

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra zahradní a krajinné architektury



Likvidace odpadních a dešťových vod na pozemku

Bakalářská práce

Autor práce: Eliška Dvořáková

Obor studia: Zahradní a krajinařská architektura

Vedoucí práce: Ing. Jindřich Vaněk

© 2020 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Likvidace dešťových a odpadních vod na pozemku" jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autorka uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušila autorská práva třetích osob.

V Praze dne 17.7.2020

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala panu Ing. Jindřichu Vaňkovi za odborné vedení, poskytování cenných rad, a především za jeho trpělivost při vypracování mé bakalářské práce. Poděkování také patří mé rodině za podporu během celého studia a zejména mému otci Ing. Pavlu Dvořákovi za odborné rady k praktické části této práce.

Likvidace dešťových a odpadních vod na pozemku

Souhrn

Bakalářská práce se zabývala tematikou hospodaření s odpadními a dešťovými vodami v prostředí měst. Věnovala se jednotlivým druhům odpadních vod a možnostem jejich opětovného využití. Popisovala současný systém řešení odvádění odpadních a dešťových vod a s ohledem na klimatické změny se věnovala principům a opatřením pro udržení vody ve městě a jejímu využití v návaznosti na koncept tzv. modrozelené infrastruktury.

Práce uvedla modelové příklady z České republiky i zahraničí, které byly zaměřeny s ohledem na praktickou část práce primárně na zelené střechy, jako jeden z principů hospodaření s odpadními a dešťovými vodami.

V praktické části byl vytvořen návrh zelené střechy pro plánovanou novou budovu České zemědělské univerzity v Praze, Fakulty životního prostředí. V rámci návrhu byl vytvořen koncept zelené střechy, který obsahuje tři části s rozdílnou výškou substrátu. Na všechny části byl vypracován návrh sortimentu a plán závlahy, který je určen pro využití dešťových a odpadních vod z budovy.

Klíčová slova: dešťové vody, odpadní vody, zelená střecha, modrozelená infrastruktura

Disposal of waste and rainwater on the land

Summary

The bachelor's thesis dealt with the topic of waste and rainwater management in urban environments. It focused on individual types of wastewater and the possibilities of their reuse. It described the current system of solutions for wastewater and rainwater drainage and with regard to climate change, it focused on the principles and measures for maintaining water in the city and its use in connection with the concept of blue-green infrastructure.

The thesis presented model examples from the Czech Republic and abroad, which were focused with regard to the practical part of the work primarily on green roofs, as one of the principles of wastewater and rainwater management.

In the practical part, a green roof design was created for the planned new building of the Czech University of Life Sciences in Prague, Faculty of the Environment. As part of the design, a green roof concept was created, which contains three parts with different substrate heights. An assortment design and irrigation plan have been prepared for all parts, which is intended for the use of rainwater and wastewater from the building.

Keywords: rainwater, wastewater, green roof, blue-green infrastructure

Obsah

1	Úvod	8
2	Cíl práce	9
3	Literární rešerše	10
3.1	Vymezení pojmu odpadní vody	10
3.1.1	Srážková (dešťová)	11
3.1.2	Splašková	11
3.1.3	Průmyslová	11
3.1.4	Balastní	12
3.2	Nakládání s odpadními vodami v soukromém a veřejném prostoru	12
3.2.1	Stokový systém	12
3.2.2	Čistírna odpadních vod	13
3.2.3	Kořenová čistírna odpadních vod	14
3.3	Dlouhodobý vývoj z hlediska klimatických změn	15
3.4	Principy a opatření pro využití odpadních a dešťových vod ve městě ..	17
3.4.1	Zelené střechy	18
3.4.2	Vertikální zeleň	19
3.4.3	Dešťová zahrada	19
3.4.4	Vsakování	19
3.4.5	Umělé mokřady	20
3.4.6	Bioswale	20
3.5	Právní rámec hospodaření s dešťovou vodou	22
3.6	Modelové příklady v ČR a zahraničí	22
3.6.1	Příklady z ČR	23
3.6.2	Příklady ze zahraničí	26
3.6.3	Porovnání, vyhodnocení	29
4	Zhodnocení podkladových údajů	30
5	Vlastní projekt	31
5.1	Koncept	31
5.2	Popis projektu	32
5.3	Sortiment	33
5.4	Závlaha	35
5.5	Vizualizace	36
6	Diskuze	38

7	Závěr.....	39
	Literatura	40
	Seznam použitých zkratk a symbolů	45
	Seznam obrázků	46
	Seznam příloh	47

1 Úvod

S měnícím se klimatem, často diskutovaném skleníkovém efektu a městských tepelných ostrovech se začíná řešit, jak těmto problémům čelit. Výstavbu nových budov a rozrůstání měst lze jen těžko zpomalit, tudíž je snaha o to najít způsob, jak udělat prostředí ve městech přívětivější pomocí zeleně.

Rozdíl mezi členitou přírodní krajinou a urbanizovaným prostředím snad není třeba popisovat. Příroda díky svým přirozeným procesům, jako je například vypařování, je schopna udržovat si klimatické podmínky s menšími výkyvy, než je tomu ve městech. S inspirací přírodních procesů vznikají systémy jako tzv. modrozelená infrastruktura, které se snaží do města dostat pásy zeleně, které budou plnit svou funkci i na omezeném prostoru a zajistí tím městu větší tepelnou a vodní stabilitu, nemluvě o čištění vzduchu, lapání prachových částic či zmírnění hluku.

Principy modrozelené infrastruktury, využívající především dešťovou vodu, mohou být velmi estetickými prvky nejen u moderní architektury, ale jsou schopny vyzdvihnout i architekturu historickou. Jelikož ve městech je často velký problém s nedostatkem místa, jedním ze snadných řešení je umístění prvků modrozelené infrastruktury na stěny nebo střechy budov. Dá se tím poměrně snadno oživit i stávající výstavba a není nutno provádět tak velké změny, které jsou například nutné při budování pásů zeleně podél silnic a chodníků.

Práce se tedy zabývá otázkou využití odpadních a dešťových vod ve městě. Ohlíží se do historie, ze které vychází současný systém řešení, a současně i do stávajících řešení a způsobů, jak tuto problematiku řešit jinak. Zasazuje témata do kontextu změny klimatu v posledních desetiletích i do právního rámce České republiky. V praktické části se práce věnuje vytvoření návrhu zelené střechy, jako jednoho způsobu řešení problematiky vody ve městě.

Práce je psaná s myšlenou vyslovenou spisovatelem Antoine de Saint-Exupéry: „Zemi nedědíme po předcích, nýbrž si ji jen vypůjčujeme od našich dětí.“

2 Cíl práce

Cílem práce je v literární rešerši shrnout dosavadní poznatky v oblasti nakládání a hospodaření s odpadními a dešťovými vodami, popsat současný stav s možnostmi jejich odvádění a uvést principy jejich možného využití, zejména v oblasti měst. Celkově dosadit tuto problematiku do kontextu měnícího se klimatu a právního rámce a uvést příklady dobré praxe z České republiky i zahraničí. Na základě zjištěných údajů vytvořit v rámci praktické části vlastní návrh jednoho z principů opatření, a to zelené střechy, včetně specifikace technického řešení materiálů a navržení kompletního sortimentu pro tři výškové úrovně střechy.

Praktická část má za cíl přinést návrh řešení zelené střechy s ohledem na využití odpadních a dešťových vod. Jedná se o zelenou střechu na plánované nové budově České zemědělské univerzity v Praze, Fakulty životního prostředí.

3 Literární rešerše

Otázka, jak nakládat a správně hospodařit s odpadními a dešťovými vodami, není snadno zodpověditelná. Provází lidstvo mnoho let a vymyšlených a zrealizovaných řešení již bylo také mnoho. Od některých způsobů se již dávno upustilo, jiné se osvědčily a nadále se vylepšují a optimalizují. S vývojem a optimalizací se však mění i podmínky. S nárůstem měst, jejich zpevněných ploch a hustotou osídlení, je třeba současné systémy neustále upravovat, zvětšovat a vymýšlet řešení, která se nebudou zabývat pouze odvodem odpadní vody, ale také odvodem či využitím vody dešťové, zejména při silných srážkách. Současné systémy totiž nejsou přizpůsobeny a určeny pro takové podmínky a nárazové množství vody.

Již před 51 lety krajinářský architekt Ian McHard publikoval knihu *Design with Nature*, 1969, v češtině „Plánování s přírodou“, kde uvedl základní principy moderního ekologicky zaměřeného odvodňování měst. Jeho přístup spočíval v zachování nebo napodobení původní hydrologie a ekologie území určeného k zástavbě (Vítek 2015).

Od té doby se s touto otázkou potýká většina velkých měst, a proto vznikají projekty jako například projekt švýcarsko-české spolupráce „Počítáme s vodou“, který se snaží řešit tuto problematiku a pomocí výzkumů a studií přijít na optimální řešení. K této problematice se staví i Evropský parlament a Rada Evropské unie, které pomocí směrnic definují současnou politiku pro životní prostředí. Ta má zachovávat, chránit a zvýšit kvalitu životního prostředí a jednat na základě předběžné opatrnosti a využívání přírodních principů.

Jak nakládat s odpadní a dešťovou vodou především závisí na jejím druhu, složení a míře znečištění. U velmi znečištěných vod je nutná jejich okamžitá úprava a přečištění, ale méně znečištěné vody je po snazší úpravě možné nadále využít, recyklovat a snížit tím množství odváděných vod. Je zde větší prostor pro různá využití, ať už pro soukromé nebo veřejné prostory. Řada měst aplikuje komplexní systémy opatření využívajících tyto vody a napomáhají tím zlepšovat místní klima a snižovat ekologické dopady (Vítek et al. 2015).

3.1 Vymezení pojmu odpadní vody

Odpadní voda je relativní pojem, na který lze nahlížet z více úhlů pohledu. Z hlediska ochrany životního prostředí se za znečištěnou vodu považuje taková voda, která pochází z přírodního zdroje, byla využita, její vlastnosti byly pozměněny a byla zpět navrácena do přírodního koloběhu vody. Z technického pohledu se za znečištěnou vodu považuje voda, u které došlo ke změně fyzikálních, chemických a biologických vlastností, které omezují nebo znemožňují její další použití (Švehla et al. 2004). Obecně lze říct, že odpadní voda je taková, jejíž kvalita byla zhoršena lidskou činností (Drabinová & Kunssberger 2015) a již nevyhovuje hygienickým normám, kvůli svým pozměněným vlastnostem po zásahu člověka. Takové vody jsou povětšinou odváděny kanalizací a zpracovány v čistírnách odpadních vod (dále jen ČOV), kde dochází ke zlepšení jejich vlastností neboli přečištění, a následně jsou odváděny do vodního toku nebo nádrží, které se označují za recipient (Švehla et al. 2004).

Mezi odpadní vody se často řadí i vody dešťové, přestože jejich původ není zapříčiněn lidskou činností. Jedná se o vody zcela jiného původu a vlastností, ale přesto je s nimi

nakládáno podobně či stejně jako s vodami odpadními (Drabinová & Kunssberger 2015; Švehla et al. 2004).

3.1.1 Srážková (dešťová)

Srážková voda pocházející z atmosférických srážek, která se na zem dostává formou dešťů, je často označovaná pojmem dešťová voda. Dle zákona č 254/2001 Sb. o vodách by se srážková (dešťová) voda, která se dotkla povrchu, měla označovat jako voda povrchová a po vsáknutí do zemského povrchu jako voda podzemní. Nicméně pro zjednodušení bude v této práci využíván pojem dešťová voda. Dešťová voda je obvykle poměrně čistá, ale než dojde k jejímu zachycení, často dojde ke kontaminaci různými nečistotami při průchodu atmosférou a průtoku po různých plochách a površích, a to zejména ve městech. Míru znečištění je možné stanovit podle několika kritérií, jako jsou například intenzita srážek, průběh předchozích dešťů nebo charakteristika sběrné oblasti, čímž se rozumí podíl propustných a nepropustných povrchů, typ povrchů, rozloha a spád (Švehla et al. 2004).

3.1.2 Splašková

Splaškovými vodami se rozumí odpadní vody z domácností, hygienických zařízení, škol, ubytování nebo restaurací. Obsahují organické i anorganické látky, řadu mikroorganismů, živé i neživé organismy. Jsou velice rizikové kvůli jejich infekčnosti, neboť se předpokládá, že 80 % organických látek v této vodě pochází z moče a fekálií (Švehla et al. 2004). Průměrné množství splaškových vod uvádí evropské normy, i česká norma ČSN 756101 (2012), jako 150 l/os/den. Podle statistiky vodárenských společností je reálné množství odpadní vody v ČR trochu nižší, ve městech se pohybuje lehce pod 100 l/os/den, na vesnici kolem 100 l/os/den (Šálek 2012; Asio, spol. s.r.o. & VUT Brno 2012).

Splaškové vody jsou hygienicky závadné a obvykle i sensoricky rozpoznatelné, především vzhledově a pachem. Jejich barva je šedavá až hnědá s vysokým podílem nerozpuštěných i rozpuštěných látek. Jsou tedy silně zákalné a jejich teplota je výrazně vyšší než teplota povrchových vod, často i než teplota vzduchu (Švehla et al. 2004). Dle jejich původu se dají rozdělit na vody černé a šedé. Černé vody pochází z toalet a obsahují moč a fekálie a šedé vody pochází z kuchyní a myček, praček, umývadel, van a sprch. Černé vody nelze nijak znovu využít a je nutné jejich přímé odvedení kanalizací. Šedé vody je možné díky jejich menší míře znečištění opětovně využít, je však nutná jejich úprava a změna na tzv. bílou vodu (Plotěný 2013).

