážek jednotlivých let se pohybuje okolo celkového úhrnu dlouhodobého normálu.

Kraj	Rok	Vysvětlivky	Měsíc												Suma
			1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	
Praha	2011	S	37	8	28	25	52	82	154	72	43	42	1	42	585
		N	34	30	40	34	63	70	82	75	47	34	40	38	587
		%	109	27	70	74	83	117	188	96	91	124	2	111	100
Praha	2012	S	60	23	12	39	41	61	113	81	42	45	42	56	615
		N	34	30	40	34	63	70	82	75	47	34	40	38	587
		%	176	77	30	115	65	87	138	108	89	132	105	147	105
Praha	2013	S	51	44	21	27	114	164	46	106	52	48	30	10	712
		N	34	30	40	34	63	70	82	75	47	34	40	38	587
		%	150	147	52	79	181	234	56	141	111	141	75	26	100
Praha	2014	S	25	2	36	33	121	27	94	64	85	51	18	31	587
		N	34	30	40	34	63	70	82	75	47	34	40	38	587
		%	74	7	90	97	192	39	115	85	181	150	45	82	100
Praha	2015	S	34	5	40	26	41	60	28	70	20	54	64	17	459
		N	34	30	40	34	63	70	82	75	47	34	40	38	587
		%	100	17	100	76	65	86	34	93	43	159	160	45	78
Praha	2016	S	30	45	25	26	58	77	95	32	39	57	29	24	535
		N	34	30	40	34	63	70	82	75	47	34	40	38	587
		%	88	150	62	76	92	110	116	43	83	168	72	63	91
Praha	2017	S	26	19	40	72	36	83	82	76	37	76	37	29	615
		N	34	30	40	34	63	70	82	75	47	34	40	38	587
		%	76	63	100	212	57	119	100	101	79	224	93	76	105
Praha	2018	S	29	8	34	19	54	69	27	33	49	31	12	58	423
		N	34	30	40	34	63	70	82	75	47	34	40	38	587
		%	85	27	85	56	86	99	33	44	104	91	30	153	72
Praha	2019	S	44	28	37	25	72	47	52	72	46	36	40	18	519
		N	34	30	40	34	63	70	82	75	47	34	40	38	587
		%	129	93	93	74	114	67	63	96	98	106	100	47	88
Praha	2020	S	12	64	45	21	64	120	40	99	64	67	16	17	629
		N	34	30	40	34	63	70	82	75	47	34	40	38	587
		%	35	213	113	62	102	171	49	132	136	197	40	45	107

Tabulka 1: Srážkové úhrny v jednotlivých měsících v letech 2011–2020 [mm]

Vysvětlivky:

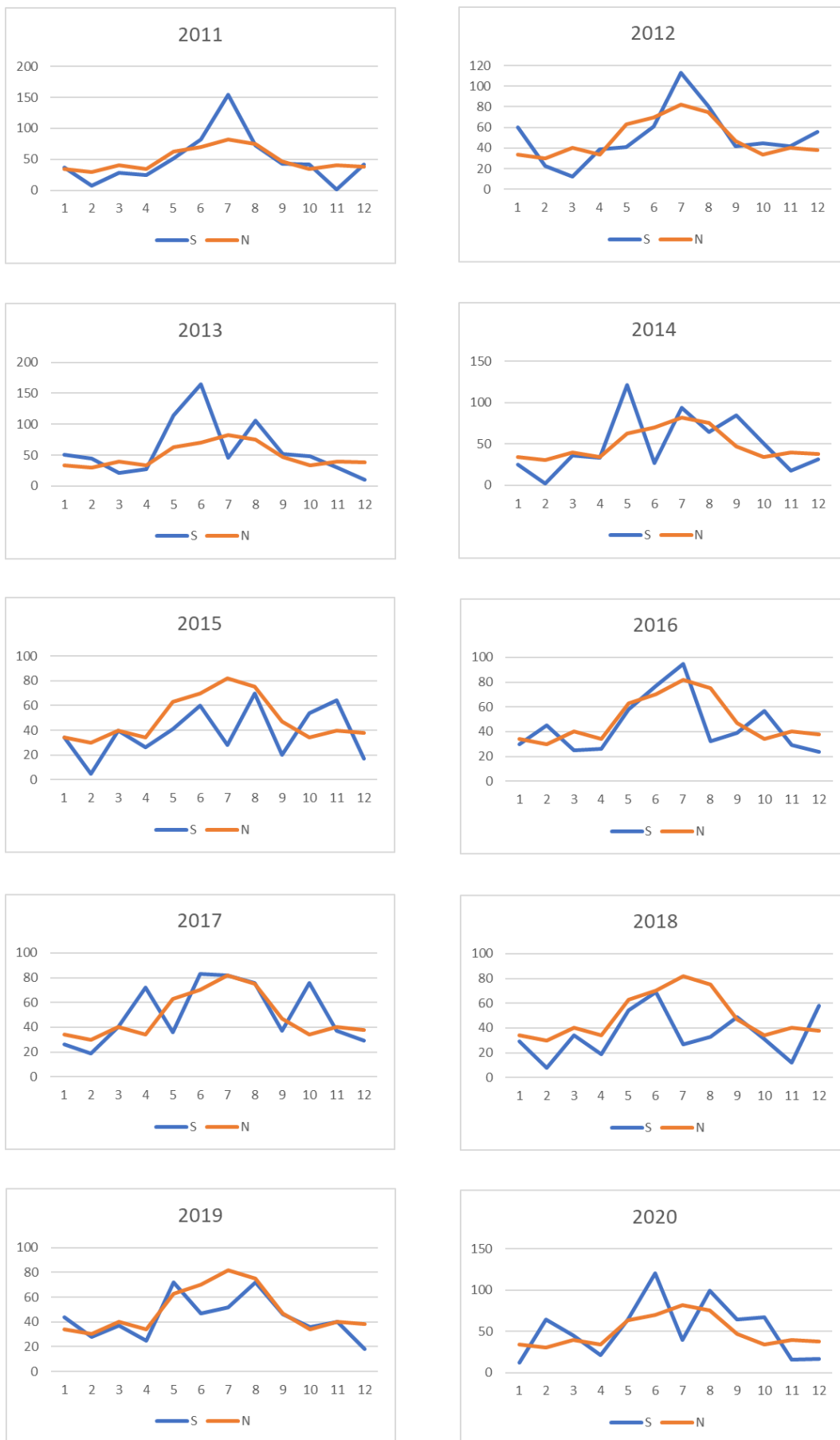
S – úhrn srážek [mm]

N – dlouhodobý srážkový normál 1987 - 2010 [mm]

% - úhrn srážek v % normálu 1981–2010

— úhrn srážek

— dlouhodobý srážkový normál 1981 - 2010



Grafy 1–10: Srážkové úhrny v jednotlivých letech oproti dlouhodobému normálu

6. Návrh opatření

V mojí práci jsem se rozhodl zaměřit především na opatření, u kterých se musí vynaložit co nejnižší náklady, ale které jsou maximálně efektivní při zadržování srážkové vody v místě dopadu. Pozemky ideální pro realizaci určitých opatření byly vymezeny na nezpevněných površích, kvůli minimalizaci nákladů při realizaci. Byly vymezeny infiltračními podmínkami s ohledem na výskyt technické infrastruktury.

S ohledem na nízký rozpočet jsou v okolí ulic Cuřínova a Machuldova navrženy zasakovací průlehy v kombinaci s hügelkultur, osm menších nadzemních nádrží na sběr vody a její následné využití na závlahu okolní zeleně, výsadba nové zeleně, dešťová zahrada, suchá retenční nádrž, rekonstrukce stávajícího chodníku a hřiště a spíše pro zajímavost byl vypracován návrh na zelené střechy domu na ulici Cuřínova. Vše je graficky znázorněno na mapě (příloha 1).

