

Česká zemědělská univerzita v Praze

**Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních
zdrojů**

Katedra zahradní a krajinné architektury



**Technologie zakládání zeleně na konstrukcích a
přehled současných světových trendů**

Bakalářská práce

Autor práce: Alena Filina

Obor studia: Zahradní a krajinařská architektura

Vedoucí práce: Ing. Alena Fedurcová

2017

ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Technologie zakládání zeleně na konstrukcích a přehled současných světových trendů." jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autorka uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 21.4. 2017

Poděkování

Ráda bych poděkovala své vedoucí Ing. Aleně Fedurkové za cenné rady, poskytnutí informačních zdrojů a pomoc při zpracování této práce. V neposlední řadě bych také chtěla velice poděkovat své rodině a přátelům za jejich podporu v období mého studia.

Technologie zakládání zeleně na konstrukcích a přehled současných světových trendů

Abstrakt

Bakalářská práce se zabývá tématem ozelenění střech, jako znovu objeveným fenoménem aplikovaným na rozmanité stavební konstrukce. Úvodem do problematiky je přiblížení historického vývoje, pozitivní a negativní vlivy na konstrukci a okolí. V literární rešerši jsou objasněny charakteristiky a technologické možnosti zakládání zahrad na konstrukci. Dále je zhodnocen potenciál jak z ekologického, ekonomického tak i ze sociálního a estetického hlediska. Byly shrnuty důležité charakteristiky vegetačního souvrství a souvrství střešního pláště pro extenzivní a intenzivní zahrady. Práce řeší funkci každé složky zelené střechy a faktory, které ovlivňují jejich výběr.

V příloze jsou uvedeny příklady střešních zahrad ve světě, včetně konstrukčního řešení a rozdílů z technického hlediska.

Klíčová slova: technologie, ozeleněné střechy, střešní zahrady, zelená architektura, intenzivní, extenzivní

The establishment of green technologies on a constructions and review of current worldwide trends

Abstract

The bachelor thesis describes the theme of green roofs as re-discovered phenomenon. Shows the basic points of their historical development, positive and negative effects on the structure and surroundings. In the literature review are explained characteristics and technological possibilities of the roof gardens. The potential is evaluated from environment, economic, social and aesthetic sides. It summarizes the important characteristics of the vegetation layers and layers of roof cladding for extensive and intensive gardens. Thesis explores the function of each component of green roofs and factors that influence their choice.

The appendix includes examples of roof gardens in the world, including the structural design and the differences from a technical perspective.

Keywords: technology, green roof, rooftop gardens, green architecture, intensive, extensive

Obsah

1	Úvod.....	1
2	Cíl práce	2
3	Metodika	3
4	Zelené střechy v minulosti a současnost.....	4
5	Charakteristiky zelené střechy.....	7
6	Pozitiva a negativa střech	8
6.1	Pozitiva.....	8
6.1.1	Čistění ovzduší	8
6.1.2	Snížení intenzity městských tepelných ostrovů.....	9
6.1.3	Absorpce a filtrace vody.....	9
6.1.4	Podpora biodiverzity	10
6.1.5	Tepelná a zvuková izolace.....	10
6.1.6	Estetické a psychologické účinky.....	10
6.1.7	Stavební výhody	11
6.2	Negativa	11
6.2.1	Přírodní limity	11
6.2.2	Konstrukční limity.....	11
6.2.3	Vysoké náklady na instalaci a údržbu	12
6.2.4	Omezený výběr vegetace.....	12
7	Požadavky uživatelů na střešní zahrady	13
7.1	Přístup.....	13
7.2	Bezpečnost	13
7.3	Mobilář	13
8	Druhy střešních zahrad	15
8.1	Dělení dle sklonu	15
8.1.1	Plochá střecha	16
8.1.2	Šikmá střecha.....	17
8.1.3	Strmá střecha	18
8.2	Dle umístění vůči terénu.....	18
8.3	Dle intenzity údržby a využití:.....	18
8.3.1	Extenzivní.....	19
8.3.2	Jednoduché intenzivní	21
8.3.3	Intenzivní.....	21
9	Technologická skladba souvrství.....	23

9.1	Nosná konstrukce.....	24
9.1.1	Zkouška vodotěsnosti	25
9.2	Parozábrana	25
9.3	Tepelná izolace	25
9.4	Hydroizolační vrstva.....	26
9.5	Protikořenová vrstva - separační	27
9.6	Drenážní a hydroakumulační vrstva.....	28
9.7	Filtrační vrstva	30
9.8	Substrát.....	31
9.9	Vegetační vrstva – vegetace	33
9.9.1	Způsoby založení zeleně:	33
	Na plochých střechách:	33
9.9.2	Rostliny vhodné pro ozelenění	34
	Extenzivní střechy.....	34
	Intenzivní střechy.....	34
9.10	Stabilizační vrstva	35
9.11	Protierozní ochrana	35
9.12	Mulčovací vrstva	35
10	Požadavky na střešní konstrukci.	36
10.1	Normy vztahující se k problematice zakládání střešních zahrad... ..	36
10.2	Protipožární ochrana	37
11	Údržba.....	38
11.1	Závlaha.....	39
12	Perspektiva.....	40
13	Závěr	41
	Seznam obrázků.....	42
	Seznam tabulek	43
	Seznam použité literatury	44

1. Úvod

Urbanizace spojená s vysokou denzitou obyvatelstva na poměrně malé ploše, a také se vznikem antropogenní krajiny, má ke stavu ekologické rovnováhy daleko (Chelnokov et al., 2015). Důsledkem této nerovnováhy se zvyšuje význam živé přírody v ozelenění města a tvorbě jeho charakteru (Titova, 2003). Nedostatek vegetace v prostředí lze již částečně nahradit pomocí zeleně na konstrukcích. Tento způsob je jedním z nejpůlárnějších světových trendů, které se objevily ve stavebnictví a architektuře v posledních desetiletích (Titova, 2003).

Pod pojmem zeleň na konstrukcích rozumíme architektonické prvky, u kterých je vegetace oddělená od přirozené zeminy pomocí různých stavebních konstrukcí (Sycheva, 2004). Skladba zelené střechy předurčuje její budoucí kvalitu a životnost. Názor autorů na technologickou stránku znovu objevených konstrukčních prvků je odlišný. Z tohoto důvodu je důležité sjednotit problematiku navrhování a shrnout teoretické a praktické poznatky.

2. Cíl práce

Cílem práce je shrnutí současných trendů v zakládání střešních zahrad, dále poskytnutí kompletního přehledu používaných technologií v České Republice i ve světě a rovněž vytvoření metodiky pro správné založení zeleně na konstrukcích včetně detailních informací popisujících jednotlivé vrstvy a faktory ovlivňující skladbu a jejich funkce.

3. Metodika

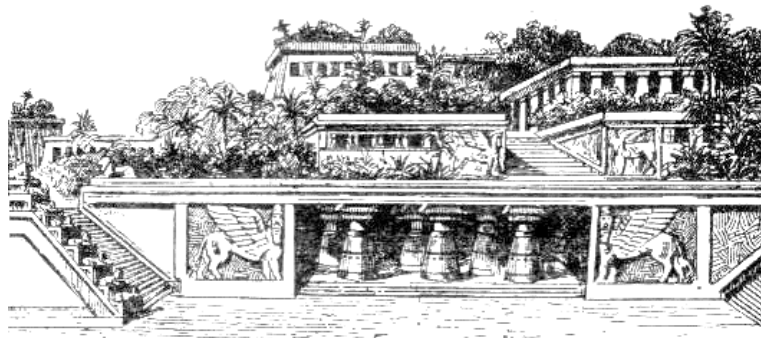
Literární rešerše přináší náhled na komplexní problematiku technologie zakládání střešních zahrad ve světě. Shrnuje základní metodiku a moderní trendy jak správně založit střešní zahradu. Popisuje postupy zakládání a charakteristiky pro každý komponent.

Vzhledem k nedostatku kvalitních literárních pramenů v českém jazyce, je práce tvořena především za použití cizojazyčné literatury. Zejména byly použity zdroje v anglickém a ruském jazyce. Pro analýzu tématu “Technologie zakládání zeleně na konstrukcích a přehledu současných světových trendů” byly použity odborné knihy, vědecké články, technické normy a brožury výrobců. Pro zpracování tématu byly dále použity získané znalosti ze semináře “Standardy pro zelené střechy” a informace nabyté z exkurzí a osobních návštěv realizovaných střešních zahrad.

Součástí této práce je také příloha, ve které jsou uvedeny příklady zeleně na konstrukcích a jejich technologická skladba.

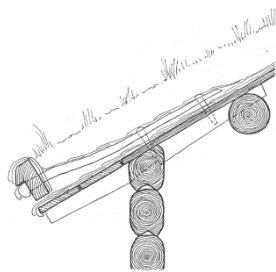
4. Zelené střechy v minulosti a současnost

Ozeleněné střechy nejsou novým trendem. Technika pěstování rostlin na střeše je známa již z dávné minulosti. Mezi nejznámější starověké zelené střechy patří Visuté zahrady v Babylonu, na území dnešní Sýrie, považované za jeden ze sedmi divů antického světa (Vijayaraghavan, 2015). Celková struktura budovy byla podobná stupňovité pyramidě se základnou o rozměrech přibližně 42 x 34 metrů. Zahrady byly založeny na konstrukcích z masivních kamenných kvádrů, podporovanými silnými klenbami a kolonádou. Tepelně izolační vrstva byla složena z rákosu zalitého asfaltem. Hydroizolaci tvořily pláty z olova.

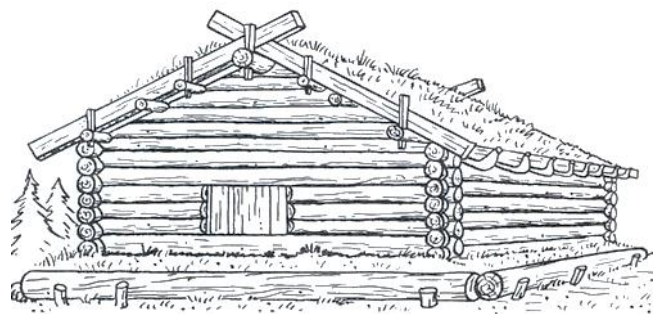


Obr. č. 1 - Visuté zahrady Semiramidiny
(https://cs.wikipedia.org/wiki/Visut%C3%A9_zahrady_Semiramidiny)

Tradiční způsob pokrytí drnem používali i v severních zemích a to v chladných oblastech Islandu a ve Skandinávii. V Norsku a Švédsku se dodnes vyskytují typické rolnické domy, které mají vegetační střešní krytinu (Klinkenberg, 2009). Zatížení střešních konstrukcí sledovaného typu tvořilo přibližně 250 kg / m², v zimě díky zatížení sněhem se tato hodnota zvyšovala až na 400 - 500 kg / m² (Sycheva, 2004).



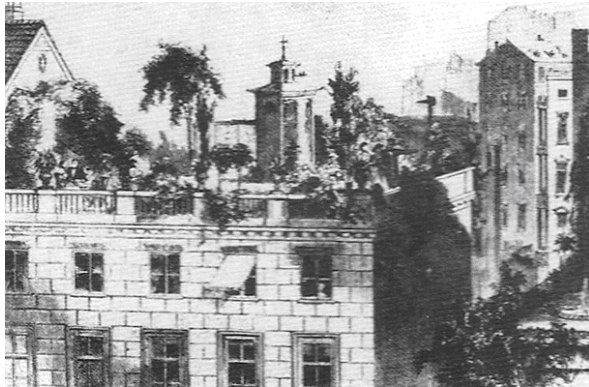
Obr. č. 2 - Zatravněná střecha



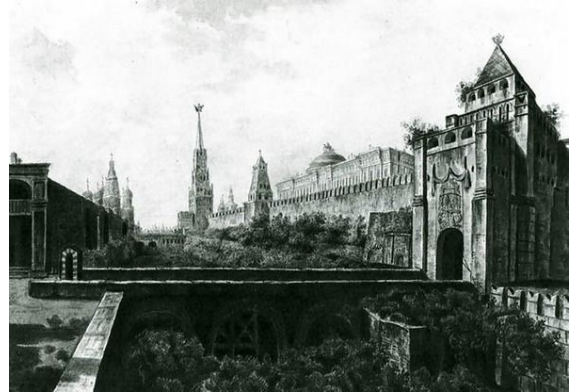
Obr. č. 3 - Typická střecha s vegetací

Pozoruhodné střešní zahrady byly vytvořené v carském Rusku. Jedním ze zajímavých příkladů historických střešních konstrukcí 17. století je moskevský Kreml. Komplexy zahrad

byly umístěny na kamenných obloucích budov a chrámů, jejichž střecha byla pokrytá spojenými olověnými deskami s okraji zahnutými nahoru. Na těchto deskách pak byla rozprostřená zemina. Voda pro závlahu byla dodaná pomocí speciálně vybudovaného vodovodu (Titova, 2003).



