

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta životního prostředí

Katedra aplikované ekologie



**ZELENÉ STŘECHY JAKO MOŽNOST KOMPENZACE
NEGATIVNÍCH DOPADŮ NA ZMĚNY KLIMATU**

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Vedoucí práce: prof. RNDr. Dana Komínková, Ph.D.

Bakalant: Lenka Havlíčková

Praha 2020

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Lenka Havlíčková

Územní technická a správní služba

Název práce

Zelené střechy jako možnost kompenzace negativních dopadů na změny klimatu

Název anglicky

Green roofs as a tool to compensate negative impacts of the climate change

Cíle práce

Cílem práce je na základě literární rešerše vyhodnotit problematiku, zkušenosti a využití zelených střech jako nástroje pro snížení negativního vlivu klimatu.

Metodika

- 1) Literární rešerše
 - a) Zelené střechy
 - b) Typy zelených střech
 - c) Vliv zelených střech na mikroklima oblasti a retenci vody
 - d) Problematika konstrukce a údržby zelených střech

- 2) Vyhodnocení zkušenosti s využitím zelených střech v ČR

Doporučený rozsah práce

40 stran

Klíčová slova

zelená střecha; střešní substrát; vegetační souvrství; intenzivní a extenzivní zelené střechy

Doporučené zdroje informací

- CATALANO, Chiara et al. Thirty years unmanaged green roofs: Ecological research and design implications. *Landscape and Urban Planning*. 2016, vol. 149, s. 11-19. ISSN 0169-2046.
- DUNNETT, Nigel a Noël KINGSBURY. *Planting green roofs and living walls*. 2nd ed. Portland, Or: Timber Press, 2008. ISBN 978-0-88192-911-9.
- LATA, J. -C et al. Role of substrate properties in the provision of multifunctional green roof ecosystem services. *Applied Soil Ecology*. 2018, vol. 123, s. 464-468. ISSN 0929-1393.
- ROWE, D. Bradley. Green roofs as a means of pollution abatement. *Environmental Pollution*. 2011, vol. 159, no. 8, s. 2100-2110. ISSN 0269-7491
- UFFELEN, Chris van. *Green, greener, greenest: façades, roofs, indoors*. Salenstein: Braun, 2017. ISBN 978-3-03768-212-8.

Předběžný termín obhajoby

2019/20 LS – FŽP

Vedoucí práce

prof. RNDr. Dana Komínková, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra aplikované ekologie

Elektronicky schváleno dne 23. 11. 2019

prof. Ing. Jan Vymazal, CSc.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 25. 11. 2019

prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.

Děkan

V Praze dne 09. 12. 2019

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma: *Zelené střechy jako možnost kompenzace negativních dopadů na změny klimatu* 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 9.3.2020

Podpis autora.....

Poděkování

V této části bych ráda poděkovala své vedoucí bakalářské práce prof. RNDr. Daně Komínkové, Ph.D. za její odborné vedení, milý přístup a věnovaný čas, který mi v průběhu zpracování mé bakalářské práce věnovala. Poděkování patří též celé mé rodině za podporu a trpělivost při psaní práce. V neposlední řadě děkuji Akad. arch. Aleši Brotánkovi a jeho ženě, Ing. arch. Janu Praislerovi, Ing. arch. Lukáši Pejsarovi, manželům Spodniakovým, Chánovým a Čítkovým, bez kterých by nemohla vzniknout druhá část této práce.

Abstrakt

Cílem této bakalářské práce bylo na základě literární rešerše vyhodnotit problematiku, zkušenosti a využití zelených střech jako nástroje pro snížení negativního vlivu klimatu. Práce je rozdělena na dvě části. Část teoretickou/rešeršní a část praktickou. První část vysvětluje pojmy, rozdělení zelených střech, jejich význam a přínos. Zabývá se příznivým vlivem na kvalitu prostředí, především na mikroklima oblasti a retenci vody a také požadavky na konstrukční řešení zelených střech. V druhé části této práce je představeno několik extenzivních zelených střech vybudovaných převážně svépomocně. Jejich uživatelé se formou rozhovoru podělili o zkušenosti při jejich realizaci i následné údržbě.

V praktické části bylo navštíveno pět zelených extenzivních střech v ČR, které se od sebe značně liší, ať tvarem, sklonem, velikostí, stářím, použitým materiálem nebo vegetací. Všichni uživatelé se ale shodují na přidané hodnotě své zelené střechy, potvrzují environmentální přínosy a vyvracejí teorie o vysokých nákladech na její pořízení. Jak vypadají zelené střechy po několika letech od založení, dokládají aktuální fotografie. Překvapivým zjištěním bylo, že pouze jedna z nich, pokud by byla realizována v současnosti, by splnila nastavené podmínky a dosáhla na příspěvek na její realizaci vyplacením dotace z programu Nová zelená úsporám Ministerstva životního prostředí. Tento program byl zřízen na podporu rozšíření zelených střech v ČR. Zůstává otázkou, zda jsou takto nastavená kritéria pro její získání správná, nebo je třeba je upravit.

Klíčová slova: zelená střecha, extenzivní a intenzivní zelené střechy, přínosy zelených střech pro životní prostředí, vegetační souvrství

Abstrakt

The aim of this thesis was to evaluate the issue, experience and use of green roofs as a tool for reducing negative impacts of climate change on the basis of a literature review. The thesis is divided into two parts, theoretical and practical. The first part explains the terms, types of green roofs, their importance and benefits. It focuses on their positive influences on the quality of the environment, especially on the microclimate of the area and water retention, as well as the requirements for the structural design of the green roofs. The second part introduces several extensive green roofs built mostly by the owners. Their users shared their experience and subsequent maintenance, in the form of interview.

Five green extensive roofs in the Czech Republic are described. The roofs differ with the shape, slope, size, age, used material and vegetation. All users, however, agree on the added value of their green roofs, confirm environmental benefits and refute theories about the high cost of its purchase. The present stage of the roofs is illustrated by actual photographs. A surprising finding was that only one of them, if implemented at present, would meet the requirements identified by the programme „Nová zelená úsporám“ of the Ministry of the Environment and would be eligible for the funding. This program was established to support the expansion of green roofs in the Czech Republic. The question remains, whether the criteria set for obtaining it are correctly set or it is needed to be edited.

Key words: green roof, extensive and intensive green roofs, environmental benefits of green roofs, vegetation formation

Obsah

1. ÚVOD	10
2. CÍLE PRÁCE	12
3. ZELENÉ STŘECHY	13
3.1 Zelené střechy jako přírodě blízká adaptační opatření	13
3.2. Přínos a význam zelených střech.....	14
3.2.1 Ekonomické aspekty a ochranné funkce zelených střech.....	15
3.2.2. Nevýhody zelených střech	17
4. ROZDĚLENÍ ZELENÝCH STŘECH.....	19
4.1. Extenzivní zelená střecha	22
4.2. Intenzivní zelená střecha	27
4.3. Polo-intenzivní zelená střecha.....	30
5. VLIVY ZELENÝCH STŘECH NA KVALITU PROSTŘEDÍ	32
5.1. Ovlivnění mikroklimatu	32
5.2. Ovlivnění retence vody	34
6. TECHNICKÉ ŘEŠENÍ ZELENÝCH STŘECH.....	40
6.1. Tepelná izolace.....	41
6.2. Hydroizolační vrstva	43
6.3. Povrchová vrstva (vegetační souvrství).....	45
6.3.1 Drenážní vrstva.....	45
6.3.2 Filtrační vrstva	46
6.3.3 Hydroakumulační vrstva.....	47
6.3.4. Substrát	47
6.3.5 Vegetace	49
7. ÚDRŽBA ZELENÝCH STŘECH.....	53
8. VYHODNOCENÍ ZKUŠENOSTÍ S VYUŽITÍM ZELENÝCH STŘECH V ČR 55	
8.1. Metodika a zpracování výzkumu	55
8.2. Presentace výsledků výzkumu	56
8.2.1. Zelená pobytová extenzivní střecha (přístavek) manželů Brotánkových a zelená extenzivní střecha architektonického ateliéru v Sedlici.....	56
8.2.2. Zelená extenzivní střecha manželů Chánových v Jablonné	65
8.2.3. Zelená extenzivní střecha manželů Čitkových v Chodouni	69

