

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ

KATEDRA APLIKOVANÉ EKOLOGIE



Substráty pro zelené střechy v případě využití šedých vod

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Vedoucí práce: Ing. Tereza Hnátková, Ph.D.

Bakalant: Zuzana Voborová

2020

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Zuzana Voborová

Krajinářství
Územní technická a správní služba

Název práce

Substráty pro zelené střechy v případě využití šedých vod

Název anglicky

Substrates for green roofs in case of use of gray waters

Cíle práce

V rešerši budou definovány základní pojmy, historie a vývoj zelených střech v České republice a v zahraničí. Bude vytvořen základní přehled jednotlivých typů a rozlišení funkcí zelených střech, dále bude popsáno složení jednotlivých vrstev a jejich funkce. Zvláštní důraz bude kladen na výběr funkčního substrátu s ohledem na charakter závlahy, který bude schopen zajistit zdravý růst rostlin. Volba vhodného substrátu by měla být přizpůsobena stavebním podmínkám daného místa. Substráty budou hodnoceny také z hlediska aktivní podpory v případě využití šedých vod k závlaze.

Cílem práce je komplexní popis, zhodnocení a uspořádání všech získaných informačních zdrojů (tzn. dostupné literatury, pramenů a ostatních zdrojů), které se týkají tématu práce – zelená střechy zejm. ve vazbě na problematiku závlah šedými vodami. V práci budou shromážděny a následně vyhodnoceny získané informace formou literární rešerše.

Metodika

Práce bude zpracována formou literární rešerše, která bude vycházet z prostudování literárních pramenů odborné a doporučené literatury, včetně internetových a ostatních dostupných zdrojů. Pro získání více informací budou také osloveny firmy zabývající se realizacemi zelených střech. Tyto získané informace budou sloužit k získání základního přehledu v daném tématu zelená střecha.

Doporučený rozsah práce

35 stran

Klíčová slova

zelená střecha, vertikální zahrada, substrát, šedá voda, rostlina

Doporučené zdroje informací

DE-VILLE, S., a kol. The impact of green roof ageing on substrate characteristics and hydrological performance. *Journal of Hydrology*, 2017.

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

SVOBODA, Z. – CHALOUPKA, K. *Ploché střechy : praktický průvodce*. Praha: Grada, 2009. ISBN 978-80-247-2916-9.

ŠÍMEČKOVÁ, J., VEČEŘOVÁ, I. Zelené střechy – naděje pro budoucnost. Brno: Svaz zakládání a údržby zeleně, 2010. ISBN 978-80-254-9123-2.

YOUNG, T., a kol. Importance of different components of green roof substrate on plant growth and physiological performance. *Urban Forestry & Urban Greening*, 2014.

Předběžný termín obhajoby

2019/20 LS – FŽP

Vedoucí práce

Ing. Tereza Hnátková, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra aplikované ekologie

Elektronicky schváleno dne 6. 2. 2020

prof. Ing. Jan Vymazal, CSc.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 11. 2. 2020

prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.

Děkan

V Praze dne 23. 06. 2020

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma: Substráty pro zelené střechy v případě využití šedých vod vypracovala samostatně a citovala jsem všechny informační zdroje, které jsem v práci použila a které jsem rovněž uvedla na konci práce v seznamu použitých informačních zdrojů.

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

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

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

V Praze dne 23. 6. 2020

Voborová Zuzana

Poděkování

Ráda bych poděkovala Ing. Tereze Hnátkové, Ph.D. za ochotu při poskytování odborných rad a za čas, který mi věnovala při konzultacích k bakalářské práci. Také bych moc ráda poděkovala své rodině, která mě při celém studiu podporovala.

Abstrakt

Bakalářská práce je zaměřena na využití a funkci střešních zahrad s ohledem na vhodně zvolenou kombinaci substrátu a vyhovující druhy vegetace, volbu materiálů v jednotlivých vrstvách a závlahu s možností využití šedé vody. Potřebné informace byly získány z odborných zahraničních i českých zdrojů. V práci je také popsána historie střešních zahrad, legislativa týkající se zelených střech, vliv klimatu a geografického umístění. V práci jsou zmíněny technické údaje a popis typů materiálů jednotlivých vrstev vegetačního souvrství a souvrství střešního pláště u zelených střech.

Klíčová slova: zelená střecha, vertikální zahrada, substrát, šedá voda, rostlina.

Abstract

This bachelor thesis is focused on the use and function of roof gardens with regard to a suitably chosen combination of substrate and suitable types of vegetation, the choice of materials in individual layers and irrigation with the possibility of using gray water. The necessary information was obtained from professional foreign and Czech sources. The work also describes the history of roof gardens, legislation on green roofs, the impact of climate and geographical location. The work mentions technical data and a description of the types of materials of individual layers of the vegetation layer and the roof layer of green roofs.

Key words: green roof, vertical garden, substrate, gray water, plant.

OBSAH

1. Úvod.....	9
2. Cíl práce	10
3. Definice základních pojmů	11
4. Historie zelených střech a fasád	14
4.1 Problematika ve světě od počátků až po současnost	14
4.2 Historie na území našeho státu od minulosti až po současnost	19
5. Česká legislativa.....	22
5.1 Zákony	22
5.2 Normy	24
5.3 Standardy pro zelené střechy.....	26
5.4 Dotační programy.....	26
6. Základní přehled typů, funkcí, význam zelených střech	27
6.1 Funkce a význam zelených střech.....	27
6.1.1 Regulace teploty	28
6.1.2 Regulace vlhkosti.....	29
6.1.3 Podpora biodiverzity	29
6.1.4 Estetické hledisko	29
6.1.5 Redukce hluku	30
6.1.6 Zlepšení kvality vody.....	30
6.1.7 Znečištění ovzduší	30
6.2 Rozdělení zelených střech	31
6.2.1 Podle druhu použité vegetace.....	31
6.2.2 Podle přístupnosti	34
6.2.3 Podle skladby vegetačního souvrství	34
6.2.4 Podle sklonu / spádu.....	35
7. Popis a složení jednotlivých vrstev.....	36
8. Materiály	39
8.1 Souvrství střešního pláště	39
8.2 Vegetační souvrství.....	39
9. Substráty pro zelené střechy.....	44

10. Vztah zelených střech ke klimatu a srážkám vzhledem ke geografickému umístění	49
11. Šedá voda	50
11.1 Definice	50
11.2 Metody úpravy a čištění.....	51
12. Závlaha.....	54
13. Péče o zelené střechy a jejich údržba.....	55
14. Výsledky	56
15. Diskuze.....	57
16. Závěr	60
17. Seznam literatury.....	60
18. Přílohy	69

1. Úvod

Vzhledem ke klimatickým změnám je v současné době důležité využití zelených střech k ochlazování a zlepšení ovzduší v městských aglomeracích. Střechy budov pokrývají přibližně 25 % z celkové rozlohy města. Výstavbou zelených střech se částečně nahradí ubývání zelených ploch. Zelené střechy a fasády snižují energetickou náročnost budov s ohledem na ochlazování a vytápění. Správná volba materiálu jednotlivých vrstev může prodloužit životnost střechy. Důležitou roli hraje správný výběr typu substrátu. Do střešního substrátu je možné zužítkovat recyklovaný stavební odpad (cihly a dlažba), odpad z ČOV (jíl a splaškový kal) nebo odpad z průmyslu (recyklovaný papír, odpad z těžby vápence). Substrát obsahuje organickou a anorganickou složku. Množství obsahu organické složky ovlivňuje růst vegetace. Zelené střechy je možné využít k úpravě šedých vod vzniklých v domácnostech a k zadržení dešťové vody. Zelené střechy poskytují prostor pro relaxaci, pro vypěstování drobných plodin a částečně nahradí chybějící životní prostor pro hmyz.

2. Cíl práce

V rešerši budou definovány základní pojmy, historie a vývoj zelených střech v České republice a v zahraničí. Bude vytvořen základní přehled jednotlivých typů a rozlišení funkcí zelených střech, dále bude popsáno složení jednotlivých vrstev a jejich funkce. Zvláštní důraz bude kladen na výběr funkčního substrátu s ohledem na charakter závlahy, který bude schopen zajistit zdravý růst rostlin. Volba vhodného substrátu by měla být přizpůsobena stavebním podmínkám daného místa. Substráty budou hodnoceny také z hlediska aktivní podpory v případě využití šedých vod k závlaze. Cílem práce je komplexní popis, zhodnocení a uspořádání všech získaných informačních zdrojů (tzn. dostupné literatury, pramenů a ostatních zdrojů), které se týkají tématu práce – zelené střechy zejména ve vazbě na problematiku závlah šedými vodami. V práci budou shromážděny a následně vyhodnoceny získané informace formou literární rešerše.

3. Definice základních pojmů

Biotopní ozeleněná střecha

Samovolně ozeleněná střecha (ČERMÁKOVÁ, MUŽÍKOVÁ, 2009).

Dešťová voda

Dle BS 8525-1:2010 je definována jako přirozená srážková voda, které nebyla znečištěna před použitím.

Dvouplášťová střecha

Střecha tvořená dvěma nosnými pláštěmi (vnitřním a vnějším) mezi nimiž je obvykle provětrávaná vzduchová vrstva, napojená na vnější prostředí (ČERMÁKOVÁ, MUŽÍKOVÁ, 2009).

Extenzivní zeleň

Zeleň s malými nároky na péči, která se pěstuje na substrátu o malé mocnosti (ČERMÁKOVÁ, MUŽÍKOVÁ, 2009).

Intenzivní zeleň

Zeleň s vyššími nároky na péči, která se většinou pěstuje na substrátu o vyšší mocnosti (ČERMÁKOVÁ, MUŽÍKOVÁ, 2009).

Jednoplášťová střecha

Střecha tvořená jedním nosným pláštěm oddělujícím vnitřní prostředí od vnějšího (ČERMÁKOVÁ, MUŽÍKOVÁ, 2009).

Kompost

Hnojivo organického původu. Směs vzniká rozkladem rostlinného odpadu a příměsí zeminy v kompostéru (ČESKÝ ZAHRÁDKÁŘSKÝ SVAZ, ©2017).

Mokřadní střecha

Jak uvádí ŠPERLING (2019) mokřadní střecha, je propojení zelené střechy s kořenovou čistírnou, plnící funkci střešní kořenové čističky, která čistí odpadní vodu vyprodukovanou v domě.

Mulč

Vrstva materiálu (drcená kůra, oblázky, zahradní kompost), která slouží pro zachování vláh a zabraňuje růstu plevelů (ČESKÝ ZAHRÁDKÁŘSKÝ SVAZ, ©2017).

Nepochozí střecha

Střecha, u které se předpokládá pohyb osob pouze za účelem kontroly stavu střešního pláště, zařízení na střeše a nezbytné údržby (ČERMÁKOVÁ, MUŽÍKOVÁ, 2009).

Ozeleněná střecha

Střecha, na které roste vegetace (ČERMÁKOVÁ, MUŽÍKOVÁ, 2009).

Pemza

Neboli sopečné sklo, je vulkanická hornina s pórovitou strukturou, bílé barvy (BOOTH, 1996).

Perlit

Sklo vulkanického původu, lehký přírodní materiál s vysokým obsahem vody, který po zahřátí (= expandaci) získá větší objem (HOUŠKA, 2013).

Pochozí střecha

Střecha, u které se předpokládá pravidelný pohyb osob a je určena pro rekreaci a sport (ČERMÁKOVÁ, MUŽÍKOVÁ, 2009).

Polointenzivní zeleň

Zeleň na rozhraní zeleně extenzivní a intenzivní (ČERMÁKOVÁ, MUŽÍKOVÁ, 2009).

Rašelina

Vzniká v rašeliníštích. Rašelina je materiál z odumřelých rostlinných zbytků, který je částečně rozložen, kvůli nedostatku vzduchu (ČESKÝ ZAHRÁDKÁŘSKÝ SVAZ, ©2017).

Spongilit

Lehká pórovitá hornina, druh opuky (ŠVEC, 2014).

Splašková odpadní voda

Dle BS 8525-1:2010 je charakterizována jako odpadní voda z kuchyní, prádelen, koupelen, toalet a podobných prostorů.

Střešní zahrada / zelená střecha / vegetační střecha

Jak se zmiňuje BOHUSLÁVEK, HORSKÝ A JAKOUBKOVÁ (2009) jsou střešní zahrady chápány jako střechy osázené zelení bez ohledu na jejich sklon a druh zeleně a které slouží k pobytu a pohybu osob. Dále je ČERMÁKOVÁ, MUŽÍKOVÁ (2009) popisuje jako střechy, na nichž je vybudovaná zahrada, tak jako by byla na rostlém terénu. BURIAN ET AL. (2016) je definuje jako střechy, které pokrývá vegetační souvrství s vegetací. Všechny tři pojmy vyjadřují totéž, jsou dovolené, rovnocenné a obecně zavedené.

Střešní zeleň

Dle ČSN 83 9001 je definována jako zeleň na střeších nadzemních budov, která je zařazena do zeleně na konstrukcích.

Substrát

Dle ČSN 83 9001 se substrát definuje jako uměle připravená směs z organických a anorganických materiálů (komponentů) s vhodnými biologickými a fyzikálně chemickými vlastnostmi, které jsou vhodné pro správný vývoj a růst rostlin. Naopak MINKE (2001) jednoduše definuje substrát jako nosnou vrstvu pro vegetaci, která slouží k zakořeňování rostlin.

Šedá voda

Dle BS 8525-1:2010 je definována jako splašková odpadní voda neobsahující fekálie a moč.

Vegetace

Je soubor rostlin tvořící pokryv zelené střechy (BURIAN ET AL., 2016).

Vegetační souvrství

Soubor funkčních vrstev, které svými vlastnostmi a společným působením tvoří vhodné a trvalé prostředí pro život a růst rostlin (BURIAN ET AL., 2016).

Vermikulit

Jedná se o přírodní vrstvený minerál, který vznikl zvětráváním slídy. Mezi jeho vlastnosti patří zlepšení kvality substrátu a výborná absorpce vody a živin (ČESKÝ ZAHRÁDKÁŘSKÝ SVAZ, ©2017).

Vertikutace

Činnost, pomocí které se prožívá povrch trávníku vertikutátorem. Výsledkem jsou opatření podporující odnožování trav, omezení růstu plevelů tvořících růžice, růstu mechů a odstraňování stařin (ČERMÁKOVÁ, MUŽÍKOVÁ, 2009).

Zatravněná střecha

Ozeleněná střecha s travní plochou (ČERMÁKOVÁ, MUŽÍKOVÁ, 2009).

Zeolit

Vulkanický hlinito-křemičitý minerál, který má mikroporézní pravidelnou strukturu, podobnou včelí plástvi. Výborně zadržuje vodu, filtruje škodlivé látky a dodává živiny do substrátu (JIRÁT, 2017).

4. Historie zelených střech a fasád

4.1 Problematika ve světě od počátků až po současnost

Ve světovém měřítku byl zaznamenán největší rozvoj a rozšíření zelených střech až v posledních desetiletích. I když vegetace na střechách není z historického pohledu považována za žádnou novinku. Historie prvních zelených střech sahá hluboko do minulosti. Zelené střechy jsou známy již od vzniku lidstva. Když lidé opustili svá obydlí umístěná v jeskyních a skalních trhlínách, které je chránily před nepříznivými přírodními vlivy, začali si stavět první příbytky se střechami. Na stavbu střech bylo použito splétané proutí a větve. Později si lidé začali budovat první chatrče. Střechy utěšňovali jílem a drny, protože hlavním cílem bylo udržení tepla v příbytku. Postupem času a díky vhodným přírodním podmínkám, začala na střechách z náletů semen rostlin vyrůstat zeleň, která chatrče ještě více izolovala proti drsnému podnebí (ŠIMEČKOVÁ, VEČEŘOVÁ, 2010).

Důvody vzniku prvních ozeleněných střech byly pouze praktické, vznikaly jako ochrana před působením klimatických podmínek. V minulosti ozeleněné střechy

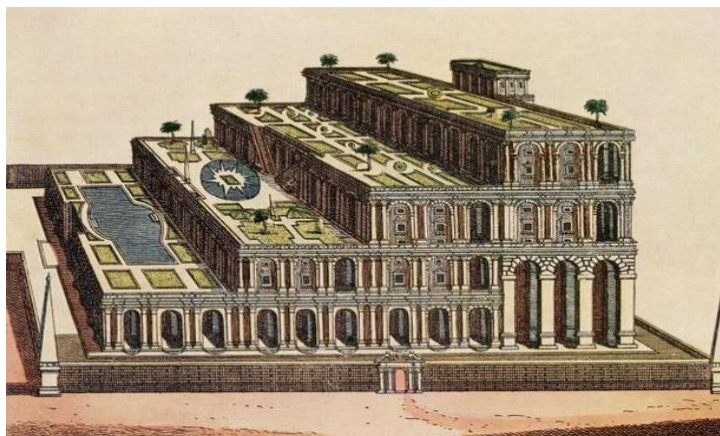
vznikaly v oblastech s rozdílným podnebím, jako je Island, Faerské ostrovy, Skandinávie, Kanada, USA, Tanzanie nebo Guatemala. Pro zakrytí střech byla používána vegetace jako lehce dostupný materiál s dobrými izolačními schopnostmi. V chladných podmínkách byly zelené střechy využívány pro zvýšení funkce akumulace tepla, dále sloužily jako ochrana proti chladu a výborně odolávaly nepříznivým povětrnostním podmínkám. Příkladem je Island, kde příbytky nebyly vytápěny. Jediným zdrojem tepla bylo teplo uvolňující se uvnitř stavby z lidí a zvířat. V teplých podmínkách byly zelené střechy využívány k ochlazení vnitřního prostoru obydlí (ČERMÁKOVÁ, MUŽÍKOVÁ, 2009).

Existence vegetace na střešních ozeleněných zahradách byla prokázána již ve starověku při vykopávkách ve městě Ninive z doby panování krále Šalamouna (929–917 před naším letopočtem) (BURIAN, ONDŘEJ, 1992).

Mezi první dochované zmínky o předchůdcích dnešních zelených střech lze považovat střešní sady, které byly objeveny na Blízkém východě v době rozkvětu starověké Mezopotámie. Za oblast vzniku ozeleněných střech tedy můžeme zřejmě považovat oblast Asýrie a Babylonu. Při vykopávkách mezi řekami Eufратem a Tigridem byly nalezeny reliéfy z přelomu 8. a 7. století před naším letopočtem, které zobrazují několikpatrové ozeleněné terasy s vlastním zavlažovacím systémem (ČERMÁKOVÁ, MUŽÍKOVÁ, 2009).