Obr. č. 4 - Střešní zahrada Karla Rabitza
(https://de.wikipedia.org/wiki/Carl_Rabitz)



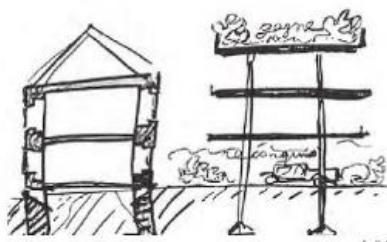
Obr. č. 5 - Pohled na Nikolskaya věž moskevského Kremlu
Fedor Alekseyev, 1800
(<http://earth-chronicles.ru/news/2014-11-14-73326>)

V roce 1867 královský zedník Karl Rabitz v Berlíně, ve své brožuře “Přírodní střechy z vulkanického cementu” doporučil budování plochých střech z důvodu následné instalace ozeleněných střech (Sedlbauer et al., 2010).

V Americe a Evropě mělo mnoho veřejných budov explantační střechu, ale díky vytvoření nových voděodolných syntetických materiálů a substrátu v 60. letech minulého století tato tendence získala masový charakter (Titova, 2003).

Na počátku 20. století se vývoj konstrukčních řešení střech objevoval v dílech mnoha modernistických architektů (např. Frank Lloyd Wright, Roberto Burle Marx, Walter Gropius a další), což vedlo k velkým pokrokům v budování zelených střech (Sycheva, 2004). Některé typy moderní architektury integrovaly ozelenění konstrukcí do svého základního konceptu.

Význačný architekt, teoretik a urbanista Le Corbusier (1927) ve svém manifestu “Pět bodů moderní architektury” napsal, že plochá střecha umožňuje budování střešních zahrad, které vracejí místu odebranou zeleň.



Obr. č. 6 - Skici Le Corbusier, 1927

(Sedlbauer et al., 2010)

V současné době jsou rovněž vytvářeny komplikované projekty střech s vegetací určené pro mezinárodní hotely, obchodní centra, soukromé domy, garáže, sklady atd. (Oberndorfer et al., 2007). Nejedná se pouze o ozeleněné střechy, ale i vytváření vhodného prostředí pro vegetaci na konstrukcích. V současné době jsou střešní zahrady známkou prestiže.

Díky technologickým pokrokům, jsou moderní zelené střechy mnohem efektivnější, praktičtější a výhodnější než střechy, používané v minulosti (Vijayaraghavan, 2015).



Obr. č. 7 - Skica moderní zelené střechy

(<https://www.behance.net/gallery/2721199/Urban-Planning>)

5. Charakteristiky zelené střechy

Většina literárních pramenů uvádí, že je to konstrukce, která má technické a vegetační souvrství. Může být částečně nebo zcela pokrytá vegetací, navržená pro soukromé nebo veřejné využití. K zahradám na konstrukcích patří nejen střešní zahrady, ale i zeleň, vytvořená na konstrukcích střech podzemních garáží, estakád či teras (Sycheva, 2004). Výběr konstrukcí je závislý na různých klimatických a technických faktorech.

Ve městech je kontakt s přírodou minimální, a proto má prostor pro odpočinek nebo pěstování rostlin vysokou hodnotu. Vzhledem k tomu, že se ploché střechy považují za “mrtvý”- nevyužitý prostor, nedostupný lidem a přírodě, zdá se rozumné prozkoumání potenciálu střech jako zahradního prostoru (Brownlie, 1990). Tato myšlenka ovlivňuje moderní architekturu a podporuje trend ekologického stavebnictví.

6. Pozitiva a negativa střech

Nejčastějším argumentem pro zelené střechy je jejich vysoký stupeň funkčnosti a pozitivní účinek ve srovnání s tradičními typy střech (Titova, 2003). Environmentální přístup v designu střešních zahrad je založen na racionálním a přiměřeném využívání přírodních zdrojů a minimalizaci negativních dopadů urbanizace na životní prostředí (Kalinina and Vasilieva, 2014). Různé výhody zelených střech byly diskutovány: viz např. Brownlie (1990), Minke (2001), Titovou (2003), Čermakovou a Mužikovou (2009), Vijayaraghavan (2015) aj. Nicméně, mnoho technických a ekologických výhod zelených střech je třeba ještě analyzovat a posoudit. Ačkoli zelené střechy nabízejí mnoho výhod, existuje celá řada nedostatků jejich instalací, které mohou ovlivnit výběr konstrukce.

6.1 Pozitiva

6.1.1 Čistění ovzduší

Obsah prachu ve vzduchu není konstantní hodnotou: může se zvyšovat s rychlostí větru, vlhkosti, povrchové prašností aj. Většinu znečišťujících látek tvoří plynné látky (90 %), zbývajících (10 %) - jsou pevné látky (Bretschneider and Kurfürst, 1978).

Problematika ochrany ovzduší se naléhavě řeší v průmyslově rozvinutých zemích pomocí technologií, omezením emisí, technických norem a standardů (Moldan, 2015). Rostliny na vegetačních střechách jsou schopné produkovat kyslík v procesu fotosyntézy ($6\text{CO}_2 + 6\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{O}_2$), zadržovat prach, filtrovat a absorbovat nečistoty ve vzduchu. Pouze pomocí dodatečného ozelenění 10 % – 20 % střešních ploch je možné dosáhnout zlepšení klimatu (Minke, 2001).



Obr. č. 8 - Průmyslové znečištění ovzduší
(<http://vivredemain.fr/category-bio/pollution-air/>)

6.1.2 Snížení intenzity městských tepelných ostrovů

Ve srovnání s okolními venkovskými oblastmi jsou teploty v městských a předměstských oblastech průměrně o 1 až 6 °C vyšší. Tento fakt způsobuje vytvoření efektu „teplých ostrovů města“, kvůli kterému může teplota dosáhnout kritické úrovně pro zdraví člověka (Luckett, 2009). Ve městech s populací přes 100.000, efekt „teplých ostrovů“ způsobuje o 3 až 8 % větší poptávku po energii (Titova, 2003).

Evapotranspirace rostlin slouží jako základní mechanismus pro snižování teploty ve městě (Burian aj., 2016). Evatranspirace je omezená a to z důvodu kolísání teplot během dne a noci. Rostliny vypařují vodu a akumulují teplo, čímž odnímají teplo ze svého okolí. Například za období letních dnů může zelená střecha využít až 90 % energie (Minke, 2001).

6.1.3 Absorpce a filtrace vody

Pomocí vegetačních střech lze částečně řešit problém nízké retence vody. Převaha nepropustných povrchů v městském prostředí způsobuje rychlý odtok a vyšší intenzitu toků, které nesou živiny, jemné naplavené částice, uhlovodíky, chlorované organické látky a těžké kovy z povrchů staveb a ulic do vodních toků (Grant et. al., 2003).

Zelená střecha umožňuje návrat dešťové vody do přirozeného koloběhu. Střechy zadržují 40 – 90 % dešťové vody v závislosti na typu ozelenění, tloušťce vegetačního souvrství, velikosti plochy a ročního období (Zimmermann, 2015). Například, vrstva substrátu s vegetací ve výšce 40 cm může zachytit do 20 % srážek (Titova, 2003). Retenční nádrže na střeších jsou schopné snižovat tlak na kanalizační systém a splňovat filtrační funkci s následným návratem očištěné vody do povrchových vod (Čermáková a Mužíková, 2009).

Vijayaraghavan (2015) shrnul následující důležité faktory, působící na odtok dešťové vody:

- Typ růstového prostředí (vyplavování a sorpční charakter)
- Typ vegetace (znaky Fytoremediace)
- Množství dešťových srážek
- Zdroje lokálního znečištění
- Druh zelené střechy (intenzivní, extenzivní)
- Fertilizace a postupy údržby
- Počet let zelené střech
- Fyzikální a chemické vlastnosti znečišťujících látek
- Typ odvodnění

6.1.4 Podpora biodiverzity

Autoři zdůrazňují pozitivní vliv zelené střechy na životní prostředí (Brownlie, 1990; Oberndorfer et al., 2007; Burian aj., 2016). Z ekologického hlediska tyto konstrukce přinášejí městu nová zelená prostranství, která obohacují jak flóru, tak faunu. Dále vytvářejí bezpečná místa pro ptáky a hmyz. Pro hmyz může být zelená střecha biocentrem. Také pomáhají obnovit biodiverzitu, která byla ztracena v důsledku rozvoje měst (Vijayaraghavan, 2015).

6.1.5 Tepelná a zvuková izolace

Střechy udržují teplo uvnitř budovy, zatímco v jižních zemích, jako je např. Tanzanie, ochlazují prostor, splňují tepelně izolační a akumulární funkce (Titova, 2003). Bylo zjištěno, že při teplotě vzduchu 30 °C teplota substrátu zůstává o 5 °C nižší. Střecha může být zahřátá až na 60 °C (Minke 2001).

V městském prostředí přesahuje plocha náchylná ke konstantním a abnormálním expozicím hluku 60% (Mosekonomonitoring, 2017). Connelly a Hodgson (2015) uvádějí, že zelené střechy mají potenciál ke zlepšení akustických vlastností prostředí uvnitř i vně budovy. Dobře absorbují zvuky, tlumí zvukové vlny. V důsledku jejich pokusu na ozeleněných střechách s různou hloubkou substrátu, obsahem vody a druhu rostlin bylo zjištěno, že ztráta přenosu vegetačních střech byla vyšší než u střech bez vegetace až o 10 až 20 dB ve frekvenčních nízkých a středních rozsahu.

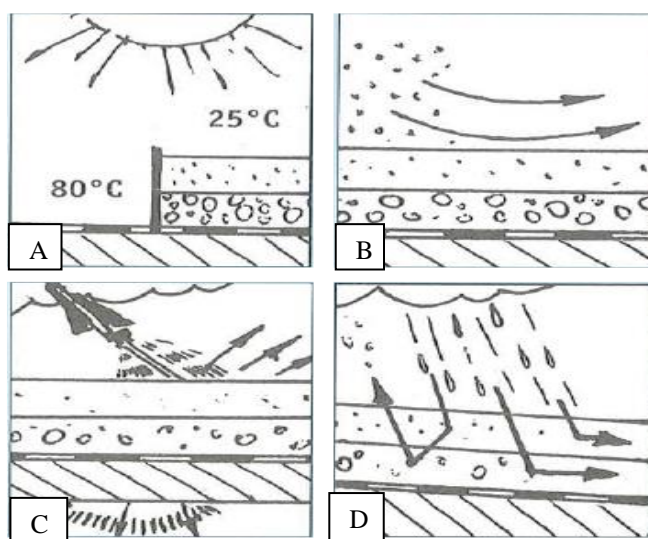
6.1.6 Estetické a psychologické účinky

Komplexní ozelenění výrazně obohacuje architekturu typické bytové výstavby a zlepšuje okolí (Sycheva, 2004). Podle názoru Vijayaraghavan (2015) lze zelené střechy také vnímat jako nástroj ke zvýšení estetického vzhledu všech budov a také jako efektivní strategii pro zvýšení investičních příležitostí.

Zelené střechy lze využít pro sociální a komerční účely (jako zvýšení hodnoty pohledových horizontů, vyšší estetické působení stavby, vytvoření relaxačního prostoru aj.). Rostlinný porost není statický, sezonní proměny přinášejí do kompozice dynamiku. Mimo pozitivní účinky, ozeleněné střechy hrají význačnou psychologickou roli. Zajišťují kontakt s přírodou (Grant et. al., 2003). Přinášejí atraktivní výhledy na vegetaci (Titova, 2003) a omezují působení stresu (Čermáková a Mužíková, 2009).