8.2.4. Zelená extenzivní střecha manželů Spodniakových v Úněticích	76
8.2.5 Zelená extenzivní střecha manželů Pejsarových v Rožmitále pod Třemšínem	83
9. NÁVRH STAVBY VLASTNÍ EXTENZIVNÍ ZELENÉ STŘECHY NA ZAHRADNÍM PŘÍSTŘEŠKU	89
10. DISKUZE.....	94
11. ZÁVĚR	98
12. PŘEHLED LITERATURY A POUŽITÝCH ZDROJŮ.....	99
12.1. Literární zdroje	99
12.2. Internetové zdroje.....	103
12.3. Legislativní zdroje.....	105
12.4. Seznam tabulek.....	106
12.5. Seznam obrázků	107

1. ÚVOD

Projevy změny klimatu se vyskytují s různou závažností a intenzitou ve všech koutech světa. *„Změna klimatu je závažným enviromentálním, ekonomickým a společenským problémem, který vyžaduje naši pozornost“* (CENIA ©2012). Jak uvádí zpráva Hodnocení zranitelnosti ČR ve vztahu ke změně klimatu k roku 2014, je ČR nejvíce ohrožena externalitami počasí, jako jsou přívalové povodně, dlouhodobé sucha a extrémní teploty (HAVRÁNEK, PONOČNÁ 2018). Hledání účinných opatření ke zmírňování negativních dopadů změny klimatu je prioritní oblast politiky mnoha zemí. Vláda ČR v roce 2015 schválila Adaptační strategii přizpůsobení se změně klimatu v podmínkách ČR (Adaptační strategie ČR). *„Cílem Adaptační strategie ČR je zmírnit dopady změny klimatu přizpůsobením se této změně v co největší míře, zachovat dobré životní podmínky a uchovat a případně vylepšit hospodářský potenciál pro příští generace“* (MŽP ©2015, s.6).

Adaptační strategie ČR především definuje nejčastější projevy a dopady změny klimatu ve vybraných, tedy nejvíce ohrožených oblastech hospodářství a životního prostředí a zahrnuje charakteristiku principů jejich adaptačních opatření. Mezi deset nejdůležitějších prioritních sektorů a jejich identifikovaná rizika patří mimo jiné vliv změny klimatu na vodní režim v krajině, na urbanizovanou krajinu, na biodiverzitu a ekosystémové služby, na zdraví lidí, hygienu a další (MŽP ©2015). Na Adaptační strategii ČR navazuje Národní akční plán adaptace na změny klimatu (NAP adaptace). V NAP adaptace jsou identifikovány již konkrétní strategické cíle, součástí je posouzení rizik a zranitelnosti, nastavení systému monitorování a vyhodnocování a také již podrobná adaptační opatření i s indikátory úspěšnosti, které umožňují vnímat adaptaci na změnu klimatu v celé šíři problémů, ale zároveň i příležitostí, které tyto opatření přinesou (MŽP ©2017).

Zranitelnost v oblasti extrémních teplot je v ČR vysoká také z důvodu nízkého podílu adaptovaných budov (HAVRÁNEK, PONOČNÁ 2018). Systémy zeleně jsou ve světě považovány za slibné řešení pro zvýšení energetické účinnosti budov. Úspora energie je pouze jedna z mnoha výhod, které může systém zeleně budově nabídnout. Mezi nejběžnější místa na budově, které lze využít pro vegetaci, patří vertikální ozelenění, výsadba teras, ale především střecha (RAJI et al. 2015). To akceptuje

i Adaptační strategie ČR, která mezi možná opatření k zajištění funkčního a ekologicky stabilního systému zeleně mimo jiné navrhuje: „Zvýšit počet realizovaných ploch a prvků zeleně na vodorovných i svislých konstrukcích (střešní zahrady, popínavé rostliny na konstrukcích), přičemž za přínosné lze považovat takové prvky zeleně, které mohou být odkázány na atmosférické srážky (např. extenzivní zelené střechy), případně u kterých jsou při významném adaptačním efektu minimalizovány nároky na umělé zavlažování“ (MŽP ©2015, s.47).

V evropských zemích připadá na budovy 36 % celkových emisí skleníkových plynů, přičemž největší část energie spotřebují komerční budovy pro vytápění, chlazení (RAJI et al. 2016). V tomto ohledu jsou systémy zeleně jako zelené střechy a fasády považovány za jedno z nejvhodnějších řešení udržitelného rozvoje městských oblastí. Střechy tvoří téměř čtvrtinu celkových městských ploch, proto má zelená střecha velký potenciál ovlivnit městské i stavební prostředí (RAJI et al. 2015). To si uvědomují mnohá města, které koncept zelených střech zařazují do strategií svých měst, jako například hlavní evropská města Praha nebo Paříž. Paříž plánuje pro zvládnutí extrémních teplot rozšířit množství zelených ploch a fasád jako činitele pozitivně ovlivňující mikroklima o 100 ha do konce roku 2020 (HAMPEJS 2019). Taktéž Praha prosazuje rozšíření zelených střech a stěn jako jeden z nástrojů pro zmírňování teplot a zachycení srážkových vod (PORTÁL ŽP HL.MĚSTA PRAHY ©2018).

2. CÍLE PRÁCE

Cílem této bakalářské práce bylo na základě literární rešerše vyhodnotit problematiku, zkušenosti a využití zelených střech jako nástroje pro snížení negativního vlivu klimatu.

V teoretické části za pomoci literární rešerše jsem si stanovila tyto cíle:

- vymezit pojem zelené střechy jako přírodě blízké adaptační opatření
- definovat druhy zelených střech, jejich přínos a význam
- analyzovat vliv zelených střech na kvalitu prostředí, především na mikroklima oblasti a retenci vody
- obecně charakterizovat požadavky na technické řešení a údržbu zelených střech

V praktické části jsem si stanovila tyto cíle:

- představit pět zelených extenzivních střech
- vhlédnout do podpory jejich výstavby v ČR a zjistit, zda by stávající uživatelé představených zelených střech dosáhli na podporu výstavby zelených střech v ČR poskytovanou z programu Nová zelená úsporám MŽP dle nastavených podmínek programu
- navrhnout stavbu vlastní extenzivní zelené střechy na zahradním přístřešku

3. ZELENÉ STŘECHY

Zelenou střechu můžeme definovat jako střechu porostlou souborem rostlin, který tvoří pokryv střechy. Můžeme se setkat také s pojmy jako střešní zahrada, vegetační střecha, střešní zeleň, travnatá střecha, živá střecha, zeleň na konstrukcích a další kombinace těchto slovních spojení (BURIAN et al. 2016). ČERMÁKOVÁ, MUŽÍKOVÁ (2009) nebo MÁRTON et al. (2010) střechy s vegetačním pokryvem označují jako ozeleněné střechy. Používání správné terminologie je nejednotné a je dáno rozdílnými překlady cizojazyčné literatury. Všechny tyto pojmy ale vyjadřují totéž, a to střechu pokrytou vegetačním souvrstvím s vegetací. Vegetační souvrství představuje soubor funkčních vrstev, které plní konkrétní funkci důležitou pro vytvoření vhodného, trvalého a života schopného prostředí pro růst rostlin na střeše (BURIAN et al. 2016). Obecně zavedený pojem v oboru zeleně na střechách, který ve své práci budu používat, je označení „zelená střecha“.

V literatuře můžeme zaznamenat i název ekologická střecha, což souvisí s udržitelnými energeticky účinnými technologiemi šetrnými k životnímu prostředí, realizovanými prostřednictvím nízkoenergetických budov, kde se zelená střecha s rostlinami ve své konečné vrstvě podílí na udržitelnosti budovy (COX 2010). Někteří architekti, navrhující budovy dříve v nízkoenergetickém, nyní v pasivním standardu, zelené střechy upřednostňují. To dokládá i podrobné představení nízkoenergetických a pasivních domů realizovaných podle projektu architekta Aleše Brotánka, kde z uvedených rodinných domů, má extenzivní zelenou střechu polovina z nich. Ani u pěti dalších staveb, kde byla doporučena střecha s taškovou krytinou, extenzivní zeleň nechybí. Najdeme ji na přilehlých zimních zahradách nebo přístřešcích. Zelenou střechu z reprezentativních vzorků nemá pouze jediný pasivní dům pod střešní membránou (BROTÁNKOVÁ, BROTÁNEK 2012).