6.1. Sběr dešťové vody

Zdaleka nejjednodušším opatřením sloužícím ke sběru dešťové vody a jejím následném využití na závlahu okolí zeleně, je využití stříšek nad vchodovými dveřmi bytových domů na ulici Cuřínova (obrázek 9).



Obrázek 9: Stříšky sloužící ke sběru vody

Pomocí jednoduchého výpočtu lze vypočítat, kolik vody se dá nasbírat ze všech osmi stříšek, které dohromady 56 m² (jedna 7m²).

objem srážkových vod [m3]=	$\frac{\text{plocha střechy nad vchodem[m2]*0.9*\text{průměrný srážkový úhrn [mm]}}{1000}$	x 8
----------------------------	--	-----

(MMR, 2019)

plocha střechy nad vchodem [m2]: 7

průměrný srážkový úhrn [mm]: 585

objem srážkových vod spadných na stříšky u vchodů [m3]: 29.5

Soustava skládající se z podokapního žlabu, svodové roury, výtokového kolena vedoucího do nádrže a nádrže by bez práce potřebné k instalaci vyšla na 2487 Kč. Celkové náklady potřebné k vybudování sběrných systémů u všech střech nad vchodovými dveřmi činí 19 896 Kč, viz tabulka 2.

Položka:	Cena (Kč)
Podokapní žlab 8 m	500
Svodová roura 2 m	268
Výtokové koleno	233
Nadzemní plastová nádrž	1000
Sud na vodu s víkem a kohoutkem 200 l	486
Celkem	2487
Celkové náklady na osm střech	19896

Tabulka 2: Vyčíslení nákladů na sběr vody ze střech nad vchodovými dveřmi

Pomocí dotačního programu Dešťovka, který je pod záštitou Ministerstva životního prostředí a Státního fondu životního prostředí ČR, lze pokrýt až 50% výdajů na pořízení systémů na využití zachycené srážkové vody na zalévání. Cílem programu je motivace vlastníků a stavebníků rodinných a bytových domů k efektivnímu a udržitelnému hospodaření s vodou. Dotace se také týkají systémů na využití zachycené srážkové vody pro splachování WC a systémů na využití vyčištěné odpadní vody jako vody užitkové.

6.2. Zelené střechy

Jak bylo již předesláno výše, Praha 12 nedisponuje dostatečnými finančními prostředky na realizaci tak nákladného projektu, jako jsou zelené střechy obytných domů na ulici Cuřínova. Přesto jsou ploché střechy budov vhodné pro zelené střechy, a to zejména extenzivního typu.

Extenzivní zelené střechy vyžadují poměrně nízkou mocnost substrátu, a to 6 - 15cm. Proto extenzivní zelené střechy nepředstavují velké zatížení budov, ale přesto je nutný posudek statika. Humusová vrstva je pokryta odolnou suchomilnou vegetací – suchomilné trávy, mechy, netřesky atp. Tento typ zelených střech není příliš náročný na údržbu, a proto jsou ideální i na hůře dostupné střechy. Údržba takových střech probíhá 3x – 4x ročně. Spočívá v kontrole, případné zavlažení, přihnojení a odstranění nežádoucích druhů náletové vegetace, či jiných expandujících druhů. V některých případech je nutné pokosení, doplnění substrátu a v případě eroze čištění souvisejících technických prvků, jako je například odtok.

V současné době je srážková voda z plochých střech panelových domů sváděna centrálním dešťovým svodem ve středu budovy do dešťové kanalizace. Celková velikost vedle sebe stojících panelových domů je 2245m².

Na základě výše uvedených dat byl stanoven vzorec pro výpočet celkového množství srážkových vod, které na střechy budov dopadá.

objem srážkových vod [m3]=	$\frac{\text{plocha řešených budov [m2]} * 0.9 * \text{průměrný srážkový úhrn [mm]}}{1000}$
----------------------------	---

(MMR,2019)

plocha řešených budov [m2] – 2245

průměrný srážkový úhrn [mm] – 585

objem srážkových vod [m3] – **1182**

Investiční náklady, zahrnující dopravu, provedení, izolační vrstvu, folie, textilie, substrát a vegetaci, činí cca 2000 Kč/m². Při využitelné ploše střech 1675m² tvoří investiční náklady 3 350 000 Kč. Tato částka nezahrnuje pronájem potřebné techniky ani případné konstrukční úpravy bytových domů. Před realizací zelené střechy je

nutné posouzení statika, zda jsou bytové domy vhodné pro vybudování zelených střech.

Dotační program Nová zelená úsporám nabízí dotace na realizaci zelených střech bytových domů ve výši až 300 000 Kč.



Obrázek 10: Realizace zelené střechy panelového domu na Brněnském sídlišti (greentop)

6.3. Šotolinové hřiště

V sídlištním prostoru se nachází staré betonové hřiště, které je s ohledem na hospodaření s dešťovou vodou nepoužitelné. Výměna betonového povrchu za povrch propouštějící vodu by přinesla vítané změny.

Takzvaná šotolina je v podstatě povrch tvořený drobným štěrkem a je de facto nesmrtný. Šotolinový povrch slouží jako preventivní opatření, vsakující na ně spadlou vodu. Je to nejlevnější alternativa propustných povrchů, které by se daly použít na plochu hřiště na sídlišti. Povrch hřiště je v současné době pokryto betonem, ze kterého veškerá voda odteče na chodník pod hřištěm.

Svrchní vrstvu šotolinového hřiště tvoří různé frakce drceného štěrku a na něm písčité lomové prosívky. Je potřeba se vyvarovat nejmenším prachovým frakcím spolu s cementovými nebo jinými pojivy, která by mohla vytvořit nepropustný povrch. Pod svrchní vrstvou leží vrstva štěrku větší frakce a kameniva, která napomůže rychlejší infiltraci srážkové vody do podloží. Příloha 2 znázorňuje řez hřištěm.

Obvyklá údržba hřiště spočívá v sezónním doplnění materiálu. V letních suchých měsících je vhodné hřiště jednou za čas pokropit. K tomuto účelu posouží voda v nadzemních nádržích, umístěných pod vchodovými stříškami.

Finanční náklady zahrnují práci na odstranění stávajícího povrchu a jeho likvidaci a nákup, dopravu a následné využití nového materiálu. Pro lepší využití plochy se na novém hřišti nachází také basketbalový koš. Viz tabulka 3.

Položka	Cena (Kč)
zemní práce m ²	2000–2500
materiál m ²	300–700
Basketbalová konstrukce	8000
Celkové náklady na m²	2300–3200
Celkové náklady	1 169 500–1 624 000

Tabulka 3: Rozpočet na realizaci šotolinového hřiště

6.4. Rekonstrukce chodníku

Chodník, který se nachází v popisovaném území bývá při vydatnějších srážkách často zaplavený vodou, a tak víceméně nepoužitelný. Skládá se z dlažby položené na udusané hlíně (viz obrázek 7 a 8). Udusaná hlína není schopna vsakovat srážkovou vodu, a tak na chodníku stojí voda často i několik dnů po dešti.

Řešení tohoto problému by mohlo spočívat v odstranění 20 cm vrchní vrstvy udusané hlíny pod dlažbou a nahrazení ji drobným štěrkem. Voda, která by se za současných okolností držela na povrchu chodníku, by byla ve štěrkové vrstvě. Štěrková vrstva pod dlažbou by zajistila bezproblémové použití chodníku a pozvolný však do půdy pod ním. Řez rekonstruovaným chodníkem se nachází v příloze 3.