3.1.3 Průmyslová

Průmyslové vody je označení pro odpadní vody vznikající v průmyslu a obvykle i odpadní vody produkované v zemědělství. Množství i znečištění závisí především na činnosti průmyslového či zemědělského odvětví. Tyto vody lze rozdělit na vody s dobře a hůře rozložitelným biologickým znečištěním. Vody s dobře biologicky rozložitelným znečištěním, především organickým, většinou pocházejí z potravinářského průmyslu a obvykle se čistí podle

stejných principů jako splaškové odpadní vody, a proto čištění těchto vod může probíhat společně. Vody s hůře biologicky rozložitelným znečištěním, převážně anorganickým, pochází z většiny ostatních průmyslových odvětví. Svým složením i znečištěním se mohou velice lišit, proto i jejich čištění může probíhat mnoha způsoby. Některé vyžadují speciální oddělené čištění, jiným stačí předčištění a některé jsou znečištěny tak nepatrně, že mohou být vypouštěny přímo do recipientu (Švehla et al. 2004).

3.1.4 Balastní

Balastními odpadními vodami se rozumí všechny vody, které se dostaly do splaškové kanalizace díky netěsnosti potrubí. Jsou tedy směsicí dešťových a podzemních vod, které jsou společně se splaškovými vodami přivedeny na čistírnu odpadních vod (Drabinová & Kunssberger 2015). Některé publikace označují tyto vody jako městské. Pokud se ve městě nenachází žádný průmysl, který by způsobil znečištění dešťových vod ze zpevněných ploch v okolí, jedná se o relativně čisté vody (Švehla et al. 2004).

3.2 Nakládání s odpadními vodami v soukromém a veřejném prostoru

Historie nakládání s odpadními vodami provází lidstvo už po mnoho set, možná tisíce let. Už ve starověkém Řecku a Římě byla města vybavena poměrně dokonalou sítí stok, která sloužila k odvedení odpadní vody do nejbližšího toku a z antiky pochází i první pokusy o čištění odpadních vod. Ve středověku jako by se vývoj a smýšlení zastavilo a odpadní vody protékaly po povrchu ulic, takže docházelo k častým epidemiím. V Praze se první náznaky odváděcích stok objevily na začátku 14. století, ale až v 18. století byl schválen plán výstavby kanálů a vybudování veřejné kanalizace. Zhruba ve stejný čas se kanalizace budovala i v dalších velkých městech Evropy (Pražské vodovody a kanalizace, a.s. 2010). Nyní je kanalizace naprosto běžnou součástí měst, bez které si lze život ve městě jen těžko představit. Existuje mnoho způsobů, jak s odpadními a dešťovými vodami nakládat, jak je z města odvádět, nebo jak vodu ve městě udržet.

3.2.1 Stokový systém

Stokový systém slouží k odvádění odpadních vod a je složen z potrubí, kanálů, tunelů a dalších objektů. Pokud to terén umožňuje, používá se gravitační systém, což znamená že čistírna odpadních vod je umístěna v nejnižším bodě daného území a v potrubí odpadní voda teče jen díky gravitaci. Pokud v daném místě není možný gravitační průtok, zavádí se kanalizace s tlakovými či vakuovými systémy a odpadní vody jsou přečerpávány do místa umístění čistírny.

Celkově se rozlišují tři druhy stok. Stoky odvádějící čistě splaškovou odpadní vodu, kde nedochází k infiltraci žádné jiné vody, tvoří splaškovou kanalizaci. Systémy odvádějící dešťovou vodu, kde nedochází k promísení se splaškovou vodou, tvoří dešťovou kanalizaci. Použití současně těchto dvou samostatných kanalizací se nazývá oddílná kanalizace. Stoky, kde dochází ke společnému odtoku splaškové a srážkové vody, se nazývají jednotná kanalizace.

U jednotné kanalizace je vytvořena společná síť, do které proudí odpadní vody včetně průmyslových odpadních vod rovnou nebo po předčištění. Smyslem tohoto systému je co nejrychlejší odvedení odpadní vody k ČOV. Musí se počítat s tím, že do tohoto systému ústí i dešťové vody, tudíž je nutné zajistit hladký průtok i při vydatných deštích, což může být až stonásobek oproti průtoku v suchém období.

Pro případ vydatných dešťů je v tomto systému nutné vybudovat prvky umožňující snížení průtoku vody, aby nedocházelo k hydraulickému přetížení čistírny, která není primárně určená pro tak velký objem vody. Tyto prvky se nazývají odlehčovací dešťové přelivy, které při překročení určitého průtoku zajistí únik dešťových vod. Nedostatkem tohoto opatření je, že dojde k odtoku dešťové vody do recipientu či do dešťových zádrží spolu se splaškovými, popřípadě průmyslovými vodami. V dešťové zádrži je voda uskladněna po dobu vydatných dešťů a pak postupně zpátky vpouštěna do kanalizační sítě v takovém množství, aby nebyl překročen maximální přítok do ČOV a nedošlo k jejímu nárazovému přetížení. Mezi kanalizace a recipienty se začaly navíc osazovat retenční nádrže, které snižují počet přepadů do recipientu, avšak jejich nevýhodou jsou vysoké náklady pro zřízení a provoz. V městském prostředí se navíc musí uvážit nedostatek místa a vysoká cena pozemků.

V opačném případě, v dobách sucha, je průtok sítí slabý a dochází k sedimentaci pevných částic. Při vydatných deštích se ze sedimentu opět stane suspenze, která v lepším případě skončí v ČOV, v horším případě se dešťovým přelivem dostane přímo do recipientu nebo do dešťových zádrží.

Problémy s nízkým či příliš vysokým průtokem v jednotné kanalizaci kvůli dešťové vodě se dají vyřešit vybudováním oddílné kanalizace. Zde jsou zvláště odváděny splaškové a případně i průmyslové vody přímo do ČOV, aniž by byly míseny s dešťovou vodou a docházelo ke kolísání průtoku. Dešťové vody jsou vedeny druhou sítí zvláště a jsou rovnou přiváděny do recipientu, protože se považují pouze za slabě znečištěné. K problému u tohoto systému však dochází v případě, že jsou dešťové vody odváděny z ploch průmyslových závodů, kde dochází k silnějšímu znečištění a možnosti příměsi chemických látek. To následně komplikuje možnost odvádět tuto vodu přímo do recipientu.

Pro řízení provozu veřejné kanalizace je daný souhrn podmínek, který se nazývá kanalizační řád. Určuje limity znečištění a objem vod vypouštěných do veřejné kanalizace, stejně jako seznam látek, které se do veřejné kanalizace vůbec nesmí dostat. Pro velké producenty odpadních vod jsou stanoveny zvláštní limity, aby nedocházelo k nepříznivému ovlivnění jakosti odpadních vod. Limity se mohou lišit podle města, vybavenosti čistírny i charakteru recipientu (Švehla et al. 2004; Macek et al. 2004; Drabinová & Kunssberger 2015).

3.2.2 Čistírna odpadních vod

Čistírny odpadních vod se nachází na konci kanalizací, ať už z velkých či malých měst, případně vesnic, a přečištěnou vodu vypouští do recipientu, tedy vodních toků nebo řek. Technologie čištění je odvozena z přírodních procesů samočištění v přírodních vodách, kdy za pomoci optimalizace podmínek dochází k urychlení a zvýšení účinnosti procesu.

Procesy čištění jsou rozděleny na technologickou linku, kterou voda musí projít, aby mohlo dojít k jejímu vypuštění do recipientu. U velkých a středních čistíren je proces složitější než u malých. Velké ČOV jsou ty, které zpracovávají množství odpadní vody pro více než 20 tisíc ekvivalentních obyvatel (dále jen EO). Střední ČOV zpracovávají odpadní vody pro 5 až 20 tisíc EO.

Technologická linka je rozdělena na několik částí. První fází se říká předčištění, které probíhá v tzv. ochranné části čistírny. Zde se voda zbavuje hrubých nerozpuštěných látek a předmětů. Tento proces se skládá z lapáku štěrku, česle a lapáku písku. Ve výjimečných případech se dá připojit ještě lapák tuku. Předčištění je součástí kanalizace a jedná se o jímky pro zachycení předmětů. Další fází je mechanické čištění. Zde je zásadní sedimentace v usazovacích nádržích, ve kterých zůstává většina usaditelných látek. Sedimentaci z této nádrže se říká primární kal. Následně dochází k biologickému aerobnímu čištění. To se skládá z vlastní biologické jednotky, tzv. aktivní nádrže, a ze separační dosazovací nádrže. Tomuto procesu se též říká sekundární čištění. Při tomto procesu se odstraňují především biologicky rozložitelné organické látky a dochází zde k recirkulaci mezi jednotlivými nádržemi. Přebytková biomasa neboli sekundární kal se odvádí a zahušťuje v zahušťovací nádrži. Primární i sekundární kal se zpracovává v kalovém hospodářství, kde se nachází nádrže zahušťovací, nádrže metanizační, mechanické odvodňování kalu a plynojem. Terciální neboli poslední část, do které vstupuje už samotná odpadní voda bez kalu, se provádí za účelem snížení zbylého chemického a mikrobiologického znečištění. Zde odpadní voda prochází procesy jako je chlorace, biologické dočišťování, filtrace, adsorpce na aktivním uhlí a srážení.

Malé ČOV, tedy čistírny s kapacitou maximálně 5 tisíc EO, mají mnoho specifík. Jejich systém čištění se liší od zpracování odpadních vod u velkých a středních čistíren a na první pohled se může zdát jednodušší. S vědomím toho, že malé ČOV ovlivňují kvalitu vody toků, které protékají značnou částí území našeho státu, je velmi důležité, aby docházelo k dostatečnému přečištění. V mnoha případech se totiž jedná o toky s malým průtokem či o toky skrz rekreační oblasti. Celkově se malé ČOV vyznačují velkou nerovnoměrností přítoku, zejména kvůli jednotné kanalizaci a také z důvodu, že obvykle nemají stálou kvalifikovanou obsluhu (Švehla et al. 2004; Jásek & Almerová 2012).

3.2.3 Kořenová čistírna odpadních vod

Kořenová čistírna odpadních vod (KČOV) je jedno z možných řešení pro malé obce či jednotlivce vedle klasické ČOV. Způsob čištění zde spočívá na mechanických, fyzikálních, fyzikálně-chemických a biologických procesech, které probíhají v porézním půdním prostředí a ve vodě za účasti mokřadních rostlin. KČOV se skládá z jímek se štěrkovou a pískovou náplní, která je osázená vhodnými rostlinami. Běžně se čistírna rozděluje na dvě jímky, jednu s horizontálním prouděním a rostlinami a druhou s pískovým vertikálním prouděním. Jímky jsou zapuštěné do země a nemají vrchní poklop, proto si je lze představit jako pískové nebo štěrkové pole s rostlinami.

Před samotnou kořenovou čistírnou se nachází septik, kde dochází k zachycení mechanických nečistot. Mechanicky vyčištěná voda je přivedena do první jímky a je rozdělena

po celé šířce čistírny (Švehla et al. 2004). Voda se v jímkách nachází pod povrchem, a je čištěna rostlinami za pomoci aerobních a anaerobních organismů na jejich kořenech. Mezi nejčastěji používané rostliny lze zařadit rákos obecný (*Phragmites australis*), chrastice rákosovitá (*Phalaris arundinacea*), zblochan vodní (*Glyceria maxima*) či blatouch bahenní (*Caltha palustris*). Po průtoku první jímky je voda přepuštěna do druhé jímky, která je většinou bez rostlin a protéká vertikálním pískovým filtrem. Za druhou jímku je umístěno dočišťovací jezírko, kde je voda dočištěna vodními rostlinami a následně je vypuštěna do vsaku v půdě (Ošlejšková 2020).

Mezi hlavní výhody KČOV patří minimální spotřeba elektrické energie a nízké provozní náklady, schopnost čistit i velmi ředěné odpadní vody a tím i možnost nárazového zatížení. Na druhou stranu jsou zde prostorové nároky, neboť na jednoho EO je třeba přibližně 5 m², a nároky na umístění vůči domu, aby voda tekla do čističky samospádem (Vymazal 2004). Tento typ čistírny je vhodný pro jednotlivé domácnosti či obce s kapacitou do 500 EO (Švehla et al. 2004).