Nejnámější jsou legendární visuté zahrady královny Semiramis, které byly díky své kráse a velkoleposti zařazeny mezi sedm divů světa. Tato stavba je dodnes považována za vrchol stavitelského a zahradnického umění té doby. Visuté zahrady královny Semiramis byly pravděpodobně vybudovány v 6. století před naším letopočtem za vlády syrského krále Nabukadnesara II., v Babyloně, v hlavním městě Mezopotámie (dnes na území Iráku). Stupňovité zahrady a terasy byly propojeny schodišti. K vybudování visutých zahrad byla použita speciální zděná stupňovitá konstrukce s klenbami. Tento stavební prvek patřil v té době mezi novinky. Jako tepelně izolační vrstva na střešních konstrukcích byla použita vrstva rákosu zalitého asfaltem. Hydroizolační vrstvu tvořily olověné pláty. Nad olověnými pláty byla umístěna zemina, ve které byly vysázeny různé druhy rostlin od trvalek, přes popínavé rostliny až po keře a stromy. Závlaha byla vyřešena v podobě zavodňovacích kanálů, které poskytovaly vegetaci trvalý přísun vláhy. Voda se dostávala do zavodňovacích kanálů díky ohromnému výtlačnému kolu, které poháněli otroci (ČERMÁKOVÁ, MUŽÍKOVÁ, 2009).

Při výstavbě zelených střech si babylónští stavitelé velmi dobře poradili se dvěma základními problémy, které jsou důležité i v současnosti, a to s dokonalou izolací střešní konstrukce a zajištění dostatečného množství vody pro zeleň (BURIAN, ONDŘEJ, 1992).



Obrázek 1: *Visuté zahrady Semiramidiny, Babylón, Mezopotámie (zdroj: URL 1).*

Právě tak důležitý prvek, jako je voda, se stal pro starověké město Babylon včetně jeho ozeleněných zahrad osudnou. Při velké povodni se namočily zdi, které byly postaveny z nepálených cihel, a celé město se sesunulo k zemi. Ozeleněné střechy se po pádu Mezopotámie přenesly na evropský kontinent do řecké a římské říše. Ve starém Římě se střešní zahrady staly nezbytnou součástí většiny patricijských domů a paláců (ČERMÁKOVÁ, MUŽÍKOVÁ, 2009).

Cílem římských architektů bylo obohatit město o zeleň, ale ceny pozemků byly vysoké, a tak jediné vhodné řešení bylo přemístit zahrady na střechy, aby nezabíraly další pozemky. Šlo tedy o módní záležitost, díky které bohatí lidé prokazovali své postavení ve společnosti a majetkové poměry. Na střeších se objevovaly ovocné stromy, nádrže na vodu a někdy i jezírka s rybami. Chudší obyvatelé pokračovali v trendu výstavby zelených zahrad tím, že budovali na střeších svých domů malé terasovité zahrady. V té době bylo velmi rozšířené a oblíbené pěstování rostlin ve velkých keramických nádobách (ŠIMEČKOVÁ, VEČEŘOVÁ, 2010).

Zajímavostí je terasově řešená hrobka krále Augusta z roku 28 před naším letopočtem, která byla vybudována v Římě. Stavitelé použili plochou střechu jako střešní zahradu, kde byly pěstovány okrasné rostliny. Květiny a cypřiše byly pěstovány ve velkých nádobách, které bylo možné přenášet. Další nalezené stopy po výstavbě zelených střech byly nalezeny při vykopávkách v Pompejích. Za zmínku stojí Diomedův palác nebo Sallucův dům, kde byla plochá střecha využita jako

přírodní solárium nebo terasy, na kterých byly pěstovány dekorativní dřeviny a trvalky (ČERMÁKOVÁ, MUŽÍKOVÁ, 2009).

Později římská kultura začala postupně zanikat a rozvoj střešních zelených zahrad byl pozastaven asi na 400 let. Teprve v době renesance se navázalo na staré tradice a vývoj střešních zahrad opět stoupal vzhůru zejména v Itálii. Kolem roku 1400 byl ve Florencii postaven palác Medicejských „Villa Careggi“ se střešní zahradou a terasami o rozloze 1000 m². Nárůst podobných staveb byl zaznamenán i v dalších evropských zemích, například ve Francii (BURIAN, ONDŘEJ, 1992).

V období baroka se rozvíjejí střešní zahrady pouze o prostorové a ozdobné prvky. Příkladem té doby je střešní zahrada na paláci kardinála Lamberga v Pasově, která se vyznačovala novým konstrukčním prvkem, což byla stěna na návětrné straně, která měla ozdobnou a ochrannou funkci. V 17. století byl zaznamenán vznik prvních teoretických prací zabývajících se zelenými zahradami na střeších staveb (BURIAN, ONDŘEJ, 1992).

Později se výstavba ozeleněných střech a teras rozšiřuje hlavně do Itálie. Dokonce některá italská města přijala stavební pravidla, v nichž se nařizuje stavět ozeleněné střechy (ČERMÁKOVÁ, MUŽÍKOVÁ, 2009).

Ve středomoří byla hojně využívána popínavá zeleň, zejména vinná réva, která objekt zvenku chránila proti vysokým teplotám a slunečnímu záření. V 17. a 18. století se využití popínavých rostlin rozšířilo i do ostatních evropských zemí, například v Norsku sloužila popínavá vegetace ke zvýšení tepelné izolace (CASCONI, 2019).

Zelené střešní zahrady se rozšiřují do Německa, Francie a Anglie, kde představují moderní prvek. V dochovaných spisech ze 17. století bylo objeveno doporučení, aby se šikmé střechy nahrazovaly plochými ozeleněnými střechami, které budou sloužit lidem k relaxaci (ČERMÁKOVÁ, MUŽÍKOVÁ, 2009).

Dalším významným bodem ve vývoji ozeleněných střešních zahrad a celého stavitelství se stal rok 1867, kdy byl vynalezen železobeton. Železobeton je kompozitní materiál, který se skládá z betonu a ocelové nebo železné výztuže. Vynález tohoto materiálu pomohl vyřešit nejen problém s pevností, ale umožňoval snadnější řešení střešních pláštů, bezpečnější uložení vodoinstalace. Velkou výhodou bylo značné prodloužení životnosti konstrukčních prvků, které se týkalo nejen střech, ale i celých budov. Z prvních budov, kde byl použit železobeton, můžeme uvést ozeleněnou střešní zahradu nájemního domu v Lombardii z roku 1887 (BURIAN, ONDŘEJ, 1992).

V rozvoji stavebnictví, se v souvislosti s přístupem k ozeleňování střech, stal dalším důležitým mezníkem rok 1923. Významný švýcarský architekt, žijící ve Francii, jménem Le Corbusier (vlastním jménem Charles – Édouard Jeanneret), uvedl svůj názor: „Střešní zahrady se stanou vyhledávanými místy v domě a budou znamenat navrácení zastavěné plochy městu“. Jeho myšlenka se stala pro mnoho dalších architektů 20. a 21. století stěžejním bodem. Uvědomovali si, že novou výstavbou jsou krajině ubírány plochy, které je možné navrátit vybudováním ozeleněných střech. Téhož roku mezinárodně uznávaný architekt Le Corbusier zveřejnil svou další myšlenku: „Končí doba, kdy střešní zahrada byla spíše kuriozitou než skutečnou potřebou. V budoucnu by měla mít střešní zahrada a všechny její prvky podstatný vliv na životní prostředí města jako celku i na prostředí samotného bydlení.“ Střešní zahrady se staly nedílnou součástí moderní architektury. Přibližně ve stejném období se v Americe stala metoda ozeleňování střech důležitou součástí urbanistických koncepcí. Jedním z významných zástupců je americký architekt Frank Lloyd Wright, který uplatňoval ve svých projektech zelené střechy jako výrazný architektonický prvek propojení staveb s přírodou (ČERMÁKOVÁ, MUŽÍKOVÁ, 2009).

Do čtyřicátých let 20. století vzniká po celém světě velký nárůst počtu střešních a terasových zahrad. S výstavbou střešních zelených zahrad, se objevují problémy ve stavebním a konstrukčním řešení střech, například nadměrné zatížení střech zeminou, velká hmotnost stavebních prvků, a není úplně definována vhodnost půdních typů substrátů a rostlin. Některé z těchto problémů vyřešil rozvoj průmyslové chemie, hlavně vývoj a výroba plastových hmot, který nastal po skončení druhé světové války. Na začátku druhé poloviny 20. století byl zaznamenán velký nárůst významných budov, které byly projektovány již se střešními zelenými zahradami. Jako příklad je možné uvést obchodní dům s ozeleněnou střechou v anglickém městě Guilfordu, budovu Státního muzea se střešní a terasovou zahradou v americkém Oaklandu nebo vegetaci na střeše hlavního nádraží z roku 1964 ve švýcarském Bernu. Na území západní Evropy dochází v sedmdesátých a osmdesátých letech 20. století k nárůstu budování staveb se střešní zelení. Populárními se staly zejména v kulturně a technicky vyspělých státech jako je Švýcarsko, Německo a Rakousko (BURIAN, ONDŘEJ, 1992).

Za hlavního světového průkopníka ve výstavbě zelených střech je považováno Německo, kde byl navržen, vyvinut a proveden výzkum zaměřený na substráty, biologickou rozmanitost a konstrukci střech (CASCONI, 2019).

Budovy se střešní vegetací vznikaly jako prostředky, díky kterým byl snižován negativní dopad na životní prostředí neboli jako prostředky tzv. ekologizace.

V průběhu osmdesátých let došlo na území západního Německa k rozkvětu v oblasti extenzivního ozelenování plochých střech. Základní myšlenkou systému je osázení střech vegetačním pokryvem na nízkých vrstvách zeminy, jedná se o levné provedení. Zmiňovaný systém byl odborníky v Německu definován jako plošné ozelenění s vegetačními formami. Toto ozelenění nevyžaduje téměř žádnou údržbu a představuje společenstvo blízké společenstvům rostlin v přirozených stanovištích. Na malých vrstvách substrátu vytváří trvalý a zapojený rostlinný pokryv. Zásobování vodou a živinami se děje přirozenými přírodními procesy (BURIAN, ONDŘEJ, 1992).

Jedním z velmi významných průkopníků v oblasti zelených střech, je profesor Dr. Ing. Gernot Minke, který v roce 1978 vyvinul první systém ozelenění šikmých střech. Zajímavostí je, že v Německu v roce 1989 vzniklo 1 000 000 m² ozeleněných střech. V některých oblastech Německa je povinností ozelenit střechy průmyslových budov. Ve Švýcarsku je dané zákonem ozelenovat vegetací střechy všech novostaveb (ČERMÁKOVÁ, MUŽÍKOVÁ, 2009).

V současnosti je výstavba zelených střech ve světě velmi populární a rozšířená, například v Německu v roce 2015 vzrostla plocha zelených střech a fasád o 8 miliónů m² oproti roku 2014 (tabulka 1) (CASCON, 2019).

Tabulka 1: Přehled zelených střech v Evropě

STÁT	PLOCHA ZELENÉ STŘECHY		ZASTOUPENÍ	
	Celková plocha v roce 2014 [m ²]	Nová plocha v roce 2015 [m ²]	Extenzivní střecha [%]	Intenzivní střecha [%]
Rakousko	4 500 000	500 000	73	27
Německo	86 000 000	8 000 000	85	15
Maďarsko	1 250 000	100 000	35	65
Skandinávie	-	600 000	85	15
Švýcarsko	-	1 800 000	95	5
Velká Británie	3 700 000	250 000	80	20

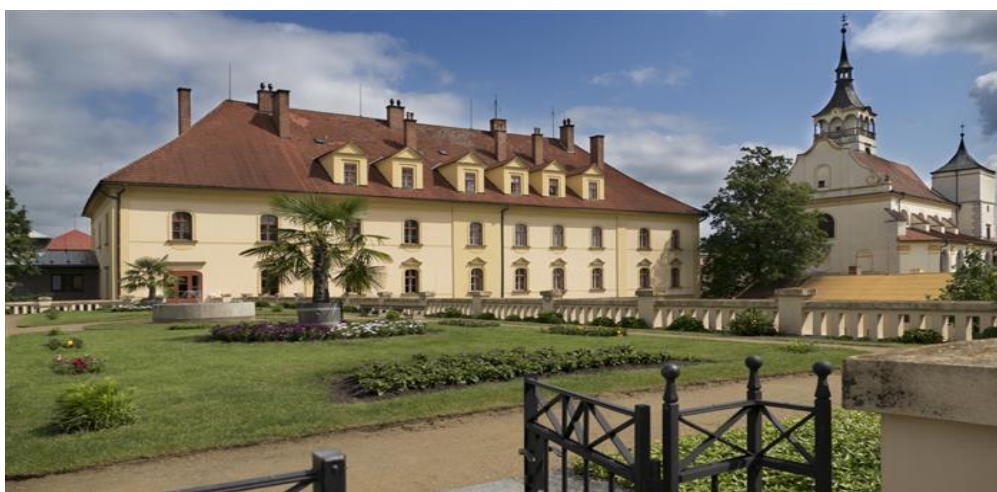
Zdroj: CASCON, 2019, modifikováno (upraveno autorem).

4.2 Historie na území našeho státu od minulosti až po současnost

Přibližně od druhé poloviny 19. století byly na našem území vedeny záznamy o záměrném zakládání zelených střešních zahrad. Výstavba ozeleněných zahrad byla prováděna na střechách nebo terasách domů obyvatel z bohatších vrstev.

Nejvýznamnější dochovanou historickou stavbou na území našeho státu je nejstarší střešní zahrada na zámecké konírně v Lipníku nad Bečvou (ŠIMEČKOVÁ, VEČEŘOVÁ, 2010).

V roce 1863 vznikly první návrhy střešní zahrady pod vedením stavitele Josefa Ziaka (Žáka) a zahradníka Ferdinanda Wenzla. Podle Žákova návrhu byla provedena rekonstrukce terasy na střeše bývalých stájí západního dvorního křídla. Díky dlouhodobému užívání terasy vznikly závady, a na začátku 20. století byla střešní zahrada na terase upravena. V průběhu let 2005–2006 byla nutná kompletní rekonstrukce celého objektu (ČERMÁKOVÁ, MUŽÍKOVÁ, 2009).



Obrázek 2: Nejstarší střešní zahrada v ČR – zámek Lipník nad Bečvou (zdroj: URL 2).

Dalším příkladem je střešní (terasová) zahrada, která byla postavena na konci 19. století na zámku Konopiště (BURIAN, ONDŘEJ, 1992).

Terasa s vegetací má spád 2 %, což je asi 90 výškových centimetrů na celou její délku. Zámek Konopiště byl stavebně upraven na rodinné sídlo po roce 1887, když ho zakoupil rakouský arcivévoda František Ferdinand d'Este od rodu Lobkoviců. Po rekonstrukci byla terasa údajně osázena mnoha keři a uprostřed se nacházelo posezení. Po smrti Františka Ferdinanda d'Este stavební práce ustaly. V roce 1921 byl zámek Konopiště zkonfiskován a připadl do vlastnictví Československé republiky a následně byl zpřístupněn veřejnosti. Po celou dobu užívání nebyla řešena ochrana proti vodě, půda o mocnosti 1,2 m byla rozložena přímo na klenbě. Po roce 1970 proběhla oprava terasy z důvodu průsaku a pronikání vody do zdí. Rekonstrukce byla provedena dost drasticky a neodborně, bylo poničeno mnoho cenných architektonických a stavebních prvků a po krátké době užívání se opět objevily průsaky vody. V roce 1989 byly průsaky vody zdmí tak intenzivní, že bylo

nutné stavbu veřejnosti uzavřít. V následujících 13 letech bylo navrženo několik možných variant oprav, v nichž byla snaha vyřešit problémy s vlhkostí a odvodněním. Závěrem lze tedy říci, že problémy nastaly díky nedostatečně vedené dokumentaci provedených prací, průběh stavebních úprav byl veden jiným způsobem, než bylo projektováno. Velkým problémem byl způsob vyřešení odvodnění střešní terasy (ČERMÁKOVÁ, MUŽÍKOVÁ, 2009).

Dalším projektem je zachovaný náskres střešní zahrady o rozloze 200 m² na střeše chrudimské továrny pana Chaloupníčka, který vznikl v roce 1921. Později byla v Brně realizovaná malá střešní zahrada na budově České Union banky, tato střešní zahrada se do současnosti nezachovala. Podle návrhu architekta Richarda Podzemného vznikla ve třicátých letech v Praze – Dejvicích střešní zahrada na „skleněném domě“. Zelená zahrada existovala až do začátku šedesátých let (BURIAN, ONDŘEJ, 1992).

Pod vedením architekta F. Karlíka vznikla ve Zlíně, v roce 1938 střešní zahrada na administrativní budově firmy Baťa. Období druhé světové války znamenalo útlum ve vývoji stavitelství nejen pro území České republiky, ale i pro okolní státy (ČERMÁKOVÁ, MUŽÍKOVÁ, 2009).

V poválečném období byla zakládána „střešní zeleň“, která nebyla považována za střešní, protože vznikala v přízemních prostorách (parterech) zahrad v městských částech. Jako příklad je možné uvést terasu Jízdárny Pražského hradu, pod níž jsou vybudovány garáže. Rozvoj typických střešních nebo terasových zahrad předznamenávají například tyto objekty: z roku 1976 hotel Thermal v Karlových Varech, obchodní dům Prior v Brně z roku 1984, nebo budova hotelu Intercontinental v Praze z období let 1991–1992. Od počátku devadesátých let 20. století již není možné evidovat nově vznikající střešní ozeleněné zahrady. Budování střešních zelených zahrad se stalo běžnou součástí výstavby, tak jako v sousedním Německu na konci sedmdesátých let 20. století (BURIAN, ONDŘEJ, 1992).

Tabulka 2: Přehled přírůstku zelených střech v ČR v letech 2017-2018

ROK	PŘÍRŮSTEK PLOCHY ZELENÉ STŘECHY [m ²]	ZASTOUPENÍ			
		EXTENZIVNÍ STŘECHA [%]	INTENZIVNÍ STŘECHA [%]	EXTENZIVNÍ STŘECHA [m ²]	INTENZIVNÍ STŘECHA [m ²]
2017	195 000	77	23	150 150	44 850
2018	247 000	77	23	194 000	53 000

Zdroj: <https://www.zelenestrechy.info/novinky>, 2019, modifikováno (upraveno autorem).

5. Česká legislativa

Pro rozšíření výstavby zelených střech je důležité zajištění legislativy a patřičných norem, které by byly jasně definované. Pro zelené střechy je podstatná i dotační podpora ze strany státních organizací.

5.1 Zákony

Zákon č. 114/1992 Sb., O ochraně přírody a krajiny

Jednou z funkcí střešních zelených zahrad a fasád je podpora biodiverzity ve městech.

§ 1 tohoto zákona vymezuje účel, jak s přírodními zdroji hospodařit, aby byla udržena rozmanitost a rovnováha v přírodě

§ 2, odst. 2, představuje prostředky k zajištění ochrany přírody a krajiny:

- a) tvorbou a ochranou územního systému ekologické stability v krajině
- g) spoluúčastí v procesu územního plánování a stavebního řízení s cílem prosazovat vytváření ekologicky vyvážené a esteticky hodnotné krajiny
- i) ovlivňováním vodního hospodaření v krajině s cílem udržovat podmínky pro život vodních a mokřadních ekosystémů při zachování přirozeného charakteru a přírodě blízkého vzhledu vodních toků a ploch a mokřadů
- j) obnovou a tvorbou nových přírodně hodnotných ekosystémů, například při rekultivacích (ZÁKON č. 114/1992 Sb., O OCHRANĚ PŘÍRODY A KRAJINY, V PLATNÉM ZNĚNÍ).