6.1.7 Stavební výhody

Přestože je realizace zelené střechy zpočátku ekonomicky náročnější na pořízení než klasické střechy, z dlouhodobého hlediska mohou být zelené střechy ekonomicky výhodnější, a přispívají k delší životnosti střešních membrán (Oberndorfer et al., 2007). V literatuře se uvádí, že ze stavebního hlediska, vegetační střecha splňuje přídatnou tepelnou izolaci pomocí které nedochází k dodatečným ztrátám tepla o 10 % – 30 %. Poskytují delší životnost materiálům, přispívají k odolnosti vůči různým typům záření a chemickým látkám a zajišťují protipožární ochranu apod. (Čermáková a Mužíková, 2009).



Obr. č. 9 - Výhody zelených střech

A – teplotní izolace, B – čištění ovzduší, C – zvuková izolace,

D – absorpce a filtrace vody

(Titova, 2003)

6.2 Negativa

6.2.1 Přírodní limity

Mezi faktory, omezující prospěch zelené střechy jsou zařazený: klimatické podmínky, vodní zásoba, úhrn srážek, suché periody a expozice (Burian aj., 2016).

6.2.2 Konstrukční limity

Konstrukce střech a nosných stěn mnoha objektů nejsou dostatečně pevné, aby unesly větší váhu zelených střechy. Omezujícím faktorem je i sklon střešní krytiny: zelené střechy je možné nainstalovat pouze na plochých střešních konstrukcích (Minke, 2001) nebo mírně

šikmých střeších (Titova, 2003). Dalším limitem je hmotnost a extrémní podmínky na střeše vyžadující použití trvanlivých polymerních materiálů pro různé vrstvy zelených střešů (Vijayaraghavan, 2015).

Luckett (2009) tvrdí, že tenká vrstva substrátu omezuje vytvoření biotopu na střeše a snižuje intenzitu růstu. Často je zde pomalý nebo úplně zastavený vývoj vegetace.

6.2.3 Vysoké náklady na instalaci a údržbu

Náklady na instalaci a údržbu zelené střechy jsou vyšší než na instalaci běžné střechy. Finanční náklady se liší dle dopravy (nejnákladnější), přístupnosti pozemku a ročního období. V případě extenzivní střechy jsou náklady vyšší v rozmezí o 0 % – 15 % (Minke, 2001).

Čermáková a Mužiková (2009) uvádějí průměrnou cenu extenzivních střešních zahrad od 1500 do 3500 Kč / m². Podle Oberndorfera et al. (2007), se 1 m² extenzivní zelené střechy, bez hydroizolační membrány a vrstev pod ní, obvykle pohybuje od \$100 (≈ 2 538 Kč) do \$300 (≈ 7 615 Kč). Cena intenzivních zelených střešů je od \$ 200 (≈ 5076 Kč) za m² z důvodu jejich složité sestavy a náročnější instalace.

6.2.4 Omezený výběr vegetace

Pěstební substrát intenzivních zelených střešů může podpořit růst širokého spektra rostlin, včetně keřů a malých stromů. Extenzivní zelené střechy, však mohou obvykle unést pouze malý výběr mělce kořenicích rostlin tolerantních vůči suchu, což omezuje výběr. Tyto rostliny nejsou tak bohatě olistěné, a pro někoho mohou být méně atraktivní, než rostliny pěstované v hlubší půdě. Méně odolné rostliny mohou také trpět stresem ze silných větrů běžných na vysokých střeších (Titova, 2003).

Důležitá je i odolnost rostlin vůči stresům a environmentálním faktorům tvořeným abiotickou a biotickou složkou, které snižují rychlost některých fyziologických procesů (Lambers et al., 2008).

7. Požadavky uživatelů na střešní zahrady

7.1 Přístup

Přístup na střešní zahradu může být požadován pro občasné, pravidelné nebo časté používání jednou nebo více osobami. Většina střešních zahrad je v podstatě v rukou soukromých majitelů a není volně přístupná (Brownlie, 1990). Přístup na střechu je nezbytný pro technickou kontrolu a údržbu, pro hašení požárů a pro přístup záchranné služby nebo k jiným činnostem, pro které byla zahrada určena. Je velmi důležitý - a to nejen pro instalaci a průběžnou údržbu, ale i pro přesun materiálů, substrátu a rostlin.

Schodiště je často jediným prostředkem, který poskytuje přístup na střechu a slouží jako úniková cesta. Toto stavební řešení buď komplikuje nebo zcela znemožňuje přístup osob s omezenou schopností pohybu. V případě přítomnosti schodiště, musí mít dveře světlou šířku nejméně 800 mm (dle vyhlášky 268/2009).

7.2 Bezpečnost

Pokud jde o bezpečnost provozu zelené střechy je nutné zajištění ochranných opatření. V případě, že je střešní zahrada nad úrovní terénu, považuje se za nezbytnou určitá forma bariéry. Na střeších v úrovni nebo s malým převýšením terénu, je běžně používán jednoduchý napjatý drátěný plot (Brownlie, 1990).

V případě využití střešní zahrady návštěvníky a pro bezpečnost ve večerním čase je důležité osvětlení. Schodiště, bezpečné cesty, perimetrické zabezpečovací systémy a v některých případech i osvětlení a výtahy, vše musí odpovídat příslušným normám.

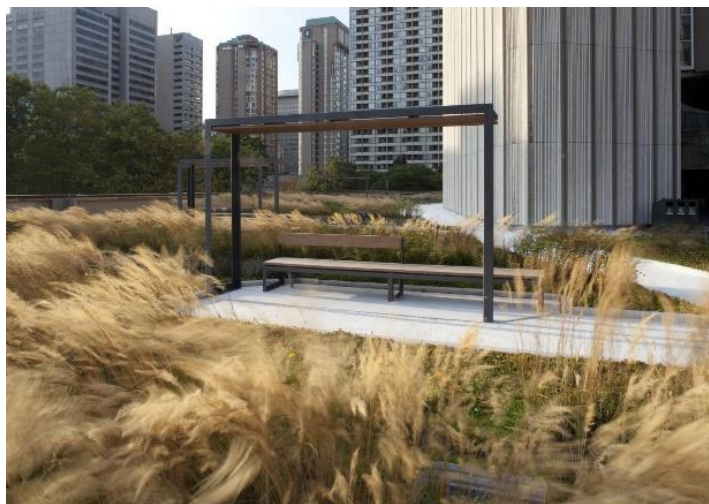
7.3 Mobilář

Kromě vegetace, mohou být v zahradách nacházejících se na střeších umístěné různé malé stavební formy, sochy, vodní plochy. Mezi základní elementy také patří chodníky, místa k posezení, odpadkové koše, osvětlení, informační tabule aj. (Titova, 2003). Mohou zde být i dětská nebo sportovní hřiště a speciální rekreační zařízení. Hlavní funkce prvků mobiliáře spočívá ve vytvoření příjemného a funkčního prostředí pro návštěvníky.

Osvětlení mění celkový dojem, zmenšuje nebo rozšiřuje prostranství, působí kontrastně nebo zdůrazňuje materiály a objekty a plní jiné funkce (Zimmermann, 2015).

Místa k posezení jsou vyrobená z různých materiálů nebo z jejich kombinací. Při výběru elementů občanské vybavenosti je důležitý nejen design, ale i odolnost proti počasí

a vandalismu. Zimmerman (2015) klade důraz na pevné kotvení a zabránění shromažďování vody na sedací ploše. Je důležité zabezpečení všech prvků mobiliáře pomocí technických opatření.



Obr. č. 10 - Posezení na zahradě



Obr. č. 11 - Osvětlení zahrady

(http://english.visitkorea.or.kr/enu/ATR/SI_EN_3_6.jsp?cid=2045027)

8. Druhy střešních zahrad

Střecha chrání stavbu před vlivy vnitřního a vnějšího prostředí, jako jsou například nízké a vysoké teploty, vlhkost, UV záření, vítr, déšť aj. (Čermáková a Mužíková, 2009). Nejen technické požadavky (sklon, zatížení střechy, skladba souvrství, výška atiky), klimatické podmínky (množství srážek, expozice vůči světovým stranám, směr větru, atd.) ale i účel a požadovaný vzhled určují typ zelené střechy (Zimmermann, 2011).

Rozlišuje se mnoho způsobů rozdělení zelených střech, například dle jejich účelu, umístění ve struktuře budov, charakteru vegetací a převahy jednoho z materiálů (stavebního či vegetačního).

Minke (2001) dělí vegetační střechy podle:

- jejich sklonu
- využití
- skladby souvrství
- konstrukčního uspořádání
- druhů vegetace
- umístění vůči terénu

8.1 Dělení dle sklonu

Sklon střešní roviny pro vegetační střechu je rozhodujícím činitelem (Minke, 2001). Ovlivňuje nejen typ zeleně a konstrukce, ale i výběr opatření pro zajištění stability (Čermáková a Mužíková, 2009). Sklon a tvar střešních ploch mají vliv na rychlost odtoku vody: nižší sklon způsobí špatné odvodňování. Důležitá je i schopnost střechy zadržet vodu.

Podle ČSN 73 1901 Navrhování střech – Základní ustanovení (2011), rozlišujeme ploché, šikmé a strmé střechy.

Sklon v %	Sklon v °
5 %	2,9°
10 %	5,7°
15 %	8,5°
20 %	11,3°
40 %	21,8°
60 %	31,0°
80 %	38,7°
100 %	45,0°

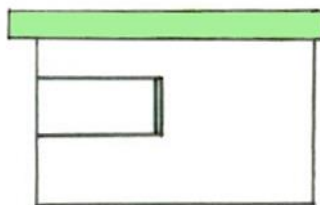
Tab. č. 1 - Srovnání sklonu v procentech a ve stupních
(Minke, 2001)

8.1.1 Plochá střecha

V období funkcionalismu byla rovná střecha považovaná za ideální stavební prvek v architektuře. Její konstrukce je velmi jednoduchá a historicky byla používána v mírných klimatických oblastech (Čermáková a Mužikova, 2009).

Patří sem střecha se sklonem vnějšího povrchu $\alpha \leq 5^\circ$ (Dle ČSN 731901, 2011). Na území České Republiky není předepsán minimální sklon. Doporučuje se sklon ploché střechy 3 %. Čermáková a Mužikova (2009) považují za optimální sklon 2 - 5 %. Zahraniční autoři uvádějí sklon 2 % (FLL, 1995; Titova, 2003; Zimmermann, 2015).

Střechy se sklonem 0 - 2 % jsou vhodné pro intenzivní ozelenění se zásobováním vody. V tomto případě jsou časté vzniky kaluží v drenážní vrstvě (Zimmermann, 2015). Kaluže o hloubce do 10 mm jsou považované za přijatelné (ČSN 731901, 2011). Je nutné zajištění vhodného systému odvodnění na střeše.



Obr. č. 12 - Plochá střecha

Dle stavebního provedení se dělí na:

- Jednoplášťové – s klasickým pořadím vrstev (jeden střešní plášť)
- Jednoplášťové – s opačným pořadím vrstev (inverzní)

- Dvouplášťové – s dvěma střešními pláštěmi, mezi kterými je vzduchová mezera (Burian aj., 2016).

Dle hmotnosti 1 m² konstrukcí střešního pláště:

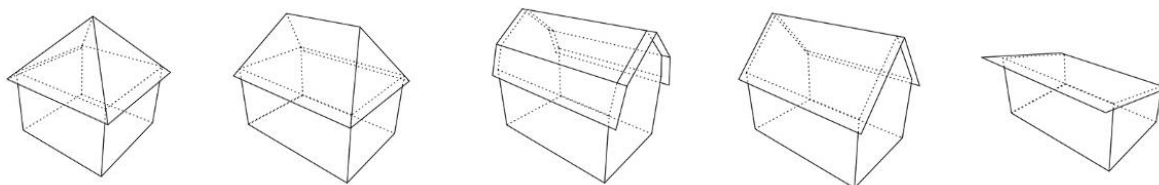
- Lehké – s plošnou hmotností nižší než 100 kg / m²
- Těžké – s plošnou hmotností rovné nebo vyšší než 100 kg / m² (Čermáková a Mužikova, 2009)

8.1.2 Šikmá střecha

V oblastech s horšími klimatickými podmínkami se budovaly šikmé střechy. Dříve se podkrovní prostory využívaly jako nebytové: skladové prostory, prostory na sušení prádla atd. Postupem času se z nich začaly vytvářet obytné prostory, čímž se zvyšovaly nároky na tepelnou izolaci, parozábranu a jiné vrstvy (Čermáková a Mužikova, 2009).