3.3 Dlouhodobý vývoj z hlediska klimatických změn

Na planetě Zemi existuje mnoho principů a zákonitostí, které umožňují podmínky pro život. Kromě celého uspořádání zemských sfér, umístění planety ve sluneční soustavě a Slunce jako takového, velkou zásluhu na vytvoření prostředí umožňující život má často zmiňovaný a diskutovaný skleníkový efekt. Ten už v roce 1827 objevil Jean-Baptiste Joseph Fourier a popsal ho výrokem: „Zemská atmosféra zůstává teplá, protože atmosféra udržuje teplo jako pod skleněnou okenní tabulí.“ (Trnka et al. 2016a, str. 2). V roce 1890 tento výrok podpořil švédský chemik Svante Arrhenius teorií, že by se přidáním oxidu uhličitého do zemské atmosféry mohlo změnit klima (Trnka et al. 2016a, str. 3). Země přijímá energii ze Slunce a sama do vesmíru energii vyzařuje. Tato bilance energických toků musí být vyrovnaná, neboť by se při kladné bilanci planeta zahřívala a při záporné bilanci ochlazovala. Průměrná teplota naší planety je díky plynům schopným pohlcovat radiaci v atmosféře, vyzařovanou zemským povrchem, pod 15 °C. Pokud by tyto plyny neměly schopnost radiaci zachycovat, průměrná teplota by byla o poznání nižší, a to asi -18 °C. Tomuto jevu se říká skleníkový efekt. Základ problematiky skleníkového efektu ovšem nastává v momentě narušení radiční bilance systému Země a vesmíru, způsobené zvýšenou koncentrací skleníkových plynů. Mezi nejdůležitější, tzv. skleníkové či radiačně aktivní plyny, patří vodní pára. Ta je součástí koloběhu vody a do atmosféry se dostává vypařováním ze zemského povrchu. Množství vodní páry v atmosféře lidská činnost příliš neovlivňuje, navíc na základě existujících negativních zpětných vazeb vodní pára nemůže samovolně zvýšit nárůst teploty na Zemi. Mezi plyny, jejichž množství v atmosféře je ovlivněno člověkem a mají přímý vliv na zvýšení skleníkového efektu, patří oxid uhličitý (CO₂). Jedná se o přirozeně se vyskytující plyn, který vzniká při oxidaci/spalování každého materiálu organického původu, včetně fosilních paliv. Tímto způsobem se do atmosféry uvolňují zásoby uhlíku ukládané do litosféry po miliony let. Vedle spalování fosilních paliv má svou významnou roli i odlesňování, kdy se uhlík vázaný v lesní

biomase dostává ve formě CO₂ do atmosféry. Přirozeným způsobem, jak navázat uhlík, je fotosyntéza rostlin, která odstraňuje oxid uhličitý z atmosféry a ukládá ho zpět do vegetace.

Dalšími plyny jsou freony (chlorofluorokarbyny). Jedná se o uměle vyráběné plyny od poloviny 20. století, jejichž množství v atmosféře je sice stopové, ale díky své vysoké schopnosti pohlcovat radiaci patří mezi velmi silné skleníkové plyny. Nejvýznamnější jsou především čtyři druhy fluorovaných plynů, které byly vyvinuty speciálně pro použití v průmyslu. Existují však i freony, které se na destrukci ozónové vrstvy nepodílí.

Methan (CH₄) a oxid dusný (N₂O) patří mezi plyny, jejichž koncentrace významně vzrostla od počátku průmyslové revoluce a jsou několika násobně účinnější než CO₂ (methan 21x, oxid dusný 310x). Methan vzniká uvolňováním při anaerobním pěstování rýže, úniku zemního plynu při těžbě ropy a uhlí, či při trávení přežvýkavců. Dochází i k jeho samovolnému uvolňování z oceánu při zvýšení teploty vody. Oxid dusný vzniká podobně jako oxid uhličitý při spalování fosilních paliv nebo při automobilové dopravě a procesech denitrifikace ze zemědělských hnojiv (Trnka et al. 2016a).

Celkově lze tedy shrnout, že největší podíl na tvorbě skleníkových plynů má energetika a doprava. Od roku 1950 došlo k zahřátí atmosféry a oceánů, zmenšení množství sněhu a ledu, zvýšení hladiny moře a koncentrace skleníkových plynů. Byly vypracovány scénáře nazvané Special Report on Emissions Scenarios (SRES), které znázorňují předpokládaný průběh zvyšování teploty v období let 2016-2035 v porovnání s obdobím let 1986-2005 o 0,3-0,7 °C a do konce 21. století téměř jistě překročí 1,4 °C (Trnka et al. 2016b).

Klimatickým změnám nejvíce podléhají dvě klimatologické charakteristiky, a to teplota a srážky. Jedná se o základní indikátory klimatické změny, neboť je o nich nejvíce informací (Český hydrometeorologický ústav 2020c).

Vodní režim je, stejně jako teplota, probíhajícími změnami zřetelně ovlivněn a působí jak na kvalitu a kvantitu vody, tak na stav vodních zdrojů či dostupnost vody. Během druhé poloviny 20. století se zvýšil podíl silných a extrémních srážek a četnost výskytu silných srážek vzrostla o 2 až 4 %. Ani snížení, ani zvýšení průtoku v řekách s sebou nenesou přínosy pro okolní prostředí. Nárůst průtoků vede ke zvýšenému riziku záplav a povodní, naopak snížení průtoku vede k obdobím sucha. Celkově v následku změn průtoku, spolu se změnou teploty, může dojít ke snížení kvality povrchových vod. V důsledku vyšších zimních teplot bude docházet k úbytku zásob vody ze sněhu kvůli zvýšenému výparu a riziku jarních povodní. Výhodnou pozici mají průtoky s akumulačními prostory ve formě zásob podzemních vod nebo přehradních nádrží. Intenzivní srážkové úhrny v letních měsících představují budoucí riziko přívalových povodní, přestože roční úhrn srážek zůstává relativně neměnný (Český hydrometeorologický ústav 2020a).

Dlouhodobý vývoj srážek lze od 30. let minulého století hodnotit jako trend velmi mírného poklesu. Předpokládá se, že nedejde k přímému nárůstu úhrnů srážek, spíše lze očekávat nižší úroveň srážek, a to především v období zimních a jarních měsíců. Pro období druhé poloviny jara a léta, spolu se zvýšeným výparem, lze očekávat nárůst půdního vláhového deficitu (Český hydrometeorologický ústav 2020c).

Pro urbanizovanou krajinu s sebou změna klimatu ponese též následky. Projeví se zejména v zastavěných oblastech na vnitřním mikroklimatu měst tzv. „tepelným ostrovem“. Zvýšená teplota způsobí vysychání povrchových a podpovrchových vod a tím se podpoří nedostatečná schopnost přeschlých půd pojmout velké objemy jednorázových srážek a bude docházet k rychlejšímu odtoku z území a případně i k narušení dopravní infrastruktury (Český hydrometeorologický ústav 2020b).

3.4 Principy a opatření pro využití odpadních a dešťových vod ve městě

Koncept opětovného využití odpadních a dešťových vod se stává čím dál více aktuálním tématem. Na urbanizovaných územích se nachází velké množství nepropustných ploch, jako jsou komunikace, střechy budov či parkoviště, a až 80 % dešťové vody v urbanizovaném prostředí dopadne na zpevněnou plochu a je nutné zajistit její odtok (Markovič et al. 2014). Oproti území s nezastavěnou plochou je zde následkem významná změna jednotlivých složek lokálního koloběhu vody. Snižuje se úroveň výparu (evapotranspirace) a nedochází k přirozenému vsaku do půdního prostředí. Zároveň dochází k výraznému zvýšení objemu povrchového odtoku. Tyto změny mají dopady na jednotlivé složky životního prostředí jako podzemní vodu, jejíž hladina se kvůli nedostatečnému půdnímu vsaku snižuje a tím může být ohroženo zásobování pitnou vodou. Další složkou je mikroklima v urbanizované oblasti, kde dochází k narušení energetického režimu, které se projevuje zvýšením teplot, a dochází tak ke vzniku tepelných ostrovů. Společně se zvýšenou teplotou přichází snížení vlhkosti vzduchu, zvýšená prašnost a v neposlední řadě se změny dotýkají povrchových vod. Mění se hydrologický režim vodních toků, kdy v období sucha chybí doplňující podzemní voda a za deště díky zvýšenému kulminačnímu průtoku může docházet k častějším povodním. Časté zvýšené průtoky působí tzv. hydraulický stres, kdy dochází k erozi vodního dna a břehů vodního toku, a s tím k odplavení organismů žijících ve vodním prostředí. Na základě těchto faktů je zájem o udržování vody ve městech, zamezení zhoršování podmínek pro život a eliminace ekologického dopadu na planetu. Principů a opatření je mnoho a zejména využívají odpadní a dešťové vody (Asociace pro vodu, z.s. 2019).

Důvodem pro recyklaci šedých vod je jejich malá míra znečištění, snadná a levná úprava a nemalou výhodou je i využití jejich teploty. Důležité je technické řešení oddělení šedých vod od vod odpadních, černých. Pro opětovné využití vyčištěných šedých vod je časté kombinování s vodou dešťovou. Po zavedení systému pro opětovné využití šedých a dešťových vod jsou udělovány i certifikace jako např. Leadership in Energy and Environmental Design (LEED) nebo Building Research Establishment Assessment Method (BREAM), které motivují projektanty k vytvoření úsporného řešení hospodaření s vodou.

Od původu šedých vod se odvíjí i jejich čištění. Nejméně znečištěné jsou vody z umyvadel, van a sprch. Na rozdíl od toho vody z kuchyní jsou více zatížené kvůli zbytkům organického materiálu. V České republice zatím neexistuje předpis pro využití šedých vod, ale prozatím se lze řídit zahraničními předpisy, například britskou normou BS 8525-1, která určuje technické požadavky a ukazatele provozní (bílé) vody, týkající se zdravotních rizik. Technologie

čištění lze rozdělit na fyzikální, fyzikálně chemické a biologické. Dříve bylo běžné používat přírodní způsoby, jako usazování a filtrace na půdním filtru. Dnes se od těchto způsobů upouští a pro objekty je standardem biologické čištění, separace nerozpuštěných látek a jejich hygienické zabezpečení (Asio, spol. s.r.o. & VUT Brno 2012).

Stejné využití jako má šedá voda, má i voda dešťová. U té dokonce nemusí docházet k tak důkladnému čištění, obzvláště pokud se jedná o dešťovou vodu zachycenou ze střech nebo z ploch, kde nedošlo k výraznému znečištění. Její využití je zejména ve městech jako zdroj zálivky, chlazení městských povrchů nebo jejich čištění, nicméně i v budovách je možné její využití jako zdroj užitkové vody pro splachování toalet, úklid či například sprchování (Vítek et al. 2015). Hospodaření s dešťovou vodou (HDV) je možné rozdělit na decentrální a centrální. Decentrální objekty a zařízení jsou umístěné na pozemku odvodňované stavby. Centrální objekty a zařízení jsou umístěny na konci řetězce odvodnění, tzn. jsou zařazeny za decentrální opatření. Pokud se použije jen centrální opatření, nedá se přímo hovořit o HDV. Decentrální způsob opatření se děje pomocí jednoduchých objektů na pozemku každé nemovitosti. Centrální opatření jsou budována složitou cestou investiční výstavby za pomoci dotací s výběrovým řízením, výkupem pozemků a velkými provozními náklady. Tímto způsobem lze definovat řešení v soukromém a veřejném prostoru. Decentrální způsob se běžně nachází na soukromém pozemku a zabývá se pouze vlastní dešťovou vodou či šedou vodou a centrálním způsobem by se dalo nazvat řešení ve veřejném prostoru. Tomuto tématu je v současné době poměrně věnovaná pozornost, proto existují i vyhlášky jako například vyhláška č. 501/2006 Sb., o obecných požadavcích na využívání území (Ministerstvo pro místní rozvoj 2006). Ta uvádí, že pokud se neplánuje jiné využití srážkových vod ze zastavěných nebo zpevněných ploch, musí být řešeno jejich vsakování. Povinnost se však nevztahuje na komunikace, zoologické zahrady, pohřebiště či nemovitosti určené k trvalému bydlení a domácnosti. Motivací pro vlastníky a stavebníky rodinných a bytových domů je dotační podpora od Ministerstva životního prostředí a Státního fondu životního prostředí České republiky prostřednictvím Národního programu Životního prostředí, v rámci výzev Dešťovka. Dotace však zatím nejsou určeny pro fyzické osoby, ale například pro obce, kraje, městské části, vysoké školy a školská zařízení.

3.4.1 Zelené střechy

Zelené střechy jsou pojem označující plochou či mírně sešikmenou střechu s vrstvou substrátu a vegetací. Nachází se nejčastěji ve městech, na střechách velkých budov a jsou složeny ze souvrství materiálů, které svými vlastnostmi umožňuje umístění zeminy a růst vegetace. Slouží nejen jako estetický prvek, ale především jako prvek ekologický, neboť jsou schopny zadržovat vodu, a především svými vlastnostmi dokáží vyrovnávat teplotní výkyvy. Míra retence je závislá na výšce a složení substrátu, který je na střeše použit, dále na množství a druhu vegetace. Po zadržení vody zde dochází k výparu, který má vliv na ochlazování v horkých dnech. Dle zahraničních studií dochází díky zeleným střechám k menšímu nárůstu teploty uvnitř budov, a to v závislosti na umístění až o 1,5-5,1 °C (Liao et al. 2017). Ve srovnání s běžnou černou či taškovou střechou může být v létě zelená střecha až o 40 °C chladnější.

V severských zemích se zelené střechy aplikují pro udržení teploty a menšímu unikání tepla při velkých mrazech (Yu Konyuhov 2019).

U zelených střech je třeba dbát na kvalitu substrátu a jeho funkčnost, neboť může docházet k hromadění těžkých kovů z dešťů či potřebu neutralizace kyselých dešťů. Zelené střechy mají výhody například ve zpomalení odtoku dešťových vod či vytvoření prostoru pro hmyz. Přestože odrážejí více slunečního záření než běžné střechy, z vlhkosti v rostlinách a půdě získávají velkou část své chladící energie, která je ve městech přes léto velmi vítaná (Hoag 2015).