Zákon č. 254/2001 Sb., O vodách

Při aktuálním suchém období jsou hlavní přednosti zelených střech:

- a) zadržení dešťové vody
- b) regulace odtoku při přivalových deštích
- c) odpařování vody zpět do atmosféry.

§ 1 tohoto zákona určuje ochranu povrchových a podzemních vod, vymezení podmínek pro šetrné využívání vodních zdrojů a pro zachování i zlepšení kvality povrchových a podzemních vod, vytvořit podmínky pro snižování nepříznivých účinků

povodní a sucha, zajištění zásobování obyvatelstva pitnou vodou, a k ochraně vodních ekosystémů

§ 5, odst. 3, představuje základní povinnosti při provádění staveb nebo jejich změn nebo změn jejich užívání. Stavebníci jsou povinni podle charakteru a účelu užívání těchto staveb je zabezpečit zásobováním vodou a jejím odvodem, akumulací a čištěním odpadních vod z nich, zajistit vsakování nebo zadržování a odvádění povrchových vod vzniklých dopadem atmosférických srážek na tyto stavby (ZÁKON č. 254/2001 Sb., O VODÁCH, V PLATNÉM ZNĚNÍ).

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

§ 20, odst. 5, vymezuje stavební pozemek tak, aby na něm bylo vyřešeno:

b) nakládání s odpady a odpadními vodami podle zvláštních předpisů, které na pozemku vznikají jeho užíváním nebo užíváním budov

c) vsak nebo odvod srážkových vod ze zastavěných nebo zpevněných ploch, pokud není v plánu jejich jiné využití, přitom musí být řešeno:

1. přednostně jejich vsakování, v případě jejich možného smísení se závadnými látkami, umístění zařízení k jejich zachycení
2. jejich zadržování a regulované odvádění oddílnou kanalizací do vod povrchových, v případě jejich možného smísení se závadnými látkami umístění zařízení k jejich zachycení
3. není-li možné oddělené odvádění do vod povrchových, pak jejich regulované vypouštění do jednotné kanalizace (VYHLÁŠKA č. 269/2009 Sb., V PLATNÉM ZNĚNÍ).

Zákon č. 312/2019 Sb., mění:

- **Zákon č. 274/2001 Sb., O vodovodech a kanalizacích**

Definuje, jak nakládat se srážkovými vodami, jak je využívat a zpracovávat. Zelené střechy pomáhají díky zadržování dešťové vody, regulovat a ochránit kanalizační systém před přívalovými srážkami.

- **Zákon č. 183/2006 Sb., O územním plánování a stavebním řádu**

§ 18, odst. 1, stanovuje, že cílem územního plánování je vytvářet předpoklady pro výstavbu a pro udržitelný rozvoj území, vztahující se k rovnováze podmínek pro příznivé životní prostředí, pro hospodářský rozvoj a pro soudržnost společenství obyvatel území, který uspokojuje potřeby současné generace, aniž by ohrožoval podmínky života budoucích generací

§ 18, odst. 2, územní plánování zajišťuje předpoklady pro udržitelný rozvoj území soustavným a komplexním řešením účelného využití a prostorového uspořádání území s cílem dosažení obecně prospěšného souladu veřejných a soukromých zájmů na rozvoji území

§ 18, odst. 4, územní plánování ve veřejném zájmu chrání a rozvíjí přírodní, kulturní a civilizační hodnoty území, včetně urbanistického, architektonického a archeologického dědictví. Současně chrání krajinu jako důležitou složku prostředí života obyvatel. S ohledem na to stanovuje podmínky pro hospodárné využívání zastavěného území a zajišťuje ochranu nezastavěného území a nezastavitelných pozemků. Zastavitelné plochy se vymezují s ohledem na budoucí rozvoj území

§ 19 definuje úkoly územního plánování:

- d) stanovovat urbanistické, architektonické a estetické požadavky na využívání a prostorové uspořádání území a na jeho změny, zejména na umístění, uspořádání a řešení staveb a veřejných prostranství
- e) definovat podmínky pro provedení změn v území, hlavně pro umístění a uspořádání staveb s ohledem na stávající charakter a hodnoty území
- g) vytvářet v území podmínky pro snižování nebezpečí ekologických a přírodních katastrof a pro odstraňování jejich důsledků, a to především přírodě blízkým způsobem
- o) uplatňovat poznatky zejména z oborů architektury, urbanismu, územního plánování, ekologie a památkové péče (ZÁKON č. 312/2019 Sb., V PLATNÉM ZNĚNÍ).

5.2 Normy

V České republice chybí směrnice, které by určovaly kvalitu návrhů, zhotovení a péči o zelené střechy. Platné technické normy se zaměřují na definici pojmů, kvalitu materiálů a jejich vlastnosti.

Výběr několika norem relevantních pro zelené střechy:

Normy stavební

- **ČSN 73 0532** – *Akustika – Ochrana proti hluku v budovách a související akustické vlastnosti stavebních výrobků – Požadavky*
- **ČSN 73 0540–1** *Tepelná ochrana budov – Část 1: Terminologie*
- **ČSN 73 0540–2** *Tepelná ochrana budov – Část 2: Požadavky*
- **ČSN 73 0540–3** *Tepelná ochrana budov – Část 3: Návrhové hodnoty veličin*
- **ČSN 73 0540–4** *Tepelná ochrana budov – Část 4: Výpočtové metody*
Zaměřuje se na tepelné technické vlastnosti.
- **ČSN 73 0544** - *Tepelně-technické vlastnosti stavebních konstrukcí a budov – Střechy*
- **ČSN 73 19001** - *Navrhování střech – Základní ustanovení*
Definuje bezpečnostní požadavky, sklon střech, vstup na střechu.
- **TNV 95 9011** – *Hospodaření se srážkovými vodami*
(jako doplnění ČSN 73 1910–o způsobu nakládání se srážkovou vodou)
- **ČSN 75 6760** – *Vnitřní kanalizace*
Zaměřuje se na dešťovou vodu.
- **ČSN EN 13948** – *Hydroizolační pásy a fólie – asfaltové, plastové a pryžové pásy a fólie pro hydroizolaci střech – stanovení odolnosti proti prorůstání kořenů rostlin*
- **ČSN EN 12056-3** – *Vnitřní kanalizace – Gravitační systémy – Část 3: Odvádění dešťových vod ze střech – Navrhování a výpočet*
- **ČSN EN 1991-1-1** – *Zatížení konstrukcí – část 1-1: Obecná zatížení – objemová tíha, vlastní tíha a užitná zatížení (DOSTÁL, 2017).*

Normy sadařské

- **ČSN 83 9001** – *Sadovnictví a krajinářství – Terminologie – Základní odborné termíny a definice*
- **ČSN 83 9021** – *Technologie vegetačních úprav v krajině – Rostliny a jejich výsadba*
- **ČSN 83 9031** – *Technologie vegetačních úprav v krajině – Travníky a jejich zakládání*
- **ČSN 839041** - *Technologie vegetačních úprav v krajině – Technicko-biologické způsoby stabilizace terénu – Stabilizace výsevy, výsadbami,*

konstrukcemi ze živých a neživých materiálů, stavebních prvků, kombinované konstrukce

- **ČSN 83 9051** - *Technologie vegetačních úprav v krajině – Rozvojová a udržovací péče o vegetační plochy*
- **ČSN 83 9061** - *Technologie vegetačních úprav v krajině – Ochrana stromů, porostů a vegetačních ploch při stavebních pracích (ČERMÁKOVÁ, MUŽÍKOVÁ, 2009).*

5.3 Standardy pro zelené střechy

V roce 2016 byla v ČR vydána první publikace s názvem: *Standardy pro navrhování, provádění a údržbu – Vegetační souvrství zelených střech*, která představuje souhrn informací o zelených střechách. Brožura byla vydána odbornou sekci Zelené střechy při Svazu zakládání a údržby zeleně (SZÚZ) v Brně za podpory Ministerstva Životního prostředí. Inspirací pro tvorbu standardů byly zahraniční publikace s podobnou tématikou (například: německá směrnice FLL, švýcarská norma SIA 312 a rakouská norma Ö-NORM B 2501).

Standardy definují:

- terminologii
- funkci a rozdělení zelených střech
- rozdělení a popis vegetačního souvrství
- základní a technické informace o střechách s vegetačním souvrstvím
- volba materiálů a druhů vegetace
- péče a údržba

Tato brožura byla nápomocna při rozšíření dotačního programu Nová zelená úsporám (BURIAN ET AL., 2016).

5.4 Dotační programy

- **Nová zelená úsporám**

Rozšířený dotační program Ministerstva životního prostředí, který bude platný do roku 2021, zahrnuje také zelené střechy. Program je funkční již 6 let a hlavním

zdrojem financí jsou Evropské fondy. Projekt je zaměřený na úspory energií. Cílem je zlepšit stav životního prostředí.

Nová zelená úsporám také podporuje například:

- ***výstavbu zelených střech***
finanční podpora: při splnění daných podmínek 800 Kč/m²
- ***využití tepla z odpadní vody***
- ***solární termické a fotovoltaické systémy atd.*** (MŽP, ©2019).

- **Dešťovka**

Dalším významným dotačním programem je program Dešťovka. Projekt byl vyhlášen v dubnu v roce 2017 a je podporován spoluprací Ministerstva životního prostředí a Státního fondu životního prostředí ČR. Cílem programu je zajištění správného udržitelného hospodaření s dešťovou vodou a odpadní vodou vzniklou v domácnostech. Nyní je projekt zaměřen na všechny domácnosti v ČR.

Program Dešťovka podporuje:

- akumulční nádrže (voda uložená v nádržích bude využita na zálivku)
- splachování srážkovou vodou
- recyklace odpadní vody z domácnosti.

Dotace je možné využít na nové akumulční nádrže a také na rekonstrukci nepoužívaných jímek, které budou sloužit jako akumulční nádrže dešťových vod. V dnešní době je nutné vykompenzovat stále rostoucí městskou zástavbu, díky které zanikají přírodní prostory (MŽP, ©2018).

6. Základní přehled typů, funkcí, význam zelených střech

6.1 Funkce a význam zelených střech

V minulosti na území České republiky plnily zelené střechy funkci převážně estetickou. V současnosti, díky klimatickým změnám, se zelené střechy začínají vnímat i z pohledu jejich funkčnosti. V hustě obydlených městech způsobují klimatické

změny velké problémy, jako je například znečištění ovzduší a hluchnost z dopravního průmyslu, malá kapacita kanalizace při přívalových deštích, tepelné ostrovy vzniklé betonovými plochami a v neposlední řadě ztráta biodiverzity. Výstavba zelených střech má kladný dopad na životní prostředí. Díky zvýšení počtu zelených ploch je možné pozitivně ovlivňovat městské mikroklima a koloběh vody (DOSTÁL ET AL., 2017).

Zelené střechy plní široké spektrum funkcí, které se navzájem propojují, proto není možné je posuzovat bez vzájemné vazby. Mezi výhody zelených střech patří:

6.1.1 Regulace teploty

Zelené střechy vyrovnávají rozdíly extrémních teplot, snižují prašnost a zvyšují vlhkost vzduchu podstatně lépe než střechy s holou hydroizolací. Mezi vegetací a okolím dochází k výměně tepelné energie. Listy rostlin je vylučována voda ve formě vodní páry. V období letních dnů mají rostliny na půdním substrátu schopnost ochlazování okolního prostředí (ŠIMEČKOVÁ, VEČEŘOVÁ, 2010).

Jak se zmiňuje SADEGHIAN (2017) za poslední desetiletí došlo k nárůstu průměrných letních teplot v městských aglomeracích. Tyto změny mají za následek zvýšení energií k ochlazování budov. Například v americké Minnesotě ve městě Minneapolis v letním období na budově Ústřední knihovny, kde byla zhotovena zelená střecha, bylo naměřeno 33°C. Na okolních budovách s běžnými střechami dosahovala teplota až 77°C. Podobnou studii provedenou v České republice popisuje ŠIMEČKOVÁ, VEČEŘOVÁ (2010). Měření bylo prokázáno, že v hloubce substrátu 10 cm při venkovní teplotě 30–35 °C dosahuje teplota uvnitř substrátu maximálně 20 °C. Zajímavostí je, že v letním období dosahuje teplota stejných hodnot v prostorách budov přímo pod ozeleněnou střechou stejně jako v prvním patře. Naopak v zimním období a přes noc rostliny teplo produkují. Při venkovních teplotách okolo - 10 °C, bylo pokusem prokázáno, že v hloubce substrátu 5 cm se pohybuje vnitřní teplota v rozmezí od 0 °C do - 1 °C.

Díky tomuto přehřívání dochází ke stoupání teplého vzduchu spolu se směsí prachu a nečistot, které jsou opět vdechovány lidmi. Z důvodů vysokých teplot a znečištění vzduchu dochází k většímu výskytu bouřek, vzniku smogu a ozónu. Na vysoké teploty má velký vliv nejen materiál absorbující teplo, ale také jeho barva (ČERMÁKOVÁ, MUŽÍKOVÁ, 2009).

6.1.2 Regulace vlhkosti

Důležitou funkcí zelených střech je zadržování srážkové vody při přívalových deštích a zpomalení odtoků, tím se výrazně snižuje riziko vzniku povodní (SADEGHIAN, 2017).

Zadržaná voda se během deště a krátce po něm vypařuje a vrací se zpět do ovzduší, což vede ke zlepšení mikroklimatu. Po nasycení celého střešního substrátu dešťovou vodou dochází ke zpomalenému odtoku vody ze střechy. Množství zadržené vody je závislé na skladbě vegetačního souvrství a výšce střešního substrátu. V letním období mají zelené střechy nejvyšší schopnost zadržení srážkové vody. Z celkového ročního množství srážek, zadrží zelené střechy 42–85 % (ŠIMEČKOVÁ, VEČEŘOVÁ, 2010).

Byl proveden výzkum, kde byla posuzována schopnost zelené střechy zadržet klimatické srážky. Studie probíhala v průběhu devíti měsíců a výsledkem bylo, že zelená střecha dokázala zadržet až 60 % srážek (DE-VILLE ET AL., 2017).

Rostliny na zelených střechách mohou ze vzduchu filtrovat nečistoty a prach a tím čistit ovzduší. Částice se zachytávají na povrchu listů a voda ve formě srážek je spláchne do substrátu. Vegetace je také schopna absorbovat plynné škodliviny, aerosoly a těžké kovy (MINKE, 2001).

6.1.3 Podpora biodiverzity

V důsledku výstavby měst ubývá životní prostor pro faunu a flóru. Mezi důležitou funkcí vegetačních střech patří podpoření biodiverzity a vytvoření nových prostorů pro život. Vodní plocha na střeše může sloužit ptákům jako zdroj pití nebo jako místo k ochlazování. Na ozeleněné střeše je možné pěstování chráněných druhů rostlin (ŠIMEČKOVÁ, VEČEŘOVÁ, 2010).

Jak uvádí LANGEMEYER ET AL. (2020) biologickou rozmanitost ve městech podporuje hmyz a ptáci, kteří opylují vegetaci a snižují množství škůdců.

6.1.4 Estetické hledisko

Jak se zmiňuje ŠIMEČKOVÁ (2016) zelené střechy působí příznivě na lidskou psychiku, lidé ve městech je mohou využívat jako příjemná místa k relaxaci a odpočinku. Budováním vegetačních střech se zlepšuje vzhled krajiny a měst.

V zastavěném prostoru vznikají nové plochy zeleně. MINKE (2001) uvádí, že zelené střechy napomáhají ke zlepšení lidské psychiky a pohled do zeleně působí antidepressivně. Vzhled zelené střechy se mění v různém ročním období, ale i vzhledem k počasí.

6.1.5 Redukce hluku

Hlukové znečištění je ve městech způsobeno silniční, železniční a leteckou dopravou. Zvukové znečištění lze minimalizovat:

- hloubkou substrátu
- obsahem vody
- volbou druhu vegetace na střešní zahradě (SADEGHIAN, 2017).

Jak uvádí VAN RENTERGHEM a BOTTELDOOREN (2009) ve studii, kde bylo porovnáváno snížení hluku u extenzivních střech s výškou substrátu 15-20 cm a intenzivních střech s výškou substrátu větší než 20 cm. Výsledkem bylo výrazné snížení hluku u extenzivních střech, naopak u intenzivních střech se intenzita snížení hlučnosti už nijak výrazně nezvýšila.

6.1.6 Zlepšení kvality vody

Zelené střechy slouží k úpravě pH a separaci znečišťujících látek, které jsou obsaženy v kyselých deštích, a tím zlepšují kvalitu dešťové vody na odtoku (SADEGHIAN, 2017).

Jak se zmiňuje VAN SETERS ET AL. (2009) ve studii, byly porovnány vzorky vody na odtoku ze zelené střechy a z běžné střechy. Výzkumem bylo zjištěno, že voda, která odtekla ze zelené střechy, obsahuje nižší koncentrace znečišťujících látek (pevné látky, kovy, živiny, bakterie).

6.1.7 Znečištění ovzduší

Znečištěné ovzduší negativně působí na lidské zdraví. Vegetace na střešních zahradách a fasádách příznivě ovlivňuje ovzduší. Rostliny mají schopnost odstraňovat: znečišťující látky, prach a snížit emise. Odhaduje se, že 2 000 m² neposekané trávy na zelené střeše může odstranit až 4 000 kg částic. Ve skutečnosti

to znamená, že teoreticky 1 m² osázené plochy na střešní zahradě může vyrovnat emisní zatížení z jednoho průměrného benzínového automobilu (ROWE, 2010).

6.2 Rozdělení zelených střech

Zelené střechy je možné dělit do několika skupin dle následujících kritérií: podle druhu použité vegetace, podle přístupnosti, podle skladby vegetačního souvrství, podle sklonu, podle polohy a prostorové vazby na okolní rostlý terén.

6.2.1 Podle druhu použité vegetace

- **Extenzivní zelené střechy**

Extenzivní zelené střechy jsou budovány hlavně z estetického hlediska. Hloubka substrátu je pouze 2-15 cm, většinou je nepřístupná veřejnosti (nepochozí) (ISMAIL ET AL., 2008).

Díky nižší vrstvě substrátu může být použit pouze omezený výběr druhů rostlin (CASCONE, 2019).

Zvolená zeleň musí být odolná extrémním podmínkám, snášet dlouhodobé sucho a krátkodobé přemokření. Jarní období je nejvhodnější dobou pro vysazování vegetace na extenzivní zelené střechy, protože rostliny budou mít dostatek času k zakořenění. Sklon střechy by měl činit minimálně 2 %, protože při menších sklonech, dochází ke vzniku prohlubní. Plošná hmotnost v plně nasyceném stavu je 60-300 kg/m² (ČERMÁKOVÁ, MUŽÍKOVÁ, 2009).