3.1 Zelené střechy jako přírodě blízká adaptační opatření

Adaptační opatření v urbanizované krajině mají zmírňovat a předcházet možným důsledkům extrémních situací spojených se změnou klimatu jako jsou přívalové deště, nedostatečné zasakování, vysoké teploty, městský tepelný ostrov, nedostatek vody, sucho (CZECHGLOBE ©2017). *„Měli bychom se inspirovat a vlastně kopírovat jednoduché, v přírodě běžně fungující principy – vnést tedy do městského prostředí*

přírodě blízké hospodaření s dešťovými vodami“ uvedla NEUDERTOVÁ (2018) pro portál České rady šetrných budov v ČR v reakci na tyto problémy.

Zelené střechy jsou zařazeny mezi tzv. přírodě blízká adaptační opatření pracující s konceptem zelenomodré infrastruktury poskytující regulační, produkční a kulturní ekosystémové služby (MACHÁČ et al. 2017). Byly uznány jako alternativní zelený prostor v městských oblastech, kde se díky rychlé urbanizaci zelené plochy zmenšují (SHIN, KIM 2019). Hovoříme tedy o opatření, které dokáže funkčně propojit šedé technické plochy s přírodní složkou a vytvořit dodatečnou zelenou plochu v intravilánech měst. Přírodě blízká adaptační opatření ve městech, jako jsou komunitní zahrady, městské parky, infiltrační plochy jako zelené zasakovací pásy, vsakovací průlehy nebo dešťové zahrady, poldry, umělé mokřady, vodní plochy, udržovací městský odvodňovací systém a také zelené fasády a střechy, přispívají ke zvýšení odolnosti urbánních oblastí vůči dopadům změny klimatu (CZECHGLOBE ©2017).

3.2. Přínos a význam zelených střech

Zelená střecha má pozitivní vliv nejen pro samotné uživatele, ale také na blízké okolí a tím pro celou společnost. Užítky plynoucí ze zelené střechy mohou vlastníci pocítit přímo jako finanční úsporu nákladů na vytápění, chlazení nebo nepřímo, jako užitek přispívající k lepší kvalitě života. Hlavním přínosem jsou služby spojené s regulací přírodních procesů, které představují zvýšení kvality ovzduší, regulovaný odtok a retenci vody, příznivé mikroklima. Materiálními produkty získanými z ekosystému zelené střechy mohou být plodiny a biomasa. Nemateriální užitek představuje v rámci kulturních služeb především přínos estetický. Nezanedbatelný není ani rekreační a vzdělávací potenciál zelené střechy a podpora biodiverzity sídel, kdy poskytuje náhradní prostor pro tvorbu biotopu (MACHÁČ et al. 2017).

Přínosy a dopady zelené střechy jsou silně provázány s cíli udržitelného rozvoje budov, jak uvádí BERARDI (2013). Zelené střechy jsou obecně navrhovány tak, aby zvyšovaly energetickou účinnost, ale existuje mnoho jejich dalších výhod. Ve skutečnosti vegetační vrstva realizuje procesy fotosyntézy, zatímco půdní vrstva umožňuje vstřebávání dešťových srážek (BATES et al. 2013). Mezi další environmentální přínosy zelené střechy patří:

- 1) Zmírnění následků městského tepelného ostrova (OBERNDORFER et al. 2007, CHEN 2013, SAADATIAN et al. 2013).
- 2) Snížení znečištění ovzduší a ztráty přirozených stanovišť (OBERNDORFER et al. 2007).
- 3) Řízení přívalových dešťů, zlepšení městské hydrologie a kvality ovzduší (CHEN 2013).
- 4) Přispění ke spotřebě oxidu uhličitého (CHEN 2013; SITA, VAN DER MEULEN 2019).
- 5) Pohlcování hluku (YANG et al. 2012).
- 6) Zlepšení akustických vlastností střechy (VAN RENTERGHEM et al. 2013).
- 7) Zvýšení podílu zeleně v urbanizované krajině a zlepšení vzhledu měst (SHIN, KIM 2019).
- 8) Vytvoření dalšího obytného nebo městského prostoru či dokonce zajištění městského zemědělství (SITA, VAN DER MEULEN 2019).

3.2.1 Ekonomické aspekty a ochranné funkce zelených střech

Zelené střechy mají spoustu již výše popsaných pozitivních účinků, které se vzájemně prolínají, ovlivňují a vykazují určité výhody oproti konvenčním střechám. Zelené budovy, kombinace zelených střech a fasád, jsou považovány za konečné a rozhodující řešení pro snížení spotřeby ve stavebnictví a pro snížení emisí skleníkových plynů v důsledku účinného využívání a kontroly přenosu energie z pláště budov (CUCE 2017). Zelené střechy snižují energetickou náročnost budovy zvyšováním tepelného odporu střešní konstrukce (VIAYARAGHAVAN 2016). Vegetace působí jako tepelná izolace, což snižuje náklady na vytápění a chlazení budov cca o 20 % (RADOSAVLJEVIĆ et al. 2017). To potvrzuje i ČERMÁKOVÁ, MUŽÍKOVÁ (2009), která uvádí, že přídatná tepelná izolace v podobě vegetačního souvrství může snížit tepelné ztráty budovy o 10-30 %. Tuto hodnotu lze považovat pouze jako možný obecný průměr. Záleží totiž na typu zelené střechy, především na mocnosti vegetačního souvrství, což dokazují například WONG et al. (2003) studií v Singapuru nebo PERMPITUCK, NAMPRAKAI (2012) v Thajsku. Všichni dospěli k závěru, že tepelný odpor zelených střech závisí na tloušťce zeleně. Dalším důležitým aspektem ovlivňujícím chladicí a tepelné účinky je složení vegetace (LUNDHOLM et al. 2010) a její hustota (OLIVIERI et al. 2013). Tato studie zjistila, že zvýšená

hustota rostlin v zelené střeše, i když je střešní konstrukce izolovaná, dokáže snížit spotřebu chlazení ve srovnání s konvenční střechou dokonce o 60 %. Potencionální úspory energie jsou studovány experimentálně i matematicky mnoha vědci. Jednotlivé výzkumy se liší nejen dle typu zelené střechy, ale také podle klimatických a regionálních podmínek, konstrukčního řešení zelené střechy, ale závěry jsou všude pozoruhodné. BESIR, CUCE (2018) se pokusili analyzovat a zhodnotit výsledky dosavadních poznatků o zelených střechách z hlediska energetických úspor, které shrnuli následovně. Pronikání tepla ze střechy budov lze zmírnit díky zelené střeše o cca 80 %. Zelené střechy spotřebují v letním období o 2,2 - 16,7 % méně energie než konvenční střechy. Požadavky na vytápění budov lze prostřednictvím zeleně, jako jsou zelené střechy a fasády snížit o 10 až 30 %. Roční energetická náročnost výrazně ovlivňuje intenzita slunečního záření. Vyšší spotřebu energie kWh/m²/rok má extenzivní zelená střecha oproti polo-intenzivní. Nejmenší spotřebu energie vykazuje intenzivní zelená střecha, a to téměř třetinovou oproti spotřebě extenzivní zelené střechy.

Další výhodou je zvyšování životnosti střešní membrány (OBERNDORFER et al. 2007). Zelené střechy prodlužují životnost střechy, neboť vegetační pokryv chrání materiál střechy před působením UV záření a mechanickým poškozením (RADOSAVLJEVIĆ et al. 2017, MÁRTON et al. 2010). Vysvětlení poskytuje ČERMÁKOVÁ, MUŽÍKOVÁ (2009) která uvádí, že delší životnosti přispívá menší rozpínání materiálu v důsledku mírnějšího rozkolísání teplot na zelené střeše a tím nedochází k únavě materiálu a následným deformacím, netěsnostem a poruchám jako u střech, které vegetační pokryv nechrání. Své tvrzení opírá o testy, kdy byly měřeny rozdíly teploty zahřívání střešního pláště běžné střechy a ozeleněné střechy. Zelená střecha vždy vykazovala příznivější teploty, nižší v létě a vyšší v zimě (ČERMÁKOVÁ, MUŽÍKOVÁ 2009 EX. KOLB, SCHWARZ 1999). Mírnější teploty v zimním období lze vysvětlit tím, že půda tak snadno nepromrzá, protože malé množství tepla vytváří kořeny vegetace svým dýcháním. K tomu vegetace působí jako ochranný plášť před klimatickými jevy jako vítr, déšť, krupobití a tím prodlužuje životnost zelené střechy až na hranici životnosti samotné budovy (ČERMÁKOVÁ, MUŽÍKOVÁ 2009). To nerozporuje ani MÁRTON et al. (2010), který přisuzuje kvalitně provedené zelené střeše prakticky neomezenou životnost danou trvanlivostí hydroizolace. Hlavní přínos vrstvy substrátu vidí v tepelné stabilizaci vnějšího pláště budov, čímž nevznikají v plášti velké rozdíly teplot, a proto je konstrukce trvanlivější.