Při ceně štěrku (frakce 4/8) 50 Kč/ m² by při ploše 577 m² vyšly investiční náklady na 28 850 Kč bez práce. S prací rekonstrukce chodníku vyjde asi na 894 350 Kč. Práce zahrnuje i pronájem pásového rypadla. Dlažba se využije stávající. Hlína získaná z odebrané vrchní vrstvy může být dále použita na realizaci hügelkultur, či k obnovení travnatých ploch na silně erodovaných místech v sídlištním prostoru.

Položka	Cena (Kč)
štěrk frakce 4/8 na m ²	50
práce na m ²	1500
Celkové náklady na m²	1550
Celkové náklady	894350

Tabulka 4: Rozpočet na rekonstrukci chodníku

6.5. Vsakovací průlehy

V popisovaném sídlištním prostoru se nachází několik míst, kde by se dal využít vsakovací průleh (viz mapa s návrhy). Tato místa se nacházejí ve více či méně svažitém terénu, po kterém při deštích stéká voda.

V případě průlehu, které jsou na mapě s návrhy označeny čísly 1 a 3 je vhodné kombinovat průlehy s nízkými hügelkultur. Tato místa se nacházejí na výrazně svažitém terénu, a tak je níže položená stěna průlehu vyvýšena pomocí směsi dřevního odpadu, vzniklého prořezávkou okolní zeleně a hlíny. Takto vzniklý vsakovací průleh zabrání proudění vody na chodník, jak se to v současné době děje na místě označeném číslem 1.

Realizace průlehu je řešena mělkým výkopem o hloubce 40 cm a šířce 50 cm. Dno průlehu pokrývá písčité a následně humusová vrstva, která zajistí předčištění a rychlejší vsakování srážkové vody (viz příloha 4). Zároveň vytvoří dobré podmínky pro zatravnění průlehu. Povrch průlehu tvoří trávník. Ve všech případech je přítok vody rovnoměrný po celé délce průlehu.

V tabulce níže je znázorněno vyčíslení investičních nákladů na, které zahrnují materiál a zemní práce. Zemní práce spočívají ve vyhloubení a modelaci příkopu, vytvoření písčité a humusové vrstvy a trávníku a likvidace nevyužitého materiálu.

Část zeminy získané z vyhloubení výkopů je možné použít na vybudování hügelkultur v již zmiňovaných místech.

Položka	Cena (Kč)
Zemní práce m ²	1500
kompost 100 kg/m ²	100
písek 100 kg/m ²	70
travní směs 5 kg	960
Celkové náklady na m²	1670
Celkové náklady	85295

Tabulka 5: Rozpočet na realizaci vsakovacích průlehů

Při celkové ploše 50,5 m² činní investiční náklady na realizaci pěti vsakovacích průlehů 85 295 Kč.

6.6. Hügelkultur

Tvorba hügelkultur neboli vyvýšených záhonů, je ideální způsob, jak naložit s odpadním materiálem získaným při údržbě sídlištní zelené a zároveň podpořit funkci vsakovacích průlehů. Kombinace těchto dvou opatření se nachází v místech, kde voda stéká na chodník a dětské hřiště, ale dá se využít prakticky kdekoliv. V místech, která jsou označena v mapě s návrhy čísly

Výroba hügelkultur není nijak složitá. V podstatě se jedná o vyvýšení terénu v libovolných velikostech a tvarech, za pomoci zeminy získané ze zemních úprav u ostatních opatření v kombinaci se dřevem získaným při prořezávkách okolní zeleně. Dřevo, které zadržuje vlhkost, hnije a dodává okolní zemině živiny.

Jelikož se v návrhu hügelkultur vyskytují jako rozšíření vsakovacích průlehů, dalo by se říct, že jsou finanční náklady vyčísleny už v kapitole 6.5.. Díky prakticky nulovým nárokům na koupi a dovoz jakéhokoliv materiálu, potřebného k vybudování hügelkultur, jedinými finančními náklady jsou náklady spojené s prací. Ty se dají vyčíslit na 500 Kč/m².

Příloha 5 znázorňuje řez hügelkultur v kombinaci s vsakovacím průlehem

6.7. Dešťová zahrada

I přesto, že je dešťový záhon v mém návrhu prostorově zanedbatelný, může nabízet podobu zajímavého detailu prostředí, díky své barevnosti a charakteru použitých rostlin. Krom toho jde o užitečné opatření v hospodaření s dešťovou vodou a díky své druhové rozmanitosti výrazně přispívá biodiverzitě.

Dešťový záhon je plošné zařízení pro vsakování vody. Je tvarován jako mělce zahloubená prohlubeň, osázená kvetoucími trvalkami. Při výběru druhového složení rostlin je potřeba brát ohled na skutečnost, že dešťový záhon bývá při srážkách částečně zatopen. Rostliny by měli být tedy odolné jak vůči zatopení, tak vůči delším suchým obdobím v letních měsících. V sídlištním prostoru, kde se pohybují i děti, by se neměly používat jedovaté druhy. Pod humusovou vrstvou, která je důležitá pro výsadbu rostlin, se nachází hlinitopísčítá vrstva a vrstva štěrku, která zajistí rychlejší vsak (viz příloha 6). Všechny tyto vrstvy dohromady zajistí dostatečné předčištění srážkové vody.

Finanční náklady počítají s dešťovým záhonem osázeným trvalkami. Zahrnují zemní práce a materiál (štěrk, humus, trvalková směs). Zemina získaná s vyhloubení záhonu se dá využít na tvorbu hügelkultur. Při celkové ploše dešťové zahrady 12 m² vychází investiční náklady na 28 450Kč.

Položka:	Cena (Kč)
zemní práce m ²	1500
kompost 500 kg	500
štěrk frakce 4/8 m ²	50
trvalková směs	400
Celkem m²	1550
Celkové náklady	28450

Tabulka 6: Rozpočet na realizaci dešťového záhonu



Obrázek 12: Ilustrační fotografie dešťové zahrady

6.8. Suchá retenční nádrž

Suchá retenční nádrž je objekt, do kterého lze svádět větší množství vody z okolních nepropustných, nebo hůře propustných ploch. Díky větším rozměrům se dešťová voda rozprostře po celé ploše nádrže v tenké vrstvě. Voda se tak vsákne rychleji a nehrozí, že by zatopila chodník, který se nachází jen pár metrů od nádrže. Vsakování přes půdní profil s travnatou vrstvou je nejpřirozenějším a nejjednodušším způsobem zadržování srážkové vody v místě dopadu.

Suchá retenční nádrž lze realizovat na podobném principu jako vsakovací průlehy. Jedná se o mělkou, cca 30 cm hlubokou prohlubeň v terénu, která je pokrytá trávnickem. Pro lepší vsakovací schopnosti se pod horní humusovou vrstvou, do které je přimíchán písek, nachází vrstva štěrkopísku (viz příloha 7).

Velkou výhodou tohoto opatření je jednoduchost, nenáročná realizace a údržba, snadné začlenění do sídlištního prostředí a nízké investiční náklady.

Náklady na realizaci a údržbu jsou podobné, jako při budování nového trávníku. Navíc je pouze vrstva štěrkopísku a zemní práce spojené s vyhloubením samotné

nádrže. Při celkové ploše nádrže 153 m² tvoří celkové náklady na realizaci 98 268Kč.