Jedná se tedy o neudržovanou vegetaci s vhodně zvolenými nenáročnými rostlinami (rozchodníky, mechy, netřesky, byliny a suchomilné trávy) (příloha 1) (CHALOUPKA, SVOBODA, 2009).

Hlavními výhodami extenzivních střech jsou nižší investiční náklady, nízká hmotnost, tzn. menší náročnost na konstrukci střechy a nižší náročnost na provoz (zálivka, údržba rostlin). Ve světovém měřítku je tento typ střechy nejvíce využíván (CASCONE, 2019).



Obrázek 3: Extenzivní zelená střecha ve firmě Sonnentor, Čejkovice (zdroj: URL 3).

- **Polointenzivní zelené střechy**

Mají tloušťku substrátu 15-30 cm a jsou přechodným typem mezi střechou extenzivní a intenzivní. Druhy vegetace je možné zvolit shodné s druhy rostlin pro extenzivní střechy a je možné je doplnit o trvalky, nízké dřeviny a keře (příloha 2). Druhy rostlin pro polointenzivní zelené střechy mají vyšší nároky na závlahu, živiny a skladbu vegetačního souvrství (DOSTÁL ET AL., 2017).

Plošná hmotnost v plně nasyceném stavu je v rozmezí 120-350 kg/m². Polointenzivní zelené střechy se většinou budují na pochozích a plochých střechách. V některých zdrojích jsou polointenzivní střechy zařazeny do kategorie extenzivních střech jako náročné extenzivní (ČERMÁKOVÁ, MUŽÍKOVÁ, 2009).

- **Intenzivní zelené střechy**

Mají tloušťku substrátu 30 a více cm a plošná hmotnost v plně nasyceném stavu je 300 a více kg/m² (ČERMÁKOVÁ, MUŽÍKOVÁ, 2009).

Je možné využít pestrou a širokou paletu druhů rostlin, podobně jako v krajině (travníky, trvalky a užitkové rostliny jako je zelenina a ovoce) (DOSTÁL ET AL., 2017).

Díky velké vrstvě substrátu jsou vhodné také malé stromy a keře (příloha 3). Intenzivní zelené střechy vyžadují péči a údržbu ve formě hnojení a závlahy. Jednou z výhod intenzivních zelených střech je vytvoření přirozeného prostředí s rozmanitou biodiverzitou, která slouží lidem k odpočinku a relaxaci. Další výhodou je vysoká retence dešťových srážek. Mezi nevýhody patří větší hmotnost, náročnost na skladbu jednotlivých vrstev a vysoké náklady (CASCONI, 2019).



Obrázek 4: Intenzivní zelená střecha na budově v Campus Science Building D+E, Brno (zdroj: URL 4).

- **Mokřadní střecha**

Je unikátní propojení zelené střechy s kořenovou čistírnou, plnící funkci střešní kořenové čističky, která čistí odpadní vodu vyprodukovanou v domě (ŠPERLING, 2019).

Vhodnou vegetací pro mokřadní střechy jsou mokřadní druhy rostlin, jako jsou například ostřice, orobinec, chrastice rákosovitá nebo kosatec žlutý (příloha 4). Vzhledem plní estetickou funkci a jejich kořeny čistí odpadní vody vzniklé v domácnosti (DOSTÁL, 2020).



Obrázek 5: Mokřadní střecha, Praha – Letná (zdroj: URL 5).

Tabulka 3: Porovnání vlastností extenzivních a intenzivních střech

VLASTNOSTI	EXTENZIVNÍ STŘECHY	INTENZIVNÍ STŘECHY
tloušťka	60-200 mm	140-400 mm
hmotnost	lehká (60-150 kg/m ²)	těžká (180-500 kg/m ²)
druhy rostlin	rozchodníky, byliny, mechy, trávy	trávník, trvalky, keře, stromy
náklady	nižší	vyšší
údržba	nenáročná	náročná
závlaha	pravidelná	pravidelná
přístupnost	nepochozí	pochozí

Zdroj: CASCONE, 2019, modifikováno (upraveno autorem).

6.2.2 Podle přístupnosti

- **Nepochozí zelená střecha**

Střecha, která není určena k pobytu osob, počítá se pouze s pohybem osob určených ke kontrole a údržbě vegetace a střechy. Na nepochozích střechách se volí typ souvrství a druhy zeleně, které potřebují minimální údržbu (DOSTÁL ET AL., 2017).

- **Pochozí zelená střecha**

Střecha, která je určena vyhrazenému množství poučených osob, které jsou pověřeny k pravidelné obsluze zařízení. Aby nedocházelo k poškození zeleně, jsou na tomto typu střechy vybudovány chodníčky z kameniva nebo dlaždic (DOSTÁL ET AL., 2017).

- **Pobyťová zelená střecha**

Je střecha, určena k pobytu a pohybu osob (DOSTÁL ET AL., 2017).

6.2.3 Podle skladby vegetačního souvrství

- **Jednovrstvé vegetační souvrství**

Používá se u šikmých a u extenzivních zelených střech. Základní požadavek na substrát je odvod přebytečné vody a dostatečná propustnost (DOSTÁL ET AL., 2017).

- **Vícevrstvé vegetační souvrství**

Je složeno z několika samostatných funkčních vrstev. Vícevrstvá skladba se využívá u intenzivních zelených střech (DOSTÁL ET AL., 2017).

6.2.4 Podle sklonu / spádu

Sklon střechy je důležitým prvkem při zakládání zelené střechy. Jednou z funkcí střech, je odvod srážkové vody, proto je důležité, aby střecha měla spád a sklon.

- **Plochá střecha**

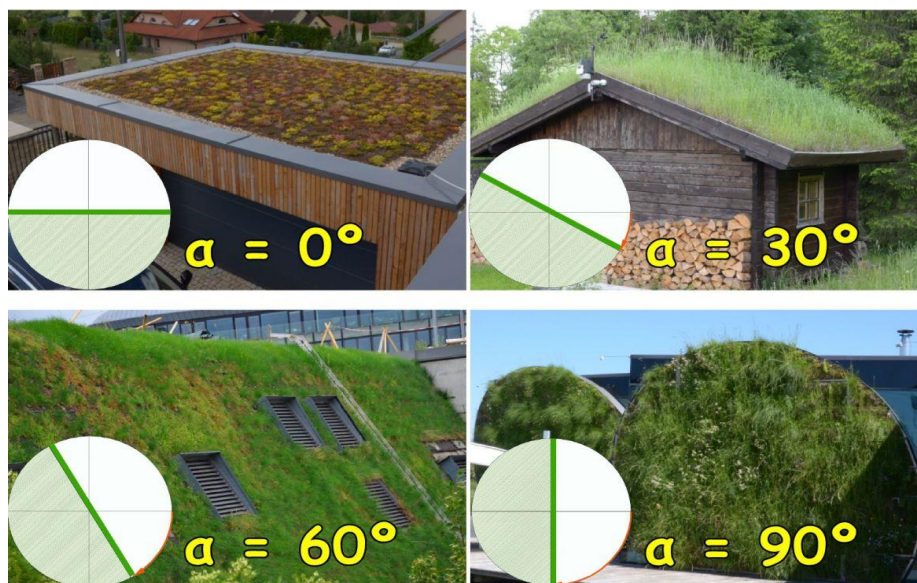
Za plochou střechu je považována střecha s minimálním sklonem (do 5°). Jedním z problémů je odtok přebytečné vody a prosakování vody (ŠIMEČKOVÁ, VEČEŘOVÁ, 2010).

- **Šikmá střecha**

Šikmá střecha je střecha se sklonem vnějšího povrchu více než 5° a může mít sklon až 45°. U střech do sklonu 20° se uvádí, že jsou vhodné k ozelenění a je doporučováno vytvořit zábranu proti sesuvu substrátu. U střech s velkým sklonem je již nezbytné udělat zábranu proti sesuvu substrátu (ŠIMEČKOVÁ, 2016).

- **Strmá střecha**

Strmou střechou je nazývána střecha se sklonem vnějšího povrchu více než 45° a může mít sklon až 90° (DOSTÁL ET AL., 2017).



Obrázek 6: Sklony ozeleněných střech a fasád (zdroj: URL 6).

7. Popis a složení jednotlivých vrstev

Střecha se skládá z mnoha vrstev. Složení střešního souvrství je závislé na mnoha faktorech například na klimatických a geografických podmínkách, na sklonu střechy, na konstrukci objektu a na finančních možnostech. Obecně lze vrstvy na zelené střeše rozdělit na souvrství střešního pláště a vegetační souvrství.

1) Souvrství střešního pláště

Nosná konstrukce střechy by měla odolat zatížení vlastní váhy, hmotnosti vegetačního souvrství a střešního pláště a nahodilým zatížením (vítr, sníh). Nosnost konstrukce musí odpovídat i způsobu využívání střechy (ČERMÁKOVÁ, MUŽÍKOVÁ, 2009).

Parozábrana neboli parotěsná vrstva má funkci zamezení proniknutí vodní páry do souvrství střechy. U zelených střešních je parozábrana důležitou vrstvou, neboť je střecha namáhána stálou vlhkostí (ČERMÁKOVÁ, MUŽÍKOVÁ, 2009).

Tepelná izolace zabraňuje unikání tepla z budovy a vnikání tepla do objektu (ČERMÁKOVÁ, MUŽÍKOVÁ, 2009).

Hydroizolační vrstva je jednou z nejdůležitějších částí střešního souvrství, v případě jejího poškození je nutné odstranit všechny vrstvy, což je složité a nákladné. Jednou z funkcí hydroizolační vrstvy je ochrana budovy před průsakem vody (vodotěsnost). Dlouhodobou životnost hydroizolace ovlivňují vrchní vrstvy, chrání ji před změnou teplot a před slunečním zářením. Pokud hydroizolační vrstva není schopna odolat agresivnímu prorůstání kořenů, je důležité použít vrstvu, která jim odolá (Anti-Root membránu). Vlastností protikořenové vrstvy je vysoká odolnost proti půdním mikroorganismům (CASCONE, 2019).

Ochranná vrstva hydroizolace se vkládá k ochraně hydroizolační vrstvy před mechanickým poškozením během výstavby a provozu (CASCONE, 2019).

2) Vegetační souvrství

Klíčovou roli ve vývoji zelené střechy hraje **drenážní a hydroakumulační vrstva**. Funkcí drenážní vrstvy je odvod přebytečné vody ze substrátu, což vytváří kladné podmínky rostlinám, snižuje zatížení konstrukce střechy a ochraňuje spodní vrstvy. Drenážní vrstva by měla obsahovat 60 % vzduchu, aby se zachoval správný vývoj vegetace, protože postupem času může docházet ke snížení funkce drenážní vrstvy (CASCONE, 2019).

U plochých střech může drenáž sloužit k akumulaci vody, tato vrstva se nazývá hydroakumulační (ČERMÁKOVÁ, MUŽÍKOVÁ, 2009).

Filtrační vrstva odděluje drenážní vrstvu od střešního substrátu. Funkcí filtrační vrstvy je zamezení průniku drobných částic (ze substrátu a zbytků rostlin) do drenážní vrstvy. Při nefunkčnosti filtrační vrstvy by mohlo dojít k ucpání drenáže, proto je důležité provádět kontroly propustnosti (CASCONE, 2019).

Za **střešní substrát** je považována vrstva, ve které rostliny zakořeňují. Vrstva poskytuje zásobu vody a živin (MINKE, 2001).

Vegetace – volba rostlinných druhů k ozelenění střechy je téměř neomezená. Záleží na mnoha faktorech, jako je například nutnost závlahy, intenzita slunečního záření a větru, tepelné podmínky na střeše a výška střešního substrátu (CHALOUPKA, SVOBODA, 2009).

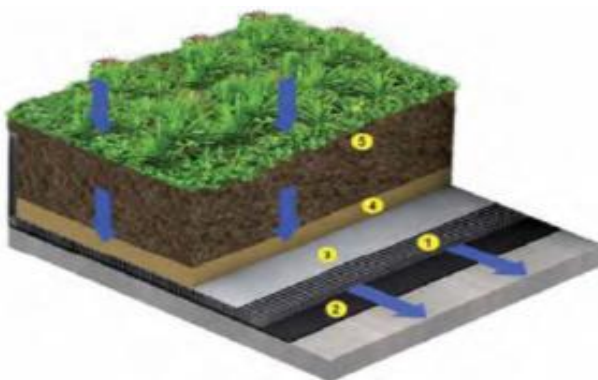
CASCONE (2019) uvádí, že důležitým kritériem je souvislé zakrytí střešního substrátu, aby nedocházelo k větrné a vodní erozi, nadměrnému ohřevu a vysušování půdy.

Jak se zmiňuje THEODOSIOU (2003), výběr rostlin také závisí na jejich výšce a na hustotě a velikosti listů. Jestliže v horkém letním období jsou použity malé rostliny nebo rostliny s malými listy, zvýší se odpar vody z půdy. Při vysazení rostlin s velkými listy, bude odpar z půdy menší a tím se sníží energetická náročnost budovy.

Rozmístění rostlin na střešní zahradě může mít z estetického hlediska různé formy, například solitérní neboli bodovou podobu, trsy, podobu plošnou (využití u extenzivních střech) a podobu kombinovanou (plošná výsadba je doplněna o solitéry nebo trsy). Rostliny je důležité rozmístit tak, aby bylo dosaženo rychlého

zakořenění a souvislého porostu. Je to důležité nejen z estetických důvodů, ale hlavně ke stabilizaci substrátu. Po výsadbě zeleně je nutná pravidelná závlaha (ČERMÁKOVÁ, MUŽÍKOVÁ, 2009).

Jak uvádí WAI CHIN, K. KA (2014) byla provedena studie, jaké rostliny jsou vhodné pro výsadbu na zelené střechy. Bylo zjištěno, že původní vegetace je již přizpůsobena místním podmínkám. Po vysazení na zvolené místo zeleň nepotřebuje tak velkou péči (závlaha a hnojení). Původní rostliny mohou lépe a rychleji obnovit ekosystém přilákáním různých druhů živočichů (hmyz a ptáci). Tyto rostliny mají schopnost rychlejšího rozrůstání a mohou podpořit místní ekologii.



Obrázek 7: Systém vrstev – intenzivní zelená střecha (zdroj: RASUL, ARUTLA, 2020).
(1) drenážní vrstva, (2) hydroizolační vrstva, (3) filtrační tkanina, (4) písek, (5) substrát



Obrázek 8: Systém vrstev – extenzivní zelená střecha (zdroj: RASUL, ARUTLA, 2020).
(1) hydroizolační vrstva, (2) drenážní vrstva, (3) filtrační tkanina,
(4) plastový zadržovací rošt, (5) substrát

8. Materiály

8.1 Souvrství střešního pláště

Železobetonová nosná konstrukce je vhodná pro všechny typy střešní vegetace. Nosné konstrukce z trapézového plechu a dřevěného bednění jsou vhodné pouze k realizaci střechy s extenzivní zelení, protože tyto materiály vydrží nižší zatížení (CHALOUPKA, SVOBODA, 2009).

Parozábrana (parotěsná vrstva) bývá nejčastěji z plastové fólie a asfaltových pásů s hliníkovou fólií (ČERMÁKOVÁ, MUŽÍKOVÁ, 2009).

Tepelná izolace může být vyrobena z pěnového polystyrenu, extrudovaného polystyrenu, z minerální vlny, z polyuretanové pěny nebo z pěnového skla (CHALOUPKA, SVOBODA, 2009).

Hydroizolační vrstva je nejčastěji vyráběna z asfaltových pásů, které poskytují vysokou flexibilitu a rozměrovou stabilitu při změnách teploty (CASCONE, 2019).

Rizikovými místy jsou spoje, proto je do asfaltové hmoty přidáván speciální přípravek, který zabraňuje prorůstání kořenů (ČERMÁKOVÁ, MUŽÍKOVÁ, 2009).

Ochranná vrstva hydroizolace je zhotovována z geotextilie nebo z polystyrenu s minimální tloušťkou 3 mm a odolností proti stlačení. Je možné použít zmiňované materiály jako náhradu za protikořenovou membránu (CASCONE, 2019).

8.2 Vegetační souvrství

Jak uvádí ČERMÁKOVÁ, MUŽÍKOVÁ (2009) na **drenážní vrstvu** může být použit umělý stavební materiál (drcený keramzit). Případně je možné zvolit nopové fólie nebo plastové profilované desky, které lze využít také pro **hydroakumulační vrstvu**.

Dále CHALOUPKA, SVOBODA (2009) uvádí jako vhodné materiály pro hydroakumulační vrstvu výrobky z minerálních vláken, z rašeliny nebo z plastů, které odvádějí nadbytečnou vodu.

RASUL, ARUTLA (2020) preferuje použití přírodního kameniva (štěrk, bentonit, kaolin). Vzhledem k dopadu na životní prostředí je vhodné upřednostnění přírodních materiálů. Naproti tomu CASCONE (2019) dělí použité materiály na drenážní vrstvu podle konzistence na materiály granulované (zrnité) a modulární. Jako granulované materiály se na zelených střechách mohou využívat drcené cihly nebo pemza. Jako modulární materiál je možné použít vysoce pevné syntetické nebo plastové materiály (polyethylen nebo polystyren).

Materiály vhodné pro **filtrační vrstvu** musí mít drobné otvory a vysokou propustnost vody (10x vyšší než substrát). Nejvíce se pro filtrační vrstvu používají geotextilní materiály. Filtrační vrstva může být také vytvořena z granulovaných materiálů, které mají schopnost zvětšit nebo zmenšit svůj objem v závislosti na množství vody (pozzolana, pemza, drcené cihly, perlit) (CASCONE, 2019).

Další možností jsou rohože z minerální čedičové plsti, skelné rohože, sklotextilie, kamenivo nebo kamenná drť (ČERMÁKOVÁ, MUŽÍKOVÁ, 2009).

Střešní substrát je možné charakterizovat jako jeden z nejdůležitějších prvků zelených střech, který dodává vegetaci potřebné živiny, vodu a fyzickou stabilitu (YOUNG ET AL. 2014).

Jak se zmiňuje CHOW ET AL. (2018) kombinace materiálového složení substrátu může být ovlivněna klimatem, plánovanou volbou zeleně, náročností údržby a dostupností materiálu v místě výstavby zelené střechy.

Vegetace je aplikována na zelenou střechu pomocí:

- osiva
- výhonků/ řízků
- vegetačních rohoží /desek
- výsadby vyšších rostlin (CHOW ET AL., 2018).

Rostliny na zelené střeše musí splňovat následující kritéria:

- schopnost přežít v extrémních klimatických podmínkách
- rychlý růst a vývoj
- zakrytí povrchu
- krátké a měkké kořeny
- minimální spotřeba živin
- snadná péče a údržba

V praxi je dost složité najít vhodné druhy rostlin, aby odpovídaly všem požadavkům. Podle provedených výzkumů vědci vyhodnotili jako nejvhodnější druh pro extenzivní zelené střechy – druhy rozchodníků (*Sedum*) (obrázek 9) (CASCONE, 2019).



9.a.



9.b.