Zelené střechy zvyšují požární odolnost, neboť vegetace omezuje možnost vzniku a šíření požáru, ale pouze v případě, pokud rostliny nejsou vystaveny dlouhodobému suchu (ČERMÁKOVÁ, MUŽÍKOVÁ 2009). Jako nehořlavá střecha je z hlediska požární odolnosti označována ozeleněná střecha s výškou substrátu minimálně 3 cm obsahující méně než 20 % organických látek (MÁRTON et al. 2010, MINKE 2001). BURIAN et al. (2016) uvádí i jako ekonomickou výhodu zvýšení účinnosti fotovoltaických panelů v důsledku snižování extrémních teplot prostředí způsobené chladičným efektem vegetace a zvýšení tržní hodnoty nemovitosti se zelenou střechou, což potvrzuje ve výčtu výhod zelených střech i RADOSAVLJEVIĆ et al. (2017).

3.2.2. Nevýhody zelených střech

Zelené střechy však mají také některé nevýhody. Tou je jejich náročnější realizace, a proto jsou jejich pořizovací náklady obvykle vyšší než u běžných střešních systémů (ČERMÁKOVÁ, MUŽÍKOVÁ 2009; RADOSAVLJEVIĆ et al. 2017). Jedná se především o náklady na dostatečnou nosnou konstrukci, kvalitní provedení střešního pláště i vegetačního souvrství. Výše nákladů závisí především na druhu ozelenění. Při extenzivním způsobu ozelenění jsou náklady jen o něco málo vyšší než u běžné střechy (ČERMÁKOVÁ, MUŽÍKOVÁ 2009). Naopak intenzivní zelené střechy vyžadují dodatečné investice do pravidelné péče o rostliny (OBERNDORFER et al. 2007, RADOSAVLJEVIĆ et al. 2017). Za další možné nevýhody ČERMÁKOVÁ, MUŽÍKOVÁ (2009) uvádí biologické znečištění u intenzivních střech, čímž míní například odpad z listů, větví, plodů, které se musí pravidelně odklízet. Také připomíná rizika zelených střech. Tím je riziko zranění, které představuje pád z nezabezpečené střešní zahrady a možné alergie, které vegetace může způsobovat.

Při popisu veškerých pozitiv, která s sebou zelená střecha přináší, lze vyšší investice již v prvních letech užívání opomenout a považovat pouze za drobnou nevýhodu (ČERMÁKOVÁ, MUŽÍKOVÁ 2009). Nyní o to více, kdy na národní úrovni začal stát výstavbu zelených střech finančně podporovat z programu Nová zelená úsporám Ministerstva životního prostředí. Tento program fungující již několik let zaměřený na úspory energií v rodinných a bytových domech nově zařadil ve své 3. výzvě i dotaci na realizaci zelené střechy (STÁTNÍ FOND ŽP ČR ©2016). Také analýzy porovnání nákladů a přínosů jakékoli technologie zelených střech málokdy

zvažují a zahrnují do svých závěrů její marketingovou hodnotu. Ta je obtížně vyčíslitelná, ale potenciálně ohromná, především pro veřejnou sféru, neboť přitahuje klienty, studenty, turisty. Při pečlivějším zvážení těchto těžko kvantifikovaných faktorů se zlepšuje výsledné hodnocení efektivnosti ve prospěch zelených budov (OBENDORFER et al. 2007).

4. ROZDĚLENÍ ZELENÝCH STŘECH

Zelené střechy můžeme členit podle:

- přístupnosti
- sklonu
- převažující funkce
- polohy a prostorové vazby na okolní rostlý terén
- skladby vegetačního souvrství
- druhu vegetace

Dle přístupnosti jsou to nepochozí, pochozí a pobytové zelené střechy. Nepochozí zelená střecha není určena k pobytu osob. Jedná se většinou o plochu obtížně přístupnou s minimálními nároky na údržbu. Pochozí zelená střecha je obvykle s chodníčkem a je přístupná úzkému okruhu osob za účelem pravidelné obsluhy určitého zařízení. Pobytové střechy neboli střešní zahrady, mohou být jak soukromé, tak komerční, přístupné široké veřejnosti (BURIAN et al. 2016).

Z normy ČSN 731901 Navrhování střech – Základní ustanovení, vychází typ střech podle sklonu. Sklon vnějšího povrchu do 5° (8,75 %) označuje střechu plochou. Šikmá střecha s mírným sklonem je 5-20° (8,75-36,4 %), s velkým sklonem 20-45° (36,4 - 100 %). Za strmou střechu norma označuje sklon vnějšího povrchu střechy 45-90° (nad 100 %). Sklon střechy ovlivňuje rozhodnutí, jaký typ zeleně použít a jaká jsou nutná opatření pro zajištění stability vegetačního souvrství. Ozelenit lze běžně všechny typy plochých a šikmých střech, dokonce i strmých, a to do sklonu až 60° (ČERMÁKOVÁ, MUŽÍKOVÁ 2009). To dokazuje například realizace zelené extenzivní střechy na části obchodním centru Nový Smíchov v Praze se sklonem 58° na obrázku 1 (ŠIMEČKOVÁ 2008). Za optimální sklon se považuje 2-5°, bez obtíží lze ozelenit střechy do sklonu 30°. Nad 30° se musí využít systémy proti sesuvu a jsou vhodné pouze pro extenzivní střechy (ČERMÁKOVÁ, MUŽÍKOVÁ 2009). MÁRTON et al. (2010) není tak optimistický a uvádí sklon ozeleněné střechy bez nutnosti použití některých z metod zadržování substrátu na střeše se sklonem do 15-20°. Platí zde přímá úměra, čím větší sklon, tím vyšší pořizovací náklady na vytvoření souvislé zelené střechy (ČERMÁKOVÁ, MUŽÍKOVÁ 2009; MÁRTON et al. 2010). Při ozelenování výše zmiňované strmé střechy obchodního centra bylo odzkoušeno

úplně nové technické řešení, jejíž výsledkem je hustý, souvislý zelený koberec vegetace. Byly použity již osázené, dobře zakořeněné, rozrostlé rostliny v rastrových lehkých panelech, vyrobených z recyklovaného materiálu, tzv. rastrový systém Ekoraster, který si její autor nechal patentovat (LIAPOR LIAS VINTÍŘOV 2011).



Obrázek 1: Extenzivní strmá zelená střecha obchodního centra Nový Smíchov Praha (Šimečková 2008)

Zelené střechy sloužící k zadržování maximálního množství srážkové vody a zpomalení odtoku jsou nazývány dle své funkce retenčními zelenými střechami. Střechy, které jsou navrhovány s důrazem na vysokou rozmanitost rostlinných i živočišných druhů, jsou zelené střechy podporující biodiverzitu. Ty, které kombinují vegetaci a fotovoltaické panely jsou označeny jako fotovoltaická zelená střecha. Poslední označení dle své funkce má střecha pěstební. Ta je využívána k rostlinné, zahradnické nebo zemědělské produkci (BURIAN et al. 2016).

Tři základní typy zelených střech rozlišujeme dle polohy a prostorového vztahu k rostlému terénu. Jedná se o střechy v úrovni, v dotyku nebo bez dotyku s parterem. V úrovni s parterem se jedná například o podzemní garáže, podzemní obchody, kdy většinou ani netušíme, že se pohybujeme po střešní konstrukci. Tyto střechy představují cenné veřejné prostory a jsou budovány obvykle jako intenzivní střešní zahrady. V dotyku s parterem zelená střecha umožňuje splynutí budovy nebo její části s okolním prostředím a představuje neomezený tvůrčí potenciál především

pro architekty městského prostředí. Tato střecha je nejčastěji zakládána jako extenzivní, nebo jednoduchá intenzivní střešní zahrada. Prozatím nejčastějším typem je bez dotyku s parterem, kdy střechy mohou plnit nejrůznější funkce, a přitom respektovat kompoziční, provozní omezení i požadavky konkrétního uživatele (BURIAN et al. 2016).