Položka	cena (Kč)
zemní práce m ²	500
šterkopísek m ²	36
kompost 100 kg	100
travní směs 5 kg	960
Celkové náklady na m²	636
Celkové náklady	98268

Tabulka 7: Rozpočet na realizaci suché retenční nádrže

6.9. Městská zeleň

6.9.1. Stromy

Stromy jsou nejdůležitější a nejvýraznější prvky zeleně v urbanizovaném prostředí. Stromy mají výrazně pozitivní vliv na okolní mikroklima a tím, že dokáží svými listy zachytávat prach a jiné drobné nečistoty, přispívají ke zlepšení kvality ovzduší. Krom toho snižují šíření hluku a mají blahodárný vliv na obyvatele sídliště – včetně živočichů.

Při výběru dřevin je vhodné volit původní druhy odolné vůči teplotním výkyvům, suchu a znečištěnému ovzduší. Ideálními druhy pro sídlištní prostor jsou například javor babyka a bříza bělokorá. Mezi zástupce jehličnatých dřevin lze zařadit borovice lesní, která se vyznačuje odolností vůči extrémním podmínkám, nebo jinan dvoulaločný.

Při výsadbě je důležité dbát na umístění technické infrastruktury a vyvarovat se místům, kam stéká voda z ploch, jež bývají v zimě chemicky ošetřována. Před samotnou výsadbou je vhodné prokypření půdy v místě očekávaného prokořenění. Poloha jednotlivých stromů byla volena tak, aby nebylo nutné využívat například nosné strukturní substráty, nebo speciální prokořitelné buňky, které se využívají v zástavbě s minimálním prostorem pro kořeny stromů.

Náklady na výsadbu a následnou údržbu se liší s ohledem na technologii výsadby a velikost použitých sazenic. Údržba nově vysazených stromů spočívá v pravidelné zálivce, kontrole a případné opravě kotvení, hnojení a ochraně vůči škůdcům. Je

vhodné provádět také výchovné a opravné řezy. U vzrostlých stromů probíhají řezy především kvůli prostorovým dispozicím dané oblasti.

Investiční náklady zahrnují zemní práce a práce spojené s výsadbou a ukotvením stromu, materiál zahrnující sazenici stromu a jeho dopravu a potřebné. Voda potřebná k zavlažování nově vysazených stromů je získávána z nadzemních nádrží u vchodů do domu. Vzhledem k suchým podmínkám je vhodné nově vysazené stromy vybavit zavlažovacími pytli, které zajistí dostatek vláhy a pomohou tak novému stromu se uchytit. Jeden takový pytel o objemu 50 l stojí přibližně 250 Kč.

Pro výsadbu byly zvoleny stromy v balu s vysokým kmenem s obvodem kmenu 18–20 cm do volné půdy.

Položka	Cena (Kč)
zemní práce ks	1000–1500
stromek borovice lesní 80–100 cm ks	3000
stromek břízy bělokoré 450–500 cm ks	3500
stromek javoru babyka 250 cm ks	3400
stromek jinanu dvoulaločného 250–300 cm ks	4200
Celkem ks	4000–5700
Celkové náklady	52000–74100

Tabulka 8: Rozpočet na výsadbu nových stromů

Program Nová zelená úsporám nabízí možnost dotací na výsadbu stromů na veřejně přístupných místech, které navazují na bytový dům, nebo se nachází ve společně užívaných plochách vnitrobloku. Výše dotace na stromy může dosáhnout až 50 000 Kč (20 x 2500 Kč na listnatý nebo ovocní strom, jehož obvod kmenu činní 10 cm a více). O dotaci mohou žádat vlastníci stávajících bytových domů, společenství vlastníků jednotek stávajících bytových domů nebo pověření vlastníci bytových jednotek stávajících bytových domů.

6.9.2. Keře

Keře bývají často opomíjenou skupinou dřevin. Jedná se o vzrůstem nižší dřeviny bez kmene, které se zpravidla větví od země do stran. Výška keřů dosahuje

maximálně tři až pěti metrů. Keře jsou vhodným řešením na místa, kde nemohou být stromy. Jejich kořeny nejsou tak hluboké, a tak se dají vysadit i v blízkosti inženýrských sítí. Keře mohou posloužit i k vymezení hranic a členění prostoru. Jsou ideální pro oddělení zeleného prostoru sídliště, kde vyšší frekvence pohybu dětí, od ulic, kde se pohybují auta. Krom toho, díky své schopnosti uvolňovat nahromaděnou vodu z půdy do ovzduší, zlepšují mikroklima a za určitých podmínek mohou být vysázeny jako doprovod vsakovacích objektů.

Keře lze rozdělit vzhledem na využití ve veřejném prostoru na stříhané/tvarované, volně rostoucí a půdopokryvné. Za stříhané/tvarované keře lze označit keře tvořící živé ploty a jiné prvky, které oddělují rozdílné prostory. Vybrané oblasti v sídlištním prostoru jsou vhodné zejména pro půdopokryvné druhy křovin, jako je skalník a půdopokryvné růže. Ty jsou vyšlechtěny jako nízké keře, rozrůstající se především do šířky, které nevyžadují náročnou údržbu. Jsou to růže, které během sezóny kvetou opakovaně, což ocení obyvatelé sídliště i tamní hmyz.

Finanční náklady závisí především na volbě typu keře. Obecně platí, že půdopokryvné a volně rostoucí keře jsou méně finančně náročné, a to i vzhledem ke své nenáročnosti na údržbu. Pro výsadbu v okolí domu byly zvoleny prostokořené sazenice půdopokryvné růže a skalníku. Investiční náklady zahrnují zemní práce potřebné k výsadbě a nákup a dovoz materiálu. Do procesu samotné výsadby nových stromů se mohou zapojit i obyvatelé bytových domů. Lidé tak k těmto stromům i k celému sídlištnímu prostoru získají určitý vztah a tím bude postaráno i o jejich následnou péči. V neposlední řadě to taky ušetří určitou část nákladů.

Položka:	Cena (Kč)
zemní práce ks	150
sazenice růže "Mirato" ks	169
sazenice skalníku "Evergreen" ks	49
celkem ks	368
celkové náklady	7360

Tabulka 9: Rozpočet na výsadbu křovin

Jak keře, tak stromy vytváří dobré podmínky pro drobnou zvěř. Stromy se dají využít na umístění hmyzích domků a krmítek pro ptactvo. Keře může působit jako útočiště

před většími savci. Jsou tedy ideálním místem pro umístění pitek pro ptáky a jiné drobné živočichy. Pítka bývají v městské zástavbě prakticky nezbytná zejména v horkých letních měsících. Realizace pitek nezná hranic. Mohou to být zatížené mělké nádoby, nebo jen obyčejný hluboký talíř. Jedna z možností, jak získat originální pítka za cenu minimálních nákladů je zapojení do výroby žáky základní a mateřské školy Smolkova. Děti se tak sami zapojí do rekultivace sídliště a využijí svoji kreativitu. Stejná postup se dá aplikovat i na výrobu krmítek a hmyzích domků. Tato opatření mají pozitivní vliv jak na biodiverzitu na sídlišti, tak na výchovu tamních dětí.

7. Diskuze

Poslední se stáváme svědky událostí, které nás přesvědčují o tom, jak je důležité dbát na správně hospodaření s vodou. S rostoucí populací stoupají prostorové nároky na novou zástavbu a s tím spojené problémy, které jsou víceméně provázány s klimatem. V důsledku hustě zastavěných oblastí, kde se nachází velké množství nepropustných povrchů, voda odtéká po povrchu do kanalizací a vodních toků. Na území české republiky jsou srážky jediným zdrojem vody v krajině. V posledních letech lze pozorovat, že ačkoliv míra srážek zůstává podobná, mění se jejich intenzita a časové rozložení. Výskyt přívalových dešťů, které často způsobí zahlcení kanalizace ve městech, je už v podstatě běžná věc. Proto je téma revitalizace urbanizovaných území stále aktuálnější.