Obrázek 9: *Sedum* – rozchodníky (9.a. *Sedum album*, 9.b. *Sedum spurium*) (zdroj: URL 7).

Jak uvádí CHOW ET AL. (2018), aby bylo dosaženo co nejlepší kvality vegetace a aby obstála v náročném prostředí, měla by se volba rostlin zúžit na původní druhy s ohledem na místní klimatické podmínky.

Tabulka 4: Druhy rostlin pro slunné a suché prostředí

DRUHY ROSTLIN			
NÁZEV		BARVA (květ, list)	VÝŠKA [cm]
MECHY			
Prutník	Bryum sp	hnědo-červená	3
Rohozub nachový	Ceratodon purpureus	hnědo-červená	3
Baňatka obecná	Brachythecium rutabulum	zelená	2
Ploník chluponosný	Polystrichum piliferum	červená	3-5
SUKULENTY			
Rozchodník bílý	Sedum album	bílá	10
Rozchodník šestiřadý	Sedum sexangulare	žlutá	10
Rozchodník španělský	Sedum hispanicum	bílá	8
Rozchodník skalní	Sedum reflexum	žlutá	10
Netřesk střešní	Sempervivum arachnoideum	bílá	8
Netřesk pavučinatý	Sempervivum tectorum	světle růžová	až 60
TRÁVY			
Lipnice cibulkatá	Poa bulbosa	zeleno-fialová	20-40
Lipnice smáčknutá	Poa compressa	zelená	10-50
BYLINY A CIBULOVINY			
Pažitka pobřežní	Allium schoenoprasum	růžová	9-40
Řeřišnice srstnatá	Cardamine hirsuta	bílá	30

Zdroj: BURIAN, 2015, modifikováno (upraveno autorem).

Tabulka 5: Druhy rostlin pro stinné a vlhké prostředí

DRUHY ROSTLIN			
NÁZEV		BARVA (květ, list)	VÝŠKA [cm]
MECHY			
Baňatka obecná	Brachythecium rutabulum	zelená	2
Prutník	Bryum sp	hnědo-červená	3
Rohozub nachový	Ceratodon purpureus	hnědo-červená	3
SUKULENTY			
Rozchodník pochybný	Sedum spurium	červená	15
Rozchodník ostrý	Sedum acre	žlutá	5-15
Netřesk pavučinatý	Sempervivum tectorum	světle růžová	až 60
TRÁVY			
Lipnice roční	Poa annua	hnědá	5-25
Lipnice smáčknutá	Poa compressa	zelená	10-50
BYLINY A CIBULOVINY			
Pažitka pobřežní	Allium schoenoprasum	růžová	9-40
Řeřišnice srstnatá	Cardamine hirsuta	bílá	30

Zdroj: BURIAN, 2015, modifikováno (upraveno autorem).

Tabulka 6: Vegetace dle výšky substrátu

		ZELENÉ STŘECHY PODLE VÝŠKY SUBSTRÁTU																						
TLOUŠŤKA SUBSTRÁTU PRO KOŘENĚNÍ ROSTLIN [cm]		4	6	8	10	12	15	18	20	25	30	35	40	45	50	60	70	80	90	100	125	150	200	
EXTENZIVNÍ ZELENÉ STŘECHY	Mechy - Sedum	■	■	■																				
	Mechy - Sedum - byliny		■	■	■																			
	Sedum - byliny - trávy				■	■	■																	
	Byliny - trávy						■	■	■	■														
JEDNODUCHÉ INTENZIVNÍ ZELENÉ STŘECHY	Trávy - byliny					■	■	■	■	■	■	■												
	Divoké trvalky - dřeviny					■	■	■	■	■	■	■	■	■										
	Dřeviny - trvalky						■	■	■	■	■	■	■	■	■									
	Dřeviny								■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■			
INTENZIVNÍ ZELENÉ STŘECHY	Trávník						■	■	■	■	■	■	■											
	Nízké trvalky a dřeviny						■	■	■	■	■	■	■	■	■									
	Středně vysoké trvalky a dřeviny								■	■	■	■	■	■	■	■								
	Vysoké trvalky a keře										■	■	■	■	■	■	■							
	Velké keře a malé stromy															■	■	■	■	■	■	■		
	Středně vysoké a vyšší stromy																				■	■	■	■
	Vysoké stromy																						■	■

Zdroj: BURIAN, 2015, modifikováno (upraveno autorem).

Jak uvádí STOVIN ET AL. (2015) ve Velké Británii byla provedena čtyřletá studie, kde byly zaznamenány údaje o klimatických srážkách a odtoku z devíti různých zkušebních zelených střech. Zkušební plochy byly pokryty třemi různými druhy substrátů a každý z nich měl jinou vlastnost:

- různá vlhkost
- různá pórovitost
- osázení různými druhy vegetace (rozchodníky, luční trávy a bez vegetace)

Ve studii se prokázalo, že:

- k většímu zadržování vody dochází na plochách, které jsou osázeny zelení
- k vyššímu zadržování vlhkosti dochází v substrátu s menšími póry

Výsledkem testů bylo zjištěno, že nejvhodnější variantou pro retenci vody a zadržení vlhkosti je kombinace substrátu, který obsahuje cihlovou drť a je osázený rozchodníky (Sedum).

9. Substráty pro zelené střechy

Jak uvádí CHOW ET AL. (2018) střešní substrát patří mezi nejdůležitější části zelené střechy, měl by mít dlouhou životnost a zároveň splňovat následující funkce:

- poskytování živin pro vegetaci
- fyzická stabilita rostlin
- propustnost a zadržování vody.

Váha a výška vrstvy substrátu závisí na druhu rostlin, na sklonu střechy, na klimatu a na zvoleném druhu závlahy. Vlastnosti substrátu je možné rozdělit na fyzikální a chemické (tabulka 7). V případě špatně zvoleného substrátu může dojít k zhutnění, snížení odtoku vody, zvýšení hmotnosti a špatné výživě kořenů (CASCONE, 2019).

Tabulka 7: Vlastnosti substrátu

VELIKOST ČÁSTIC	drčený materiál	do 12 mm při mocnosti vrstvy substrátu do 10 cm	
		do 16 mm při mocnosti vrstvy substrátu nad 10 cm	
	jílovité a prachové částice	do 0,063 mm	extenzivní střechy: max do 6 % objemu substrátu
			intenzivní střechy: max do 20 % objemu substrátu
PROPUSTNOST	extenzivní střechy: 60–120 m/min		
	intenzivní střechy: 5–30 m/min		
MAXIMÁLNÍ VODNÍ KAPACITA	extenzivní střechy: 20–50 %		
	intenzivní střechy: 45–65 %		
OBSAH VZDUCHU PŘI MAXIMÁLNÍ VODNÍ KAPACITĚ	extenzivní střechy: > 15 % objemu		
	intenzivní střechy: > 3 % objemu		
SPALITELNÉ LÁTKY	extenzivní střechy: < 6 % objemu substrátu		
	intenzivní střechy: < 13 % objemu substrátu		
ELEKTRICKÁ VODIVOST	extenzivní střechy: ≤ 0,65 mS/cm		
	intenzivní střechy: ≤ 0,65 mS/cm		
OBSAH SEMEN PLEVELE	extenzivní střechy: ≤ 1 počet/l		
	intenzivní střechy: ≤ 1 počet/l		
pH	6,5 - 9,0		
MNOŽSTVÍ ORGANICKÝCH LÁTEK	extenzivní střechy: do 15 % objemu substrátu		
	intenzivní střechy: do 20 % objemu substrátu		
OBSAH HNOJIV	dusík (N)	extenzivní střechy: ≤ 100 mg/l	
		intenzivní střechy: ≤ 150 mg/l	
	fosfor (P)	extenzivní střechy: ≤ 30 mg/l	
		intenzivní střechy: ≤ 50 mg/l	
	draslík (K)	extenzivní střechy: ≤ 300 mg/l	
		intenzivní střechy: ≤ 450 mg/l	
	hořčík (Mg)	extenzivní střechy: ≤ 200 mg/l	
		intenzivní střechy: ≤ 200 mg/l	

Zdroj: BURIAN ET AL., 2016, modifikováno (upraveno autorem).

Střešní substrát nahrazuje rostlinám přirozený životní prostor potřebný pro růst kořenového systému, který zeleň stabilizuje. Funkce kořenů je zásobárna vody, vzduchu a živin. Substrát na ozeleněné střeše by měl být řádně zajištěn a ochráněn stabilizační vrstvou před klimatickými vlivy.

Složení střešního substrátu:

- z kapalné složky
- z plynné složky
- z pevné složky (ČERMÁKOVÁ, MUŽÍKOVÁ, 2009).

Substrát pro zelené střechy je směs připravená smícháním organických a anorganických složek (tabulka 8) ve správném poměru a v závislosti na druhu zvolených rostlin, na rozsahu péče, na klimatických podmínkách a na geografickém umístění. Anorganická složka je materiál s nízkou hustotou. Živiny dodává organická složka, a ta podporuje správný vegetativní vývoj. Střešní substrát je odlišný svým složením od zahradní půdy (CASCONE, 2019).

Tabulka 8: Složení střešního substrátu

STŘEŠNÍ SUBSTRÁT	
ORGANICKÝ MATERIÁL	ANORGANICKÝ MATERIÁL
mulč	pemza, scoria
rašelina	vermikulit
kompost	perlit, zeolit
kůra z jehličnatých stromů	drcená cihla

Zdroj: CASCONE, 2019, modifikováno (upraveno autorem).

Jak uvádí BURIAN ET AL. (2016) střešní substrát je možné rozdělit na 2 typy:

- **sypané substrátové směsi** (drcené expandované jíly, expandované břidlice, porézní horniny, písek, drcené cihly, jíl, zemina, rašelina, kompost)
- **substrátové panely** (hydrofilní minerální vlna).

Požadavky na vlastnosti substrátových směsí jsou rozdílné pro různé typy střešních zahrad. Například pro extenzivní zahrady je vhodný substrát s velkou propustností vody (přebytečná voda je odvedena k odvodňovacímu zařízení). Na intenzivních

zelených střechách, by měl být zvolen substrát s vyšším obsahem živin (pěstování náročnějších rostlin) a větší hydroakumulační schopností.

Vlastnosti substrátových směsí (sypaných) jsou:

- optimální objemová hmotnost
- dlouhodobá stabilita, odolnost vůči vodní a větrné erozi
- dostatečná hydroakumulační schopnost
- dostatečné provzdušnění i při plném nasycení vodou
- nízký podíl jílovitých částic (ucpání drenážní vrstvy)
- nízký podíl organické složky (u extenzivních střech ve vegetační vrstvě)
- schopnost vázat a uvolňovat
- nesmí obsahovat velké množství semen plevelů a další látky zatěžující životní prostředí.

Pevná složka substrátu je složena z organických látek (vrchovištní a slatinná rašelina), z organickominerálních látek (průmyslové odpady) a z minerálních látek (jíl, zeolit, slín). Díky minerální složce je substrát provzdušňován a zadržuje se v něm voda. Výživu rostlin zajišťuje humus. Obsah humusu u extenzivní vegetace by měl být maximálně 15 %. Intenzivní vegetace je náročná na množství humusu. Obsah humusu by měl být až 70 %. Nevýhodou tohoto substrátu je náchylnost k odvanutí ze střechy, proto je užíván na zelené střechy, které nejsou vystaveny větrným vlivům (ČERMÁKOVÁ, MUŽÍKOVÁ, 2009).

Hlavní složkou substrátových střešních směsí je minerální složka, která je díky svým vlastnostem (hydroakumulace, drenážní schopnost) vhodnější než zemina. Potřebnou stabilitu substrátu dosáhneme správným zrnitostním složením a tvarem zrn drcených substrátových materiálů (např.: mocnost vegetační vrstvy do 10 cm – velikost zrn do 12 mm, mocnost vegetační vrstvy nad 10 cm – velikost zrn do 16 mm) (DOSTÁL ET AL., 2016).

Jak se zmiňuje CHENOT ET AL. (2017) důležitým faktorem pro maximální funkčnost zelené střechy a správný vývoj rostlin je vlhkost substrátu, kterou ovlivňuje hloubka a složení substrátové směsi. Jako vhodná varianta pro středomořské podnebí byla zvolena tloušťka substrátu 15 cm a složení substrátové směsi ze 75 % jílovitého bahna a 25 % šterku. Pro středomořské podnebí je, dle uvedené studie, vhodné zvolit substrát, který zadrží co nejvíce vody s vysokým podílem jemných částic.

Jak uvádí CHOW ET AL. (2018) z hlediska ochrany životního prostředí, je výhodné použít jako součást substrátu recyklované odpady například stavební odpad (cihly a dlažba), odpad z ČOV (jíl a splaškový kal), odpad z průmyslu (recyklovaný papír, odpad z těžby vápence) a další. V Turecku byla provedena studie na šesti vzorcích substrátu, které obsahovaly různé množství zeleného kompostu vzniklého z komunálního odpadu. Tento materiál byl smíchán se směsí expandované břidlice a pískovce. Výsledkem studie bylo zjištěno, že dva vzorky substrátu, které obsahovaly 60 % a 80 % kompostovaného substrátu, byly vyhodnoceny jako nejurodnější (ve vzorcích byl zaznamenán největší nárůst rostlin). Toto vysoké procentuální zastoupení kompostu, ale není vhodné pro standardní zelené střechy, na kterých jsou vysázeny sukulenty a trvalky. Postupem času by docházelo ke zhutnění a odnosu potřebných živin.

Tabulka 9: Porovnání složení substrátů od výrobců na českém trhu

VÝROBCE	TYP STŘECHY	SLOŽENÍ	VÝHODY
DEK	EXTENZIVNÍ	expandované jílové minerály + zeolit (83 %), rašelina, vápenec (17 %), hnojiva	nejvyšší nasákavost (až 60 %)
BB COM (Florcom)		liadrain + cihelná drť + struska (85 %) zelený kompost + dolomit. vápence (15 %), hnojiva	obsahuje recyklovaný materiál (cihly)
ACRE		drcený spongilit (55 %), liadrain (20 %) keramzit (20 %), rašelina (5 %)	nejnižší hmotnost v suchém i mokřém stavu
DEK	INTENZIVNÍ	expandované jílové minerály + zeolit (76 %), rašelina, vápenec (24 %), hnojiva	nejvyšší nasákavost (až 65 %)
BB COM (Florcom)		liadrain + cihelná drť + struska (80 %) zelený kompost + dolomit. vápence (20 %), hnojiva	nejnižší hmotnost v suchém i mokřém stavu
ACRE		drcený spongilit (40 %), liadrain (15 %) rašelina (15 %), zemina (30 %)	nízká cena

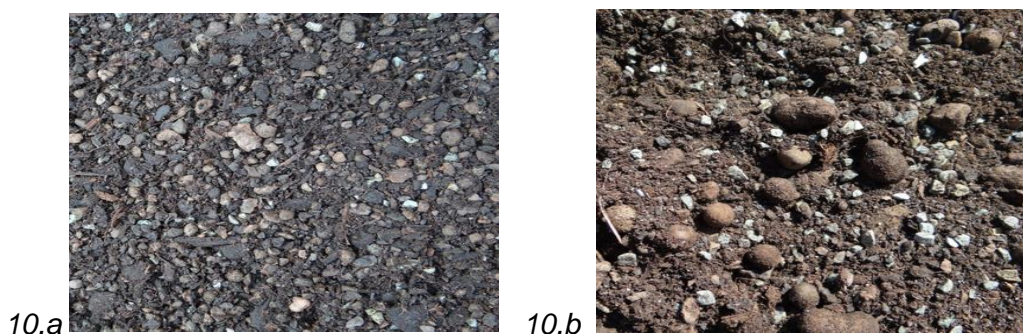
Většina komerčně dostupných střešních substrátů obsahuje jako hlavní složku expandované jíly a břidlice (keramzit a liadrain), které plní funkci hydroakumulace a drenáže. Výroba těchto materiálů je ale energeticky náročná, a tím zatěžuje životní prostředí. Další alternativou mohou být horniny sopečného původu (láva, pemza), bohužel Česká republika nemá k dispozici zmiňované přírodní zdroje. Jako náhrada mohou být využity i další materiály, jako jsou stavební recykláty nebo drcené cihly a beton. V České republice proběhla výzkumná studie, kde střešní substrát obsahoval jako hlavní složku drcený spongilit (druh opuky). Tato hornina má vhodné vlastnosti pro střešní substrát, jako je vysoká nasákavost a poréznost. Svými

vlastnostmi může být vhodnou náhradou expandovaných jíílů a břidlic (DENDROLOGICKÁ ZAHRADA PRŮHONICE, 2020).

Tabulka 10: Přehled jednotlivých složek střešních substrátů

MATERIÁL	POPIS	VÝHODY	NEVÝHODY
drcené expandované jíily (keramzit = liadrain) expandované břidlice	umělý stavební materiál, stabilní	dobrá absorpce vody, lehký, dostatečný objem vzduchových pórů při maximálním nasycení vodou, porézní	výroba je energeticky náročná (zatěžuje životní prostředí), nižší schopnost poutat živiny
pemza, láva	porézní sopečná hornina	nízká hmotnost, tvrdost,	není k dispozici v České republice
spongilit	porézní hornina	nízká hmotnost, dobrá propustnost, vysoký obsah vápníku, dostupný v České republice	těžba a drcení dochází k zatěžování životního prostředí
zeolit	porézní hornina	nejlepší sorpční schopnost	malé zásoby v České republice
drcené cihly a střešní tašky	stavební materiál	zadržují vodu a živiny	těžké
písek	sediment	doplňuje zrnitostní frakce v substrátu, dostupný České republice	zanášení drenážní vrstvy
jíl	usazená hornina	dobrá hydroakumulační schopnost a sorpce živin	zanášení drenážní vrstvy, špatná propustnost
zemina	směs organických a anorganických složek	stabilizace vegetace	samotné nejsou vhodné, těžké, obsah plevelů
rašelina	rozložený rostlinný materiál	dobrá hydroakumulační schopnost	časem se rozkládají a smršťují
kompost	rozkládající se zbytky organického původu	živiny	časem se rozkládají a smršťují, vysoký obsah draslíku a dusíku
hydrofilní minerální vlna	tepelně izolační materiál	nízká hmotnost, zadržení vody	výroba je energeticky náročná (zatěžuje životní prostředí)

Zdroj: BURIAN ET AL., 2016, modifikováno (upraveno autorem).



10.a

10.b

Obrázek 10: Střešní substrát firmy DEK (10.a. extenzivní, 10.b. intenzivní) (zdroj: URL 8).

10. Vztah zelených střech ke klimatu a srážkám vzhledem ke geografickému umístění

V globálním měřítku je výstavba zelené infrastruktury považována jako součást udržitelného rozvoje, využívající přírodních procesů, které vedou ke zlepšení kvality a komfortu velkých městských aglomerací. Mezi nejdůležitější důvody realizací ozeleněných střech patří:

- hospodaření s klimatickými srážkami
- efekt městského tepelného ostrova
- izolace budov v letním a zimním období (chlazení, topení)
- redukce hluku
- poskytování přírodních stanovišť a zlepšení přirozené biodiverzity atd.