Dle skladby vegetačního souvrství dělíme zelené střechy na jednovrstvé a vícevrstvé. Jednovrstvá skladba zelené střechy, kdy substrát plní současně vegetační, drenážní, filtrační, případně i hydroakumulační funkci se uplatňuje u jednoduchých extenzivních a šikmých zelených střeš. Jediným, ale velmi důležitým požadavkem je minimální obsah vyplavitelných částic v substrátu a jeho dostatečná propustnost pro odvádění přebytečné srážkové vody. Vícevrstvé vegetační souvrství se skládá z několika samostatných vrstev plnící svoji konkrétní funkci jako je vrstva vegetační, filtrační, drenážní, ochranná a separační, hydroizolační a odolná proti prorůstání kořenů. Tato skladba se navrhuje u intenzivních a většiny plochých extenzivních zelených střeš (BURIAN et al. 2016).

Dle druhu vegetace hovoříme o již zmiňované extenzivní nebo intenzivní zelené střeše, jak je členění většina studií. Někteří autoři zahrnují i polo-intenzivní klasifikaci (BESIR, CUCE 2018; BURIAN et al. 2016, RADOSAVLJEVIĆ et al. 2017). ČERMÁKOVÁ, MUŽÍKOVÁ (2009) takto dělí střechy dle praxe. Do této kategorie zahrnuje ještě střechy biotopní neboli tzv. samovolně ozeleněné. Jedná se o stanoviště bez zásahu člověka, kdy se prostor zanechá volný pro přirozený nálet rostlin. MÁRTON et al. (2010) ještě připomíná typ zelených střeš, které mají původ a rozšíření ve Skandinávii, a tím jsou střechy typu severského. Tento typ vycházel z omezených možností výběru materiálu, které tehdejší obyvatelé měli. Jako tepelnou izolaci a ochranu proti vodě používali přes sebe skládané kusy březové kůry a jako vegetaci vrstvy travních drnů. Zatravnění je prvek, který z tradiční historické zelené střešy přetrval dodnes. Březovou kůru můžeme ještě na mladších zelených střešách najít také, ale pouze již jako estetický doplněk, neboť funkci hydroizolační vrstvy přebírají modernější, umělé materiály. Nejvíce obecně používané rozdělení a pojmenování zelených střeš v literatuře jsou zelené střechy rozsáhlé neboli extenzivní, polo-intenzivní a intenzivní. Tyto tři nejběžnější kategorie charakterizují zelenou střechu z hlediska nejen druhu rostlin, ale i typu použití, výše nákladů, rozsahu

a požadavků na údržbu, zavlažování a mocnosti podkladové vrstvy a její hmotnosti (RAJI et al. 2015).

4.1. Extenzivní zelená střecha

Extenzivní zelená střecha plní funkci především ekologickou, ale nesmíme opomenout ani funkci estetickou a psychologickou (ČERMÁKOVÁ, MUŽÍKOVÁ 2009). Tyto rozsáhlé zelené střechy, jak je většina zahraničních studií pojmenovává, se vyznačují tenkou vrstvou substrátu, nižšími investičními náklady oproti intenzivní střeše, nízkou hmotností a minimální údržbou. Z těchto důvodů jsou extenzivní/rozsáhlé střechy po celém světě nejrozšířenější. Díky tenké vrstvě mohou tyto střechy pojmout omezený typ vegetace. Tento systém ozelenění se běžně používá tam, kde je omezení v nosnosti a není požadavek další nosné konstrukce (VIJAYARAGVAN 2016). Jsou to zpravidla nepochozí střechy, vhodné pro šikmý sklon střechy nebo pro přeměnu starých střeš na zelenou bez jakýchkoliv změn konstrukce. Nejsou určeny pro rekreaci, těžké zatížení ani výsadbu stromů. Jsou osázené rostlinami extrémně odolné vůči suchu, neboť zde není řešena automatická závlaha, vyžadující půdní vrstvu pouze 5-15 cm (RADOSAVLJEVIĆ et al. 2017).

Autoři pojednání o zelených střechách se v definici hodnot jednotlivých typů zelených střeš mírně rozcházejí. Uváděné hodnoty výšky mocnosti vegetačního souvrství nebo plošného zatížení nejsou absolutní, jsou pouze orientační. RAJI et al. (2015) uvádí výšku vegetačního souvrství extenzivní zelené střechy 6-20 cm. RADOSAVLJEVIĆ et al. (2017) definuje souvrství i s výškou rostlin, a to dorůstající výšky maximálně 30 cm. BURIAN et al. (2016) se sice s výškou vegetačního souvrství extenzivní zelené střechy s RADOSAVLJEVIĆ et al. (2017) shoduje, když v tabulce ilustruje také 6-15 cm, ale nevylučuje, že u vhodně zvolených druhů sukulentů může postačit výška půdní vrstvy 4 cm a naopak trávo-bylinný typ bude vyžadovat výšku půdní vrstvy až 20 cm. Za extrém, i když možný, považuje tloušťku substrátu pouhé 2 cm ČERMÁKOVÁ, MUŽÍKOVÁ (2009). Takové snížení vegetační vrstvy je opravdu možné, ale pouze za předpokladu, že součástí vegetačního souvrství bude hydroakumulační vrstva například z minerální plsti, jak uvádí v závazných pokynech popis jednoho z technických parametrů podmíněný pro splnění poskytnutí finanční podpory na výstavbu zelené střechy v rámci programu Nová zelená úsporám MŽP

(STÁTNÍ FOND ŽP ČR ©2016). K velmi slabé tloušťce substrátu, 3-5 cm, se přiklání MÁRTON et al. (2010), který jako alternativu potřeby vyšší vrstvy pro náročnější rostliny navrhuje umístění takové vegetace do květináčů a podobných nádob, samozřejmě s nutností jejich zahrnutí do statického výpočtu hmotnosti střechy.

Obecně lze konstatovat, že mocnost substrátu se přizpůsobuje požadavkům vysazovaných rostlinných druhů. Rostliny musí být odolné, přizpůsobivé, schopné plošného rozrůstání, dobře regenerující, přeživší bez pravidelné zálivky, vyžadující pouze minimální péči (BURIAN et al. 2016; ČERMÁKOVÁ, MUŽÍKOVÁ 2009), proto je rozmanitost rostlin vhodných pro tento typ střechy nízká (BATES et al. 2013). Důraz by měl být kladen na výběr druhu rostlin. Ty by měly být maximálně přizpůsobeny podmínkám konkrétního stanoviště (BURIAN et al. 2016; ČERMÁKOVÁ, MUŽÍKOVÁ 2009). Nejčastějším typem porostu extenzivní střechy jsou mechy, sukulentní rostliny z čeledi tlusticovitých /*Crassulaceae*/, jako jsou netřesky /*Sempervivum*/ a půdokryvné rostliny jako rozchodník /*Sedum*/, také některé suchomilné traviny a byliny (BATES et al. 2013; BURIAN et al. 2016; ČERMÁKOVÁ, MUŽÍKOVÁ 2009). Použití mechů v ČR není prozatím tak rozšířené jako jinde ve světě. Oblibu získalo především v Německu, kolébce zelených střech, ale také v severských státech (ČERMÁKOVÁ, MUŽÍKOVÁ 2009). Jak může být funkčně a netradičně pojata zelená střecha složená z výsadby mechů, dokládá obrázek 2 multifunkčního skateparku StreetDome, známý jako hala iglú, v dánském městě Haderslev (CEBRA ©2014). V ČR se většinou na ozelenění extenzivních střech používají rozchodníky, směs s čeledi *Sedum* nebo se střecha zatravňuje. Obrázek 3 je vítěz soutěže Zelená střecha roku 2019 v kategorii Zelená střecha na rodinném domě, kterou již šestým rokem organizuje a zastřešuje Svaz zakládání a údržby zeleně (SZUZ ©2019). Část této šikmé střechy s velkým sklonem tvoří souvislý, kvalitní porost rozchodníků.