Dalo by se říct, že přívalové deště s sebou přináší přesto jednu pozitivní věc. Tou věcí je skutečnost, že v případě sběru a následném využití dešťové vody se zásoby vody doplní zaručeně a rychle. To se hodí v případě sběru dešťové vody prostřednictvím dříve zmiňovaných stříšek nad vchodovými dveřmi na sídlišti. Jedna vydatnější průtrž mračen zajistí zásobu vody na zavlažování okolní zeleně i při delších obdobích sucha. Tento systém funguje už několik let v bytovém domě ve Vyškově, kde jsem vyrůstal a ze kterého mám do teď živé vzpomínky na starší dámy, které si na svoje záhonky pod okny spouštěly PET lahve s pitnou vodou na závlahu.

Zcela zásadní roli při rekultivaci sídlištních prostor hraje zeleň. Ať už se jedná o stromy a keře, nebo zatravněné povrchy. Stromy svými schopnostmi čistit a ochlazovat okolní ovzduší, výrazně napomáhají ke zlepšení klimatu. Jejich kořenové systémy navíc ulehčují vsakování srážkové vody, která tak zůstane v místě dopadu a neodteče po povrchu. Přesto, že jsem byl při konzultaci se zahradní architektkou Ing. Janou Bednářovou upozorněn, že zastoupení jehličnatých stromů by mělo být pouze třetinové v poměru s listnatými, podmínky, panující na sídlišti, nahrávají výsadbě spíše jehličnatých druhů. Ty mají, díky své schopnosti odolávat suchým a tavným povětrnostním podmínkám, větší šanci na uchycení a prosperitu. V minulosti, se na tomto sídlišti vysazovaly především listnaté stromy. V současných klimatických podmínkách se ale málokdy uchytí a většinou během prvních pár let uhynou.

Povrchový odtok pomáhají zmírnit i travnaté povrchy, které dokážou část vody absorbovat a část vypařit do ovzduší. To, společně se schopností pohlcovat sluneční energii významně ochlazuje okolí. Kromě klimatu má zezeň blahodárné účinky i na samotnou psychiku člověka a život.

Travnaté plochy na sídlištích, by se daly koncipovat jako mělké, suché retenční nádrže, nebo vsakovací průlehy, stejně jako se to děje například v Mnichovských ulicích, nebo v kampusu Masarykovy Univerzity v Brně. V kampusu Masarykovy univerzity v Brně se vyskytují vsakovací průlehy i jako forma rozdělení souvislé nepropustné plochy, jako jsou parkoviště nebo dlážděné plochy před jednotlivými fakultami. (Novotná et al., 2015)

V Brně se nachází i ukázkový příklad toho, že se realizace zelených střech nemusí omezovat pouze na nové administrativní budovy, výrobní a obchodní centra. V roce 2019 byla v Brněnských Bohunicích vybudována extenzivní zelená střecha na již stojícím panelovém domě. Zelené střechy přinášejí nespočet výhod, které jsou popsány výše a nabízí tak skvělé řešení problematiky přehřívání sídlištních budov, a tak i nezanedbatelně velkých částí zastavěných území. (Slezáková, 2021)

Uvnitř většiny rozlehlejších sídlišť, která byla vybudována v druhé polovině minulého století, se nachází betonové plochy, které slouží jako hřiště. Vzhledem k dlouhé životnosti a nenáročnosti co se týče realizace i údržby, se tato možnost výbavy sídlišť stala první volbou při realizaci. V současné době se při budování nových sportovních zařízení používají propustné tartanové povrchy, které jsou podloženy propustnými materiály, jako je drenážní asfalt a šterkové lůžko. Takové plochy slouží jako skvělé místo pro sportovní aktivity, ale také umožňují efektivní vsak vody v místě dopadu. Levnější a na realizaci méně náročnou alternativou mohou být hřiště s šotolinovým povrchem. Ty s sebou nesou jistou nevýhodu v podobě drobných kamínků v ráně v případě pádu, ale jinak svoji funkci plní stejně dobře, jako tartanové povrchy. (Sýkorová et al., 2021)

Obecně vzato lze říct, že se změnil trend v nakládání s dešťovou vodou. Zatímco dřív jsme se snažili o to, aby dešťová voda co nejdříve otekla, v současné době se snažíme co nejvíce vody zachytit a využít, nebo jí umožnit co nejrychlejší vsak.

Pokud v této snaze budeme pokračovat, možná tak zmírníme dopad klimatické změny na města.

8. Závěr

V této diplomové práci jsou popsány způsoby opatření, vedoucí k revitalizaci urbanizovaného prostředí a jejich využitelnost v sídlištním prostoru mezi ulicemi Cuřínova a Machuldova.

Podmínky dané skalnatým podložím a mimořádnými povětrnostními podmínkami, které způsobují erozi půdy, znesnadňují zadržování vody, která je pro revitalizaci klíčová. Proto se stala opatření, napomáhající vsaku vody, ideálním řešením pro danou oblast. V současné situaci tvoří zásadní problém hromadění vody na chodníku při každém dešti. Tento problém lze vyřešit rekonstrukcí chodníku pomocí záměny udusané hlíny pod dlažbou za šterkové podloží. Vsakovací průlehy zabrání stékání vody na chodník a zároveň zajistí rychlý vřak do půdy. Vytvoří se tak vhodné podmínky pro růst trávy a jiné zeleně, která má krom protierozních schopností také nezanedbatelně pozitivní vliv na mikroklima ve svém okolí. Nově vysázené stromy a keře zaručí kvalitnější ovzduší a poskytnou útočiště ptákům a hmyzu. Na zavlažování nově vysázené zeleně poslouží voda nasbíraná do nadzemních nádrží ze střech nad jednotlivými vchody do domu, který se v tomto prostoru nachází. Po posouzení statika a případných úpravách domu, by zde mohla být vybudována zelená střecha extenzivního typu. Mimo skvělé izolační vlastnosti, kterými zelená střecha disponuje, zlepší také okolní klima a zvýší tak atraktivitu celého sídliště.

Tato práce vychází ze zkušeností z místa a respektuje omezený rozpočet MČ Praha 12, proto jsou uvedena opatření, která jsou přírodě blízká, ale poměrně málo finančně náročná. Z celé práce vyplývá, že i s omezením nákladů lze revitalizovat starší sídliště tak, aby vyhovovala nárokům na moderní bydlení a zároveň byla mikroklimaticky příznivá k obyvatelům.

9. Použitá literatura

- Adams et al., 2013

Adams, A., Barak, P., and Davidson, C. L., 2013: Hügelkultur Gardening Technique Does Not Result in Plant Nutrient Deficiencies and is a Potential Source Reduction Strategy for Yard Trimmings Wastes. University of Wisconsin Madison Student Project Report.

- AOPK, 2013

AOPK ČR, ©2013: Výsadba stromů (online) [cit.2021.12.29], dostupné z <<http://standardy.nature.cz/res/archive/414/068333.pdf?seek=1552472371>>.

- Brabec, 2014

Brabec R., 2014: JAK NALOŽIT S DEŠŤOVOU VODOU (online) [cit. 2022.02.07], dostupné z <<https://www.dumazahrada.cz/zahrada/technika/22523-jaknalozit-s-desovou-vodou/>>.

- Bannerman, Considine, 2003

Bannerman R., Considine E., 2003: Rain gardens : a how-to manual for homeowners. Wisconsin Dept. of Natural Resources: University of Wisconsin, Wisconsin.

- Čermáková a Mužíková, 2009

Čermáková B. a Mužíková R., 2009: Ozeleněné střechy, Grada Publishing, a.s., Praha.