Šikmá střecha je střecha se sklonem vnějšího povrchu $5^\circ < \alpha \leq 45^\circ$ (Dle ČSN 731901, 2011). Čermáková a Mužikova (2009) považují za nenáročné ozelenění střech do 30°. Pokud sklon střechy je větší než 22° hrozí sesuv substrátu a jeho erozi (Minke, 2001).

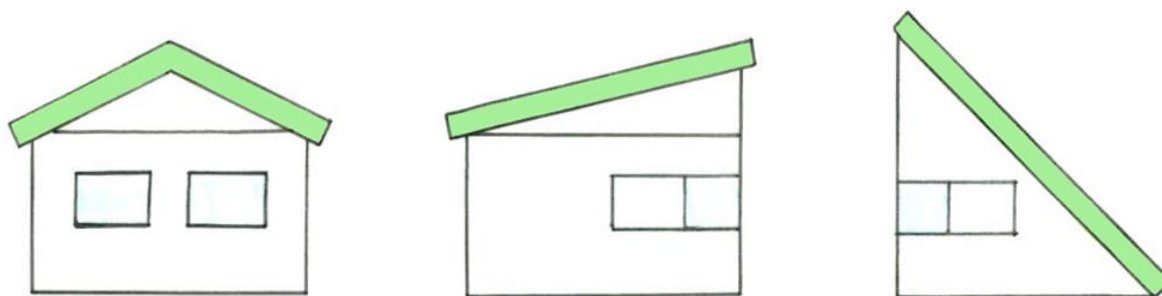
Šikmé a strmé střechy mohou mít různé tvary. Mezi nejpoužívanější patří střechy pultového, sedlového, stanového, valbového, mansardového a valeného typu. Všechny uvedené typy jsou vhodné k ozelenění (Čermáková a Mužikova, 2009).



Obr. č. 13 - Tvary šikmých střech
(stanová, valbová, mansardová, sedlová, pultová)
(<http://www.venkovskydum.cz/tvary-strech/>)

Zelené střechy se rozlišují dle konstrukčního uspořádání a počtu střešních plášťů na:

- Jednoplášťové – s jedním střešním pláštěm (jsou vhodné pro extenzivní a intenzivní ozelenění)
- Dvouplášťové – střecha s hydroizolační vrstvou nad tepelněizolační vrstvou
- Víceplášťové – z několika střešních plášťů, mezi kterými je vzduchová mezera (Čermáková a Mužikova, 2009).



Obr. č. 14 - Rozdělení střech podle sklonu

Sedlová střecha, střecha se sklonem $5^\circ - 15^\circ$, střecha se sklonem $15^\circ - 45^\circ$.

8.1.3 Strmá střecha

Sklon vnějšího povrchu strmé střechy se může pohybovat mezi 45° a 90° (Dle ČSN 731901:2011). Tato střecha vyžaduje poměrně odlišný přístup a speciální technologie. Dříve společnost FLL (1995) doporučovala upustit od ozelenění na střechách se sklonem větším než 45° .

8.2 Dle umístění vůči terénu

Zeleň na konstrukcích se dělí na pozemní, nadzemní (dříve – visuté), a zahrady smíšeného typů v závislosti na umístění vzhledem k úrovni rostlinného terénu (Sycheva, 2009). Podle Buriana aj. (2016) mohou být zelené střechy v úrovni, v dotyku a bez dotyku s parterem.

Prvky ozelenění v úrovni s parterem jsou často vytvářené na střeše podzemních objektů. Představují cenné prostory pro veřejnost (Burian aj., 2016). Z důvodu intenzivního provozu se nejčastěji používá intenzivní ozelenění (Šimečková, 2016). Nadzemní zahrady, které se dotýkají parteru, jsou obvykle zakládáné pomocí extenzivního nebo polointenzivního ozelenění. Zelené střechy bez dotyku s terénem jsou nejpoužívanějším typem (Burian aj., 2016).

8.3 Dle intenzity údržby a využití:

Další kritérium rozdělení střešních zahrad je stupeň využití a následná údržba.

Většina autorů dělí ozeleněné střechy na:

- Extenzivní (obvykle je nízko rostoucí trávník, mech nebo rostliny rodu *Sedum*, *Sempervivum*).
- Polointenzivní (s dobře udržovanými trávničky nebo s vyšší vegetací).

- Intenzivní (ekvivalent parků či zahrad) (Grant et. al., 2003).

Tato klasifikace nemusí být vždy jednoznačná - jsou možné přechodné a smíšené druhy. S ohledem na poznatky z využití rostlin a botaniky můžeme tyto tři druhy zelených střech navzájem vymežit pomocí následujících kritérií.

	Extenzivní střecha	Polointenzivní střecha	Intenzivní střecha
Údržba	nízká	periodicky	pravidelně
Závlaha	Bez závlahy	periodicky	Regulární závlaha
Mocnost vegetační vrstvy	60 – 200 mm	120 – 250 mm	150 – 400 mm na podzemních garážích > 1000 mm
Mocnost substrátu v nasyceném stavu	60 – 150 kg / m ²	120 - 200 kg / m ²	180 - 500 kg / m ²
Mocnost substrátu*	10 kg / m ²	15 kg / m ²	20 – 1500 kg / m ²
Finanční náklady	Nízké	Střední	Vysoké

Tab. č. 2 - Typy ozelenění a jejich parametry

International Green Roofs Association (http://igra-world.com/types_of_green_roofs/)

*Dunnet and Kingsbury (2008)

Dle provozního využití se rozlišují na střešní plochy pochozí, nepochozí a pobytové.

8.3.1 Extenzivní

Pod pojmem extenzivní ozelenění se rozumí střecha s nejmenší zátěží a malou stavební výškou (Burian aj., 2016). Jedná se o střešní konstrukci, která nevyžaduje složitou údržbu (1 – 2 kontroly v průběhu roku, odstranění odumřelých částí rostlin a plevelu, přihnojování), je nenáročná a usnadňuje použití na stavbách.

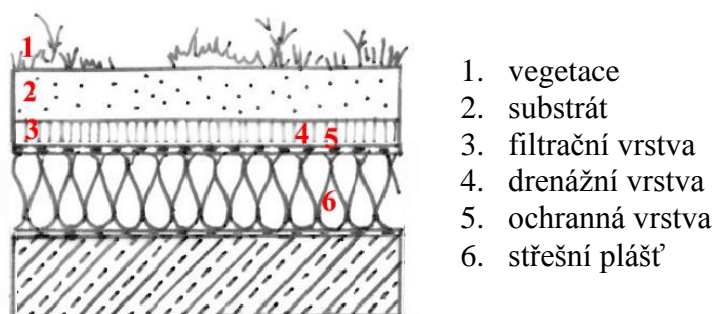
Extenzivní ozelenění je nejrozšířenější typ ve světě a to díky jednoduché suchomilné vegetaci, přizpůsobené extrémním podmínkám, bez speciální závlahy a zásobení živinami (Šimečková, 2008). V průběhu suchého období se zastavuje generativní množení rostlin (Burian, 2017, osobní sdílení). Správně zvolený sortiment je velmi odolný, rostliny jsou téměř schopné k obnově bez pomoci a účasti člověka.

Cílem extenzivní zahrady je chránit budovu před nadměrným slunečním zářením a zlepšovat ekologické a estetické parametry okolního prostoru.

Podle české technické normy 73 1901 (2011) je extenzivní střecha definována jako střecha bez provozního využití. Na střechu mají přístup pouze poučené osoby zajišťující kontrolu a údržbu konstrukcí.

Názory autorů ohledně složení extenzivní střechy jsou odlišné. Například tloušťka substrátu se liší v závislosti na zvolené technologii. Podle Zimmermann (2015) by měl substrát extenzivní střechy mít 5 – 15 cm, ZinCo (2016) uvádí 6 - 10cm, dle International Green Roof Association (2017) je optimální 6 - 20 cm. Avšak, Čermáková a Mužíková (2009) se domnívají, že minimální tloušťka činí 2 cm.

Standardní skladba extenzivní střechy:



Obr. č. 15 - Skladba extenzivní střechy
(Zimmermann, 2015)



Obr. č. 16 - Extenzivní střecha Heritage Aviation
South Burlington, Vermont
(<http://www.wagnerhodgson.com/projects/corporate/heritage-aviation>)



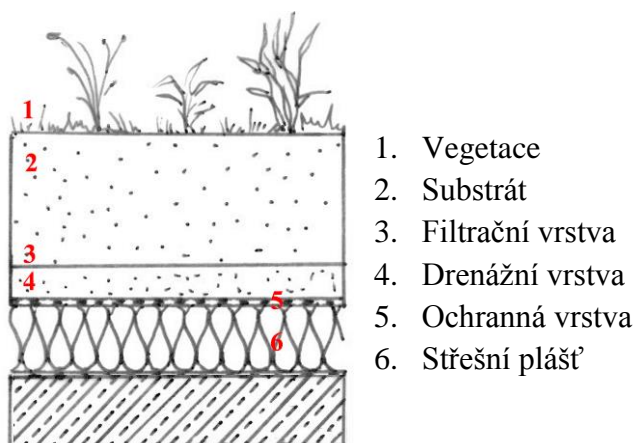
Obr. č. 17 - Extenzivní střecha
display garden
Moskva, 2016. Vlastní zdroj

Typy porostu: rozchodníky, sukulenty, mechy, trávy a byliny.

8.3.2 Jednoduché intenzivní

Polointenzivní zelené střechy jsou přechodnou formou mezi extenzivním a intenzivním ozeleněním. Vegetaci polointenzivní střechy tvoří v podstatě kombinace suchomilných rostlin pro extenzivní ozelenění s dalšími rostlinnými druhy s vyššími nároky na zásobování vodou a živinami (Šimečková, 2016).

Standardní skladba jednoduché intenzivní střechy:



Obr. č. 20- Skladba jednoduché intenzivní střechy (Zimmermann, 2015)



Obr. č. 21 - Polointenzivní zahrada Oaklyn Branch Library
(<http://www.roofmeadow.com/case-studies/selected-case-studies/oaklyn-branch-library/>)

Typy porostu: trávnik, trvalky, byliny, keře, malé a střední stromy.

8.3.3 Intenzivní

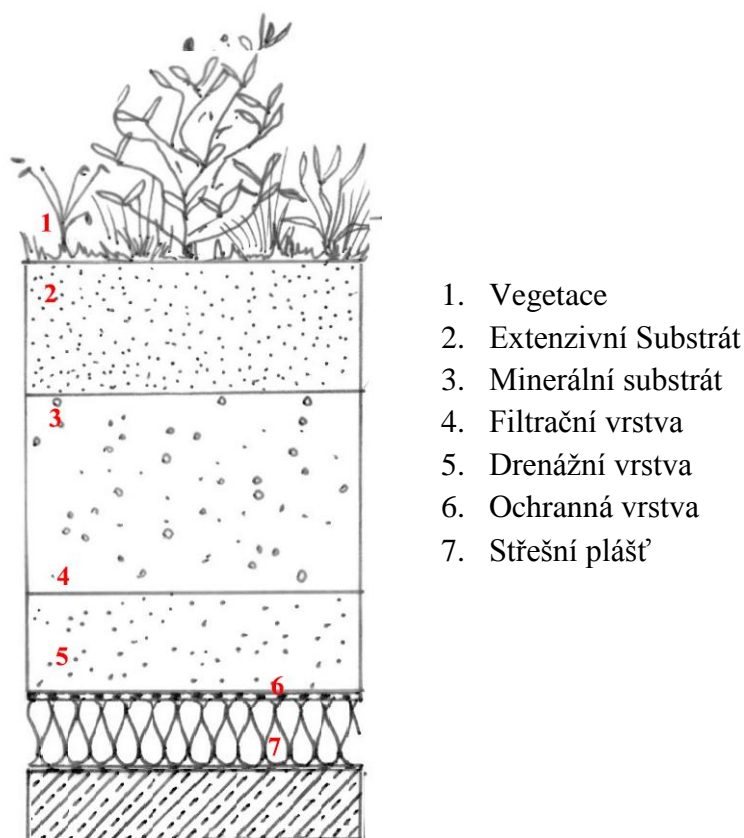
Intenzivní zelené střechy jsou obvykle označovány jako střešní zahrady. Jsou ekvivalentní zahradám nebo parkům v úrovni s terénem. Mohou zahrnovat trávničky, keře a stromové výsadby - často i vodní prvky. Obvykle jsou konstruovány pomocí železobetonových palub a jsou běžně přístupné. Zahrady s hlubokou půdní vrstvou a jinými speciálními zařízeními mají nejvyšší nároky na stavební konstrukci a jsou nejdražší na budování a udržování.