Obrázek 2: Extenzivní zelená střecha StreetDome, Haderslev, Dánsko (Frost Michael/CEBRA ©2014)



Obrázek 3: Extenzivní zelená střecha rodinného domu, Statenice (SZUZ ©2019)

Hmotnost střechy extenzivní je oproti intenzivní nižší. Konstrukční zatížení extenzivních střech uvádí RADOSAVLJEVIĆ et al. (2017) cca 50-200 kg/m², zatímco zatížení konstrukce intenzivní střechy 300-500 kg/m². Také tyto hodnoty, jak již bylo zmíněno, nesmíme považovat za konstantní, i když zahrnují rozpětí hodnot v plně nasyceném stavu, jak jej uvádějí autoři jiných prací. Například RAJI et al. (2015) a BERARDI et al. (2014) uvádějí shodně zatížení extenzivních střech 60 až 150 kg/m². BURIAN et al. (2016) rozlišuje ještě jednovrstvé extenzivní souvrství se zatížením 80 až 150 kg/m² a extenzivní souvrství se zatížením 90 až 200 kg/m², ale připomíná, že uvedené hodnoty plošné hmotnosti jsou pouze orientační, neboť hodnotu ovlivňuje použitý materiál. ČERMÁKOVÁ, MUŽÍKOVÁ (2009) dokonce definuje hmotnost extenzivní střechy až 300 kg/ m². Jednoduché extenzivní ozelenění se díky menšímu zatížení a minimální údržbě využívá na zastřešení jednoduchých přístřešků, altánů apod. Obrázek 4 představuje lehké, funkční a estetické provedení extenzivní zelené střechy školního altánu plné rozchodníků a lučních bylin (GREENVILLE ©2013), obrázek 5 netradiční vstupní branku se zelenou střechou ve tvaru vlny nebo obrázek 6, dřevník se zelenou střechou ozeleněnou rozchodníky pouze v cihlovém substrátu.



Obrázek 4: Lehká extenzivní zelená střecha na zahradním altánu ZŠ Heyrovského, Brno (GreenVille ©2013)



Obrázek 5: Vstupní branka s extenzivní zelenou střechou, Sedlice



Obrázek 6: Přístřešek na dříví s extenzivní zelenou střechou, v popředí zelená pobytová střecha, Sedlice

Náklady na realizaci vegetačního souvrství extenzivní zelené střechy jsou prokazatelně nižší než u střechy polo-intenzivní a nejvyšší investice jsou potřeba na zhotovení střechy intenzivní (ČERMÁKOVÁ, MUŽÍKOVÁ 2009). Toto dražší řešení zahrnuje nutný zavlažovací systém, jinak se musí závlivka provádět osobně. Jednodušší způsoby ozelenění zelených extenzivních střech mohou být prováděny svépomocně s minimálními zkušenostmi stavebníka za využití místního nebo odpadního materiálu, tím se náklady na stavbu zelené střechy zmenšují (MÁRTON et al. 2010). Přesně vyčíslit výši nákladů nelze, neboť nabídky jednotlivých firem na kompletní zhotovení zelené střechy se výrazně rozcházejí a mohou se lišit až o 80 %. Cenu ovlivňuje vytíženost firmy, přístupnost pozemku, nároky na transport, roční období a technické provedení střechy. Srovná-li se ale životnost a požadavky na údržbu, vychází v každém případě ekonomičtěji extenzivní zelená střecha než jakákoli jiná konvenční střecha (MINKE 2001).

4.2. Intenzivní zelená střecha

Intenzivní zelená střecha je většinou označována jako střešní zahrada nebo také multifunkční zelená střecha zadržující větší množství vody. Bývá to střecha pochozí, s relativně plochým povrchem (RADOSAVLJEVIĆ et al. 2017). Tyto střechy se vyznačují především silnou vrstvou substrátu, širokou paletou rostlin, mnohem náročnější péčí a údržbou, vyšší hmotností a vysokými investičními náklady (VIJAYARAGVAN 2016). Na rozdíl od střechy extenzivní, intenzivní zeleň vyžaduje umělou závlahu (ČERMÁKOVÁ, MUŽÍKOVÁ 2009). Podstatou této střechy je úprava podmínek pro zvolený výběr vegetace přizpůsobené své funkci, a to zpravidla bývá funkce pobytová (BURIAN et al. 2016). Různé druhy rostlin jsou realizovány za účelem vytvoření přitažlivého přírodního prostředí, zlepšení biologické rozmanitosti a poskytnutí prostoru pro rekreaci (DUNNETT, KINGSBURY 2008). Takové střechy umožňují začlenění zpevněných ploch, cest, teras, přístupových chodníků, dětských hřišť, sportovišť, vodních prvků atd. V podstatě neexistují žádné limity pro návrh za předpokladu, že to konstrukční řešení budovy dovolí (VIJAYARAGVAN 2016).

Intenzivní zelené střechy charakterizuje vyšší mocnost vegetačního souvrství, které odpovídá velikosti a nárokům použitých rostlin a je obvykle vyšší než 30 cm. Protože

povrch je často modelován, nebývá vrstva půdního substrátu po celé střeše stejná (BURIAN et al. 2016). VIJAYARAGVAN (2016) označuje za intenzivní zelenou střechu použitou vrstvu půdy s výškou 20-200 cm, ale většina autorů uvádí pouze spodní hranici od minimální výšky. Možnosti výsadby, výběr porostu, designu není prakticky limitován (BURIAN et al. 2016), proto rozmanitost rostlin použitelných pro intenzivní zelené střechy je velmi vysoká (BATES et al. 2013). Vegetací může být trávník, trvalky, keře, užitkové rostliny jako zelenina, ovoce, bylinky i stromy (BATES et al. 2013, BURIAN et al. 2016). Jediným omezením je výška stromů a hloubka jejich kořenového systému. Dřeviny s hlubokými kořeny jsou na střechy nevhodné, avšak některé jejich kultivary byly úspěšně vysazeny a pěstovány, proto seznamy „nevhodných“ rostlin mají být chápány pouze jako doporučení (ČERMÁKOVÁ, MUŽÍKOVÁ 2009). Mezi nejkrásnější intenzivní zelené střechy v ČR patří vítězové soutěže Zelená střecha, jako například střecha Onkologického pavilonu Fakultní nemocnice Plzeň na obrázku 7, budova s půdorysem pěti zaoblených trojúhelníků Main Point Pankrác v Praze na obrázku 8, nebo zelená střecha pro aktivní odpočinek na podzemním parkovišti v areálu Campus Park v Brně na obrázku 9 (SZUZ ©2019).

Únosnost intenzivních střech není zanedbatelná, zatížení je velmi vysoké (ČERMÁKOVÁ, MUŽÍKOVÁ 2009). Hmotnost specifikuje BURIAN et al. (2016) hodnotou od 400 kg/m², ČERMÁKOVÁ, MUŽÍKOVÁ (2009) shodně s BERARDI et al. (2014) od 300 kg/m², RAJI et al. (2015) v rozmezí 180-500 kg/m², kdy je ve shodě s RADOSAVLJEVIĆ et al. (2017) s údajem o horním rozmezí hmotnosti.



Obrázek 7: Intenzivní zelená střecha Onkologického pavilonu FN Plzeň (SZUZ ©2019)



Obrázek 8: Intenzivní zelená střecha budovy Main Point Pankrác, Praha (SZUZ ©2019)



Obrázek 9: Intenzivní zelená střecha Campus park, Brno (SZUZ ©2019)

4.3. Polo-intenzivní zelená střecha

Tato střecha tvoří přechodný typ mezi střechou extenzivní a intenzivní (BURIAN et al. 2016) nebo lépe vyjádřeno, sdílí vlastnosti obou těchto střech. Alespoň části této střechy jsou průchozí a používají se k odpočinku nebo rekreaci. Jsou navrženy jako rozsáhlé/extenzivní s nízkými nároky na údržbu, ale jsou přístupné veřejnosti, což je vlastnost a přednost střech intenzivních (RADOSAVLJEVIĆ et al. 2017). Někteří autoři tuto kategorii nezahrnují do svých klasifikací a zelené střechy rozlišují pouze jen extenzivní nebo intenzivní, proto tato zelená střecha bývá někdy označována také jako extenzivní náročná či intenzivní jednoduchá (ČERMÁKOVÁ, MUŽÍKOVÁ 2009). Polo-intenzivní zelené střechy využívají rostlinné druhy zejména trvalky, malé keře, trávy a byliny díky středně silné vrstvě substrátu (VIJAYARAGVAN 2016). Patří mezi ně rostliny s nízkými nároky na údržbu o výšce 25 až 50 cm (RADOSAVLJEVIĆ et al. 2017). Oproti extenzivní zelené střeše mají rostliny o něco vyšší nároky na tloušťku substrátu, kdy vyžadují 15 až 30 cm, na udržovací péči i na zásobování vodou, přesto se však stále jedná o poměrně nenáročnou zpravidla plochou zelenou střechu, kde automatická závlaha většinou není řešena (ČERMÁKOVÁ, MUŽÍKOVÁ 2009).