3.4.2 Vertikální zeleň

Dalším možným způsobem, jak umístit rostliny přímo na budovu, je vertikální zeleň. Ta je vytvořena pomocí různých systémů, které umožňují přichycení na stěnu nebo na opěrnou konstrukci těsně před stěnou. Lze ji podle způsobu uchycení rozdělit na zelené fasády a vertikální zelené stěny. Zelené fasády jsou tvořeny popínavými rostlinami, které se šplhají po konstrukci a vertikální zelené stěny jsou vytvořeny ze systémů pro vysazení nižších rostlin po celé ploše. Umožňují tak vytvoření celistvé plochy zeleně po celé výšce budovy. Přínos vertikálních zahrad je zejména ve snižování teploty v létě uvnitř i vně budovy, zlepšení kvality vzduchu a v neposlední řadě jsou i vizuálně zajímavé. Zejména vertikální stěny se dají aplikovat jak na vnější fasádu budov, tak na stěny v interiéru (Burhan & Karac 2013).

3.4.3 Dešťová zahrada

Jedná se o terénní prohlubeň s upraveným substrátem a vysazenými speciálně vybranými rostlinami, do které je svedená voda z okolních ploch. Rostliny uvnitř prohlubně svým kořenovým systémem poskytují filtrační funkci, neboť jsou schopny vázat různé nečistoty a přečišťovat vodu, která se dále vsakuje do půdy, aby nedocházelo k znečišťování podzemních vod. Filtrační schopnost rostlin je velmi důležitá, díky kořenům rostlin je schopnost absorbovat nečistoty až o 30-40 % vyšší než u běžně porostlých ploch. Často využívanými rostlinami jsou původní druhy, které jsou odolné a přizpůsobené místním podmínkám (Kalníková 2020). U dešťových zahrad pro větší území se může plocha rozdělit na více částí podle stupně zamokření, a to na suchou, vlhkou a přímo zamokřenou část. Zde je systém dešťové zahrady složitější a jednotlivé části se zaplňují podle množství srážek tak, aby byly schopné pojmout co největší objem vody (Liao et al. 2017).

3.4.4 Vsakování

Vsakování neboli retence může mít více podob, ale ve většině případů se jedná o suché či mokré místo, kam je svedena dešťová voda a kde dochází k její retenci do půdy, narozdíl od odvedení kanalizací. Suché vsakování se může nacházet ve městě například na plochách dětských hřišť, které mají upravené propustné podloží. Voda z okolních zpevněných ploch, která je svedena do této oblasti, se rychle vsákne do půdy a po průtoku podloží postupně oteče přepadovou trubicí na dně do retenčních nádrží či přímo do půdy. Mokré vsakování

spočívá na stejném principu pouze s tím rozdílem, že se jedná o nadzemní retenční nádrž, kam jsou svedeny vody z okolních zpevněných ploch, a při větším množství vody, než je schopná retenční nádrž pojmout, je voda vypuštěna přepadem do vsaku v půdě (Liao et al. 2017). Jedná se o poměrně levné a technicky snadné řešení. Jeho nevýhodou je však prostorová náročnost a potřeba vhodného umístění (Markovič et al. 2014).

3.4.5 Umělé mokřady

Umělé mokřady jsou vytvářeny především za účelem úpravy kvality vody způsobem šetrným k životnímu prostředí a s větší mírou kontroly než u přirozených mokřadů. Při přívalových deštích také slouží k pozdržení a udržení vody v krajině díky husté vegetaci, než dojde k jejímu odtoku. Dle Naja a Volesky (2011) existují dva typy umělých mokřadů. První typ sestává ze série rostlinných celků, skrz které voda relativně pomalu a mělce protéká. Druhý typ se skládá ze štěrkového a pískového pole, ve kterém se nachází rostliny a voda zde protéká pod povrchem. První typ je určen pro zpomalení odtoku dešťové vody zejména při vysokých srážkách, zatímco druhý typ lze využít i pro domácí, komunální a průmyslové odpadní vody. V momentě, kdy se voda dostane do mokřadu, dochází k čištění několika mechanismy, kterými jsou příjem rostlin, mikrobiální biodegradace, chemické adsorpce, fyzikálně-chemické adsorpce, mechanické filtrace či sedimentace (Versini et al. 2018).

3.4.6 Bioswale

Bioswale je označení pro příkop s porézním dnem. Vrchní vrstva se skládá ze zeminy s rostlinami, pod ní se nachází vrstva štěrku nebo hliněných cihel balených v geotextílii, aby nedošlo k zacpání kalem či kořeny. Pod druhou vrstvou je umístěna odtoková trubka. Aby se zabránilo přetečení bioswale při přívalových deštích, jsou zde umístěny přepady, které sbírají přebytečnou vodu a odvádí jí přímo do odtokové trubky. Bioswale by měl svým rozměrem odpovídat danému místu, aby se voda vsákla nejdéle do 24 hodin a aby k jeho přetečení nedocházelo častěji než jednou za dva roky.

V zimě, když je vysoká hladina podzemní vody, slouží odtoková trubka jako drenáž. Při výstavbě je také potřeba počítat s vlastnostmi půdy na daném místě. Tento systém je vhodný pro místo s porézním typem půdy. Nejvyšší možná hladina podzemní vody pro vytvoření bioswale je 1,5 až 2 metry pod povrchem.

Bioswale tlumí nárazy dešťové vody, ulevuje kanalizacím, zlepšuje kvalitu povrchové vody a zabraňuje vysychání půdy (Urban green – blue grids 2020a; Purvis et al. 2019).

Koncept pro využití a zadržení především dešťové vody ve městech se nazývá modrozelená infrastruktura neboli blue-green infrastructure. Spočívá v rozdělení ploch města na modré a zelené části, přičemž modré části jsou zastavěné plochy či místa s nepropustným povrchem a zelené části jsou propustné a doplněné o zeleň. Hlavní myšlenou je, aby co nejvíce dešťové vody, co naprší ve městě, ve městě zůstalo a nebylo třeba ji odvádět kanalizací pryč.

Jedná se o komplexní systém založený na ekosystémech opírajících se o přírodní procesy, které jsou do města implementovány jednotlivě nebo v kombinaci pro docílení snížení odtoku dešťové vody kanalizací. Využívá biofyzikální procesy jako zadržování, vsakování a biologické čištění pro regulaci kvantity a kvality dešťové vody.

Ačkoli modrozelená infrastruktura je poměrně nový pojem, myšlenky a principy jsou již používané delší dobu. Součástí tohoto systému není jenom zeleň jako taková, ale ve své podstatě zahrnuje všechny již zmíněné principy a opatření v této kapitole a pracuje s nimi v kontextu celku. Studie ukazují, že modrozelená infrastruktura zmírňuje přívalové deště a tím předchází povodním. V letech 1980-2015 probíhalo mnoho zkoumání, ze kterých vyšlo, že užití modrozelené infrastruktury vede ke zvýšení městské biologické rozmanitosti (Liao et al. 2017).

Vedle starých a ověřených principů pro udržení a využití vody se objevují nové technologie, které by v budoucnu také mohly sloužit k optimalizaci opatření. Mezi jednu z těchto technologií lze zařadit biouhel (biochar). Jde o materiál s vlastnostmi dřevěného uhlí, který vznikl při procesu nazývaném pyrolýza. Pyrolýza je proces, při kterém dojde k zahřátí biomasy téměř bez přístupu vzduchu při teplotách 300-600 °C. Přestože se jedná o „uhel“, od klasického uhlí se značně liší tím, že vznikl při velice odlišných podmínkách, a především za nesrovnatelně kratší dobu. Biouhel se však vyrábí za jiným účelem než klasické uhlí, přidává se do půdy pro zlepšení její kvality. Základní složkou je chemicky stabilní uhlík, který téměř vůbec nepodléhá dalšímu rozkladu či oxidaci. Stejně jako u biomasy dochází u biouhlu k uvolňování živin, zejména fosforu a alkalických látek, ale na rozdíl od původní biomasy má poloviční množství dusíkatých látek. Zájem o biouhel stoupá i na základě nárůstu obsahu CO₂ v atmosféře, neboť uhlík z biouhlu není zpět uvolňován do ovzduší jako při rozkladných procesech a slouží tak jako bezpečné uložení uhlíku v půdě. Díky své porézní struktuře má vliv na lepší provzdušnění půdy a její retenční schopnost. Na svém povrchu též dokáže vázat minerální látky rozpuštěné v půdním roztoku. Povrch biouhlu má negativní náboj a je schopen vázat ionty, zejména Ca²⁺, Mg²⁺, K⁺ a mnoho dalších významných živin, které se díky navázání udrží v půdě a nedojde k jejich vyplavení (Urbánková 2015). Jeho prostor by též mohl být v půdě vedle solených silnic a cest, neboť dokáže zmírňovat solný stres v rostlinách, absorbovat těžké kovy nebo zbavovat půdu herbicidů (Baigorri et al. 2020).

3.5 Právní rámec hospodaření s dešťovou vodou

Hospodaření s dešťovými vodami má i své umístění v legislativě České republiky. Postupem času přibývá norem a zákonů, které konkretizují a zpřísňují využití dešťových vod, aby se minimalizoval jejich odtok kanalizací. Prostřednictvím ministerstev byly vypracovány strategie, které se nachází především v Plánu hlavních povodí České republiky (Vláda České republiky 2007) a v Politice územního rozvoje České republiky (Vláda České republiky 2009). Plán hlavních povodí České republiky byl schválen vládou v květnu roku 2007, usnesením č. 562. Zde jsou stanoveny rámcové cíle jako “snížit množství srážkových vod odváděných kanalizací a zlepšit podmínky pro jejich přímé vsakování do půdního prostředí”, “snížit znečištění vodních toků při přímém vypouštění srážkových vod z městských a průmyslových kanalizací zavedením povinnosti oddělené likvidace srážkových a odpadních vod” či “posílit výzkum vlivu přírodně blízkých opatření na zvyšování retenční kapacity krajiny včetně kvantifikace jejich vlivu na vodní režim”(Vítek et al. 2015, str. 26). Politiku územního rozvoje schválila vláda v červenci roku 2009, usnesením č. 929. Toto usnesení konkretizuje požadavky a rámce ve stavebním zákoně s ohledem na udržitelný rozvoj území a preventivní ochranu před přírodními katastrofami, zejména opatření proti povodním (Vítek et al. 2015).

Typická opatření HDV lze primárně rozdělit na opatření modrozelené infrastruktury (MZI) a na technická opatření. Kombinace opatření musí fungovat jako ucelený koncept. V současné době jsou v ČR legislativní dokumenty, které nařizují povinnost uplatňovat principy HDV, jako zákon č. 254/2001 Sb., o vodách a změně některých zákonů, nebo prováděcí vyhláška stavebního zákona č. 501/2006 Sb. o obecných požadavcích na využívání území. Stavba, která odvádí srážkové vody do kanalizace, dle zákona č. 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích, musí odvádět poplatek za objem vypuštěných srážkových vod. V legislativě se nachází i deficity, které brání naplňování strategických cílů a je zde snaha o jejich odstranění. Mezi změny, které by měly posloužit k odstranění deficitů se na prvních místech nachází odstranění výjimek ze zpoplatnění v zákoně č. 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích, vytvoření legislativního předpisu pro stanovení požadavků na vypouštění vod během srážkového odtoku, zezávaznění vybrané části stávajících vodohospodářských norem v oblasti hospodaření se srážkovými vodami, ukotvení modrozelené infrastruktury v právních předpisech či zavedení povinnosti výstavby vegetačních střech u nových budov. Prozatím se vyhlášky a zákony týkají především právnických osob a nedotýkají se obytných domů, domácností, či různých sociálních zařízení. Nicméně je patrná snaha tyto výjimky odstranit a plošně zavést povinnost nakládání s dešťovými vodami (Asociace pro vodu, z.s. 2019).

3.6 Modelové příklady v ČR a zahraničí

Modelových příkladů hospodaření s odpadními a dešťovými vodami jak v České republice, tak v zahraničí narůstá. Dle selektivních výzkumů zkoumajících dešťové zahrady, umělé mokřady a zelené střechy vyšlo, že v souvislosti se vsakem a zpožděním odtoku vody do kanalizace, se zelené střechy ukázaly jako velmi významné opatření. Praktická část této

práce se zaměřuje na projekt zelené střechy, a proto zde budou uvedeny příklady převážně zelených střech či komplexů s nimi souvisejících.

Zelené střechy, přestože se může zdát, že jde o novodobý trend, mají poměrně dlouhou historii. Už ve starověké Mezopotámii, Asýrii a Babylonu byly objeveny reliéfy z přelomu 8. a 7. století př. n. l. zobrazující několikapatrové terasy se zelení a zavlažovacím systémem. Visuté zahrady královny Semiramis se dokonce řadí k jednomu ze sedmi divů světa. Na území Evropy se objevují zelené střechy v Itálii kolem 11. století na Medicejském paláci nebo v podobném období ve Francii na zámku Fridricha III. V Německu se dodnes dochovalo pár střech na vícepodlažních domovních blocích z 19. století (Olšavský 2012). Tam se začaly objevovat moderní technologie, které byly vyvíjeny kvůli zhoršující se environmentální situaci ve městě (Yu Konyuhov et al. 2019). V Čechách se zelené střechy objevují na počátku 20. století a některé z nich, například na zámku Konopiště, se dochovaly dodnes (Olšavský 2012).