Výhody a využití funkcí zelených střech jsou ovlivněny geografickým umístěním a růzností klimatu. Výstavba zelených střech je téměř neomezená s ohledem na různost podnebí a jejich funkčnost (tabulka 11) (SEMAAN, PEARCE, 2016).

Tabulka 11: Zelené střechy – funkce a klima

ZELENÉ STŘECHY			
PÁSMO	PODNEBÍ	UMÍSTĚNÍ	FUNKCE
mírné pevninské	teplé a vlhké s četnými srážkami	Chicago (USA)	regulace klimatických srážek
mírné subtropické	teplé a vlhké	New York (USA)	zmírnění tepelného ostrova
mírné středomořské	suchá a horká léta	Loutraki (Řecko)	snížení teploty uvnitř budov

Zdroj: SEMAAN, PEARCE, 2016, modifikováno (upraveno autorem).

Oblasti ve středomořském klimatu se vyznačují horkými a suchými léty a mírnými zimami. Důsledkem tohoto podnebí je velmi málo klimatických srážek. Nedostatek vody se tedy stává omezujícím faktorem při volbě vhodných druhů rostlin. Výstavba a provoz zelených střech ve středomořském klimatu je náročnější. Hlavními kritérii jsou odolnost proti suchu a nenáročná údržba (CASCONE, 2019).

V chladnějších oblastech, například ve Velké Británii, byla vyhotovena studie o vlivu vegetace na střešních fasádách, která dokáže regulovat tepelné ztráty budov v zimním období. Výsledkem bylo zjištěno, že v prvním zimním období se na budově

s cihlovou konstrukcí pokryté břečťanem snížila energie na vytápění o 21 % v porovnání s budovou s holými cihlami. Druhým rokem byla zelená fasáda hustěji pokryta břečťanem a energie na vytápění se snížila o 37 %. V případě extrémních klimatických podmínek (silný vítr a déšť nebo velmi nízké teploty), by mohla úspora energie být až o 40–50 % vyšší a díky izolačním schopnostem rostlin by se teplota na povrchu stěn mohla zvýšit až o 3 °C oproti holým stěnám budov (CAMERON ET AL., 2015).

11. Šedá voda

11.1 Definice

Mezi významné celosvětové problémy patří akutní nedostatek vody, nadměrné využívání vodních zdrojů a díky antropogennímu vlivu jejich vysoké znečištění (OTENG-PEPRAH ET AL., 2018).

Globální nedostatek vody je způsoben kombinací mnoha faktorů: nárůstem populace, ekonomickým rozvojem, životním stylem obyvatelstva a klimatickými změnami (BOANO ET AL., 2019).

Zmírnit tento problém je možné díky správnému hospodaření s vodou. Nutnost závlahy městské zeleně, zelených střech a fasád negativně zatěžuje životní prostředí. Jedním z řešení je použití šedé vody jako zdroje vody pro závlahu (VAN MECHELEN ET AL., 2015).

V České republice nejsou pojmy šedá voda, její vznik a využití z hlediska zákonů nebo norem definovány. K definici šedé vody je možné využít zahraniční zdroje jako například Britskou normu BS 8525-1:2010, která uvádí šedou vodu jako odpadní vodu neobsahující moč a fekálie, která vznikla v domácnostech nebo v kancelářských budovách.

Dle § 38 zákona č. 254/2001 Sb. o vodách je možné charakterizovat pouze odpadní vody jako vody použité v obytných, průmyslových, zemědělských, zdravotnických a jiných stavbách, zařízeních nebo dopravních prostředcích, pokud mají po použití změněnou jakost (složení a teplotu). Dále jejich směsi se srážkovými vodami, stejně tak i jiné vody z těchto staveb, zařízení nebo dopravních prostředků odtékající, pokud mohou ohrozit kvalitu povrchových nebo podzemních vod (ZÁKON č. 254/2001 Sb., O VODÁCH, V PLATNÉM ZNĚNÍ).

Jak uvádí BOANO ET AL. (2019) šedou vodu je možné rozdělit dle obsahu znečišťujících látek na:

- světlou šedou vodu (light gray water)
- tmavou šedou vodu (dark gray water).

Zdroji světlé šedé vody jsou koupelny, sprchy, vany a umyvadla. Díky nízkému obsahu znečišťujících látek je využívána k úpravě a recyklaci, a to přináší značnou ekonomickou úsporu. Druhým typem jsou tmavé šedé vody, které pocházejí z prádelen a myček nádobí. Upravenou šedou vodu je možné znovu použít různými způsoby jako vodu užitkovou v zemědělství, k závlaze nebo ke splachování toalet.

Množství vyprodukované šedé vody z domácností se pohybuje v širokém rozmezí od 15 až po několik stovek litrů na osobu za den. Velké rozdíly v množství šedé vody jsou ovlivněny různými faktory, jako je geografická poloha, klimatické podmínky a životní styl. Šedá voda představuje přibližně 75 % objemu odpadních vod, které vznikly v domácnosti (OTENG-PEPRAH ET AL., 2018).

11.2 Metody úpravy a čištění

Složení šedé vody je různorodé a je ovlivněné klimatickými podmínkami, sezónností, životním stylem, charakteristikou osob (věk, počet, činnosti), typem oblasti (město nebo venkov) a používanými čistícími prostředky. Šedá voda obsahuje směsi šamponů a mýdel, zbytky vlasů a pokožky, olej, tuk a zbytky jídla. Obecně šedá voda obsahuje vysoké koncentrace biologicky rozložitelných organických materiálů, dusičnany, fosfor, biologické mikroby a mikroorganismy. Velký důraz musí být kladen na správnou údržbu a skladování šedé vody. Při nedodržení správného způsobu hrozí šíření infekce a množení bakterií a virů. Před znovuvyužitím nebo před konečným odvodem do kanalizace je nutné maximálně snížit kontaminaci šedých vod znečišťujícími látkami. Kvalita šedé vody se vyhodnocuje dle parametrů (tabulka 12). Kritéria sledovaných parametrů šedé vody jsou závislá na konečném znovuvyužití (BOANO ET AL., 2019).

Tabulka 12: Parametry šedé vody

PARAMETRY ŠEDÉ VODY		
FYZIKÁLNÍ	BIOLOGICKÉ	CHEMICKÉ
teplota	koliformní bakterie:	pH
zákal	<i>escherichia coli</i>	biochemická spotřeba kyslíku
obsah pevných látek	<i>střevní enterokoky</i>	chemická spotřeba kyslíku
	<i>legionella pneumophila</i>	organický uhlík
		dusičnany
		celkový dusík
		celkový fosfor
		fosfáty a těžké kovy

Zdroj: BOANO ET AL., 2019, modifikováno (upraveno autorem).

Způsoby úpravy šedých vod dle BS 8525-1:2010:

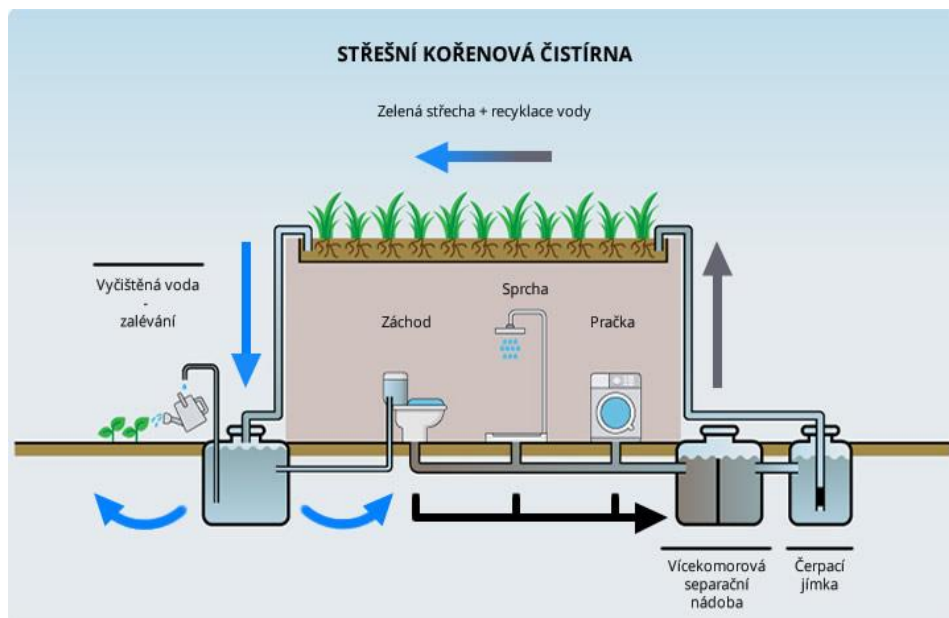
- **systém přímého znovuvyužití (bez úpravy)**
Způsob slouží k okamžitému využití šedých vod bez úpravy a čištění. Kvalita neupravené šedé vody se rychle zhoršuje, proto slouží pouze k zálivce a postřiku.
- **systém krátkodobé retence**
Pomocí filtrace jsou odstraněny pevné látky z povrchu šedé vody a usazení částic na dně nádrže. Výsledkem použití tohoto způsobu je krátkodobé skladování šedé vody, díky kterému se zamezí vzniku zápachu a problémům s kvalitou šedé vody.
- **systémy fyzikální / chemické**
Pomocí filtrů jsou z šedé vody před skladováním odstraněny zbytky pevných částic. Při skladování by docházelo k nežádoucímu růstu bakterií v šedé vodě, proto je nutné ji chemicky upravit například pomocí chloru nebo bromu.
- **systémy biologické**
Rozklad nežádoucího organického materiálu v šedé vodě pomocí aerobních a anaerobních bakterií. Při použití aerobního čištění se šedá voda provzdušňuje pomocí vodních rostlin nebo čerpadel.

Výhodnou variantou pro zelené střechy je úprava šedé vody pomocí mokřadu. Charakteristika mokřadní střechy (mokřadní fasády) je propojení zelené střechy s kořenovou čističkou. Šedá voda vzniklá v domácnosti, je gravitačně odvedena do jímky, kde začne proces čištění. Oddělí se hrubé nečistoty a voda je pomocí čerpadla dopravena na střechu, do kořenové čističky, kde je voda vyčištěna za pomoci kořenů rostlin. Upravená voda je uložena v akumulární nádrži pro závlahu

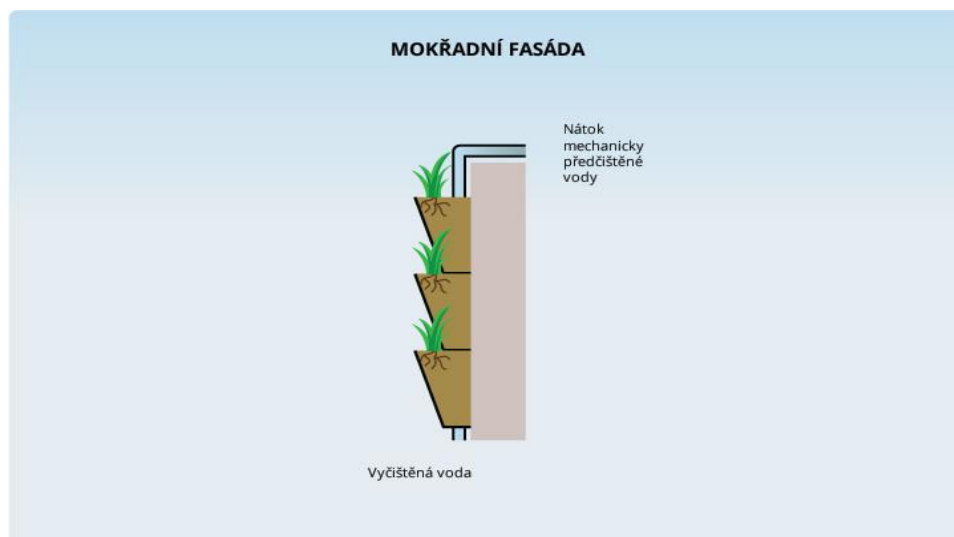
ostatních rostlin. Nevyužitou vodu je možné odvádět do kanalizace nebo do vsakovacích jímek (ŠPERLING, 2019).



Obrázek 11: Mokřadní střecha ve firmě LIKO-S, Slavkov u Brna (zdroj: URL 9).



Obrázek 12: Schéma koloběhu šedé vody na mokřadní střechě (zdroj: URL 10).



Obrázek 13: Schéma koloběhu šedé vody na mokřadní fasádě (zdroj: URL 11).

12. Závlaha

Závlaha je důležitá u všech typů zelených střech. Rozhodujícím faktorem je vydatnost zdroje, nejlepší je využití více zdrojů závlahy. U všech typů zdrojů závlahy je důležité dodržení teploty vody, aby při zálivce nebyla vegetace vystavena teplotním šokům. Nejnáročnější na závlahu jsou intenzivní zelené střechy. U ostatních typů zelených střech je velmi důležitá závlaha zejména v období těsně po výsevu vegetace. Je nutné počítat s tím, že zavlažování bude prováděno v horkých letních měsících i u extenzivní zeleně.

Intenzita závlahy je ovlivněna:

- druhem vegetace a stádiem růstu rostlin
- sklonem střechy
- klimatickými podmínkami
- geografickými podmínkami.

Zdroje závlahy:

- upravená šedá voda
- dešťová voda
- studniční voda
- voda z vodovodního řadu (ČERMÁKOVÁ, MUŽÍKOVÁ, 2009).

Šedá voda je dalším vhodnou variantou jako zavlažovací zdroj. Po jejím upravení v čističce může být uložena v akumulární nádobě a následně využita k závlivce (BOANO ET AL., 2019).

Dešťová voda je z finančního a ekologického hlediska výhodným zdrojem závlahy. Nevýhodou je špatná regulovatelnost zdroje. K zachytávání srážkové vody je vhodné použití akumulární dešťové nádrže, do které je svedena přebytečná voda ze zelené střechy. Při potřebě závlivky je dešťová voda z nádrže dopravena pomocí čerpadla a závlahového potrubí k rostlinám.

Studniční voda – nevýhodou je její nízká teplota a obsah minerálních látek.

Voda z vodovodního řadu – výhodou je snadná, rychlá a stálá dostupnost, nevýhodou tohoto zdroje je vysoká cena (ČERMÁKOVÁ, MUŽÍKOVÁ, 2009).

Jak se zmiňuje CASCONE (2019) je důležité zohlednit způsob aplikace závlivky na zelené střechě. Při běžném způsobu závlahy, dochází vlivem větru a tepla, k velkému odpařování vody. Jednou z variant je využití mikrozavlažovacího systému, který dodává menší množství vody přímo ke kořenům rostlin v častých dávkách. Výhodou je menší spotřeba vody. Mikrozavlažovací systém je možné využít na zelené střechy s malou i s velkou plochou.

13. Péče o zelené střechy a jejich údržba

Na péči o zelené střechy a jejich údržbu se vztahuje norma ČSN 83 9051 Technologie vegetačních úprav v krajině – Rozvojová a udržovací péče o vegetační plochy.

Intenzivní zelená střecha

péče a údržba se provádí přibližně 4–8 x za rok

- hnojení
- závlaha
- odstranění listí, plevelů a náletové vegetace
- mulčování
- nakypření a vyčištění vegetačních ploch atd.

trávníky: hnojení, sečení, zavlažování, odstranění plevelů, listů a zbytků z rostlin, vertikutace, dosev atd., péče je aplikována průměrně jednou za měsíc.

Extenzivní zelená střecha

péče a údržba je aplikována 2-4 x za rok

- dodávání živin
- závlaha (v suchém období)
- odstranění náletové vegetace a listů
- dosev a sestřih
- doplnění substrátové hmoty atd. (BURIAN ET AL., 2016).

Pojem údržba a péče o zelené střechy obsahuje také údržbu samotné střechy. Nutností je pravidelná kontrola funkčnosti odvodňovacích střešních prvků (žlaby, okapy, vtoky) (CHALOUPKA, SVOBODA, 2009).

Jedním z kroků údržby je hnojení a výživa vegetace. Mezi základní živiny, které při hnojení znovu dodáváme v odpovídající dávce do substrátu, jsou například prvky dusík, fosfor, draslík, síra a další mikroživiny a stopové prvky. Doplněvané živiny mohou být přírodního původu nebo mohou být vytvořeny uměle. Hnojení je nutné provádět u intenzivní vegetace. Potřeba hnojení u extenzivní vegetace není nezbytně nutná, záleží na druzích vysazené zeleně a použitém substrátu. Hnojiva se používají ve formě granulí, prášku nebo v tekuté formě (ČERMÁKOVÁ, MUŽÍKOVÁ, 2009).

14. Výsledky

Výsledkem bakalářské práce je snaha upozornit na důležitost ozeleňování střech z hlediska ochrany životního prostředí a porovnání informací z více odborných zdrojů, jak správně zvolit různé technologie, aby zelená střecha byla co nejlépe využitelná a funkční vzhledem k úšetření energie a nízké náročnosti výstavby a její následné údržby.

15. Diskuze

Je všeobecně známé, že zeleň je pro lidský život velmi důležitá. Nemyslím si, že by zelené střechy vyřešily problém s jejím nedostatkem, ale určitě mohou ve spoustě věcí pomoci. Bylo by dobré, kdyby v České republice bylo více dostupných informací k této problematice a zelené střechy se více začlenily do městských aglomerací, zejména na komerčních a průmyslových budovách. V okolí těchto rozsáhlých budov je nedostatek zeleně, proto je podle mého názoru, správným krokem pokrývat velké střešní plochy vegetací.

Ozelenění střešů doprovází lidstvo téměř od samotného počátku. Postupem času s vývojem lidstva se snížilo využívání této stavební metody odizolování nežádoucích vlivů (tepla a chladu). V současnosti se začíná těchto stavebních metod opět využívat. Díky dnešní dostupnosti a možnosti využití různých technologií můžeme tento stavební záměr ještě více zdokonalit využitím různých recyklátů (stavebních, z ČOV, z průmyslů) a znovuvyužitím šedých vod.

Po průzkumu trhu střešních substrátů v České republice jsem zjistila, že předním výrobcem je firma BB COM s.r.o. vyrábějící substráty na bázi liadrenu, které mají dobrou hydroakumulační schopnost a dostatečný objem vzduchu. Dalším výrobcem střešního substrátu na českém trhu je firma ACRE s.r.o. spolupracující na výzkumu a vývoji ekologického střešního substrátu na bázi spongilitu, probíhající v Výzkumném ústavu v Průhonicích.

Substrát FLORCOM od firmy BB COM s.r.o. byl využit i na střešních zahradách a fasádách společnosti LIKO-S (Rostislav Dvořák, 12. 03. 2019, in litt.).

Firma LIKO-S ze Slavkova u Brna je inspirací v rozvoji zelené architektury v České republice. K závaze zelených střešů a stěn využívá šedou vodu. Překvapila mě realizace zelené fasády na výrobní průmyslové hale v areálu firmy (příloha 6). Jejich koncept budov stabilizuje teplotu uvnitř haly a příznivě ovlivňuje její okolí. Dalším známým objektem se střešní zelení je dům s mokřadní střechou v Praze na Letné, kde jeho majitelé využívají šedou vodu k zálivce a splachování toalety.