Intenzivní zelené střechy obvykle vyžadují vysoké investiční náklady na péči o rostliny a potřebují častou údržbu včetně zavlažování, hnojení a pletí. Tento typ ozelenění vyvolává

vyšší estetické očekávání než zelené střechy extenzivního typu, které se obecně skládají z půdopokryvné vegetace (Titova, 2003).

Intenzivní střecha předurčuje aktivní využití plochy a slouží jako rekreační prostor, ve kterém jsou umístěny vegetační prvky a prvky občanské vybavenosti. Mezi intenzivní střechy s provozním využitím patří střešní terasy, relaxační zahrady, pojížděné střechy aj. Střecha s provozním režimem musí být konstrukčně navržena v souladu s její využitím a mít odpovídající skladbu souvrství. V případě veřejného provozu se musí řešit bezpečnostních opatření, odvodnění aj. (ČSN 731901:2011). Vybraný typ ozelenění je možné realizovat pouze na ploché střeše (Minke, 2001). Je potřeba konstrukce s větší tloušťkou a váhou.

Standardní skladba jednoduché intenzivní střechy:



Obr. č. 18 - Skladba intenzivní střechy
(Zimmermann, 2015)

Typy porostu: Trávník, trvalky, byliny, keře, malé a střední stromy, vysoké stromy.

9. Technologická skladba souvrství

Konstrukční skladba ozeleněné střechy je podobná skladbě klasické střechy. Hlavní rozdíl tvoří drenážní a ochranné vrstvy (Treff, 1988). Charakter exploatace stanoví požadavky kladené na povrch krycí vrstvy.

Při navrhování nové budovy se zelenou střechou nebo při změně stávajícího objektu a zřizování střešní zahrady, musí architekti a inženýři zohledňovat zatížení půdy (v nasyceném stavu), rostlin a dalších materiálů a potenciální zatížení osob nebo přepravy strojního zařízení, které musí být bezpečně podporované. Při řešení střešní zahrady je nutno brát v úvahu únosnost a bezpečnost celé konstrukce (Böhm, 2003). Podle Svobodové a Cagaše (2013) musí střecha budovy unést nejen izolační systém, půdní profil a vegetační porost ale případně i vrstvu sněhu.

Materiály by měly mít vysokou pevnost, deformovatelnost a flexibilitu při teplotě pod nulou a nízkou absorpci vody (Mashinskiy et al., 2000). Mají vykazovat vlastnosti co nejvíce podobné přirozenému stanovišti (Šimečková, 2008).

Pro dosažení vysoké kvality práce, je však nutné dodržení všech technologických požadavků při stavebních a montážních pracích a pevné technologické disciplíny, která vylučuje mechanické poškození střešních krytin při skladování a při montáži.

Vrstvy ozeleněné střechy se rozdělují na:

- vegetační souvrství
- souvrství střešního pláště

(Čermáková a Mužiková, 2009)

Mezi vegetační souvrství patří: vegetační vrstva, mulčovací vrstva, substrát, hydroakumulační vrstva, filtrační / separační a drenážní vrstva. Souvrství střešního pláště se skládají z ochranné vrstvy hydroizolace, hydroizolační vrstvy, tepelné izolace, parozábrany, spadové vrstvy a nosné konstrukce. Složení střechy se může lišit dle zvolené technologie.

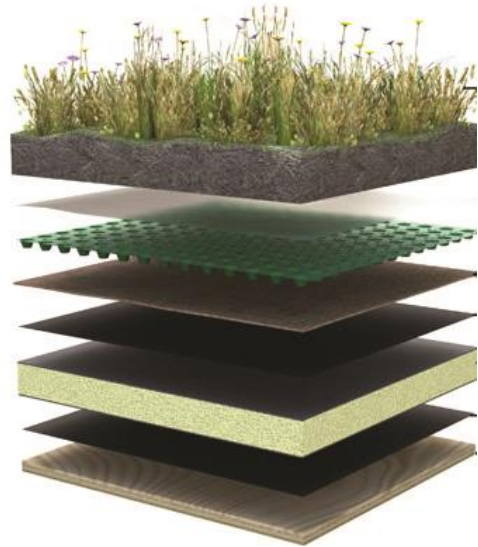
Požadavky na střechy:

- mechanická odolnost a stabilita
- požární bezpečnost
- hygiena, ochrana zdraví a životního prostředí – vyloučení výskytu plísní, průsaku vody a vyloučení vlhnutí
- stavebních konstrukcí a následného zhoršení vnitřního prostředí vlhkostí
- ochrana vnitřního prostředí proti hluku
- bezpečnost při užívání

- úspora energie a tepelná ochrana
- další požadavky investora – estetické požadavky na vzhled střechy, požadavky na trvanlivost a spolehlivost střechy nebo jejích částí
(Vijayaraghavan, 2015)

Moderní systém zelené střechy musí obsahovat vrstvy od shora dolů:

- Vegetace
- Substrát
- Filtrační vrstva
- Drenážní a hydroakumulační vrstva
- Ochranná vrstva
- Protikořenová vrstva
- Tepelná izolace
- Hydroizolace
- Nosná konstrukce



Obr. č. 19 - Skladba vegetační střechy
(<http://atticaexecutive.gr/en/greenroof/>)

9.1 Nosná konstrukce

Nosné konstrukce přenášejí všechna zatížení střešního pláště do ostatních částí konstrukce budovy. Minke (2001) uvádí, že každá střecha, která unese zatížení, je vhodná pro ozelenění. V případě použití intenzivního ozelenění na střeše dochází k vyšší zátěži nosné konstrukce. Proto je potřeba zajistit dodatečnou podporu střešního pláště (doporučuje se výlučně železobetonová konstrukce). Extenzivní ozeleněné střechy je možné aplikovat na jakoukoliv konstrukci.

(Čermáková a Mužiková, 2009). Zatížení, působící na nosnou konstrukci může být stálé (včetně plošného a užitného) a nahodilé (včetně bodového zatížení). FLL (1995) doporučuje dbát na dostatečnou odolnost materiálů některých vrstev proti tlaku při realizačních a dopravních činnostech a také dodržovat dovolené zatížení.

9.1.1 Zkouška vodotěsnosti

Před zahájením stavby na rovné střeše je nutné provést test na nepropustnost střechy pomocí zaplavování vodou celé plochy (Zimmermann, 2015). Tento test může garantovat, že střecha nemá žádné netěsnosti a je připravena k pokládání dalších vrstev. Luckett (2009) zmiňuje použití bariér z pytlů s pískem na některých velkých projektech, z důvodu rozdělení plochy na menší části. Zatímco jiní zaplavují vodou celou střechu pomocí hadice. Používá se i jiná kontrola vodotěsnosti – pomocí přístroje (Hájková, 2005).

Odvodňovací systém musí být navázán na hydroizolaci.



Obr. č. 20 - Test na zaplavování střechy
(<http://www.centrometal.com>)

9.2 Parozábrana

Vrstva, chráníci konstrukci před pronikáním vodní páry. Parotěsná vrstva se navrhuje z materiálů s vysokým difúzním odporem. Preferuje se použití materiálů, které lze homogenně spojit (ČSN 731901:2011) Parotěsná vrstva může zároveň plnit funkci vzduchotěsné vrstvy nebo pojistné hydroizolační vrstvy.

9.3 Tepelná izolace

Titova (2005) definuje tepelnou izolaci jako vrstvu omezující tepelné ztráty. Luckett (2009) zmiňuje, že termoizolační vrstva je tuhá vrstva, protože je tvořena převážně z pevných tvarovaných materiálů (pórovitých nebo mezerovitých). Materiály nesmějí podléhat objemovým a tvarovým změnám. Mimo jiné se doporučuje navrhovat z materiálů s omezenou schopností nasákavosti vody a vlhkosti. Na materiály tepelné izolace působí zatížení ve skladbách střech, kterému musejí trvale odolávat (ČSN 73 1901:2011).

Při navrhování této vrstvy je třeba brát v úvahu:

- omezení prostupu tepla mezi exteriérem a interiérem budovy
- mechanické požadavky dané provozním využitím a zatížením střechy
- využití vrstvy tepelné izolace pro další funkce
- požadavky na nasákavost podle použití
- požadavky na tuhost podle podkladu
- požární bezpečnost
- odolnost proti prošlápnutí při pokládce na nosnou vrstvu z trapézového plechu

Tepelnou izolaci obvykle tvoří:

- expandovaný pěnový polystyren
- extrudovaný pěnový polystyren (xps)
- desky z minerálních vláken
- pěnové sklo
- desky z polyisokyanurátu (pir) (Bohuslávek aj., 2009).



Obr. č. 21 - Desky z polyisokyanurátu (pir)
(http://www.tn.ru/catalogue/teploizoljacionny_e_plity_pir/)



Obr. č. 22 - Instalace tepelné izolace
(http://www.lunaassoc.com/product-lines/commercial-roofing-products/#roof_insulation)

9.4 Hydroizolační vrstva

Pro vegetaci je nezbytná voda, vzduch a substrát. Souhrn těchto faktorů tvoří agresivní prostředí pro vrstvy střechy (Treff, 1988).

Hydroizolační vrstva je vrstva chránící střešní konstrukci i prostor pod ní před nežádoucími vlivy (např. vlhkost). Kromě základní funkce může tvořit funkci kořenovzdorné vrstvy (Šimečková, 22. 3. 2017, osobní sdělení). Je důležitá odolnost hydroizolace vůči ultrafialovému a tepelnému záření a povětrnostním vlivům (Treff, 1988).

Obvykle je hydroizolace tvořena hydroizolační folií (tloušťka minimálně 1,5 mm), která je rozprostřena po celém povrchu střešní konstrukce nebo je z modifikovaných asfaltových pásů (Burian aj., 2016).

Místa mezi asfaltovými pasy a folií by měla být zajištěna horkovzdušným (vysokofrekvenčním) svařením. Nejsvrchnější vrstva musí být uzavřena i na hranách pomocí navařené sváry nebo tekuté folie (Minke, 2001). Je velice důležité vyvedení hydroizolace až na nadstřešní zdivo (Šimečková, 22. 3. 2017, osobní sdělení).

Pro plochou střechu hraje odvodnění významnější roli než pro střechu se sklonem. Šikmá střecha se svým systémem hlavního odvodnění, ležícím přímo u okapového žlabu a svodů, nepředstavuje velké problémy v technickém provedení.

Někdy jsou izolační desky umístěny pod střešní nebo hydroizolační materiály a někdy jsou umístěny nad střešní krytiny nebo hydroizolace materiálů

9.5 Protikořenová vrstva - separační

Kořenovzdorná vrstva by měla chránit střechu proti prorůstání kořenů a porušení podkladových vrstev (ideálně splňovat FLL test). Měla by také omezovat nebezpečí mechanického poškození hydroizolační vrstvy (Treff, 1988). Podle Šimečkové (2016), se protikořenová vrstva používá pouze v případě nedostatečné odolnosti hydroizolace. Například asfaltové pasy a zvláště utěsněné spáry nejsou odolné vůči prorůstání kořínků (Minke, 2001).

Ochrana může být zajišťovaná pomocí různých materiálů. K nim patří: rohože (pletené, pěnové, textilní) a rouna (polyetylenová, polypropylenová a polyuretanová). Například Typar® SF je netkaný, termicky spojovaný, vodopropustný materiál zajišťující dlouhodobou odolnost proti plísním. Existují také fólie vytvořené z vysoko hustotního polyetylenu HDPE a speciální systém, který plní nejen protikořenovou ochranu ale i další funkce (Floradrain atd.) (Sycheva, 2004).