Na velikosti mocnosti půdního substrátu polo-intenzivní zelené střechy se autoři shodují, všechny jejich definice se pohybují v rozmezí 12 až 35 cm. RAJI et al. (2015) definuje tuto střechu výškou 12 až 25 cm, BURIAN et al. (2016) 15 až 35 cm i když nevyklučuje, že v příznivých klimatických podmínkách může postačit i 12 cm, RADOSAVLJEVIĆ et al. (2017) uvádí pouze výšku kolem cca 20 cm. Oproti tomu, se hmotnost konstrukčního zatížení polo-intenzivních střech v literatuře různí. RADOSAVLJEVIĆ et al. (2017) hovoří o zatížení budovy o dalších 250 kg/m², tedy až 450 kg/m², RAJI et al. (2016) ilustruje hodnotu poloviční, a to 120-200 kg/m², ČERMÁKOVÁ, MUŽÍKOVÁ (2009) 120-350 kg/m², BURIAN et al. (2016) 200 až 400 kg/m². Stále musíme mít na zřeteli, že všechny tyto údaje jsou pouze orientační hodnoty, neboť záleží na použitém materiálu, který výrazně ovlivňuje konečnou hmotnost střechy (BURIAN et al. 2016). Ukázkou takové polo-intenzivní střechy na terase v posledním patře bytového domu je obrázek 10, kde dlažba byla nahrazena extenzivní i intenzivní zelení a stromy v květináčích (SZUZ ©2019).



Obrázek 10: Polo-intenzivní zelená střecha na terase bytového domu, Praha (SZUZ ©2019)

5. VLIVY ZELENÝCH STŘECH NA KVALITU PROSTŘEDÍ

Urbanizace v mnoha zemích roste rychlým tempem. Očekává se nárůst počtu obyvatel žijících ve městech do roku 2050 na 67 % (RAJI et al. 2015). To vyžaduje další novou výstavbu, a to i na úkor zeleně, což způsobuje problémy, především environmentální (VIJAYARAGVAN 2016). Dříve osídlená města byla nejenom menší, ale především povrch komunikací a okolí nemovitostí byl jiný. Umožňoval vsakování vody, přirozená zeleň jímala vodní srážky, která odpařováním ochlazovala okolní prostředí. Dnešní způsob výstavby, velké množství zpevněných, nejčastěji asfaltovaných ploch způsobuje velmi rychlé odvedení vody z krajiny na stále větším území. Důsledkem je tzv. tepelný stres obyvatel měst, kdy ve městech stoupá teplota a snižuje se vlhkost vzduchu (MÁRTON et al. 2010). Nedostatečné zasakování zvyšuje riziko povodní (MENTENS et al. 2006). S rostoucí hustotou zástavby, v kombinaci se stále větší intenzitou dopravy a s průmyslovou činností se zvyšuje hluchost a zhoršuje kvalita ovzduší, což má negativní vliv na zdraví obyvatel (DOSTÁL 2018). Obecně platí, že teplota městského prostředí je vyšší než ve volné krajině. Vegetace je tedy řešením pro snížení teploty a zlepšení mikroklimatu ve městě. Jelikož není ve městech místo pro přirozenou výsadbu zeleně do rostlého terénu, lze tyto problémy částečně vyřešit změnou povrchových vlastností budov. Vzhledem k obrovskému množství nevyužívané plochy střech se zakládání zelených střech považuje za zajímavou alternativu a cennou strategii pro přeměnu budov na udržitelnější (BERARDI et al. 2014, OBERNDORFER et al. 2007). Jak již bylo v předchozích kapitolách uvedeno, nejčastěji skloňovanými přínosy zelených střech jsou právě ty, které regulují přírodní procesy a zmírňují jejich následky. Největší pozornosti se proto dostává „vodnímu hospodářství“ zelených střech a jejich vlivu na mikroklima budov a jeho okolí.

5.1. Ovlivnění mikroklimatu

Zelené střechy zajišťují snížení teploty okolního vzduchu v městských oblastech. K poklesu dochází vlivem evapotranspirace, fotosyntézy a stínění vegetace na střeše (SAADATIAN et al. 2013, MINKE 2001). BESIR, CUCE (2018) uvádí, že plochy zeleně absorbují přibližně 70 % dopadající sluneční energie. MINKE (2001)

ochlazovacímu efektu přičítá především schopnost vody v rostlině akumulovat teplo ze svého okolí, čímž může spotřebovat za horkých letních dní až 90 % dopadající sluneční energie. Díky vypařování a kondenzaci vody zelená střecha reguluje kolísání teplot mezi dnem a nocí a zvyšuje relativní vlhkost vzduchu. „*Zatímco za horkých letních dní rostliny teplo spotřebovávají, a tedy své okolí ochlazují, v noci a v zimě teplo vyrábějí. Podstatou je uvolňování tepelné energie v procesu dýchání, který probíhá opačně než fotosyntéza*“ (MINKE 2001, s.11). Teplota zelené střechy a střechy klasické je neustále porovnávána. Například měření teplot za horkých letních a chladných zimních dní na zelených střechách a na střechách bez vegetace v Německu ukázala, že při denní teplotě vzduchu 35 °C je teplota zelené střechy v 10 cm hloubce substrátu maximálně 20 °C a teplota střechy bez vegetace 45 °C. Naopak, při noční teplotě vzduchu -10 °C byla naměřena v hloubce 5 cm substrátu teplota jen maximálně -1 °C a teplota střechy klasické -7 °C (MINKE 2001 EX. KOLB, SCHWARZ 1999). Novější studie chladící efekt zelených střech v létě a zadržování tepla v zimě jen potvrzují. Nedávno provedený výzkum v jižní Itálii zjišťuje, že extenzivní zelené střechy bez izolačního materiálu jsou chladnější cca o 12 °C ve srovnání s konvenčními střechami podle průměrného měření teploty povrchu v létě a teplotní rozdíl v zimě byl téměř o 4 °C ve prospěch zelené střechy (BEVILACQUA et al. 2016). V další studii uskutečněné na středozápadě USA, je rozdíl v letním dni mezi extenzivní zelenou střechou uváděn cca o 20 °C chladnější než klasická střecha (GETER et al. 2011). RAJI et al. (2015) ve své experimentální studii uvádí teplotu holé půdy 42 °C, neizolované konvenční střechy 57 °C a jen 26,5 °C zelené střechy. To jsou prezentovány výzkumy zaměřené pouze na jednotlivé, samostatně ozeleněné střechy. Pokud by bylo zelených střech soustředěných v jedné oblasti více, může se průměrná teplota této oblasti snížit až o 3 °C. S tímto zjištěním přišel nedávno ve své práci VIJAYARAGVAN (2016). Dá se také konstatovat, že ochlazující efekt zelených střech v létě je významnější než jejich tepelně izolační působení v zimě (MINKE 2001). Zelené střechy můžeme chápat jako praktický nástroj ke zmírnění efektu městského tepelného ostrova (UHI), snížení potřeby chlazení budov a zvýšení albeda městských oblastí (SAADATIAN et al. 2013). Albedo neboli míra odrazivosti slunečního záření je mnohem vyšší u zelených střech, než klasických (BERARDI et al. 2014). Samozřejmě, že zelené střechy nejsou jedinou technologií, která může poskytnout letní chlazení, například střešní membrány s vysokou odrazivostí mohou účinně snižovat účinky UHI, ale ty nenabízejí řešení problémů s hospodařením

s dešťovou vodou, ani nevytvářejí prostor pro volně žijící živočichy, což zelená střecha ano (OBERNDORFER et al. 2007). Zelená střecha svým působením dokáže vytvořit příjemné, vyvážené klima v prostorách pod zelenou střechou (MINKE 2001).