- Čermák a Prax, 2003

Čermák J. a Prax P., 2004: Urban Tree Root Systems and Tree Survival Near Sewers and other Structures. In: Sztruhar D., Giulianelli M., Urbonas B. (eds.): Engancing Urban Environment by Environmental Upgrading and Restoration, Springer, Londýn. 45 – 56

- Daron, 2019

Daron, 2019: 5 Hugelkultur Variations and What You Need to Know (online) [cit.2022.01.13], dostupné z <<https://www.wildhomesteading.com/hugelkulturvariations/>>.

- Dohnal, 2014

Dohnal R., 2014: Jak na zelenou střechu (online), [cit. 2022.01.26], dostupné z <<https://stavba.tzb-info.cz/strechy/10880-jak-na-zelenou-strechu>>.

- Dvořáková, 2007

Dvořáková D., 2007: Využívání dešťové vody (II) - možnosti použití dešťové vody a části zařízení (online) [cit. 2022.02.08], dostupné z <<https://voda.tzbinfo.cz/destova-voda/3962-vyuzivani-destove-vody-ii-moznosti-pouziti-destovevody-a-casti-zarizeni>>.

- Ferguson, 2005

Ferguson B. K., 2005: Porous Pavements. CRC Press, Boca Raton.

- JV PROJEKT VH., 2018

V PROJEKT VH. 2018. Hospodaření se srážkovými vodami – cesta k modrozelené infrastruktuře: Olomoucké stavební standardy k integraci modrozelené infrastruktury. Olomouc: Statutární město Olomouc, 2018.

- Kalníková, 2020

Kalníková V., 2020: Dešťová zahrada (online) [cit. 2022.01.28], dostupné z <<https://www.pocitamesvodou.cz/destova-zahrada/>>.

- Laffoon, 2016

Laffoon, M., 2016: A Quantitative Analysis Of Hugelkultur And Its Potential Application On Karst Rocky Desertified Areas In China. Honors College Capstone Experience/Thesis Projects. 602

- MMR, 2019

MMR, 2019: Vsakování srážkových vod – Metodická pomůcka Ministerstva pro místní rozvoj. Praha 2019

- MŽP, 2015

MŽP, ©2015: Možnost řešení vsaku dešťových vod v urbanizovaných území v ČR (online) [cit. 2020.03.18], dostupné z <http://www.povis.cz/mzp/132/vsak_destovych_vod.pdf>.

- Greentop - <https://www.greentop.cz/brno-jako-prukopnik-zelenou-strechu-ma-prvni-panelak/>

- Novotná et al., 2015

Novotná J., Lubas M., Kabelková I., 2015: Možnost řešení vsaku dešťových vod v urbanizovaných územích v ČR. Ministerstvo životního prostředí, Brno.

- Office of water, 2021

Office of water, 2021: Stormwater Best Management Practice – Grassed swales. Environmental protection agency, United States.

- Özyavuz, 2017

Özyavuz M., 2017: Sustainable Landscape Planning and Design. Deutsche Nationalbibliothek, Frankfurt am Main.

- Poliak, 2010

Poliak, M., 2010: Dešťová voda jako šetrná alternativa (online), [cit. 2021.12.27], dostupné z <<https://www.asb-portal.cz/stavebnictvi/technicka-zarizenibudov/energie/destova-voda-jako-setrna-alternativa>>.

- Slezáková, 2021

Slezáková K., 2021: Brno má první panelový dům se zelenou střechou (online), [cit. 2022.03.30], dostupné z <<https://www.stavebnictvi3000.cz/clanky/brno-ma-prvni-panelovy-dum-se-zelenou-strechou>>.

- Stránský et al., 2019

Stránský D., Kabelková I., Bareš V., Bartáček J., Habr V., Hora D., Kříž K., Metelka T., Pánek P., Pelčák P., Suchánek M., Vébr L., Vitek J., Zadražilová M., 2019: Studie hospodaření se srážkovými vodami v urbanizovaných územích. Ministerstvo životního prostředí, Praha.

- Sýkorová et al., 2021

Sýkorová M., Tománek P., Šušlíková L., Staňková N., Habalová M., Čtverák M., 2021: VODA VE MĚSTĚ – Metodika pro hospodaření s dešťovou vodou ve vazbě na zelenou infrastrukturu. České vysoké učení technické v Praze ve spolupráci s Univerzitou Jana Evangelisty Purkyně, Praha.

- Thompson, J.W. and Sorving, K. 2000

Thompson, J.W. and Sorving, K. 2000. Sustainable Landscape Construction, A Guide to Green Building Outdoors. Island Press, Washington D.C.

- Vitek et al., 2015

Vitek J., Stránský D., Kabelková I., Bareš V., Vitek R., 2015: Hospodaření s dešťovou vodou v ČR. ZO ČSOP Koniklec, Praha.