Minke (2001) uvádí, že ochrana před prorůstání kořenů může být tvořena:

- polymerbitumenové pásy a elastomerbitumenové pásy
- kapalná těsnění s polyuretanem nebo polyesterovou pryskyřicí



Obr. č. 23 - Protikořenová vrstva
(<http://www.optigreen.cz/ProductImg>)



Obr. č. 24 - Instalace protikořenové vrstvy
(<https://www.aoc.gov/blog/pictures-green-roof-comes-alive>)

9.6 Drenážní a hydroakumulační vrstva

Je vrstva, odvádějící přebytečnou vodu do kanalizace budovy, která je zároveň schopná akumulovat potřebné množství vody pro rostliny (Minke, 2001). Poskytuje také rostlinám zvětšený prostor pro růst kořenového systému (Bohuslávek aj., 2009).

Drenážní vrstva chrání vodotěsnou membránu a zlepšuje tepelné vlastnosti zelené střechy. Většina vegetace vyžaduje provzdušněný a částečně vlhký substrát pro dobrý růst a drenážní vrstva pomáhá zajistit dobré aerobní podmínky substrátu (Vijayaraghavan, 2015).

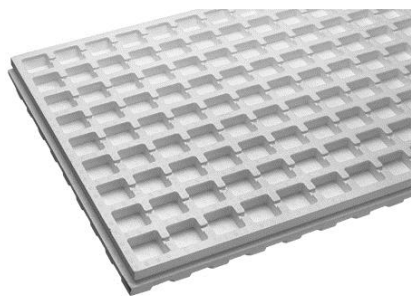
Tloušťku drenážní vrstvy určuje tloušťka substrátu (Hajková, 2005). U některých extenzivních zelených střech, s tenkou vrstvou substrátu pro suchomilnější typ vegetace, může chybět drenážní vrstva. Podobně také na některých šikmých ozeleněných střechách, zejména travních střechách (Grant et. al., 2003).

Je nutno tuto vrstvu použít u střech do 5°, potřeba jejího budování klesá se zvětšujícím se sklonem. U plochých střech může mít drenážní vrstva i hydroakumulační funkci.

Drenážní vrstvu obvykle tvoří:

- nopová folie
- drenážní rohož (z pletiva, z pěnových vloček)
- vodostavná deska (profilové a nopové desky)
- sypké hmoty (keramzit, lava, písek, agroperlit, štěrky, pemza aj.)

Hydroakumulační vrstva plní především funkci jímavosti vody, potřebnou pro růst rostlin (ČSN). Používá se v případě, kde vegetační vrstva není schopna zadržovat potřebné množství vody (Burian aj., 2016). V tomto případě je sklon střechy větší.



Obr. č. 25 - Deska akumulující vodu
 (<http://www.bauder.cz/cz/vegetacnistrecha/produkty-pro-vegetacni-strechu/drenazni-a-vodu-zadrzujici-vrstva/delska-akumulujici-vodu-bauder-wsp-50-wsp-75.htm>)



Obr. č. 26 - Instalace hydroakumulační vrstvy
 (<https://www.aoc.gov/blog/pictures-green-roof-comes-alive>)



Obr. č. 27 - Minerální drenáž
 (<http://www.bauder.cz/cz/vegetacni-strecha/produkty-pro-vegetacni-strechu/drenazni-a-vodu-zadrzujici-vrstva/mineralni-drenaz-bauder-bs-211-l-211.html>)



Obr. č. 28 - Drenážní deska
 (<http://www.bauder.cz/cz/vegetacni-strecha/produkty-pro-vegetacni-strechu/drenazni-a-vodu-zadrzujici-vrstva/drenazni-deska-bauder-dp-50.htmlwsp-50-wsp-75.html>)

Material	Zrnitost (mm)	Plošné zatížení na 1 cm (kg / m ²)	Plošné zatížení na 1 cm (kN / m ²)	Uvažovaná objemová hmotnost (kg / m ³)
Štěrkopísek	4 / 8 – 8 / 16	16 – 18	0,16 – 0,18	1600 – 1800
Láva	1 / 5 – 4 / 12	11 – 14	0,11 – 0,14	1100 – 1400
Pemza čištěná	2 / 4 – 4 / 12	7 – 8	0,07 – 0,08	700 – 800
Pemza nečištěná	2 / 4 – 4 / 12	11 – 12	0,11 – 0,12	1100 – 1200
Keramzit nedrcený	4 / 8 – 8 / 16	5 – 6	0,05 – 0,06	500 – 600
keramzit drcený	2 / 4 – 4 / 8	6 – 8	0,06 – 0,08	600 – 800
Expandovaná břidlice drcená	2 / 4 – 4 / 11	6 – 8	0,06 – 0,08	600 – 800
Expandovaná břidlice nedrcená	4 / 8 – 8 / 16	6 – 8	0,06 – 0,08	600 – 800
Eesky z minerální vlny		8 – 10	0,08 – 0,10	800 – 1000

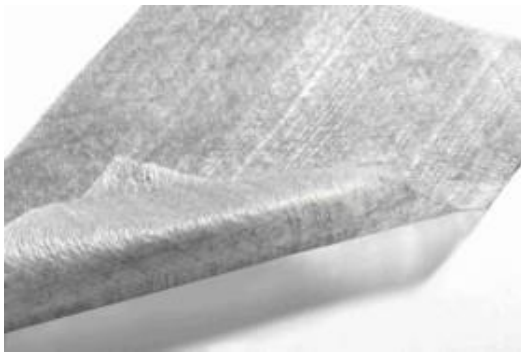
Tab. č. 3 - Zatížení drenážními vrstvami v plně nasyceném stavu
(Bohuslávka aj., 2009)

9.7 Filtrační vrstva

Hlavní funkce filtrační vrstvy je oddělení substrátu od drenážní vrstvy, čímž zabraňuje pronikání malých částic, například zbytků rostlin a částic půdy, a zanášení drenážní vrstvy (Vijayaraghavan, 2015). Podle Bohuslávka aj. (2009) filtrační vrstvy omezují úbytek sypkých hmot z vrstev.

Předpokládá se, že filtrační vrstva musí mít vysokou pevnost v tahu, aby vydržela zatížení shora, navíc musí mít malé póry, aby byla zajištěná dobrá propustnost vody a inhibice pohybu půdy středních částic v normálním směru do drenážní vrstvy (Vijayaraghavan, 2015). Je důležitá odolnost materiálu vůči biologické korozi (Bohuslávka aj., 2009).

Pro tento účel se v konstrukci zelené střechy obvykle používá geotextilie. Rozdělují se na netkanou a tkanou geotextilie. Jejich vlákna mají různou délku. Jsou spojena mezi sebou mechanicky, chemicky nebo tepelně. Případně se používá kombinace spojení (Bohuslávka aj., 2009). Může být použita i rohož z minerální plsti (Hájková, 2005).



Obr. č. 29 - Geotextilie

(<http://www.optigruen.it/filtervliese/filtervlies-typ-105.html>,

<http://www.bauder.cz/cz/vegetacni-strecha/produkty-pro-vegetacni-strechu/ochranna-vrstva.html>)

9.8 Substrát

V této vrstvě rostliny koření. Měly by mít dostatek živin, vzduchu, optimální objemovou hmotnost a dlouhodobou stabilitu. Důležitá je i odolnost substrátu vůči větrné a vodní erozi (Burian aj., 2016). Mezi jeho základní vlastnosti také patří zadržování vody, sorpční schopnost a schopnost vázat jiné látky (např. živiny). Kromě toho substrát musí vylučovat nebezpečné příměsi pro rostliny, kterými jsou nežádoucí klíčová semena a mikroorganismy. Substrát musí být lehký i odolný vůči biochemickým působením.

Běžný zahradnický substrát není vhodný pro střešní zahrady, protože má nevhodné složení. Obsahuje jílové a hlinité části, které ucpávají drenážní vrstvu. Pokud bude základ tvořen organickou hmotou, může dojít k vymývání substrátu (Burian, 22. 3. 2017, osobní sdělení).

Substrátové směsi pro střešní zahrady se skládají především z minerální složky - lehčeného kameniva (drcený keramzit, expandované jíly, břidlice, pemza, láva). Součástí této směsi mohou být i drcené cihly a střešní tašky. Často jsou doplněné o organické látky (kompost, rašelina, průmyslové kaly, kůra aj.), které zlepšují fyzikální, biochemické vlastnosti půdy a stabilizují její strukturu (Titova, 2003). Složení substrátu se liší dle typu zelené střechy a výběru rostlin. Doporučuje se dbát na jeho biologické, chemické a fyzikální vlastnosti.

Rozdělují se na substráty:

- pro extenzivní střechy (jednovrstvé, vícevrstvé)
- pro intenzivní a polointenzivní střechy

Mohou být ve formě:

- sypkých hmot

- substrátových panelů

(Burian aj., 2016)

	Plná vodní kapacita	Obsah vzduchu	Ph	Obsah soli
Pro suchomilnou vegetaci	≥ 35 %	≥ 25 %	6,5 – 9,5	≤ 3,5 g / l
Pro ostatní zeleň	≥ 45 %	≥ 20 %	5,5 – 8,0	≤ 2,5 g / l

Tab. č. 4 - Požadované vlastnosti substrátu
(Bohuslávek aj., 2009)

Substrát pro extenzivní střechy

Substrát pro extenzivní střechy by měl obsahovat maximálně 15 % vyplavitelných částic z celkové hmotnosti. Organická součást musí být tvořena ≤ 65 g / l.

Podle Optigreen (2009) extenzivní substrát se skládá z lávy, pemzy, expandované břidlice, škváry, cihelné drti, kompostované kůry, zeleného kompostu. Procentní podíl není uveden.

Komponent	Díl
Zemina2 (kompost):1(rašelina) :1(perlit)	2
Směs mletého zeolitu a suhytu 1:1	1
Zvětrala škvára	3
Křemičitý štěrk	1

Tab. č. 5 - Příklad substrátu pro extenzivní střechu
(Hájková, 2005)

Substrát pro intenzivní a polointenzivní střechy

Obsah vyplavitelných částic substrátu by měl odpovídat ≤ 20 % hmotnosti. Doporučuje se hodnota organické složky ≤ 90 g / l.

Vijayaraghavan (2015) doporučují substrát následujícího složení: perlit (30%), vermikulit (20%), drcené cihly (20%), písek (10%), kokosové vlákno (20%).

Komponent	Podíl ve směsi
Spongilit	40 %
Liadrain	15 %
Rašelina	15 %
Zemina	30 %

Tab. č. 6 - Příklad substrátu pro intenzivní střechu
(<http://www.acre.cz/cs/menu/produkty/materijal-pro-zelene-strechy/stresni-substrat/>)

9.9 Vegetační vrstva – vegetace

Rostliny tvoří svrchní vrstvu, která přináší život na zelenou střechu (Vijayaraghavan, 2015). Úspěch vegetační střechy závisí na zdravotním stavu rostlin a jejich vzhledu. Kromě fyzikálních vlastností, musí být druh také snadno dostupný a efektivní z hlediska nákladů.

Sortiment by se měl skládat z domácích nebo introdukovaných rostlin, které jsou přizpůsobené k extrémním podmínkám (Sycheva, 2004). Při volbě vegetační složky autoři považují za rozhodující faktory:

- klimatické podmínky a nadzemní výška
- typ střechy (intenzivní, extenzivní)
- sklon střechy
- tloušťku substrátu
- orientaci vůči světovým stranám
- množství a intenzita slunečního a přímého záření
- čistotu ovzduší
- směr a rychlost větru
- množství srážek (např. srážkový stín)
- teplotu ovzduší

(Hájková, 2005; Vijayaraghavan, 2015)

Kompozice a charakter výsadby určují různé faktory. Vegetace může být plošného charakteru, jako solitérní výsadba nebo kombinované skupiny. Půdopokryvné rostliny, které jsou obvykle okrasné listem, vytvářejí nízký porost. Solitérní – jsou dominantou, tvořící optickou kostru. Kombinované skupiny rostlin jsou skupiny z druhů různého charakteru.