Od prvních pokusů však zelené střechy prošly značným vývojem a dnes už nevypadají tak jako dříve. Dnes se neumísťují na významné budovy, ale na obchodní centra, budovy kanceláří, rozlehlé obytné komplexy nebo občas na soukromé obytné domy. Dříve byl substrát a vegetace ukládány na vrstvu z hlíny, která byla velmi silná a těžká. Hlavní potřebnou změnou tedy bylo snížit váhu konstrukce a zajistit vodotěsnost, aby vláha z půdy neprocházela dovnitř budovy. V současné době se zelené střechy umísťují na konstrukci domu k tomu přizpůsobenou, na kterou se pokládá naprosto těsná hydroizolace (Yu Nohyuhov et al. 2019). Na ní se umísťuje ochranná vrstva nebo též protikořenová vrstva. Dále přichází drenážní vrstva, která slouží k odvedení přebytečné vody ke střešním vtokům a občas může sloužit též jako hydroakumulační vrstva. Drenážní vrstva se používá ve formě nopové fólie nebo ve formě sypkých materiálů, jako je například šterkopísek nebo keramzit. Aby nedocházelo k vyplavování substrátu do drenážní vrstvy, pokládá se na ni filtrační vrstva z dobře propustné tkané nebo netkané textilie. Na filtrační vrstvu přichází již samotný substrát v požadované mocnosti, do kterého jsou zasazeny rostliny (Bohuslávek et al. 2009).

Příklady v této práci se kvůli rychlému vývoji technologií věnují novodobým výstavbám zelených střech. Příklady byly vybrány v návaznosti na téma řešení odpadních a dešťových vod a na praktickou část této práce věnující se samotnému projektu zelené střechy.

3.6.1 Příklady z ČR

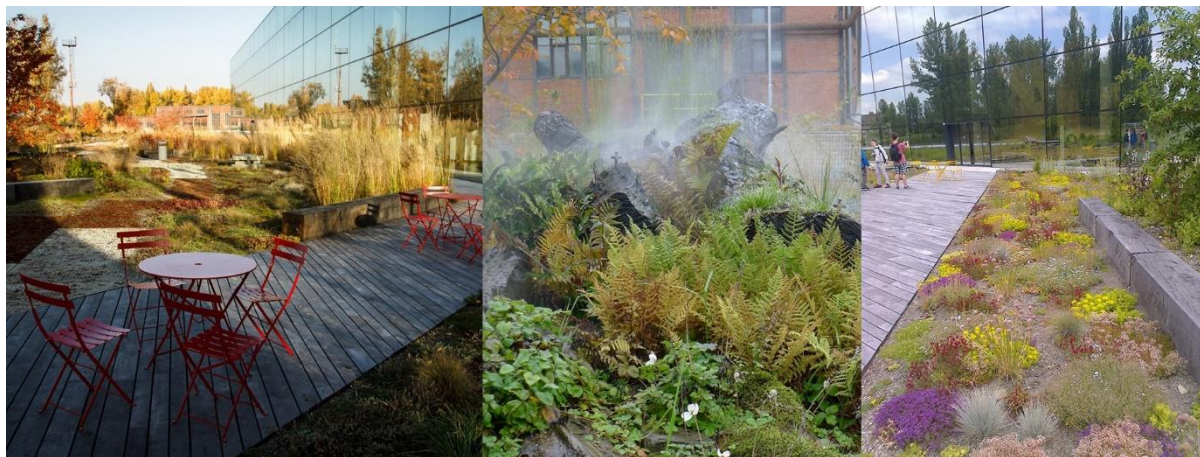
Zelená střecha Světa techniky

Autor projektu: Atelier zahradní a krajinářské architektury – Ing. Zdeněk Sandler,
Ing. Lýdia Šušlíková

Rok dokončení: 2015

Zelená střecha se nachází na předsazeném přízemním podlaží, podél „zrcadla“ čelní fasády objektu Svět techniky v Ostravě, Dolních Vítkovicích. Zahrada je rozdělena na šest tematických celků, jejichž podstatou je zdůraznění a využití dynamických přírodních změn. Je koncipována jako kompaktní koberec, jehož náměty byly čerpány v přírodě jako například na výsypkách, haldách či kolejových vlečkách, které jsou typické pro industriální Ostravu. Zahrada je rozdělena trojicí dřevěných mol, podélně zahradou prochází chodník z nepravidelně

rozložených ocelových pororoštů, které jsou prosypané zbytky z kovovýroby. Po okrajích se terén lehce zvedá. Do zahrady jsou zakomponované štěrky a kameny z godulského pískovce z nedalekých lomů. V návrhu řešení byla velmi podstatná statická mapa možnosti zatížení střechy. Sortiment je navržen jako „kompaktní obraz“, kvete od února do pozdního podzimu. Byly zde vysázeny zahradní kultivary i botanické druhy a kuchyňské byliny (Zelené střechy 2020d).



Obrázek 1 Zelená střecha Světa techniky (Zelené střechy 2020d)

Sonnentor

Autor projektu: Ing. Arch. Miloslav Tempír

Rok dokončení: 2000

Extenzivní zelená střecha na jedné z budov Sonnentoru v Čejkovicích je osázená sukulenty, různě barevnými netřesky a rozchodníky. Zahrada vznikla při rekonstrukci, kdy se z poničené střechy vytvořila „zahrada v oblacích“ za použití ekologické polyolefinové fólie, která je šetrná k životnímu prostředí. Důraz byl kladen nejen na kvalitu stavebního materiálu a na estetickou stránku, ale především na stránku pasivní klimatizace, která brání přehřívání haly. Na střeše se nachází i včelí úly (Zelené střechy 2020c).



Obrázek 2 Sonnentor (Zelené střechy 2020c)

Otevřená zahrada

Autor projektu: PROJEKTIL ARCHITEKTI s.r.o., Ing. Adam Havlíř (budova),
Lucie Komendová M.Sc. (zahrada)

Rok dokončení: 2010

Zahrada se nachází na severním svahu Špilberka v centru Brna. Jedná se o dvě pasivní budovy s výukovou a přírodní zahradou. Nachází se zde komplex promyšleného systému odvodu dešťových vod, který odvádí srážky pomocí čtyř dešťových svodů do akumulární jímky. Zelená střecha pomáhá udržovat mikroklima, neboť se nachází v centru města. Mocnost substrátu je zde 20-40 cm a střecha je rozdělena na tři segmenty. Středová pochozí část je tvořena trávnikem a trvalkami, krajní pásy jsou z bylino-travní směsi. Střešní zahrada je určena pro veřejnost i výukové programy pro školy, skýtá útočiště pro hmyz a ptáky, pomáhá čistit vzduch, snižuje odtok vody po silných deštích, funguje jako izolace a zejména v letních měsících zabraňuje přehřívání budov (Zelené střechy 2020b).



Obrázek 3 Otevřená zahrada (Zelené střechy 2020b)

LIKO-NOE

Autor projektu: prof. Zdeněk Fránek, Ing. Libor Musil, Ing. Michal Šperling

Rok dokončení: 2015

Experimentální administrativní budova byla navržena a zhotovena firmou LIKO-S, a.s., díky které chce firma dokázat, že i průmyslové stavby lze stavět s ohledem na životní prostředí. Koncept budovy je založen na systému přírodní tepelné stabilizace, kdy jsou využity přírodní podmínky pro chod a fungování budovy. Budova využívá například vodu pro ochlazování a snižování prašnosti pomocí proudění přes zelenou fasádu a přilehlé jezírko, zem k ukládání energie a k využití chladu v létě a tepla v zimě, sluneční energii pro ohřev vody a následné topení v budově, nebo vzduch k proudění přes difúzně prostupné stěny pro zajištění rekuperace v budově. Celá budova hospodaří pouze s přírodními zdroji, nezatěžuje krajinu a v neposlední řadě má minimální provozní náklady. Budova zachytává dešťovou vodu v retenčním jezírku a odpadní vodu, která je čištěna v kořenové čistírně umístěné na střeše

budovy. Mokřadní střecha, sloužící jako kořenová čistírna, je umístěna na ploché střeše a je spojena s mokřadní fasádou, která má stejný účel (Zelené střechy 2020a).



Obrázek 4 LIKO-NOE (Zelené střechy 2020a)

3.6.2 Příklady ze zahraničí

Za zmínku v aplikování zelených střech stojí severské země, zejména Norsko, které využívá zelené střechy na rodinných domech jako tepelnou izolaci (Yu Konyuhov 2019), nebo například město Toronto, které se v roce 2009 stalo prvním městem v Severní Americe, které přijalo „politiku zelených střech“ a stanovilo, že nové budovy nad určitou velikost musí být pokryty rostlinami. Doufají, že tím udrží ve městě dešťovou vodu a nízké teploty. Los Angeles v roce 2014 zavedlo, že nové domy musí mít „chladné střechy“ vyrobené ze světlých materiálů, aby odrážely sluneční záření. V rámci Evropy došlo ke změně ve Francii, která roku 2015 schválila zákon, že nové budovy v komerčních zónách musí mít střechy částečně pokryty rostlinami a solárními panely (Hoag 2015). Mezi významné průkopníky, obzvláště co se týče komplexní modrozelené infrastruktury, lze zařadit i mnoho asijských měst, jako Singapur či Zhenjiang, nicméně nejen tyto zmíněné státy mají zajímavé a inspirativní projekty. Zelené střechy lze najít téměř po celém světě.

Solar city Linz

Autor projektu: Atelier Dreiseitel (design, koncept) READ-Group (architekti)

Rok dokončení: 2006

Solar city je nově vybudované město v Rakousku, které je postaveno tak, aby mělo co nejmenší spotřebu fosilních paliv, bylo ekologické a šetrné ke svému okolí a životnímu prostředí. Koncept města je tvořen pro 25 000 lidí, rozdělených do pěti center. První fáze projektu zahrnuje 32,5 ha stavebního pozemku a nabídne bydlení 4 500 lidem spolu s potřebným zařízením a s 20 ha parků. Design města byl inspirován zelenými zahradními městy s plynulými přechody mezi zahradami, parky a krajinou.

Solar city se nachází u chráněné krajinné oblasti, proto bylo nutné udělat taková opatření, aby nedošlo k jejímu poškození. Projekt zahrnuje řadu rekreačních zařízení jako přírodní koupaliště, vodní hřiště a velké množství vegetace. V koncepci vody bylo potřeba zachovat původní rovnováhu podzemních vod a nový vodohospodářský systém. Je zde

vytvořen i propracovaný systém odtoků dešťové vody, které ji zachytávají a nadále vypouští do okolních lesů. Umělé mokřady a zelené zóny byly osázeny místní florou a faunou a vyskytují se zde vzácné původní druhy.

Jako pilotní projekt byl zde zřízen decentralizovaný systém čištění vody pro 88 domů a základní školu. Tento systém slouží jako výzkumné zařízení pro studium různých aspektů decentralizovaného čištění odpadních vod a pokud možno pro práci na změně platných předpisů, neboť v Rakousku a Nizozemsku musí být všechny budovy ve městech napojeny na kanalizační systém. Toalety byly nainstalovány tak, aby oddělovaly moč a výkaly. Z pevných látek se vytvoří kompost, kapalný odpad se čistí v helophytovém filtru. Moč je zachycena v suterénu a je následně používána jako hnojivo. Helophytový filtr byl integrován do parku, ale z bezpečnostních důvodů musí být oplocen. Systém jako celek není bez problémů a klade nároky na obyvatele. Není zatím jisté, zda je tento systém vhodný pro použití ve velkém měřítku (Urban green – blue grids 2020c).



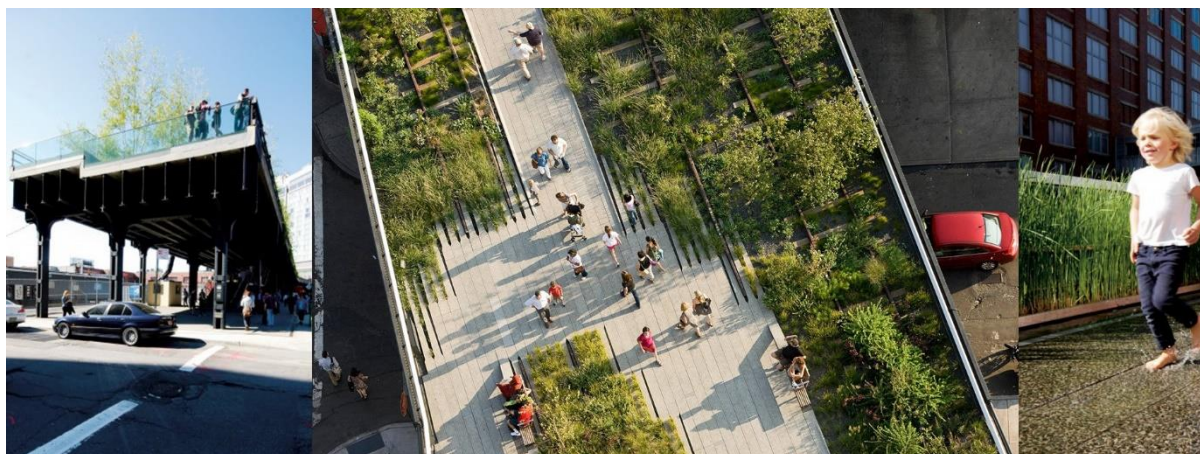
Obrázek 5 Solar city Linz (Urban green – blue grids 2020c)

High Line New York

Autor projektu: James Corner Operations, Diller Scofidio + Renfro, Piet Oudolf

Rok dokončení: 2009-2014

High Line je obnovený prostor dnes již nefungující infrastruktury proměněn ve veřejný park. Jedná se o prostor dřívější železnice vedoucí městem, zvednutý o 10 metrů nad okolní ulice. Tento unikátní prostor byl využit pro vytvoření netradičního parku dlouhého 2,3 km. Park, který by se též mohl částečně označit za zelenou střechu, vyniká návazností sortimentu na okolní a původní druhy a dřívější železnici. Spolu s dlouhou lineární strukturou park přispívá ke zvýšení biodiverzity v této oblasti (Heijn 2011; High Line 2020).