Využití šedých vod, je v České republice podle mého názoru zatím spíše jen okrajovou záležitostí. Potvrdila to jedna z realizačních firem, BO TREE zahradní ateliér s.r.o., která se zatím s možností zálivky pomocí šedé vody nesešla (příloha 5) (Bohdana Škodová, 26. 03. 2020, in litt.).

Velké rezervy v problematice zelených střešů jsou v České republice, díky chybějící legislativě. Existují zákony, standardy a normy, které se zabývají zelenými

střechami pouze okrajově. Naproti tomu v některých vyspělých státech již byla zavedena povinnost ozeleňovat střechy nových nebo rekonstruovaných budov, zejména komerčních prostor. Jak uvádí CHOW ET AL. (2018) například v Kanadě ve městě Toronto musí být střecha o rozloze 2 000 m² pokryta vegetací nejméně na 20–60 % její plochy. Myslím si, že by bylo dobré, kdyby v České republice investoři a projektanti tuto možnost ozeleňování střech zvažili a začali ji postupně využívat a zařazovat do svých projektů, hlavně při výstavbě nových budov v městských aglomeracích. Pomoci by mohly dotační programy zaměřené na realizaci zelených střech na rodinných a bytových domech. Je možné očekávat zvýšenou potřebu výstavby zelených střech v závislosti na pokračování současného trendu vývoje klimatu, což by mělo i nadále zaručit zdroj finanční podpory ze strany státu.

Dostupných informací o této problematice je v České republice poměrně málo. Mám pocit, že jeden autor kopíruje druhého a odborné studie a výzkumy zde chybí. Líbila se mi kniha od ČERMÁKOVÁ, MUŽÍKOVÁ (2009), kde je podrobně popsána a shrnuta problematika zelených střech, ale jak jsem se dočetla, oproti zahraničním zdrojům neřeší problematiku recyklace odpadů a znovuvyužití šedých vod. Ze zahraničních zdrojů mě zaujal CASCONE (2019), který popisuje zelené střechy nejen z hlediska historie, ale i současných světových problémů (změna klimatu, nedostatek přírodních zdrojů, rozšíření urbanizace atd.) a snaží se prosadit co nejvíce recyklovaných odpadů a využít nejmodernější technologie. Rozdíl mezi těmito zdroji je s největší pravděpodobností způsoben odstupem 10 let.

Po prostudování informací o českém trhu jsem zjistila, že firem na realizaci a na zhotovení návrhů plošných zahrad a parků je mnoho, ale kvalitních firem zabývajících se návrhem technologie a provedení střešních zahrad je poměrně málo.

Zajímalo mě, jak tyto střešní zahrady fungují v praxi, proto jsem se snažila oslovit několik majitelů střešních zahrad a zjistit jejich názor na funkci, využití a údržbu. Kontaktovala jsem pana Ing. Jana Kříže, který pracuje jako náměstek ministra na Ministerstvu životního prostředí v Praze a je majitelem rodinného domu s extenzivní zelenou střechou na Dobříši. Rodinný dům byl postaven v roce 2011 a jeho zelená střecha o ploše 210 m² byla realizována cca za 300 000 Kč. Extenzivní zelená střecha je pochozí, se sklonem 5 % a je osázena rozchodníky a netřesky, proto není kromě atmosférických srážek nutná další závlaha. Podle vyjádření majitele je tato zelená střecha téměř bezúdržbová. Také se zmínil, že přestože střešní zahradu nehnojí, rostliny krásně kvetou a svými barvami mu připomínají korálové moře (příloha 5) (Jan Kříž, 12. 03. 2020, in litt.).

Dále jsem chtěla zjistit informace o zelené střeše, kde bude řešena závlaha v praxi. Navštívila jsem budovu Národního zemědělského muzea na adrese Kostelní 44/1300, Praha 7 – Holešovice. Oslovila jsem pana Ing. Pavla Filipovského, který má střešní zahradu na starosti a ten mi podrobně popsal způsob závlahy. Travní koberec vegetační plochy střešní terasy je obsluhován automatickým systémem závlah. Tento automatický závlahový systém napájený z vodovodního řadu spolu s vývody na hadici na zalévání je nainstalován pod travním kobercem. Automatická závlaha tak umožňuje rovnoměrnost zálivky a možnost zálivky ve večerních, respektive nočních a ranních hodinách (úspora vody, vhodnější pro rostliny), a rovněž absenci osob zajišťujících ruční zálivku. Zavlažování travnatých ploch je rozděleno do několika samostatných sekcí (částí) s možností odlišného režimu automatické závlahy s ohledem na individuální potřebu vody v těchto jednotlivých částech. Zavlažování je zajištěno rozprašovacími postřikovači s nastavitelnou výšecí postřiku. Vegetační plocha střešní terasy je mimo jiné dále zavlažována přirozeně i dešťovou vodou, která je akumulována v substrátu a dále vodou ze střešní nástavby zadržované ve dvou retenčních nádržích na dešťovou vodu (příloha 5) (Pavel Filipovský, 18. 02. 2020, in litt.).

Dále mě zajímal názor na situaci střešních zahrad v České republice z pohledu realizační firmy. Proto jsem kontaktovala paní Ing. arch. Bohdanu Škodovou, která se mimo jiné podílela na projektování střešní zahrady v Národním zemědělském muzeu v Praze (příloha 7). Paní Ing. arch. Škodová mi odpověděla na pár dotazů z pohledu firmy BO TREE zahradní ateliér s.r.o., ve které je jednatelkou. Investoři se v České republice více zaměřují na realizace extenzivních střešních zahrad, z důvodu menší náročnosti stavebních prací a nižších nákladů. Také jsem zjišťovala, jaké firma používá substráty při realizaci projektů zelených střech. Preferují střešní substráty od firmy DEK a Rašelina Soběslav, kde mají letitou výbornou zkušenost a další předností je příznivá cena oproti konkurenci. Na extenzivní střešní zahrady nejčastěji vysazují směsi kultivarů, různé druhy rozchodníků, netřesků, mateřídoušek a jako doplněk používají hvozdíky, pažitku a kostřavy. Na intenzivní střešní zahrady vysazují náročnější rostliny, jejichž volba je závislá na orientaci ozeleněné střechy vůči světovým stranám, výšce substrátu a největší důraz je kladen na nosnost střechy. Závlaha je u extenzivní střechy řešena pouze při výsadbě a u intenzivních střech je zálivka řešena automatickou závlahou. Co se týká údržby, u extenzivních střech dodržuje firma měsíční interval, kdy se odstraňují náletové dřeviny, plevel a expandující druhy. U intenzivních střech je preferována měsíční frekvenci údržby (příloha 5) (Bohdana Škodová, 26. 03. 2020, in litt.).

16. Závěr

V bakalářské práci jsem se nejprve zaměřila na zmapování historie zelených střech ve světě i v České republice a vysvětlení základních pojmů týkajících se zelených střech. Dále jsem postupovala k získání informací o platné legislativě. Zjistila jsem základní rozdělení, funkce a význam zelených střech a současně prostudovala složení jednotlivých vrstev a druhy použitých materiálů vzhledem ke geografickému umístění budov se zelenou střechou. Shromáždila jsem informace o využití recyklovaných materiálů ve střešních substrátech a využití šedé vody pro zálivku.

Hlavním přínosem je souhrn a vyhodnocení informací, které je možné využít k realizaci zelené střechy.

17. Seznam literatury

Legislativní zdroje:

BRITISH STANDARD BS 8525–1:2010: Greywater systems – Part 1: Code of practise. UK, BSI, 2010. P. 47. ISBN 978 0 580 63475 8.

ČSN 83 9001: Sadovnictví a krajinářství – Terminologie – Základní odborné termíny a definice. Český normalizační institut, Praha, 1999. 24 s.

VYHLÁŠKA Č. 269/2009 Sb., měnící vyhlášku č. 501/2006 Sb., O obecných požadavcích na využívání území, v platném znění.

ZÁKON Č. 114/1992 Sb., O ochraně přírody a krajiny, v platném znění.

ZÁKON Č. 254/2001 Sb., O vodách, v platném znění.

ZÁKON Č. 312/2019 Sb., měnící Zákon č. 183/2006Sb., O územním plánování a stavebním řádu + Zákon č. 274/2001 Sb., O vodovodech a kanalizacích, v platném znění.

Odborná literatura:

BOANO F., CARUSO A., COSTAMAGNA E., RIDOLFI L., FIORE S., DEMICHELIS F., GALVAO A., PISOEIRO J. RIZZO A., MASI F., 2020: A review of nature-based solutions for greywater treatment: Applications, hydraulic design, and enviromental benefits. Science of the Total Enviroment Volume 711. 134731. ISSN 0048-9697.

BOHUSLÁVEK P., HORSKÝ V., JAKOUBKOVÁ Š., 2009: Vegetační střechy a střešní zahrady – skladby a detail. Dektrade, Praha, 72 s. ISBN 978-80-87215-05-0.

BOOTH B., 1996: Horniny a minerály. Volvox Globator, Praha, 80 s. ISBN 80-7207-012-6.

BURIAN S., DOSTÁLOVÁ J., DUBSKÝ M., HALAMA P., CHALOUPKA K., KOMZÁK J., PAŤAVA R., STRAKOVÁ M., ŠRÁMEK F., VACEK P., VOKÁL J., 2016: Standardy pro navrhování, provádění a údržbu – Vegetační souvrství zelených střech. Odborná sekce Zelené střechy při Svazu zakládání a údržby zeleně, Didot, Brno, 36 s.

BURIAN S., ONDŘEJ J., 1992: Oživená architektura. Fajma Praha, Praha, 58 s. ISBN 80-85374-10-2.

CAMERON R. W. F., TAYLOR J., EMMETT M., 2015: A hedera green facade – Energy performance and saving under different maritime – temperature, winter weather conditions. Building and Environment Volume 92. P. 111-121.

CASCONE S., 2019: Green roof design: State of the art on technology and materials. Sustainability Volume 11, Issue 11. 3020.

ČERMÁKOVÁ B., MUŽÍKOVÁ R., 2009: Ozeleněné střechy. Grada Publishing, Praha, 248 s. ISBN 978-80-247-1802-6.

DE-VILLE S., MENON M., JIA X., REED G., STOVIN V., 2017: The impact of green roof ageing on substrate characteristics and hydrological performance. Journal of Hydrology Volume 547. P. 332-344.

DOSTÁL D., 2020: Střechy proti výhni. Zelené střechy pomáhají snižovat teploty o desítky procent. Pro fit 01/2020. S. 40-41. ISSN 1805-2592.

DOSTÁL P., MACHÁČ J., DUBOVÁ L., LOUDA J., 2017: Způsoby systémové podpory výstavby zelených střech. Svaz zakládání a údržby zeleně, Didot, Brno, 32 s.

CHALOUPKA K., SVOBODA Z., 2009: Ploché střechy – praktický průvodce. Grada Publishing, Praha, 268 s. ISBN 978-80-247-2916-9.

CHENOT J., GAGET E., MOINARDEAU C., JAUNATRE R., BUISSON E., DUTOIT T., 2017: Substrate composition and depth affect soil moisture behavior and plant-soil relationship on mediterranean extensive green roofs. *Water* Volume 9. 817.

CHOW M. F., ABU BAKAR M. F., WONG J. K., 2018: An overview of plant species and substrate materials or green roof system in tropical climate urban environment. *AIP Conference Proceedings* Volume 2030, Issue 1. 020004.

LANGEMEYER J., WEDGWOOD D., MCPHEARSON T., BARÓ F., MADSEN A. L., BARTON D. N., 2020: Creating urban green infrastructure where it is needed – A spatial ecosystem service – based decision analysis of green roofs in Barcelona. *Science of The Total Environment* Volume 707. 1355487.

MINKE G., 2001: Zelené střechy – plánování, realizace, příklady z praxe. Hel, Ostrava, 92 s. ISBN 80-86167-17-8.

OTENG-PEPRAH M., ACHEAMPONG M. A., DEVRIES N. K., 2018: Greywater Characteristics, Treatment Systems, Reuse Strategies and User Perception – a Review. *Water, Air & Soil Pollution* 2018/August. P. 229-255.

RASUL M. G., ARUTLA L. K. R., 2020: Environmental impact assessment of green roofs using life cycle assessment. *Energy Reports* Volume 6. P. 503-508.

ROWE D. B., 2011: Green roofs as a means of pollution abatement. *Environmental Pollution* Volume 159. P. 2100-2110.

SADEGHIAN M. M., 2017: Green roof, a review of history and benefits. *International Journal of Scientific Research in Science and Technology* Volume 3, Issue 3. P. 510-515. ISSN 2395-6011.

SEMAAN M., PEARCE A., 2016: Assessment of the gains and benefits of green roofs in different climates. *Procedia Engineering* Volume 145. P. 333-339.

STOVIN V., POĚ S., DE-VILLE S., BERRETTA CH., 2015: The influence of substrate and vegetation configuration on green roof hydrological performance. *Ecological Engineering* Volume 85. P. 159-172.

ŠIMEČKOVÁ J., 2016: Zelené střechy – naděje pro budoucnost II. Svaz zakládání a údržby zeleně, Brno, 42 s.

ŠIMEČKOVÁ J., VEČEŘOVÁ I., 2010: Zelené střechy – naděje pro budoucnost. Svaz zakládání a údržby zeleně, Brno, 40 s. ISBN 9788025491232.

THEODOSIOU T. G., 2003: Summer period analysis of the performance of a planted roof as a passive cooling technique. *Energy and Buildings* Volume 35, Issue 9. P. 909-917.

VAN MECHELEN C., DUTOIT T., HERMY M., 2015: Adapting green roof irrigation practise for a sustainable future: A review. *Sustainable Cities and Society* Volume 19. P. 74-90.

VAN RENTERGHEM T., BOTTELDOOREN D., 2009: Reducing the acoustical facade load from road traffic with green roofs. *Building and Environment* Volume 44, Issue 5. P. 1081-1087.

VAN SETERS T., ROCHA L., SMITH D., MACMILLAN G., 2009: Evaluation of green roofs for runoff retention, runoff quality, and leachability. *Water Quality Research Journal of Canada* Volume 44. P. 33-47.

WAI CHIN L., K. K. A. Y., 2014: A comprehensive study of green roof performance from environmental perspective. *International Journal of Sustainable Built Environment* Volume 3, Issue 1. P. 127-134.

YOUNG T., CAMERON D. D., SORRILL J., EDWARDS T., PHOENIX G. K., 2014: Importance of different components of green roof substrate on plant growth and physiological performance. *Urban Forestry & Urban Greening* Volume 13, Issue 3. P. 507-516.

Internetové zdroje:

BURIAN S., 2015: Vegetace pro extenzivní zelené střechy (online) [cit. 2020.03.22], dostupné z <http://www.szuz.cz/userfiles/file/burian-zelene_strechy.pdf>

ČESKÝ ZAHRÁDKÁŘSKÝ SVAZ, Z. S., ©2017: Slovník pojmů pro začínající zahrádkáře (online) [cit. 2020.03.21], dostupné z <<https://izahradkar.cz/slovník/>>

DENDROLOGICKÁ ZAHRADA PRŮHONICE, 2020: Vývoj ekologického střešního substrátu (online) [cit. 2020.06.24], dostupné z <<https://dendrologickazahrada.cz/vyzkumne-aktivity/ekologicky-stresni-substrat>>

HOUŠKA P., 2013: Perlit je darem přírody (online) [cit. 2020.03.21], dostupné z <<https://www.drevoastavby.cz/drevostavby-archiv/stavba-revostavby/izolace/2238-perlit-je-darem-prirody>>

ISMAIL A., SAMAD M. H. A., RAHMAN A. M. A., 2008: Literature review on green roof technology: A way to improve thermal performance and energy consumption in building (online) [cit. 2020.03.11], dostupné z <https://www.researchgate.net/publication/305777124_LITERATURE_REVIEW_ON_GREEN_ROOF_TECHNOLOGY_A_WAY_TO_IMPROVE_THERMAL_PERFORMANCE_AND_ENERGY_CONSUMPTION_IN_BUILDING>

JIRÁT P., 2017: Přírodní kámen zeolit (online) [cit. 2020.03.21], dostupné z <<http://zeolitkamen.cz/zeolit>>

MŽP ČR, ©2018: Program Dešťovka nově pro každého, MŽP do programu navíc přidalo dalších 100 miliónů korun (online) [cit. 2020.03.14], dostupné z <https://www.mzp.cz/cz/news_180925_destovka>

MŽP ČR, ©2019: Nová zelená úsporám (online) [cit. 2020.03.14], dostupné z <https://www.mzp.cz/cz/nova_zelena_usporam>

ŠPERLING M., 2019: Mokřadní střechy – základní principy (online) [cit. 2020.02.07], dostupné z <<http://www.mokradni-strecha.cz/mokradni-strechy/fungovani/zakladni-principy.html>>

ŠVEC P., 2014: Materiály pro zelené střechy (online) [cit. 2020.06.25], dostupné z <<http://www.acre.cz/cs/menu/produkty/material-pro-zelene-strechy/>>

URL 1: Visuté zahrady Semiramidiny, Babylón, Mezopotámie (online) [cit. 2020.01.20], dostupné z <<https://www.dumazahrada.cz/zahrada/zivot-na-zahrade/2012/5/23/historie-zahrad/>>

URL 2: Nejstarší střešní zahrada v ČR, zámek Lipník nad Bečvou (online) [cit. 2020.01.20], dostupné z <<https://info.mesto-lipnik.cz/zamek-zamecky-park-stresni-zahrada/d-1042>>

URL 3: Extenzivní zelená střecha ve firmě Sonnentor, Čejkovice (online) [cit. 2020.01.25], dostupné z <<https://www.zelenestrechy.info/green-roof/detail/15>>

URL 4: Intenzivní zelená střecha na budově v Campus Science Building D+E, Brno (online) [cit. 2020.01.25], dostupné z <<https://www.zelenestrechy.info/green-roof/detail/50>>

URL 5: Mokřadní střecha, Praha-Letná (online) [cit. 2020.01.25], dostupné z <<https://www.adaptterraawards.cz/Databaze/2019/Dum-s-mokradni-strechou-korenovou-cistirnou>>

URL 6: Sklony ozeleněných střech a fasád (online) [cit. 2020.01.26], dostupné z <<http://www.szuz.cz/cs/hlavni-menu/inspirace/zelene-strechy/vertikalni-zahrady-strizlivym-pohledem/>>

URL 7: Sedum – rozchodníky (9.a. Sedum album, 9.b. Sedum spurium) (online) [cit. 2020.01.27], dostupné z <<https://www.garten.cz/a/cz/4594-sedum-rozchodn%C3%ADk/>>

URL 8: Střešní substrát firmy DEK (10.a. extenzivní, 10.b. intenzivní) (online) [cit. 2020.06.29], dostupné z <<https://www.dek.cz/produkty/vypis/14920-substraty-a-kacirek>>

URL 9: Mokřadní střecha ve firmě LIKO-S, Slavkov u Brna (online) [cit. 2020.02.02], dostupné z <<https://www.zelenestrechy.info/green-roof/detail/13>>

URL 10: Schéma koloběhu šedé vody na mokřadní střeše (online) [cit. 2020.02.10], dostupné z <<http://www.mokradni-strecha.cz/mokradni-strechy/fungovani/schema-mokradni-strechy.html>, 2019>

URL 11: Schéma koloběhu šedé vody na mokřadní fasádě (online) [cit. 2020.02.10], dostupné z <<http://www.mokradni-strecha.cz/mokradni-strechy/mokradni-fasady/mokradni-fasady-2.html>>

URL 12: Výběr rostlin pro mokřadní střešní zahradu (online) [cit. 2020.06.27], dostupné z <<https://www.isover.cz/aktuality/seznam-rostlin-pro-vegetacni-strechy>>

URL 13: Fotodokumentace k zelené fasádě ve firmě LIKO-S (online) [cit. 2020.06.29], dostupné z <<https://www.zivestavby.cz/cs/extenzivni-zelena-strecha-zelena-fasada-a-korenova-cistirna-slavkov-u-brna>>

URL 14: Fotodokumentace zelené střechy na budově Národního zemědělského muzea v Praze (online) [cit. 2020.06.29], dostupné z <<http://www.arch.cz/krocak/?1100330017230102140023890>>

Seznam tabulek:

Tabulka 1: Přehled zelených střech v Evropě (upraveno autorem podle Cascone, 2019).