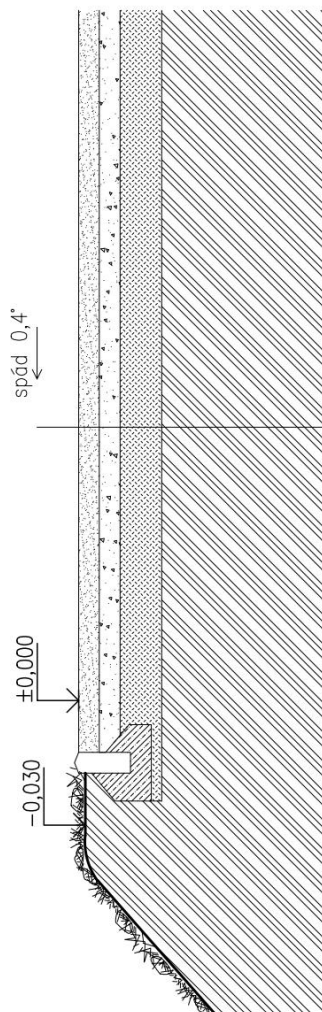
10. Přílohy

Návrhy opatření rekultivace sídlištního prostoru




Zdrojová data: geoportal ČÚZK
Software: ArcMap 10.7.1.
Adam Hlavinka

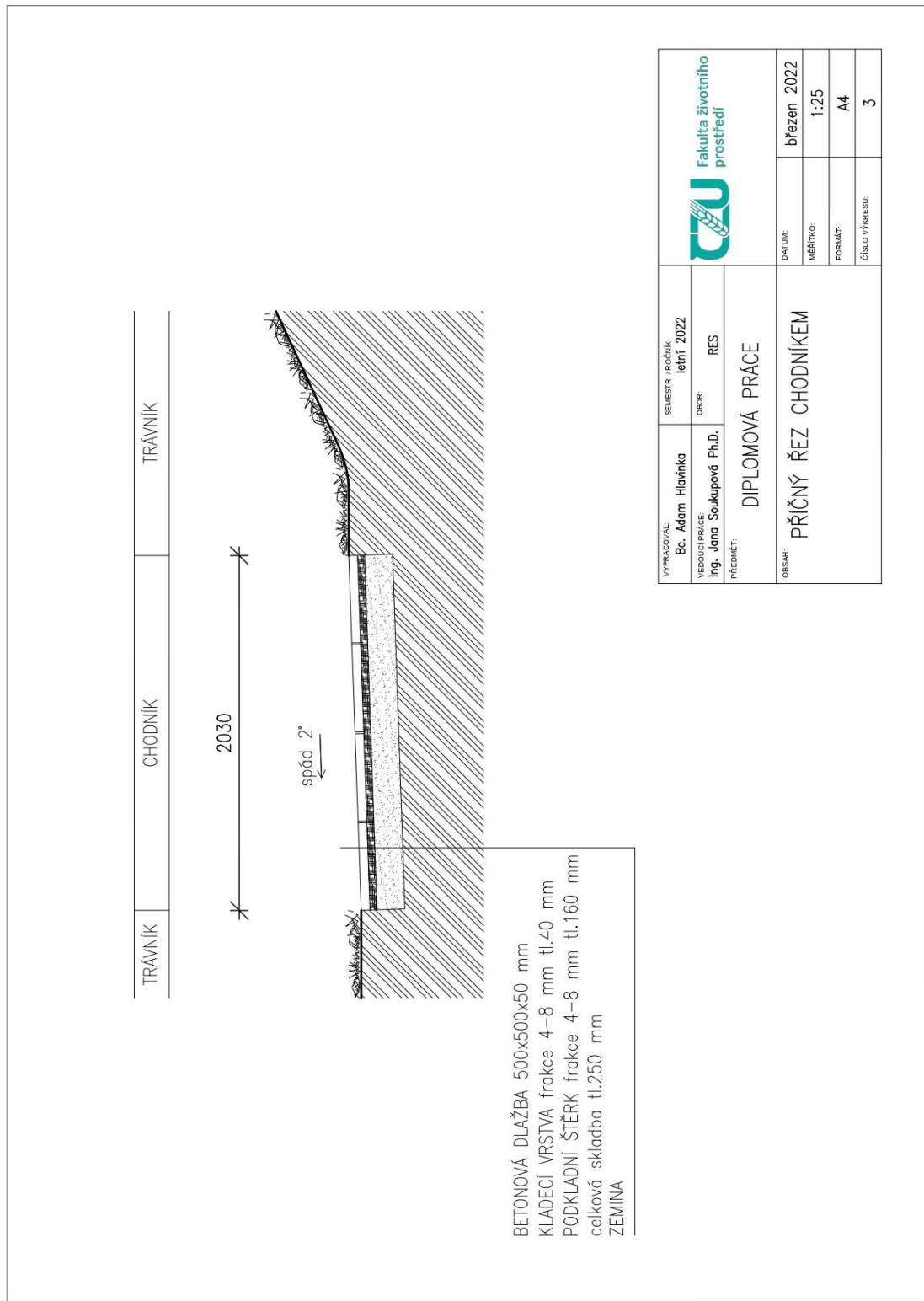
Příloha 1 – Mapa s plánovanými návrhy



ŠOTOLINA frakce 0–6 mm tl.100 mm
 ŠTĚRKODRŤ frakce 6–32 mm tl.100 mm
 ŠTĚRKODRŤ frakce 32–63 mm tl.200 mm
 celková skladba tl.400 mm
 ZEMINA

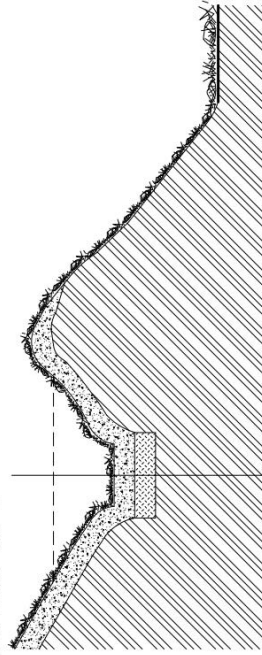
VYPRACOVAL: Bc. Adam Hlavínka	SEMESTR / ROČNÍK: letní / 2022	
VEDOUcí PRÁCE: Ing. Jana Soukupová Ph.D.	OBOR: RES	
PŘEDMĚT: DIPLOMOVÁ PRÁCE		
OBSAH: PŘÍČNÝ ŘEZ ŠOTOLINOVÝM HŘIŠTĚM		
DATUM:	březen 2022	
MĚŘÍTKO:	1:25	
FORMÁT:	A4	
ČÍSLO VÝKRESU:	2	