Obrázek 6 High Line New York (High Line 2020)

Marina Barrage Singapur

Autor projektu: Atelier Dreiseitl

Rok dokončení: 2006-2021

Singapur je jeden z velmi zalidněných států potýkající se s velkou otázkou zdrojů pitné vody. Stejnomené hlavní město dbá na vysokou kvalitu života a s vidinou zvýšení kvality též investuje do řady projektů týkajících se městské zeleně a využití dešťové vody. Kvůli monzunům, které obnáší silné srážky, město buduje vodní reservoáry, aby si vodu udrželo. Jedním z velmi významných projektů je právě Marina Barrage. Jedná se o projekt pro zadržování dešťové vody s velmi rozlehlou zelenou střechou s trávnickovým povrchem, který zabraňuje přehřívání budovy a slouží jako pochozí park. Jako další z významných a známých projektů v Singapuru je park Ang Mo Kio-Bishan, kde došlo k vytvoření prostoru podél řeky Kallang (Singapore's water agency 2020; Urban green – blue grids 2020b).



Obrázek 7 Marina Barrage Singapur (Urban green – blue grids 2020b)

Montaje Courtyard & Sky Deck

Autor projektu: Copley Wolff Design

Rok dokončení: 2018

V komplexu administrativních a obytných budov v Somerville, USA, byla vytvořena střešní zahrada pro jejich obyvatele a pracovníky. Střecha slouží jako multifunkční park, který je rozdělen na několik sekcí z trávnickových ploch, vyvýšených záhonů, nebo zpevněných ploch. Celkově je rozdělena na dvě části, a to Courtyard a SkyDeck. Jsou zde zasazeny i stromy podél budovy, sloužící k rozčlenění prostoru. Celý prostor umocňuje výhled na nedalekou řeku a rozlehlé město. Montaje Courtyard & Sky Deck dokonce získala certifikaci LEED Gold (Greenroofs.com 2020).



Obrázek 8 Montaje Courtyard & Sky Deck (Greenroofs.com 2020)

3.6.3 Porovnání, vyhodnocení

Zelené střechy se objevují po celém světě, obzvláště na nových budovách či komplexech budov ve velkých městech vyspělých zemí. Vkládá se do nich naděje v řešení klimatických problémů, neboť nezabírají další velmi cenný prostor uprostřed měst a jsou schopny splňovat požadavky, jako například již probírané snižování teploty okolního prostředí nebo akumulaci srážek. V České republice se zatím nachází zelené střechy povětšinou jako střípky možné budoucí modrozelené infrastruktury, neboť zde ještě nedošlo k vytvoření uceleného systému, jako je tomu například u některých zahraničních měst. V rozvoji modrozelené infrastruktury včetně zelených střech jsou hodně rozvinutá asijská města, jako například již zmiňovaný Singapur. Tam je kladen větší důraz a tlak na základě silné koncentrace lidí a omezenému přístupu k vodě. V tomto ohledu mohou být asijská města inspirací pro většinu velkých měst světa. V ČR se nenachází tak velké projekty zelených střech jako například v USA či Asii, což je vzhledem k velikosti měst celkem pochopitelné. Nicméně i přesto se zelené střechy začínají objevovat a současné postavení vlády k tomu i pobízí, tudíž je možné očekávat nárůst zelených střech a přiblížení se fungující a ekologické podobě měst.

4 Zhodnocení podkladových údajů

Praktická část této bakalářské práce se věnuje zpracování projektu zelené střechy na plánovanou novou budovu České zemědělské univerzity v Praze (dále jen ČZU), Fakulty životního prostředí (dále jen FŽP). Budova bude umístěna vedle současné budovy FŽP jako její navazující část. Umístění budovy se nachází v městské části Praha-Suchdol, v nadmořské výšce 287,61 m n. m. Dle meteorologické stanice umístěné na místě plánované budovy se roční teplota vzduchu pohybuje kolem 9 °C a průměrný roční úhrn srážek kolem 500 mm (Česká zemědělská univerzita v Praze 2020).

Koncept celé budovy je navržen s ohledem na maximální využití šedých a dešťových vod. V suterénu jsou navrženy čistící mechanismy a retenční nádrže, do kterých budou vody ukládány a následně využívány pro recyklaci v budově a na zalévání zelené střechy či vertikální zeleně. V projektu je zařazen i venkovní biotop s mokřadem pro využití přebytečné vody ze zeleně na budově.

Projekt byl zpracován s ohledem na stávající koncept kampusu ČZU a na klimatické podmínky daného místa.

5 Vlastní projekt

Vlastní projekt je pojat navržením zelené střechy, včetně souvrství materiálů a sortimentu. Je součástí návrhu nové budovy, ve které je počítáno s využitím odpadních i dešťových vod a zelená střecha je jednou částí celkového řešení.

Zelená střecha je rozvržena na tři celky a to intenzivní, extenzivní a super extenzivní část, které se odvíjí od výšky (mocnosti) navrženého substrátu. Součástí intenzivní a extenzivní části jsou zpevněné plochy, cesty, nášlapy výsadbami a mobiliář ve formě laviček. Super extenzivní část se nachází na nepřístupném místě, na nástavbě budovy nad zbylými částmi. V rámci projektu je řešeno umístění senzorů pro monitorování teploty a vlhkosti substrátu, osazovací plán všech třech celků s ohledem na množství substrátu a plánovanou zálivku, vedení závlahy se schématem jednotlivých okruhů a řezopohledy celou zelenou střechou.

Projekt je zpracován ve formě textové části a vizualizací nacházejících se přímo v této práci a ve formě výkresů, které se nachází v přílohách 1-6. V příloze č. 1 se nachází půdorys intenzivní a extenzivní části. Jsou zde zakresleny plochy zeleně, rozvržení cest, nášlapů a mobiliáře. Součástí je též umístění senzorů a teplotních čidel. V příloze č. 2 se nachází osazovací plán pro intenzivní a extenzivní část s přesným počtem a umístěním rostlin. Sortiment obsahuje keře, trvalky, traviny a cibuloviny. Příloha č. 3 znázorňuje zakreslení vedení závlahy včetně schématu jednotlivých okruhů a rozmístění osvětlení, včetně definování jednotlivých druhů svítidel. Na intenzivní část je navržena kapková závlaha, na extenzivní část závlaha formou postřikovačů. V příloze č. 4 se nachází osazovací plán super extenzivní části. Zde je sortiment složený ze suchomilných trvalek. V rámci přílohy č. 5 a 6 jsou zobrazeny čtyři řezopohledy celou zelenou střechou. Je zde znázorněno členění terénu a nachází se zde detaily souvrství materiálů.

5.1 Koncept

Koncept projektu byl navržen pro multifunkční využití všemi návštěvníky, studenty a zaměstnanci ČZU. Celkově je koncept rozvržen do několika částí. V západní části je navržena intenzivní výsadba s cestou z dlaždic, doplněná o nášlapy ve výsadbách. Cesta svým tvarem skýtá zákoutí s lavičkami a výhledem do krajiny. V severozápadním rohu se nachází „meeting point“ z pochozí dlažby, sloužící pro různorodé využití. Navazující část je tvořena z cest a extenzivní výsadby. Kolem světlíků umístěných uprostřed zpevněné plochy na severní straně jsou navrženy dva vyvýšené záhony. V severovýchodním rohu střechy se nachází menší plocha s lavičkami, ze které vede cesta formou dřevěných nášlapů skrz extenzivní výsadby. Na východní části střechy je umístěná vzduchotechnika budovy, proto je zde navrženo odclonění s možností popínavých rostlin. V celé intenzivní a extenzivní části je navrženo osvětlení zpevněných ploch a reflektory pro nasvícení keřů.

Ve všech rozích střechy je vytvořeno místo z pochozí dlažby pro výhled do kampusu univerzity či do okolní krajiny. Na střechu se lze dostat pouze jedním vchodem na západní straně. Proto zde byla navržena intenzivní výsadba a cesta z dlaždic, která umožní snadný přístup na „meeting point“, který se nachází uprostřed střechy. Díky dřevěným nášlapům

vedoucím skrz výsadby je návštěvníkům zahrady umožněno vejít přímo do výsadby bez jejího poškození. Jsou zde umístěny lavičky obklopené výsadbami pro zvýšení pocitu soukromí.

Třetí, super extenzivní část, se nachází na nástavbě třetího nadzemního patra. Na tuto část není přístup, proto je zde navržena výsadba nenáročných rostlin.

5.2 Popis projektu

Navrhovaná zelená střecha bude umístěna na třetím a čtvrtém nadzemním podlaží. Bude rozdělena na tři celky podle výšky substrátu, od kterého se odvíjí navrhovaný sortiment a zálivka. Části intenzivní a extenzivní budou umístěny na třetím nadzemním podlaží a super extenzivní část na čtvrtém nadzemním podlaží.

Na intenzivní části o rozloze 111,73 m² je navrženo souvrství ve složení:

- Ochranná geotextilie 500 g/m²
- Hydroakumulační vrstva z nopové fólie 40 mm
- Filtrační vrstva z netkané textilie 150 g/m²
- Vegetační vrstva pro intenzivní střechu 500 mm

Vrstvy pro extenzivní část o rozloze 127,52 m²:

- Ochranná geotextilie 500 g/m²
- Hydroakumulační vrstva z nopové fólie 25 mm
- Filtrační vrstva z netkané textilie 100 g/m²
- Vegetační vrstva pro extenzivní střechu 150 mm

Vrstvy pro super extenzivní část o rozloze 132,71 m²:

- Ochranná geotextilie 500 g/m²
- Hydroakumulační vrstva z nopové fólie 25 mm
- Filtrační vrstva z netkané textilie 100 g/m²
- Vegetační vrstva pro extenzivní střechu 80 mm

V rámci projektu se na extenzivní části nachází i plochy bez vegetační vrstvy, složené z dlaždic na výškově nastavitelných terčích, sloužící jako pochozí plochy. Složení souvrství pro tyto části:

- Přířezy PVC-P fólie
- Teleskopické terče pod dlažbu
- Keramická dlažba velkoformátová 60x60 cm, tloušťka 2 cm

Po obvodu střechy bude mezi vegetační vrstvou a atikou se zábradlím vytvořen ochranný pás z praného říčního kameniva v šířce 500 mm. Jeho tloušťka bude 150 mm a bude se nacházet pouze v místech s vegetační vrstvou, ne u pochozích ploch z dlaždic. Bude vytvářet ochranu skleněné zábrany proti poškození a ušpinění. Jeho celková plocha činí 65,98 m². V místech intenzivní části střechy bude oproti výšce vegetační vrstvy snížena o 15 cm.

Na hranici intenzivní části je navržen dřevěný předěl z trámů o velikosti 7,62 x 0,3 m, výšky 0,5 m, vyrovnávací výškový rozdíl. Bude položen na vrstvy z textilií. Na straně intenzivní části bude v případě potřeby zpevněn úhelníkem, který bude zatížen vegetační vrstvou.

V místě navazujícím na cestu z dlaždic bude trám snížen o 0,25 m a bude zde vytvořen jeden schod. V místě podstupnice bude muset být dostatečná opěra, aby udržela substrát za ní. Nástupnice bude vytvořena ze dřeva.

Na základě různých mocností u jednotlivých částí by se složení substrátů mělo mírně lišit. Pro intenzivní část o mocnosti 500 mm je doporučen substrát s převažující organickou složkou (humus) a doplňující anorganickou složkou (minerální). Pro extenzivní část o mocnosti 150 mm je doporučen substrát s převažující anorganickou složkou (minerální) a doplňující organickou složkou (humus). Stejný substrát je doporučen pro super extenzivní část o mocnosti 80 mm.

V rámci zelené střechy je navržen mobiliář ve formě šesti laviček, které jsou rozmístěné na extenzivní části, pochozí dlažbě a na intenzivní části. Tři lavičky jsou umístěny na pochozí dlažbě v severovýchodním rohu a další tři jsou umístěny ve výsadbě, z toho dvě v intenzivní a jedna v extenzivní části. Lavičky ve výsadbě jsou uloženy na připravené pororošty, které zabraňují proboření lavičky do substrátu.

Zpevněné plochy jsou navrženy z keramických dlaždic o velikosti 60x60 cm a 45x90 cm a tloušťce 2 cm. Jedná se o dlaždice s možností uložení na plastové terče a možností položení s minimální, ideálně téměř žádnou, spárou. Jejich výhodou je relativně malá hmotnost. Na extenzivní části střechy jsou dlaždice uloženy na teleskopické terče, pod kterými jsou přířezy PVC-P fólie. Jsou ohraničeny lištou pro oddělení částí střechy. Na intenzivní části jsou dlaždice uloženy do substrátu, na pískový podsyp ve výšce zároveň s okolním substrátem.