Důležité je klást důraz na stanovištní, prostorové a výškové limity rostlin. Jejich celoroční proměnlivost a kompoziční vývoj. Je možné získání zahrady neustálého květu (Fedorova et al., 2013).

9.9.1 Způsoby založení zeleně:

Na plochých střechách:

- výsev (suchý nebo hydroosev)
- řízky
- výsadba

- kombinované způsoby

Na šikmých a strmých střechách:

- položení travních koberců, vegetačních rohože
- kombinované způsoby (Burian aj., 2016)

9.9.2 Rostliny vhodné pro ozelenění

Extenzivní střechy

Vezmeme-li v úvahu extenzivní prostředí, pak příznivé vlastnosti vegetace na rozsáhlých zelených střechách jsou následující:

- odolnost vůči suchu
- schopnost přežít za minimálního dostatku živin
- dobrá půdopokryvnost
- nižší nároky na údržbu
- rychlé množení
- kompaktní podzemní část
- fytoremediace

(Vijayaraghavan, 2015)

Extenzivní ozelenění je téměř univerzální. Dnes známe velké množství rostlin vhodných pro osazení zelených střech. Ozelenění může zahrnovat rody *Sedum*, *Sempervivum*, suchomilné trávy a trvalku. Fedorova et al. (2013) doporučují *Dianthus deltoides* L., *Stachys byzantina* 'Silver Carpet', *Sedum acre* L., *Sedum album* 'Coral Carpet' L., *Sedum hybridum* 'Immergrunche' L., *Sempervivum montanum* L., *Delosperma lineare* a další. Titova (2003) nabízí následující druhové složení: Lipnice luční (*Poa pratensis*), Pažitka pobřežní (*Allium schoenoprasum* L.), kostřava ovčí (*Festuca ovina*), rožec plstnatý (*Cerastium tomentosum*), mateřídouška bělokvětá (*Thymus drucei*), hvozdíček lomikamenovitý (*Petrorhagia saxifraga* L.).

Intenzivní střechy

Jak již bylo zmíněno v kapitole 8.3.2, vegetace intenzivní střechy může být tvořena trávníkem, trvalkami, bylinami, keři a stromy. Mezi nevhodné rostliny pro intenzivní ozelenění hlubokokořenné dřeviny, dřeviny s výškou nad 10 m. (Čermáková a Mužiková, 2009).

Při tomto druhu ozelenění je nutné pamatovat na budoucí vývoj vegetace a statiku stavby. Pro intenzivní střechy platí stejné kompoziční principy jako na rostlém terénu (Šimečková aj., 2010).

9.10 Stabilizační vrstva

Stabilizační vrstva zajišťuje stabilizaci rostlin vůči silnému větru. Autoři se domnívají, že rostliny do 1,5 m výšky nepotřebují speciální kotevní prvky (Čermáková a Mužiková, 2009).

U ostatních lze použít následující metody pro trvalé zajištění stability:

- kotvení (za kořenový bal, kůly, za kořenový krček)
- vyvázání koruny
- prokořenitelné textilie, mříže, kari sítě
- protiskluzové stěny

(Burian aj., 2016)

9.11 Protierozní ochrana

Je vrstva, chránící horní vrstvu substrátu proti sání větru. Problém sesuvu substrátu hrozí především šikmých strmým střechám (Minke, 2001). Ochrana může být zajištěná pomocí speciálních rohoží, drátěných pletiv a stabilizačních prvků z těžkých materiálů (Čermáková a Mužiková, 2009).

9.12 Mulčovací vrstva

Mezi hlavní funkce mulčovací vrstvy patří ochrana substrátu před větrem, omezení výparu vlhky, zachování teploty a vyrovnání jejích výkyvů. Další funkce je ochrana proti vyplavování substrátu a jeho erozi, a omezení růstu plevelů. Materiál mulčovací vrstvy by neměl být příliš lehký kvůli saní větru (jako například je borka, mulčovací textilie apod.). Používá se kamenná drť, kačírek, keramzit, biologický odpad. Na vegetačních střechách bez mulčovací vrstvy se používají půdní kondicionéry nebo závlahu za účelem zatížení povrchu (Čermáková a Mužiková, 2009).

10. Požadavky na střešní konstrukci.

10.1 Normy vztahující se k problematice zakládání střešních zahrad

Ve světě se používají různé technické normy a zákony, vztahující se k problematice ozelenění střech. Například, na území Ruské federace jednájí podle ГОСТ, СНиП a СанПиН. V Švýcarsku se vyskytují standardy SIA. ÖNORM jsou normy, vydané Rakouským institutem standardů. V České Republice platí ČSN. Základní české technické normy, zákony a vyhlášky jsou uvedené v následujícím seznamu:

ČSN 46 4901 Osivo a sadba. Sadba okrasných dřevin

ČSN 46 4902 Výpěstky okrasných dřevin. Společná ustanovení

ČSN 73 0540 Tepelná ochrana budov

ČSN 73 0605-1 Hydroizolace staveb – Povlakové hydroizolace – Požadavky na použití asfaltových pásů

ČSN 73 0802 Požární bezpečnost staveb - Nevýrobní objekty

ČSN 73 1702 Navrhování, výpočet a posuzování dřevěných stavebních konstrukcí – Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby

ČSN 73 1901 Navrhování střech – Základní ustanovení. 2011

ČSN 73 4301 Obytné budovy

ČSN 73 6121 Stavba vozovek – Hutněné asfaltové vrstvy – Provádění a kontrola shody

ČSN 73 6131 Stavba vozovek – Kryty z dlažeb a dílců

ČSN 74 3305 Ochranná zábradlí – Základní ustanovení

ČSN 75 6101 Stokové sítě a kanalizační přípojky

ČSN 75 6760 Vnitřní kanalizace. 2014

ČSN 83 9001 Sadovnictví a krajinářství – Terminologie – Základní odborné termíny a definice

ČSN 83 9011 Technologie vegetačních úprav v krajině – Práce s půdou

ČSN 83 9021 Technologie vegetačních úprav v krajině – Rostliny jejich výsadba

ČSN 83 9031 Technologie vegetačních úprav v krajině – Trávníky a jejich zakládání

ČSN 83 9051 Technologie vegetačních úprav v krajině – Rozvojová a udržovací péče o vegetační prvky

Zákony a vyhlášky

Zákon č. 92/1996 Sb. – Zákon o odrůdách, osivu a sadbě pěstovaných rostlin,

Zákon č. 156/1998 Sb. — Zákon o hnojivech, pomocných půdních látkách pomocných rostlinných přípravcích a substrátech a o agrochemickém zkoušení zemědělských půd

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

Vyhláška 268/2009 Sb. — vyhláška o technických požadavcích na stavby.

Vyhláška č. 137/1998 Sb. — vyhláška o obecných technických požadavcích na výstavbu.

10.2 Protipožární ochrana

Pokud vegetace zatravněné střechy není vysušená dlouhotrvajícím suchem, brání spolu s vrstvou substrátu budovu před požárem, omezuje šíření ohně. Zelené střechy nezpůsobují zvýšení rizika požárů jak shora tak i zdola. Považují se za nehořlavé a nevyžadují speciální opatření (Grant et. al., 2003). Protipožární ochrana budovy je stanovena podle norem ČSN 73 0802: 2013, ČSN 73 0804: 2013, ČSN 73 0810 ČSN 73 0810:2016.

11. Údržba

Dlouhodobé estetické působení a funkčnost zelené střechy jsou zajištěné pomocí dodržování speciální údržby. Následující údržba je ve většině případů stanovena individuálně v závislosti na způsobu ozelenění, rostlinných druhů, vývoji, ročním období, lokace aj. Kontrola technického zařízení (včetně hydroizolačních systémů) je povinná (Burian aj., 2016).

Intenzivní zelené střechy vyžadují pravidelnou údržbu. Jednoduché intenzivní zelené střechy, stejně jako trávník, mohou vyžadovat sečení a pletí jednou týdně nebo jednou za čtrnáct dní během vegetačního období. Extenzivní zelené střechy vyžadují za normálních okolností pouze jednu roční kontrolu včetně likvidace odpadu, kontrolu a čištění odtokových kanalizací, a v některých případech i odstranění nežádoucích rostlin a škůdců. První 3 sezony po realizaci musí být za údržbu odpovědná realizační firma (Grant et. al., 2003).

Literatura zmiňuje tři stupně údržby týkající se vegetace:

- Dokončovací péče: je údržba, během které provádějí kontroly rostlin v průběhu prvního roku po instalaci. Součástí dokončovací péče mohou být opatření: přesazování rostlin v případě jejich neujmutí či poškození, zalévání, startovní dávka hnojení aj. (Minke, 2001).
- Rozvojová péče: zajišťuje podporu vegetaci, dokud není dosaženo celkového pokrytí střechy. Rozvojová údržba je podobná údržbě po instalaci ale s nižší intenzitou.
- Udržovací péče: je údržba, probíhající jednou nebo dvakrát za rok. Spočívá v odstranění náletové zeleně na celé střeše, na obvodu a na soklech. Šachty pro zelené střechy musí být rovněž monitorované. Intenzivní Zelené střechy vyžadují intenzivní údržbu a servis po celý rok.

Kromě toho je nutné vytvoření úložného prostoru na používané zařízení při údržbě (ruční nářadí, sekačky na trávu, mechanické zametače nebo materiály, jako jsou hnojiva, pesticidy, atd.). Mělo by být umístěné co nejbližší k střešní zahradě pro komfortní použití (Brownlie, 1990).



Obr. č. 30 - Zalití rostlin



Obr. č. 31 - Odstraňování plevele

11.1 Závlaha

Závlaha je nezbytná především u střech s intenzivním ozeleněním. Extenzivní ozelenění potřebuje zalévání několik měsíců do plného ujetí rostlin a jejich zakořenění. Také je žádoucí v průběhu suchých period.

Doporučuje se zajištění minimálně jednoho přívodu vody na střechu, který je chráněn před poškozením mrazem pomocí technických opatření nebo údržby. Poloha, velikost půdorysu, požadovaná forma vegetace a konkrétní podmínky stavby jsou důležité při plánování zelené střechy. V závislosti na to je třeba zohlednit dimenze a počet přívodních potrubí a vývodů a rovněž potřebný tlak vody pro zavlažování (Šimečková, 2010).

Čermáková a Mužiková (2009) uvádějí následující zdroje vody pro závlahu:

- ze studny
- z vodovodního řádu
- dešťová voda
- kombinace zdrojů

Voda pro závlahu nesmí obsahovat splavené chemikálie, těžké kovy a jiné znečištěné látky, které mohou poškodit rostliny. Před použitím je nutno provést filtraci vody. Tvrdost a pH jsou dalšími kritérii kvality vody.

Používají se systémy pro zavlažování:

- gravitační
- tlakové

Gravitační systém může být tvořen drenážní závlahou, podmokem, přeronom aj. Tlaková závlaha se rozděluje na plošnou (postřikovače, pásové zavlažovací stroje, disperzní závlaha) a bodovou (kapková závlaha).

12. Perspektiva

Mnoho zemí ve světě podporuje zřizování střešních zahrad nejen na nových, ale i starších domech (Vijayaraghavan, 2015). V Německu je obrovský potenciál nevyužitých střech. V roce 2001 tam bylo instalováno 13,5 milionu metrů čtverečních "zelených" konstrukcí (Grant et. al., 2003). V dnešní době se střechy s vegetací začaly rozvíjet v rámci vnitrostátních programů zaměřených na zachování a zvyšování biodiverzity. Ve Švýcarsku federální zákon vyžaduje, aby všechny federální agentury uplatňovaly "švýcarskou krajinnou koncepci" při uvádění do provozu nebo instalaci. To znamená, že zařízení musí být kompatibilní s přírodním prostředím a krajinou (SAEFL, 1998).

V České republice podpora výstavby zelených střech začala v roce 2016. Je součástí dotačního programu ministerstva životního prostředí. Finanční podpora je určena pro projekty výstavby extenzivních a polointenzivních ozeleněných střech. Zeleň na konstrukci intenzivního typu může být podpořena pouze za předpokladu zajištění vody pro zavlažování pomocí akumulací dešťové vody z okolních ploch, využití šedé vody aj. (Blahušová a Kotěra, 2017).