Příloha 2 – řez šotolinovým hřištěm



Příloha 3 – řez rekonstruovaným chodníkem

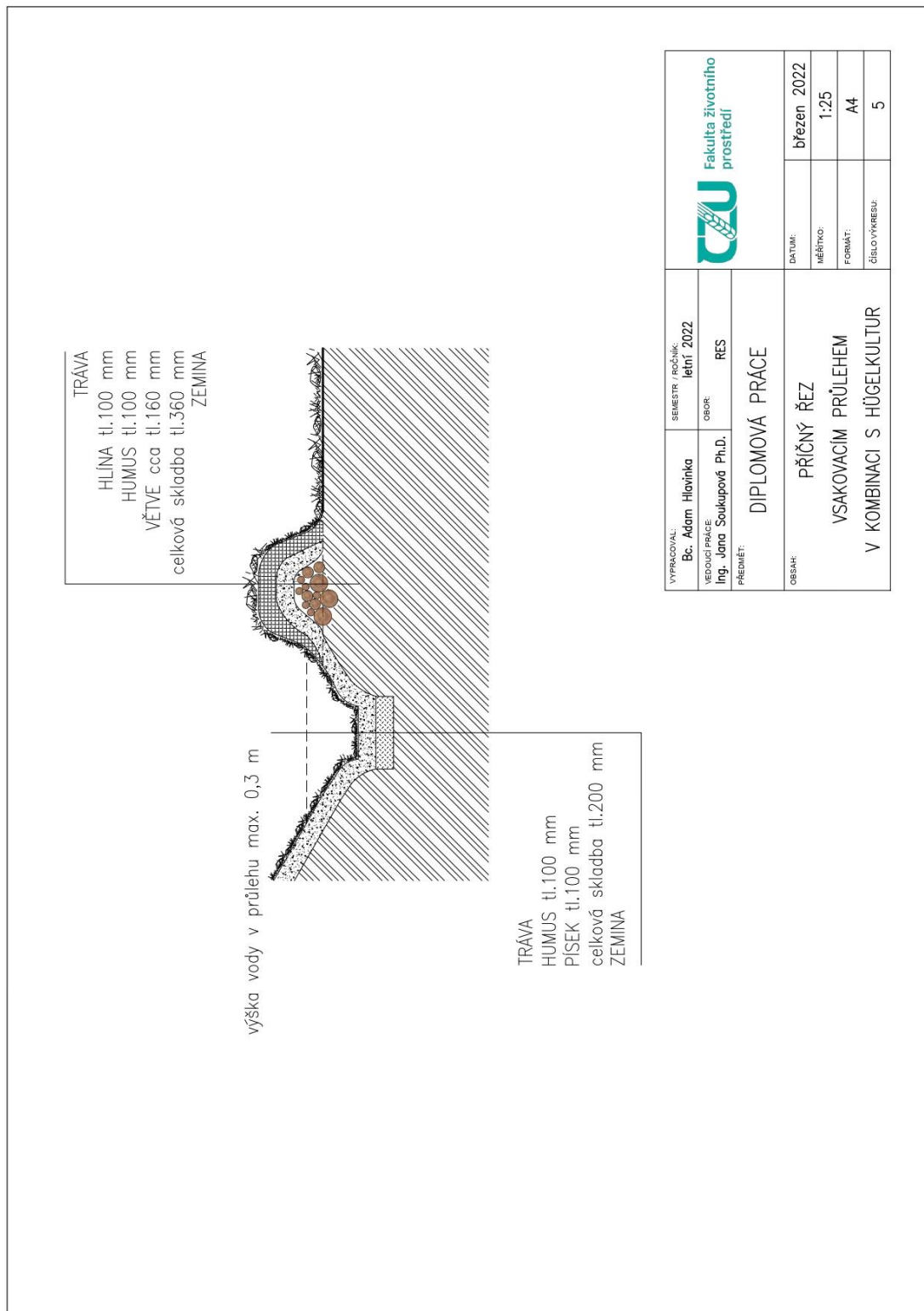
výška vody v průřezu max. 0,3 m



TRÁVA
 HUMUS tl.100 mm
 PÍSEK tl.100 mm
 celková skladba tl.200 mm
 ZEMINA

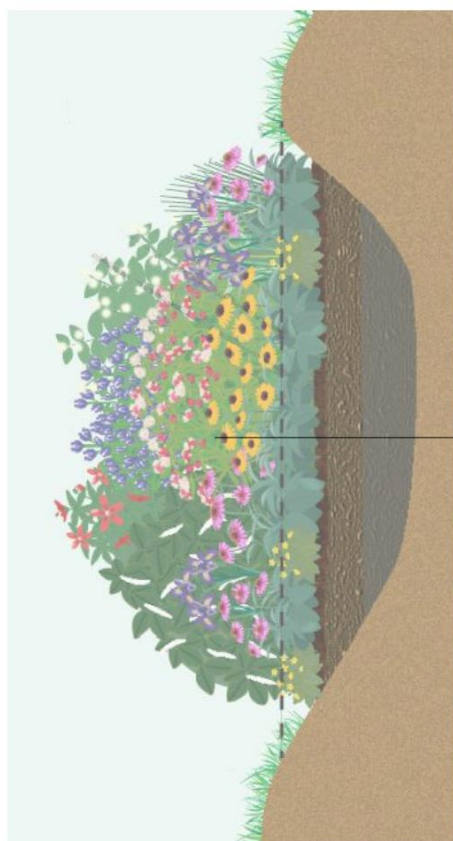
VYPRACOVAL: Bc. Adam Hlavinka	SEMESTR / ROČNÍK: letní 2022	
VEDOUcí PRÁCE: Ing. Jana Soukupová Ph.D.	OBOR: RES	DATA: březen 2022
PŘEDMĚT: DIPLOMOVÁ PRÁCE		MĚŘÍTKO: 1:25
		FORMÁT: A4
		ČÍSLO VÝKRESU: 4
OBSAH: PŘÍČNÝ ŘEZ VSAKOVACÍM PRŮLEHEM		

Příloha 4 -řez vsakovacím průlehem




VYPRACOVAL: Bc. Adam Hlavinka	SEMESTR / ROČNÍK: letní 2022	Fakulta životního prostředí	
VEDOUcí PRÁCE: Ing. Jana Soukupová Ph.D.	OBOR: RES	DATA: březen 2022	
PŘEDMĚT: DIPLOMOVÁ PRÁCE		MĚŘÍTKO: 1:25	
OBSAH: PŘÍČNÝ ŘEZ VSAKOVACÍM PRŮLEHEM V KOMBINACI S HÜGELKULTUR		FORMÁT: A4	
		ČÍSLO VÝKRESU: 5	

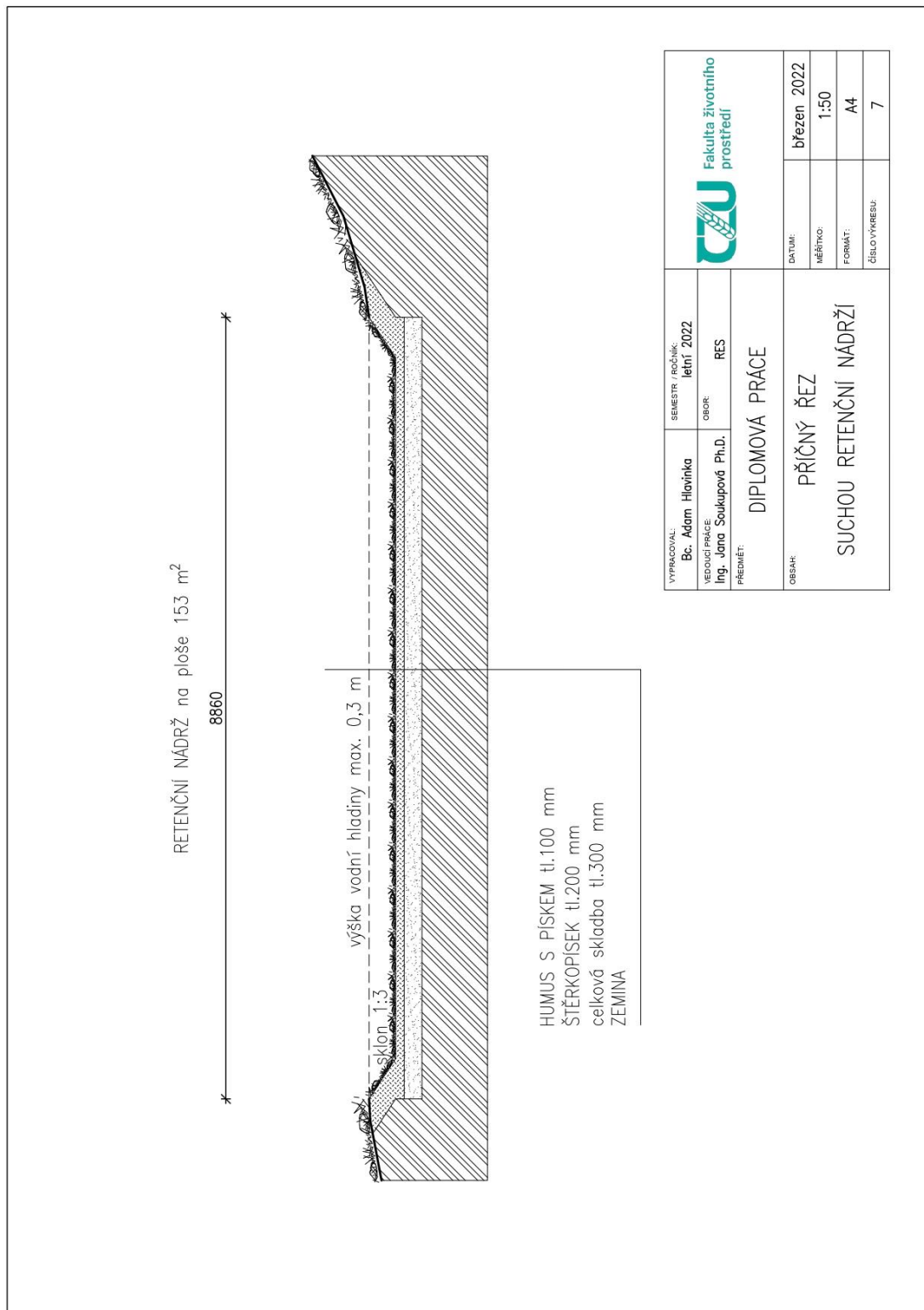
Příloha 5 – řez vsakovacím průlehem v kombinaci s hügelkultur



HUMUS tl.150 mm
 HLINITOPIŠČITÁ VRSTVA tl.150 mm
 ŠTĚRK frakce 4–8 mm tl.150 mm
 celková skladba tl.450 mm
 ZEMINA

VYPRACOVAL: Bc. Adam Hlavinka	SEMESTR / ROČNÍK: letní 2022	 Fakulta životního prostředí
VEDOUcí PRÁCE: Ing. Jana Soukupová Ph.D.	OBOR: RES	
PŘEDMĚT:	DIPLOMOVÁ PRÁCE	
OBSAH:	PŘÍČNÝ ŘEZ DEŠŤOVÝM ZÁHONEM	
	DATA:	březen 2022
	MĚŘÍTKO:	1:25
	FORMÁT:	A4
	ČÍSLO VÝKRESU:	6

Příloha 6 – řez dešťovým záhonem



Příloha 7 – řez suchou retenční nádrží