Aby mohla být závlaha ovládaná na základě reálných hodnot, je na střechu navrženo vnější teplotní čidlo umístěné na severní fasádě, senzory vlhkosti umístěné v intenzivní a extenzivní části a internetové propojení s ovládací místností umístěné v suterénu.

5.3 Sortiment

Sortiment zvolený pro zelenou střechu je rozdílný pro každou část střechy. Na super extenzivní střechu jsou použity rostliny na extrémně suchá stanoviště. Na extenzivní část jsou použity suchomilné trvalky, traviny a cibuloviny, na intenzivní část jsou použity trvalky, traviny, cibuloviny a keře náročnější na závlahu.

Seznam rostlin pro super extenzivní část:

- *Festuca glauca*
- *Koeleria glauca*
- *Sedum acre*
- *Sedum floriferum*
- *Sedum hybridum* 'Chocolate Ball'
- *Sedum reflexum*
- *Sedum sexangulare*
- *Sedum spurium* 'Album superbum'
- *Sedum spurium* 'Rose'
- *Sempervivum hybridum*

Seznam rostlin pro extenzivní část:

- *Agastache rugosa* 'After Eight'
- *Achillea millefolium* 'Schneetaler'
- *Achnatherum calamagrostis*
- *Armeria maritima* 'Armada Pink'
- *Dianthus carthusianorum*
- *Dianthus deltoides* 'Albus'
- *Gaura lindheimeri* 'Ellura'
- *Gaura lindheimeri* 'Geyser Pink'
- *Hyssopus officinalis*
- *Lavandula angustifolia* 'Beate'
- *Lavandula angustifolia* 'Blue Cushion Schola'
- *Leucanthemum maximum*
- *Origanum vulgare*
- *Pennisetum alopecuroides* 'Black Beauty'
- *Pennisetum alopecuroides* 'Hameln'
- *Santolina chamaecyparissus*
- *Saxifraga paniculata*
- *Saxifraga x arendesii* 'Alpino Early Pink'
- *Saxifraga x arendesii* 'Harder Zwerg'
- *Thymus x citriodorus* 'Aureus'

Seznam rostlin pro intenzivní část:

- *Cerastium tomentosum*
- *Dianthus carthusianorum*
- *Echinaca purpurea* 'Alba'
- *Echinaca purpurea* 'Magnus'
- *Fragaria vesca*
- *Gaura lindheimeri* 'Ellura'
- *Gaura lindheimeri* 'Geyser Pink'
- *Hypericum polyphyllum*
- *Lavandula angustifolia* 'Beate'
- *Lavandula angustifolia* 'Blue Cushion Schola'
- *Leucanthemum maximum*
- *Melissa officinalis*
- *Mentha x piperita*
- *Origanum vulgare*
- *Pennisetum alopecuroides* 'Black Beauty'
- *Pennisetum alopecuroides* 'Hameln'
- *Rudbeckia missouriensis*
- *Salvia nemorosa* 'Ostfriesland'
- *Salvia officinalis*
- *Saxifraga paniculata*
- *Thymus praecox* 'Coccineus'
- *Thymus praecox* 'Red carpet'

Seznam cibulovin pro extenzivní a intenzivní část:

- *Allium aflatunense* 'Mount Everest'
- *Allium sphaerocephalon*
- *Galanthus nivalis*
- *Leucojum vernum*
- *Scilla siberica*

Seznam keřů pro intenzivní část:

- *Amelanchier ovalis*

5.4 Závlaha

Závlahový systém je navržen pouze pro intenzivní a extenzivní část. Zdroj zálivky se nachází v suterénu, kde je umístěna nádrž s dešťovou a přečištěnou šedou, tedy bílou vodou. Ze suterénu vede potrubí na intenzivní část střechy, odkud je voda rozdělena do tří okruhů. První okruh je navržen pro kapkovou závlahu v intenzivní části, druhý pro kapkovou závlahu v nádobách a třetí okruh pro postřikovače v extenzivní části. Každý okruh má rozdílné parametry, a proto je možné jeho individuální ovládání. Je počítáno, že bude docházet zejména k zalévání intenzivní části, proto je zde navržena kapková závlaha, která pokrývá celou vegetační část. V extenzivní části jsou navrženy postřikovače, které budou sloužit jako doplňující závlaha v období sucha. S ohledem na umístění popínavých rostlin podél nástavby je zde také zavedena závlaha v rámci druhého okruhu. Popínavé rostliny však nejsou součástí zelené střechy, proto nejsou uvedeny v sortimentu rostlin.

5.5 Vizualizace



Obrázek 9 Vizualizace axonometrie



Obrázek 10 Vizualizace extenzivní části



Obrázek 121 Vizualizace "meeting pointu"



Obrázek 11 Vizualizace intenzivní části

6 Diskuze

Na začátku by bylo dobré zmínit, že práce si nedávala za cíl detailně pojmout každou oblast související s tímto tématem, nýbrž poskytnout ucelený pohled. Bylo by možné napsat několik prací podobného rozsahu na každé odvětví, kterého se práce dotýká, ale to nebylo smyslem této práce. Cílem bylo práci zasadit do kontextu souvislostí důležitých pro zahradní a krajinnou architekturu a vysvětlit důvody, proč se tomuto tématu vůbec věnovat a na základě jakých zákonitostí může být právě zeleň účinným řešením.

Přírodní a klimatické jevy jsou často tak složité, že i když jsou pojmy jako tepelné ostrovy nebo skleníkový efekt známé, jen málo kdo tento pojem dokáže popsat, natož vysvětlit jeho zákonitosti. Přestože by se mohlo zdát, že téma klimatické změny do této práce zcela nepatří, kapitola byla zařazena pro vysvětlení a uvedení do problematiky, aby bylo jasné, na čem jsou systémy jako modrozelená infrastruktura postavené.

V práci nebylo zeleným střechám věnováno tolik prostoru, kolik by byly schopné zaplnit. Nejsou zde detailněji popisovány jednotlivé vrstvy a jejich přesný účel, ani charakteristiky souvrství různých typů střech a definování vhodného sortimentu. Otázce vhodného výběru rostlinného sortimentu by však mělo předcházet zkoumání a měření, ze kterého by se vyvodily řádné výsledky. I přesto byl v rámci praktické části navržen sortiment pro výsadbu na tři různé mocnosti substrátu. Výběr rostlin byl určen na základě dostupné literatury a konzultace s panem Ing. Adamem Barošem, zabývajícím se použitím trvalek. Na toto téma by bylo vhodné v budoucnu navázat a vytvořit podklady pro vhodnost použití rostlinných druhů na zelených střechách.

V zákonech, vyhláškách a směrnících o hospodaření s odpadní a dešťovou vodou často dochází k nejasnostem, obzvláště co se definice pojmů týče. Například u srážkových vod dle výkladu dochází během průběhu deště ke změně názvu nejméně dvakrát. Zákony stanovují povinnost řešení hospodaření s dešťovými vodami pro nově stavěné budovy a zároveň jsou vypisovány dotace na pomoc pro výstavby opatření. Avšak z povinnosti je uděleno tolik výjimek, že se nedá hovořit o plošně účinném opatření. Z právního rámce vyplývá, že je zde zájem o využívání nebo alespoň zadržení převážně dešťové vody, ale o znovuvyužití šedé vody zatím neexistuje žádné nařízení. Otázkou však zůstává, zdali by se neměl klást stejný důraz na šedou vodu jako na vodu dešťovou, zejména když by se tím mohla snížit spotřeba pitné vody.

S ohledem na zjištěné informace lze konstatovat, že příhodnější název této bakalářské práce by byl využití odpadních a dešťových vod. Slovo likvidace ne zcela zapadá do konceptu, kterému se práce věnuje a lehce se odklání od tématu praktické části. Stejně tak jako rozlišování principů a opatření na veřejný a soukromý sektor není zcela ideální, neboť většina ze zmíněných opatření lze aplikovat jak na soukromém, tak na veřejném prostoru. Veřejný prostor pouze podléhá více předpisům a je pro něj stanoveno více podmínek.

Celkový přínos práce spočívá zejména ve formě kompletního návrhu zelené střechy nacházející se v přílohách 1-6 ve formě výkresů a textové části s vizualizacemi v 5. kapitole. Byl vytvořen na základě teoretické části této práce. Celkově z práce vyplývá, že vhodné opatření pro využití odpadní a dešťové vody, jako je například navrhovaná zelená střecha, přináší nejen vlastní prospěch, ale i zlepšení podmínek pro okolí.

7 Závěr

Práce si vzala za cíl obsáhnout, popsat a vysvětlit velmi široké téma. Snažila se propojit dvě související témata, a to nakládání s odpadními a dešťovými vodami a principy využití dešťových a odpadních vod se zaměřením na zelené střechy. V literární rešerši se práce věnuje představení odpadních a dešťových vod, jejich charakteristice a vlastnostem. Následně popisuje současný systém nakládání a odvádění vod se stručným úvodem do historie. Kapitolou „Dlouhodobý vývoj z hlediska klimatických změn“ jsou vysvětleny příčiny klimatické změny a zároveň důvody, proč je nakládání s odpadními a dešťovými vodami aktuálním tématem. Tato kapitola měla za cíl spojit tato témata do kontextu současné situace.

Dále se práce zabývala představením jednotlivých principů a opatření, které byly samostatně popsány a byly uvedeny jejich přínosy i nedostatky. Byl představen systém modrozelené infrastruktury, která přímo souvisí s uvedenými principy a spojuje je v jednotný a fungující celek. Pohled na hospodaření s dešťovými vodami byl doplněn o nastínění právního rámce ČR, kde byl popsán současný stav a postavení legislativy k této problematice. Byly uvedeny modelové příklady principů a opatření z ČR i zahraničí, které byly zaměřeny primárně na zelené střechy, pro návaznost na praktickou část.

V rámci praktické části práce byl vytvořen kompletní návrh zelené střechy včetně celkového konceptu s vizualizacemi a výkres ve formě příloh práce. Výkresy zahrnují půdorysné řešení zelené střechy a její rozčlenění na části podle mocnosti substrátu, sestavený sortiment pro všechny tři části návrhu včetně detailních osazovacích plánů, rozkreslení závlahy a řezopohledy celou střechou, včetně detailů souvrství materiálů.

Celkově lze shrnout, že práce splnila svůj cíl shrnout dosavadní poznatky v oblasti nakládání s odpadními a dešťovými vodami na pozemku a navrhnout řešení konkrétního prostoru.

Literatura

ASIO, SPOL. S.R.O. a VUT BRNO. Znovuvyužití šedých a dešťových vod v budovách. In: W&ET Team: Pitná voda 2012 [online]. Brno, 12.7.2012 [cit. 2020-07-09]. Dostupné z: <https://www.asio.cz/cz/110.znovuvyuziti-sedych-a-destovych-vod-v-budovach>

ASOCIACE PRO VODU ČR, Z.S. (CZWA). Studie hospodaření se srážkovými vodami v urbanizovaných územích. In: Ministerstvo životního prostředí [online]. Praha, září 2019 [cit. 2020-07-09]. Dostupné z: [https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/koncepcni_dokumenty/\\$FILE/OOV-studie_HDV-20191220.pdf](https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/koncepcni_dokumenty/$FILE/OOV-studie_HDV-20191220.pdf)

BAIGORRI, Roberto, Sara SAN FRANCISCO, Óscar URRUTIA a José María GARCÍA-MINA. Biochar-Ca and Biochar-Al/-Fe-Mediated Phosphate Exchange Capacity are Main Drivers of the Different Biochar Effects on Plants in Acidic and Alkaline Soils. *Agronomy* [online]. 2020, 10(7) [cit. 2020-07-09]. DOI: 10.3390/agronomy10070968. ISSN 2073-4395. Dostupné z: <https://www.mdpi.com/2073-4395/10/7/968>

Bioswales: Systems for infiltration, buffering and drainage. In: Urban green - blue grids [online]. [cit. 2020-07-09]. Dostupné z: <https://www.urbangreenbluegrids.com/measures/bioswales/?theme=2>

BOHUSLÁVEK, Petr, Vladimír HORSKÝ a Štěpánka JAKOUBKOVÁ. Vegetační střechy a střešní zahrady [online]. Vyd. 2. [Praha]: DEKTRADE, 2009 [cit. 2020-07-10]. Skladby a detaily. ISBN 978-80-87215-05-0. Dostupné z: https://atelier-dek.cz/docs/atelier_dek_cz/publikace/PROJEKCI-PRIRUCKY/vegetacni-strechy-2009-02.pdf

British Standards Institution 2020. Greywater system. United Kingdom. BS 8525-1:2010. Zapsáno 2010.

BURHAN, zgur a Elif KARAC. Vertical Gardens. *Advances in Landscape Architecture* [online]. InTech, 2013, 2013-07-01 [cit. 2020-07-14]. DOI: 10.5772/55763. ISBN 978-953-51-1167-2. Dostupné z: <http://www.intechopen.com/books/advances-in-landscape-architecture/vertical-gardens>

ČESKO. Zákon č. 254/2001 Sb. Zákon o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon). In: Sbírka zákonů České republiky, 2001, částka 98. Dostupné také z: <https://aplikace.mvcr.cz/sbirka-zakonu/SearchResult.aspx?q=2001&typeLaw=zakon&What=Rok&stranka=9>

ČESKO. Zákon č. 274/2001 Sb. Zákon o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů (zákon o vodovodech a kanalizacích). In: Sbírka zákonů České republiky, 2001, částka 104. Dostupné také z: <https://aplikace.mvcr.cz/sbirka-zakonu/SearchResult.aspx?q=2001&typeLaw=zakon&What=Rok&stranka=8>

ČSN 75 6101. Stokové sítě a kanalizační přípojky. Kat: 69120. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2012.