13.Závěr

Při zpracování literární rešerše bylo zjištěno, že zájem o řešenou problematiku se zvyšuje v rozvinutých zemích. V důsledku zkoumání tématu ozelenění střech se podařilo vytvořit přehled historického vývoje a současné situace. Zelené střechy přinášejí více kladů než záporů, přestože jsou nákladnější a náročnější na instalaci a údržbu oproti nezatravněným střechám. Sklon, přírodní podmínky, stupeň využití a umístění vůči terénu patří mezi základní faktory určující výběr konstrukčního řešení a druhu ozelenění. Stavební řešení se mohou výrazně lišit vzhledem k různým ekologickým a technickým podmínkám. Bylo zjištěno, že téměř každá střecha může být ozeleněna.

Výstupem práce je shrnutí názoru odborníků na rozdělení střešních zahrad a jejich složení. Dále byla vytvořena metodika k založení ozeleněných střech tak, aby plnily své funkce a byly bezpečné. Byla popsána perspektiva a shrnuté současné moderní trendy na příkladech existujících realizací.

Instalace střešních zahrad ve velkoměstech může výrazně změnit ekologickou situaci. Může zlepšit estetické působení města jako celku a vytvořit nové zdravé prostředí pro obyvatele. Rozvoj metodiky zakládání, technologie materiálů a školení kvalifikovaných pracovníků v realizacích by pomohlo zvýšit kvalitu provedení práce a snížit celkové náklady na realizace střešních zahrad. Vyšší finanční, informační a státní podpora by byla velmi prospěšná pro nárůst výstavby zelených střech.

14. Seznam obrázků

Obr. č. 1 - Visuté zahrady Semiramidiny	4
Obr. č. 2 - Zatravněná střecha	4
Obr. č. 3 - Typická střecha s vegetací	4
Obr. č. 4 - Střešní zahrada Karla Rabiťa	5
Obr. č. 5 - Pohled na Nikolskaya věž moskevského Kremlu	5
Obr. č. 6 - Skici Le Corbusier, 1927	6
Obr. č. 7 - Skica moderní zelené střechy	6
Obr. č. 8 - Průmyslové znečištění ovzduší	8
Obr. č. 9 - Výhody zelených střech	11
Obr. č. 10 - Posezení na zahradě	14
Obr. č. 11 - Osvětlení zahrady	14
Obr. č. 12 - Plochá střecha	16
Obr. č. 13 - Tvary šikmých střech	17
Obr. č. 14 - Rozdělení střech podle sklonu	18
Obr. č. 15 - Skladba extenzivní střechy	20
Obr. č. 16 - Extenzivní střecha Heritage Aviation	20
Obr. č. 17 - Extenzivní střecha display garden	20
Obr. č. 18 - Skladba intenzivní střechy	22
Obr. č. 19 - Skladba vegetační střechy	24
Obr. č. 20 - Test na zaplavování střechy	25
Obr. č. 21 - Desky z polyisokyanurátu (pir)	26
Obr. č. 22 - Instalace tepelné izolace	26
Obr. č. 23 - Protikořenová vrstva	28
Obr. č. 24 - Instalace protikořenové vrstvy	28
Obr. č. 25 - Deska akumulující vodu	29
Obr. č. 26 - Instalace hydroakumulační vrstvy	29
Obr. č. 27 - Minerální drenáž	29
Obr. č. 28 - Drenážní deska	29
Obr. č. 29 - Geotextilie	31
Obr. č. 30 - Zalití rostlin	39
Obr. č. 31 - Odstraňování plevelů	39

15. Seznam tabulek

Tab. č. 1 - Srovnání sklonu v procentech a ve stupních	16
Tab. č. 2 - Typy ozelenění a jejich parametry	19
Tab. č. 3 - Zatížení drenážními vrstvami v plně nasyceném stavu	30
Tab. č. 4 - Požadované vlastnosti substrátu.....	32
Tab. č. 5 - Příklad substrátu pro extenzivní střechnu	32
Tab. č. 6 - Příklad substrátu pro intenzivní střechnu.....	32

16. Seznam použité literatury

- BÖHM, Č., 2003. Zahrádka jako dlaň: mini rostliny pro mini zahrádky. Víkend. Praha. 126 s. ISBN: 80-7222-281-3
- BOHUSLÁVEK, P., HORSKÝ, V., JAKOUBKOVÁ, Š. Vegetační střechy a střešní zahrady. Skladby a detaily: konstrukční a materiálové řešení. 2. vyd. 2009. DEKTRADE a.s. Praha. 71 s. ISBN 978-80-87215-05-0
- BRETSCHNEIDER, B., KURFURST J. 1978. Technika ochrany ovzduší. SNTL Nakladatelství technické literatury. Praha. 296 s.
- BROWNLIE, S. 1990. Roof gardens - a review. Nature Conservancy Council. Peterborough. p. 57. ISBN-10: 0861396634
- ČERMÁKOVÁ, B., MUŽÍKOVÁ, R. 2009. Ozeleněné střechy. Grada. Praha. 246 s. ISBN: 978-80-247-1802-6.
- FLL, 1995. Guidelines for the Planning, Execution and Upkeep of Green-Roof Sites. (English version). Bonn: Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau ISBN 978-81-903321-6-3
- HÁJKOVÁ, M. 2005. Inspirace pro rozkvetlou terasu a střechu. CP Books. Brno. 80 s. ISBN: 80-251-0247-5.
- CHELNOKOV, A., YUSHCHENKO, L., GRIGOR'YEVA, E. Ekologiya gorodskoy sredy. 2015. Minsk. Vysheyshaya shkola. 368 s. ISBN: 978-985-06-2141-2
- KALININA, Y., VASIL'YEVA, N. 2014. Ekologicheskoye stroitel'stvo – novoye kachestvo zhizni. In: Novyye idei novogo veka – 2014: materialy Chetyrnadtsatoy Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii. 3rd ed. Tikhookean., Khabarovsk. p. 441.
- KINGSBURY, N., DUNNETT N. 2008. Planting green roofs and living walls. 2nd ed. Portland. Timber Press. p. 328. ISBN: 978-0-88192-911-9.
- KOLEKTIV AUTORŮ: BURIAN, S., DOSTALOVÁ, J., DUBSKÝ, M., HALAMA, P., CHALOUPKA, K., KOMZÁK, J., PAŤAVA, R., STRAKOVÁ M., FRANTIŠEK, Š., VACEK, P., VOKÁL, J. 2016. Standardy pro navrhování, provádění a údržbu. Vegetační souvrství zelených střech. Odborná sekce zelené střechy. 34 s.
- LAMBERS, H., CHAPIN, F., PONS, T. 2008. Plant physiological ecology. 2nd ed. Springer Science+Business Media. New York. p. 604.
- LE CORBUSIER. 1986. Towards a New Architecture. Dover Publishers. New York. p. 320. ISBN 10: 0486250237
- LUCKETT, K. 2009. Green roof construction and maintenance. New York. McGraw-Hill. P. 208. ISBN: 978-0-07-160880-0.

MASHINSKIY V., SUDENKOVA K., VORONIN A., SINITSINA L., TSYKANOVSKIY E., GORBACHEVSKAYA O., MUZALEVA E. 2000. Rekomendatsii po proyektirovaniyu ozeleneniya i blagoustroystva krysh zhilykh i obshchestvennykh zdaniy i drugikh izkusstvennykh osnovaniy. Mosproyekt. p. 32

MINKE, G. 2001. Zelené střechy: plánování, realizace, příklady z praxe. HEL. Ostrava. 92 s. ISBN 80-861-6717-8

MOLDAN, B. 2015. Podmaněná planeta. 2. vyd. Praha. Univerzita Karlova. 512 s. ISBN: 978- 80-246-2999-5.

SEDLBAUER, K., SCHUNCK, E., BARTHEL, R., KÜNZEL, H.M. 2010. Flat Roof Construction Manual (Konstruktionsatlasen). Munich, Birkhäuser Architecture. p. 209. ISBN: 978-3-0346-0658-5

SVOBODOVÁ, M., Cagaš, B. 2013. Trávník. Grada Publishing a. s., Praha. 102 s. ISBN: 978-80-247-4279-3

SYCHEVA, A. Landshaftnaya arkhitektura: Ucheb. Posobiye dlya vuzov. Oniks 21 vek. Moskva 2nd ed. p. 87. ISBN: 5-329-01057-8

TITOVA, N. 2003. Sady na kryshakh. Moskva. OLMA-Press Grand. p. 112. ISBN: 5- 94846-049-5.

TREFF, E. 1988. Dolgovechnyye konstruktсии ploskikh krysh (Flachdacher Physilisch einwandfreie und dauerhafte Konstruktionen). Moskva. Stroizdat. p. 135. ISBN: 5- 274- 00228-5

ZIMMERMANN, A. 2011. Constructing Landscape. 2nd ed. Basel. Birkhäuser Verlag p. 533. GmbH. ISBN: 978-3-0346-0736-0

Použité časopisy:

OBERNDORFER, E., LUNDHOLM, J., BASS, B., COFFMAN, R.R., DOSHI, H., DUNNETT, N., GAFFIN, S., KÖHLER, M., LIU, K.K.Y., ROWE, B. 2007. Green Roofs as Urban Ecosystems: Ecological Structures, Functions, and Services. *BioScience*, 57 (10). p. 823 - 833

CONNELLY, M., HODGSON, M. 2015. Experimental investigation of the sound absorption characteristics of vegetated roofs. *Building and Environment*, 92. p. 335 - 346

ŠONINA, N. 2011. Zelenaya krysha kamennykh dzhungley, zhurnal santekhnika. [online] s.18-23. [cit. 2017-03-18]. Dostupné z < https://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=5125 >.

KLINKENBORG, V. 2009. Sady na kryshach. *National Geographic Russia* 68 (05). p. 37 - 39

ŠIMEČKOVÁ, J. 2008. Zelené střechy – naděje pro budoucnost. *Časopis stavebnictví*. 10 (08). Expo Data. Brno. 49 – 54 s.

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

GRANT, G., ENGLEBACK, L., NICHOLSON, B. 2003 Green Roofs: their existing status and potential for conserving biodiversity in urban areas. English Nature Research Reports. EcoSchemes Ltd.

FEDOROVA T., STOLYAROVA A, KORDYUKOV P., OSINTSEVA M. 2013. Tekhnologicheskiye printsipy podbora rasteniy i inzhenernyye osobennosti ozeleneniya krovel' yevropeyskou chasti Rossii. Vestnik RUDN. Agronomiya i zhivotnovodstvo. [online] [cit. 2017-03-14]. Dostupné z < <http://cyberleninka.ru/article/n/tehnologicheskie-printsipy-podbora-rasteniy-i-inzhenernye-osobennosti-ozeleneniya-krovel-evropeyskoy-chasti-rossii> >.

HARTIG, T., MANG, M., & EVANS, G.W. 1991. Restorative Effects of Natural Environmental Experiences. Environment and Behavior, 23(1), p. 3-26 .

VIJAYARAGHAVAN, K. Green roof: A critical review on the role of components, benefits, limitations and trends. 2015 [online] elsevei, Ltd. s.18-23. [cit. 2017-03-18]. Dostupné z < https://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=5125 >.

Použité právní normy:

ČSN 73 1901. Navrhování střech - základní ustanovení. 2011. Český normalizační institut. Praha. 56 s.

Použité internetové odkazy:

Mosekonomonitoring. Shum. [online] [cit. 2017-03-20]. Dostupné z < <http://www.mosecom.ru/noise/> >.

The International Green Roof Association (IGRA) [online] [cit. 2017-04-03]. Dostupné z < <http://www.igra-world.com/> >.

Optigreen. Zelené střechy. [online] [cit. 2017-04-10]. Dostupné z < <http://www.optigreen.cz/> >.

ZinCO Green Roofing Systems. [online] [cit. 2017-03-26]. Dostupné z < <http://www.zinco-greenroof.com/EN/index.php> >.

BLAHUŠOVÁ, A., KOTĚRA, M. 2017. Státní fond životního prostředí České republiky. Nová zelená úsporám. [online] [cit. 2017-04-20]. Dostupné z < <http://www.zelenestrechy.info/UserFiles/File/SFZP%20BLAHUSOVA.pdf> >.

ŠIMEČKOVÁ, J., BURIAN S. Seminář “Standardy pro zelené střechy“ 22. 3. 2017. osobní sdílení.