Tabulka 2: Přehled přírůstku zelených střech v ČR v letech 2017-2018 (upraveno autorem podle <https://www.zelenestrechy.info/novinky>).

Tabulka 3: Porovnání vlastností extenzivních a intenzivních střech (upraveno autorem podle Cascone, 2019).

Tabulka 4: Druhy rostlin pro slunné a suché prostředí (upraveno autorem podle Burian, 2015).

Tabulka 5: Druhy rostlin pro stinné a vlhké prostředí (upraveno autorem podle Burian, 2015).

Tabulka 6: Vegetace dle výšky substrátu (upraveno autorem podle Burian, 2015).

Tabulka 7: Vlastnosti substrátu (upraveno autorem podle Burian et al., 2016).

Tabulka 8: Složení střešního substrátu (upraveno autorem podle Cascone, 2019).

Tabulka 9: Porovnání složení substrátů od výrobců na českém trhu

Tabulka 10: Přehled jednotlivých složek střešních substrátů (upraveno autorem podle Burian et al., 2016).

Tabulka 11: Zelené střechy – funkce a klima (upraveno autorem podle Semaan, Pearce, 2016).

Tabulka 12: Parametry šedé vody (upraveno autorem podle Boano et al., 2019).

Seznam obrázků:

Obrázek 1: Visuté zahrady Semiramidiny, Babylón, Mezopotámie (zdroj: URL 1)

Obrázek 2: Nejstarší střešní zahrada v ČR, zámek Lipník nad Bečvou (zdroj: URL 2)

Obrázek 3: Extenzivní zelená střecha ve firmě Sonnentor, Čejkovice (zdroj: URL 3)

Obrázek 4: Intenzivní zelená střecha na budově v Campus Science Building D+E, Brno (zdroj: URL 4)

Obrázek 5: Mokřadní střecha, Praha-Letná (zdroj: URL 5)

Obrázek 6: Sklony ozeleněných střech a fasád (zdroj: URL 6)

Obrázek 7: Systém vrstev – intenzivní zelená střecha (zdroj: Rasul, Arutla, 2020)

Obrázek 8: Systém vrstev – extenzivní zelená střecha (zdroj: Rasul, Arutla, 2020)

Obrázek 9: Sedum – rozchodníky (9.a. Sedum album, 9.b. Sedum spurium) (zdroj: URL 7)

Obrázek 10: Střešní substrát firmy DEK (10.a. extenzivní, 10.b. intenzivní)
(zdroj: URL 8)

Obrázek 11: Mokřadní střecha ve firmě LIKO-S, Slavkov u Brna (zdroj: URL 9)

Obrázek 12: Schéma koloběhu šedé vody na mokřadní střeše (zdroj: URL 10)

Obrázek 13: Schéma koloběhu šedé vody na mokřadní fasádě (zdroj: URL 11)

Seznam příloh:

Příloha č. 1: Výběr rostlin pro extenzivní střešní zahradu (upraveno autorem podle Čermáková, Mužíková, 2009).

Příloha č. 2: Výběr rostlin pro polointenzivní střešní zahradu (upraveno autorem podle Čermáková, Mužíková, 2009).

Příloha č. 3: Výběr rostlin pro intenzivní střešní zahradu (upraveno autorem podle Čermáková, Mužíková, 2009).

Příloha č. 4: Výběr rostlin pro mokřadní střešní zahradu (zdroj: URL 11, upraveno autorem).

Příloha č. 5: Seznam otázek

Příloha č. 6: Fotodokumentace k zelené fasádě ve firmě LIKO-S, Slavkov u Brna (zdroj: URL 12)

Příloha č. 7: Fotodokumentace zelené střechy na budově Národního zemědělského muzea v Praze (zdroj: URL 13)

18. Přílohy

Příloha č. 1

Výběr rostlin pro extenzivní střešní zahrady

DRUHOVÉ A RODOVÉ JMÉNO (latinský název)	DRUHOVÉ A RODOVÉ JMÉNO (český název)	ČELEĎ (latinský název)	ČELEĎ (český název)	poznámka
<i>Sedum album</i>	rozchodník bílý	Crassulaceae	tlusticovité	sukulenty
<i>Sedum alpestre</i>	rozchodník horský	Crassulaceae	tlusticovité	sukulenty
<i>Sedum caucolicum</i>	rozchodník skalní	Crassulaceae	tlusticovité	sukulenty
<i>Sedum floriferum</i>	rozchodník květnatý	Crassulaceae	tlusticovité	sukulenty
<i>Sedum hispanicum</i>	rozchodník španělský	Crassulaceae	tlusticovité	sukulenty
<i>Sedum hybridum</i>	rozchodník křížený	Crassulaceae	tlusticovité	sukulenty
<i>Sedum kamtschaticum</i>	rozchodník kamčatský	Crassulaceae	tlusticovité	sukulenty
<i>Sedum reflexum</i>	rozchodník skalní	Crassulaceae	tlusticovité	sukulenty
<i>Sedum spirium</i>	rozchodník pochybný	Crassulaceae	tlusticovité	sukulenty
<i>Sempervivum arachnoideum</i>	netřesk pavučinatý	Crassulaceae	tlusticovité	sukulenty
<i>Sempervivum armenumoideum</i>	netřesk arménský	Crassulaceae	tlusticovité	sukulenty
<i>Sempervivum grandiflorum</i>	netřesk atlantský	Crassulaceae	tlusticovité	sukulenty
<i>Sempervivum atlanticum</i>	netřesk velkokvětý	Crassulaceae	tlusticovité	sukulenty
<i>Sempervivum montanum</i>	netřesk horský	Crassulaceae	tlusticovité	sukulenty
<i>Sempervivum nevadense</i>	netřesk nevadský	Crassulaceae	tlusticovité	sukulenty
<i>Sempervivum pumilum</i>	netřesk drobný	Crassulaceae	tlusticovité	sukulenty
<i>Sempervivum soboliferum</i>	netřesk výběžkatý	Crassulaceae	tlusticovité	sukulenty
<i>Sempervivum tectorum</i>	netřesk střešní	Crassulaceae	tlusticovité	sukulenty
<i>Thymus doerflexi</i>	mateřídouška	Lamiaceae	hluchavkovité	sukulenty
<i>Thymus praecox</i>	mateřídouška raná	Lamiaceae	hluchavkovité	sukulenty
<i>Thymus pulegioides</i>	mateřídouška růžová	Lamiaceae	hluchavkovité	sukulenty
<i>Thymus serpyllum</i>	mateřídouška obecná	Lamiaceae	hluchavkovité	sukulenty
<i>Thymus vulgaris</i>	mateřídouška tymián	Lamiaceae	hluchavkovité	sukulenty

Zdroj: ČERMÁKOVÁ, MUŽÍKOVÁ, 2009, modifikováno (upraveno autorem).

Příloha č. 2

Výběr rostlin pro poloinzenzivní střešní zahrady

DRUHOVÉ A RODOVÉ JMÉNO (latinský název)	DRUHOVÉ A RODOVÉ JMÉNO (český název)	ČELEĎ (latinský název)	ČELEĎ (český název)	poznámka
Campanula carpatica	zvonek karpatský	Campanulaceae	zvonkovité	byliny, trávy, trvalky
Campanula cochlearifolia	zvonek maličký	Campanulaceae	zvonkovité	byliny, trávy, trvalky
Campanula rotundifolia	zvonek okrouhlolistý	Campanulaceae	zvonkovité	byliny, trávy, trvalky
Carex humilis	ostřice nízká	Cyperaceae	šáchorovité	byliny, trávy, trvalky
Carex montana	ostřice horská	Cyperaceae	šáchorovité	byliny, trávy, trvalky
Carex verna	ostřice jarní	Cyperaceae	šáchorovité	byliny, trávy, trvalky
Dianthus anatolicus	hvozdík anatolský	Caryophyllaceae	hvozdíkovité	byliny, trávy, trvalky
Dianthus carthusianorum	hvozdík kartouzek	Caryophyllaceae	hvozdíkovité	byliny, trávy, trvalky
Dianthus deltoides	hvozdík kropenatý	Caryophyllaceae	hvozdíkovité	byliny, trávy, trvalky
Euphorbia cyparissias	prýšec chvojka	Euphorbiaceae	prýšcovité	byliny, trávy, trvalky
Festuca amethystina	kostřava pichlavá	Poaceae	lipnicovité	byliny, trávy, trvalky
Festuca gautieri	kostřava medvědí	Poaceae	lipnicovité	byliny, trávy, trvalky
Festuca ovina	kostřava ovčí	Poaceae	lipnicovité	byliny, trávy, trvalky
Festuca rubra	kostřava červená	Poaceae	lipnicovité	byliny, trávy, trvalky
Hieracium aurantiacum	jestřábník oranžový	Asteraceae	hvězdnicovité	byliny, trávy, trvalky
Hieracium pilosella	jestřábník chlupáček	Asteraceae	hvězdnicovité	byliny, trávy, trvalky
Hypericum perforatum	třezalka tečkovaná	Hypericaceae	třezalkovité	byliny, trávy, trvalky
Linum perenne	len vytrvalý	Linaceae	linovité	byliny, trávy, trvalky
Petrorhagia saxifraga	hvozděnka skalní	Caryophyllaceae	hvozdíkovité	byliny, trávy, trvalky
Prunella grandiflora	černohlávek velkokvětý	Lamiaceae	hluchavkovité	byliny, trávy, trvalky

Zdroj: ČERMÁKOVÁ, MUŽÍKOVÁ, 2009, modifikováno (upraveno autorem).

Příloha č. 3

Výběr rostlin pro intenzivní střešní zahrady

DRUHOVÉ A RODOVÉ JMÉNO (latinský název)	DRUHOVÉ A RODOVÉ JMÉNO (český název)	ČELEĎ (latinský název)	ČELEĎ (český název)	poznámka
Acer circinatum	javor okrouhlostý	Aceraceae	javorovité	listnaté dřeviny
Amelanchier vulgaris	muchovník oválný	Rosaceae	ružovité	listnaté dřeviny
Anthemis tinctoria	rmen heřmánek	Asteraceae	hvězdicovité	byliny
Aster alpinus	hvězdnice alpská	Asteraceae	hvězdicovité	byliny
Aster dumosus	hvězdnice keříčkovitá	Asteraceae	hvězdicovité	byliny
Bromus tectorum	sveřep střešní	Poaceae	lipnicovité	trávy
Carex humilis	ostřice nízká	Cyperaceae	šáchorovité	trávy
Centaurea scabiosa	chrpa čekánek	Asteraceae	hvězdicovité	byliny
Dianthus carthusianorum	hvozdík kartouzek	Caryophyllaceae	hvozdíkovité	byliny
Festuca amethystina	kostřava pichlavá	Poaceae	lipnicovité	trávy
Festuca ovina	kostřava ovčí	Poaceae	lipnicovité	trávy
Heder helix	břečťan popínavý	Araliaceae	aralkovité	listnaté dřeviny
Hieracium pilosella	jestřábník chlupáček	Asteraceae	hvězdicovité	byliny
Chrysanthemum leucanthemum	kopretina bílá	Asteraceae	hvězdicovité	byliny
Iris tectorum	kosatec střešní	Iridaceae	kosatcovité	byliny
Jasminum nudiflorum	jasmín nahokvětý	Oleaceae	olivovníkovité	listnaté dřeviny
Juniperus horizontalis	jalovec plazivý	Cupressaceae	cypřišovité	jehličnaté dřeviny- suché půdy, slunce
Laurocerasus officinalis	bobkovišeň lékařská	Rosaceae	ružovité	listnaté dřeviny
Lavandula angustifolia	levandule úzkolistá	Lamiaceae	hluchavkovité	listnaté dřeviny
Melica ciliata	strdivka brvitá	Poaceae	lipnicovité	trávy
Origanum vulgare	dobromysl obecná	Lamiaceae	hluchavkovité	byliny
Petrorhagia saxifraga	hvozděnka skalní	Caryophyllaceae	hvozdíkovité	byliny
Picea nigra Nana	smrk černý	Pinaceae	borovicovité	jehličnaté dřeviny- vlhké půdy, slunce
Pinus mugo	borovice kleč	Pinaceae	borovicovité	jehličnaté dřeviny- suché půdy, slunce
Poa compressa	lipnice smáčknutá	Poaceae	lipnicovité	trávy
Poa pratensis	lipnice luční	Poaceae	lipnicovité	trávy
Rosa glauca	růže sivá	Rosaceae	ružovité	listnaté dřeviny
Salix lanata	vrba vlnatá	Salicaceae	vrbovité	listnaté dřeviny
Syringa microphylla	šeřík malolistý	Oleaceae	olivovníkovité	listnaté dřeviny
Vaccinium vitis - idaea	brusinka	Vacciniaceae	brusnicovité	listnaté dřeviny
Verbascum nigrum	divizna černá	Apiaceae	krtičníkovité	byliny

Zdroj: ČERMÁKOVÁ, MUŽÍKOVÁ, 2009, modifikováno (upraveno autorem).

Příloha č. 4

Výběr rostlin pro mokřadní střešní zahrady

DRUHOVÉ A RODOVÉ JMÉNO (latinský název)	DRUHOVÉ A RODOVÉ JMÉNO (český název)	ČELEĎ (latinský název)	ČELEĎ (český název)	poznámka
<i>Caltha palustris</i>	blatouch bahenní	Ranunculaceae	pryskyřníkovité	bylina
<i>Iris pseudacorum</i>	kosatec žlutý	Iridaceae	kosatcovité	bylina
<i>Myosotis palustris</i>	pomněnka bahenní	Boraginaceae	brutnákovité	bylina
<i>Nymphaea alba</i>	leknín bílý	Nymphaeaceae	leknínovité	bylina
<i>Nymphaea tetragona</i>	leknín čtverhranný	Nymphaeaceae	leknínovité	bylina
<i>Phalaris arundinacea</i>	chrastice rákosovitá	Poaceae	lipnicovité	trávy
<i>Typha angustifolia</i>	orobinec úzkolistý	Typhaceae	orobincovité	trávy
<i>Typha latifolia</i>	orobinec širokolistý	Typhaceae	orobincovité	trávy
<i>Typha shuttleworthii</i>	orobinec stříbrošedý	Typhaceae	orobincovité	trávy
<i>Utricularia vulgaris</i>	bublinatka obecná	Lentibulariaceae	bublinatkovité	masožravá rostlina

Zdroj: URL 12, modifikováno (upraveno autorem).

Příloha č. 5

Seznam otázek

Otázky pro pana Ing. Jana Kříže:

V jaké roce byla vyhotovena Vaše zelená střecha?

Jaké důvody Vás vedli k vybudování zelené střechy?

Realizace zelené střechy byla již na stávající budově nebo byl celý objekt nově postaven?

Co vše je nutné získat za povolení, aby zelená střecha mohla být realizována?

Jakou plochu zaujímá zelená střecha na Vašem domě?

Jak finančně náročná byla realizace zelené střechy a dá se sehnat finanční podpora?

O jaký typ zelené střechy se jedná (extenzivní, polointenzivní nebo intenzivní střechu)?

Je Vaše zelená střecha pochozí nebo nepochozí a jaký má sklon?

Jaký typ substrátu jste využil a jak jste se substrátem spokojený? Případně, kde se dá sehnat?

Jaké druhy vegetace máte na zelené střeše?

Jak řešíte závlahu a jak náročná je její údržba a péče?

Udržujete a pečujete o zelenou střechu sám nebo máte specializovanou firmu?

Jaké jsou její přínosy, které pocítujete?

Otázka pro pana Ing. Pavla Filipovského:

Jak je řešena závlaha na střešní zahradě Národního zemědělského muzea, Kostelní 44/1300, Praha 7–Holešovice?

Otázky pro paní Ing. arch. Bohdanu Škodovou:

Jaké druhy zelených střech se v ČR realizují více (extenzivní nebo intenzivní)?

Jaké typy substrátů používáte (složení)?

Jaké jsou výhody jednotlivých typů substrátů (z praxe)?

Jaké druhy vegetace umísťujete na zelené střechy (fasády)?

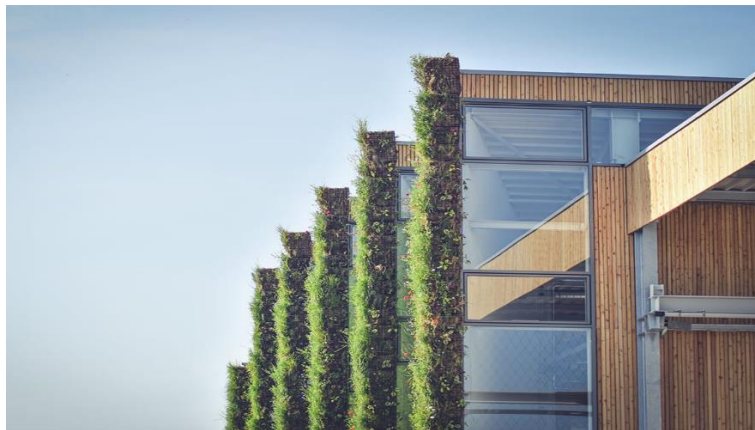
Jak řešíte závlahu?

Jak náročná je údržba a péče o zelené střechy?

Setkala jste se ve Vaší praxi s využitím možnosti zalévání střešních zahrad pomocí šedé vody z domácností?

Příloha č. 6

Fotodokumentace k zelené fasádě ve firmě LIKO-S, Slavkov u Brna



Zdroj: URL 13.

Příloha č. 7

Fotodokumentace zelené střechy na budově Národního zemědělského muzea v Praze



Zdroj: URL 14