DRABINOVÁ, Silvie a David KNUSSBERGER. Druhy odpadních vod. In: Poradme.se: Poradenství v životním prostředí trochu jinak [online]. 2015 [cit. 2020-07-09]. Dostupné z: http://poradme.se/index.php/Druhy_odpadn%C3%ADch_vod

Evropský parlament a Rada Evropské unie. SMĚRNICE EVROPSKÉHO PARLAMENTU A RADY 2000/60/ES ze dne 23. října 2000, kterou se stanoví rámec pro činnost Společenství v oblasti vodní politiky. Lucembursko. Zapsáno 2000.

HEIJN, Daan. The High Line, New York. In: Urban green - blue grids [online]. Nizozemsko, 2011 [cit. 2020-07-11]. Dostupné z: <https://www.urbangreenbluegrids.com/projects/the-high-line-new-york/>

History. In: High Line [online]. New York [cit. 2020-07-11]. Dostupné z: <https://www.thehighline.org/history/>

HOAG, Hannah. How cities can beat the heat. Nature [online]. 2015, 524(7566), 402-404 [cit. 2020-07-09]. DOI: 10.1038/524402a. ISSN 0028-0836. Dostupné z: <http://www.nature.com/articles/524402a>

JÁSEK, Jaroslav a Jana ALMEROVÁ. Historie kanalizace. In: Pražská vodohospodářská společnost, a.s. [online]. Praha, 2012 [cit. 2020-07-12]. Dostupné z: <http://www.pvs.cz/historie/historie-kanalizace/>

KALNÍKOVÁ, Veronika. Dešťová zahrada. In: Počítáme s vodou [online]. Praha [cit. 2020-07-09]. Dostupné z: <https://www.pocitamesvodou.cz/destova-zahrada/>

LIAO, Kuei-Hsien, Shinuo DENG a Puay Yok TAN. Blue-Green Infrastructure: New Frontier for Sustainable Urban Stormwater Management. In: Greening Cities [online]. Singapore: Springer Singapore, 2017, 2017-03-30, s. 203-226 [cit. 2020-07-09]. Advances in 21st Century Human Settlements. DOI: 10.1007/978-981-10-4113-6_10. ISBN 978-981-10-4111-2. Dostupné z: http://link.springer.com/10.1007/978-981-10-4113-6_10

LIKO-NOE. In: Zelené střechy: Svaz zakládání a údržby zeleně (SVÚZ) [online]. Brno [cit. 2020-07-10]. Dostupné z: <https://www.zelenestrechy.info/green-roof/detail/13>

MACEK, Lubomír, Ladislav ŠVEC a David STRÁNSKÝ. Nakládání s dešťovými vodami ve městě a obcích: Městské odvodnění. Praha: Aquion, 2004. ISBN 80-239-3474-0.

Marina Barrage: Singapore's national water agency [online]. Singapur, 2020 [cit. 2020-07-11]. Dostupné z: <https://www.pub.gov.sg/marinabarrage>

MARKOVIČ, G., M. ZELEŇÁKOVÁ, D. KÁPOSZTÁSOVÁ a G. HUDÁKOVÁ. Rainwater infiltration in the urban areas [online]. 2014-05-14, , 313-320 [cit. 2020-07-11]. DOI: 10.2495/EID140271. Dostupné z: <http://library.witpress.com/viewpaper.asp?pcode=EID14-027-1>

Meteorologická stanice České zemědělské univerzity v Praze: Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů - katedra agroekologie a biometeorologie. Česká zemědělská univerzita v Praze [online]. Praha, 2020 [cit. 2020-07-13]. Dostupné z: <http://meteostanice.agrobiologie.cz/index.php>

Ministerstvo pro místní rozvoj ČR. Vyhláška č. 501/2006 Sb.: Vyhláška o obecných požadavcích na využívání území. Praha. Uděleno 2006.

Montaje Courtyard & Sky Deck. In: Greenroofs.com: Connecting the planet + living architecture [online]. 25.5.2020 [cit. 2020-07-11]. Dostupné z: <https://www.greenroofs.com/projects/montaje-courtyard-sky-deck/>

NAJA, G.M. a B. VOLESKY. Constructed Wetlands for Water Treatment. Comprehensive Biotechnology [online]. Elsevier, 2011, 2011, , 353-369 [cit. 2020-07-11]. DOI: 10.1016/B978-0-08-088504-9.00249-X. ISBN 9780080885049. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B978008088504900249X>

Očekávané dopady změny klimatu v ČR. In: Český hydrometeorologický ústav [online]. 2020b. Praha [cit. 2020-07-09]. Dostupné z: http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/meteo/ok/klimazmena/files/cc_chap11.pdf

OLŠAVSKÝ, Milan. Zelené střechy historie a jejich význam. In: Stavební komunita [online]. Bratislava, 8.6.2012 [cit. 2020-07-10]. Dostupné z: <http://stavebnikomunita.cz/profiles/blogs/zelenestrechy-historie-a-jejich-vyznam>

OŠLEJŠKOVÁ, Marie. Kořenová čistírna odpadních vod. In: Počítáme s vodou [online]. Praha, 2020 [cit. 2020-07-09]. Dostupné z: <https://www.pocitamesvodou.cz/korenova-cistirna-odpadnich-vod/>

Otevřená zahrada. In: Zelené střechy: Svaz zakládání a údržby zeleně (SVÚZ) [online]. Brno [cit. 2020-07-10]. Dostupné z: <https://www.zelenestrechy.info/green-roof/detail/3>

PLOTĚNÝ, Karel. Znovuvyužití šedých a dešťových vod v budovách. In: Asio [online]. 22.8.2013 [cit. 2020-07-09]. Dostupné z: <https://www.asio.cz/cz/207.znovuvyuziti-sedych-a-destovych-vod-v-budovach>

Pozorované změny klimatu. In: Český hydrometeorologický ústav [online]. 2020a. Praha [cit. 2020-07-09]. Dostupné z: http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/meteo/ok/klimazmena/files/cc_chap06.pdf

PRAŽSKÉ VODOVODY A KANALIZACE, A.S. Historie stokování aneb jak to dříve bylo s odpadními vodami? In: Vodní strážci: Pražské vodovody a kanalizace, a.s. [online]. Praha, 2010 [cit. 2020-07-09]. Dostupné z: <https://vodnistrazci.cz/vse-o-vode/o-kanale/historie-stokovani-aneb-jak-to-drive-bylo-s-odpadnimi-vodami.html>

PURVIS, Rebecca A., Ryan J. WINSTON, William F. HUNT, Brian LIPSCOMB, Karthik NARAYANASWAMY, Andrew MCDANIEL, Matthew S. LAUFFER a Susan LIBES. Evaluating the Hydrologic Benefits of a Bioswale in Brunswick County, North Carolina (NC), USA. In: Water [online]. 2019, s. 14 [cit. 2020-07-11]. DOI: 10.3390/w11061291. ISSN 2073-4441. Dostupné z: <https://www.mdpi.com/2073-4441/11/6/1291>

Solar City, Linz, Austria. In: Urban green - blue grids [online]. Nizozemsko [cit. 2020-07-10]. Dostupné z: <https://www.urbangreenbluegrids.com/projects/solar-city-linz-austria/>

- Sonnentor. In: Zelené střechy: Svaz zakládání a údržby zeleně (SVÚZ) [online]. Brno [cit. 2020-07-10]. Dostupné z: <https://www.zelenestrechy.info/green-roof/detail/15>
- Singapore. In: Urban green - blue grids [online]. Nizozemsko [cit. 2020-07-11]. Dostupné z: <https://www.urbangreenbluegrids.com/projects/singapore/>
- ŠÁLEK, Jan. Voda v domě a na chatě: využití srážkových a odpadních vod. Praha: Grada, 2012. Profi & hobby. ISBN 978-80-247-3994-6.
- ŠVEHLA, Pavel, Pavel TLUSTOŠ a Jiří BALÍK. Odpadní vody. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, Katedra agrochemie a výživy rostlin, 2004. ISBN 80-213-1169-x.
- TRNKA, M., Z. ŽALUD, P. HLAVINKA a L. BARTOŠOVÁ. Průvodce klimatickou změnou: 1. kapitola - Klimatický systém Země. In: Klimatická změna [online]. Brno, 2016a [cit. 2020-07-09]. Dostupné z: <https://www.klimatickazmena.cz/cs/vse-o-klimaticke-zmene/pruvodce-zmenou-klimatu/>
- TRNKA, M., Z. ŽALUD, P. HLAVINKA a L. BARTOŠOVÁ. Průvodce klimatickou změnou: 7. kapitola - Jaké bude klima? In: Klimatická změna [online]. Brno, 2016b [cit. 2020-07-09]. Dostupné z: <https://www.klimatickazmena.cz/cs/vse-o-klimaticke-zmene/pruvodce-zmenou-klimatu/>
- URBÁNKOVÁ, Olga. Role uhlíku v půdě a biouhel jako možnost hospodaření v zemědělství. In: Asociace soukromého zemědělství ČR [online]. 1.4.2015 [cit. 2020-07-09]. Dostupné z: <https://www.asz.cz/cs/odborne-clanky-a-analyzy/role-uhliku-v-pude-a-biouhel-jako-moznost-hospodareni-v-zemedelstvi.html>
- VERSINI, P.-A., N. KOTELNIKOVA, A. POULHES, I. TCHIGUIRINSKAIA, D. SCHERTZER a F. LEURENT. A distributed modelling approach to assess the use of Blue and Green Infrastructures to fulfil stormwater management requirements. In: Landscape and Urban Planning [online]. 2018, s. 60-63 [cit. 2020-07-09]. DOI: 10.1016/j.landurbplan.2018.02.001. ISSN 01692046. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0169204618300422>
- VÍTEK, Jiří, David STRÁNSKÝ, Ivana KABELKOVÁ, Vojtěch BAREŠ a Radim VÍTEK. Hospodaření s dešťovou vodou v ČR. Praha: 01/71 ZO ČSOP Koniklec, 2015. ISBN 978-80-260-7815-9.
- Vláda České republiky. Usnesení vlády č. 562: Usnesení vlády České republiky ze dne 23. května 2007 č. 562 o Plánu hlavních povodí České republiky. Praha. Uděleno 23.7.2007.
- Vláda České republiky. Usnesení vlády č. 929: Usnesení vlády České republiky ze dne 20. července 2009 č. 929 o Politice územního rozvoje České republiky 2008. Praha. Uděleno 20.7.2009.
- VYMAZAL, Jan. Kořenové čistírny odpadních vod. Třeboň: ENKI, 2004.
- YU KONYUHOV, V, A M GLADKIH, I I GALYAUDINOV a T YU KISELEVA. Ecological architecture: the green roofs. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science [online]. 2019, 350, 7 [cit. 2020-07-10]. DOI: 10.1088/1755-1315/350/1/012035. ISSN 1755-1315. Dostupné z: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/350/1/012035>

Zelená střecha u Velkého světa techniky v Dolní oblasti Vítkovic v Ostravě. In: Zelené střechy: Svaz zakládání a údržby zeleně (SVÚZ) [online]. Brno [cit. 2020-07-10]. Dostupné z: <https://www.zelenestrechy.info/green-roof/detail/18>

Změna klimatu v ČR. In: Český hydrometeorologický ústav [online]. 2020c. Praha [cit. 2020-07-09]. Dostupné z: http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/meteo/ok/klimazmena/files/cc_chap10.pdf

Seznam použitých zkratk a symbolů

BREAM	Building Research Establishment Assessment Method
ČOV	čistírna odpadních vod
ČZU	Česká zemědělská univerzita v Praze
ČR	Česká republika
EO	ekvivalentní obyvatel
FŽP	Fakulta životního prostředí
HDV	hospodaření s dešťovými vodami
KČOV	kořenová čistírna odpadních vod
LEED	Leadership in Energy and Environmental Design
MZI	Modrozelená infrastruktura
SRES	Special Report on Emission Scenarios

Seznam obrázků

Obrázek 1 Zelená střecha Světa techniky (Zelené střechy 2020d)	24
Obrázek 2 Sonnentor (Zelené střechy 2020c)	24
Obrázek 3 Otevřená zahrada (Zelené střechy 2020b).....	25
Obrázek 4 LIKO-NOE (Zelené střechy 2020a)	26
Obrázek 5 Solar city Linz (Urban green – blue grids 2020c).....	27
Obrázek 6 High Line New York (High Line 2020)	28
Obrázek 7 Marina Barrage Singapur (Urban green – blue grids 2020b).....	28
Obrázek 8 Montaje Courtyard & Sky Deck (Greenroofs.com 2020)	29
Obrázek 9 Vizualizace axonometrie	36
Obrázek 10 Vizualizace extenzivní části	36
Obrázek 12 Vizualizace intenzivní části	37
Obrázek 11 Vizualizace "meeting pointu"	37

Seznam příloh

Příloha 1 Půdorys

Příloha 2 Osazovací plán

Příloha 3 Závaha

Příloha 4 Osazovací plán – nástavba

Příloha 5 Řez A-A', B-B'

Příloha 6 Řez C-C', D-D'