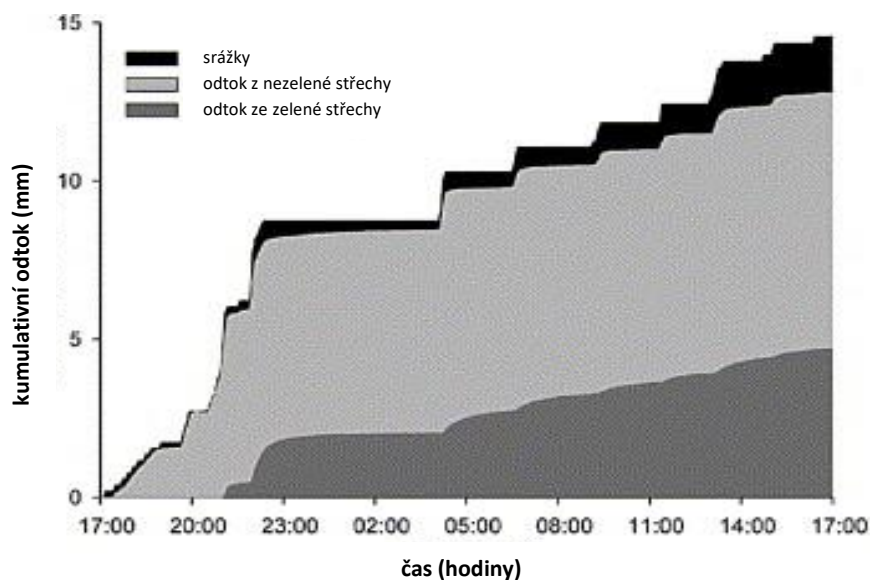
V procesu fotosyntézy rostliny spotřebovávají kyslíčnick uhlíčitý (CO₂) ze vzduchu a jako vedlejší produkt přitom vyrábí kyslík. Dále rostliny mohou filtrovat částice prachu a dalších kontaminantů ze vzduchu, které se zachytávají na povrchu listů, a tím dokáží ovlivnit kvalitu vzduchu. Stejně je tomu i u vegetace zelených střech. Realizace zelených střech je populární přístup, který by mohl pomoci mimo jiné zmírnit znečištění ovzduší v městském prostředí. Schopnost rostlin čistit vzduch je považována za praktickou a nezávadnou techniku (ROWE 2011). Pro ilustraci ROWE (2011) uvádí, že 1 m² zelené střechy by mohl pojmout roční emise částic z jednoho automobilu. Panuje názor, že intenzivní zelené střechy jsou příznivější ke snížení znečištění ovzduší než extenzivní zelené střechy, a to z důvodu možnosti výsadby malých stromů a keřů (OBERNDORFER et al. 2007). Potenciál zelené střechy minimalizovat koncentraci CO₂ byl předmětem studie i LI et al. (2010). Výstupem z této studie bylo zjištění, že za slunečného dne může zelená střecha snížit koncentrace CO₂ v nejbližším regionu až o 2 %, a že výkon závisí především na kondici rostlin, poloze zelené střechy a okolním prouděním vzduchu. K pozoruhodnému závěru, že zelené střechy zachycují ročně uhlík v rozmezí 0,375 až 30,12 kg uhlíku/m² dospěli ve své práci BESIR, CUCE (2018). Ti zároveň avizují, že rozšiřování zeleně, tedy i zelených střech ve městech o cca 10 % a více, může pomoci minimalizovat předpokládaný nárůst teploty pro nadcházející budoucnost.

5.2. Ovlivnění retence vody

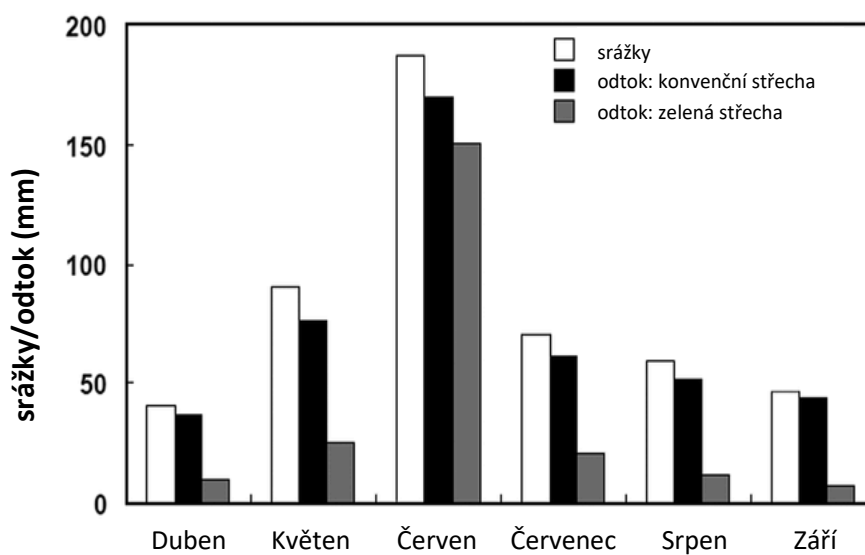
Zelené střechy zadržují dešťovou vodu a zpožďují špičkový průtok, čímž snižují nebezpečí záplav (MENTENS et al. 2006; MINKE 2001). Někteří autoři, jako například ROWE (2011) považují snížení odtoku dešťové vody za nejdůležitější enviromentální přínos zelené střechy. Během posledních dvaceti let bylo v němčině publikováno velké množství výzkumů o snižování odtoku dešťové vody ze zelených střech. Jedno z prvních měření bylo provedeno univerzitou v Kasselu, kde bylo prokázáno, že zelená střecha se sklonem 12°, výškou substrátu 14 cm, dokázala po osmnáctihodinovém vytrvalém dešti, zdržet odtok o celých 12 hodin. Konec odtoku

nastal dokonce 21 hodin poté, co přestalo pršet. Během této doby oteklo jen cca 28,5 % deště, a to měla tato zelená střecha menší schopnost zadržovat vodu, než je dnes obvyklé. Vegetace na střeše byla jen slabě rozrostlá a substrát nebyl ideální, polovinu tvořila písčítá spodní vrstva a svrchní vrstvou byl keramzit (umělé kamenivo) s uzavřenými póry o velikosti zrna 8-16 mm (MINKE 2001 EX. KATZSCHNER 1991). Při dalších podobných pokusech porovnání otoků deště bylo například zjištěno, že za 15 minut intenzity deště 20 l/m^2 ze zelené střechy s 10 cm substrátem odeče pouze 5 l/m^2 , zatímco ze šterkopískové střechy, odeče plných 16 l/m^2 (MINKE 2001 EX. KOLB, SCHWARZ 1999).

Část dešťové vody je absorbována růstovým substrátem nebo zadržena v pórovitých prostorách substrátu, část pojme vegetace a vodu si uloží ve svých rostlinných tkáních nebo vodu odpaří zpět do atmosféry. Zbývající voda prochází filtrační tkaninou a vstupuje do drenážní vrstvy, kde je zadržena. Po jejím úplném naplnění dochází k odtoku. Právě odpařená a odváděná voda vysvětluje potenciál zelených střech ovlivňující rychlost odtoku, který závisí na tloušťce a složení substrátu, typu vegetace, hustotě pokrytí, typu drenážního prvku a jeho skladovací kapacitě. Silně se rychlost odtoku odvíjí od sklonu střechy, objemu a intenzitě dešťových srážek a délky suchého období, které dešťové události předchází. Ze všech těchto faktorů hraje velmi důležitou roli složení substrátu, které většinou představují lehké vulkanické materiály, proto je kapacita zadržování vlhkosti obvykle vysoká. Takto shrnuje výsledky z několika studií ve své práci VIJAYARAGVAN (2016). Jak zelené střechy oproti střechám „nezeleným“ dokáží snížit odtok, znázorňují například grafy 11 a 12. První graf představuje typický kumulativní odtok z obou testovaných střech se stejným sklonem 20° , jak bylo pozorováno v Belgii během dubnové bouřky roku 2003 v průběhu 24 hodin (od 17.00 do 17.00 následujícího dne) při množství srážek 14,6 mm. Druhý graf porovnává součty celkového odtoku ze zelené střechy s 15 cm vysokým trávnickem se sousední konvenční střechou stejné velikosti za delší časové období, od dubna do září 2002, v kanadské Ottawě.



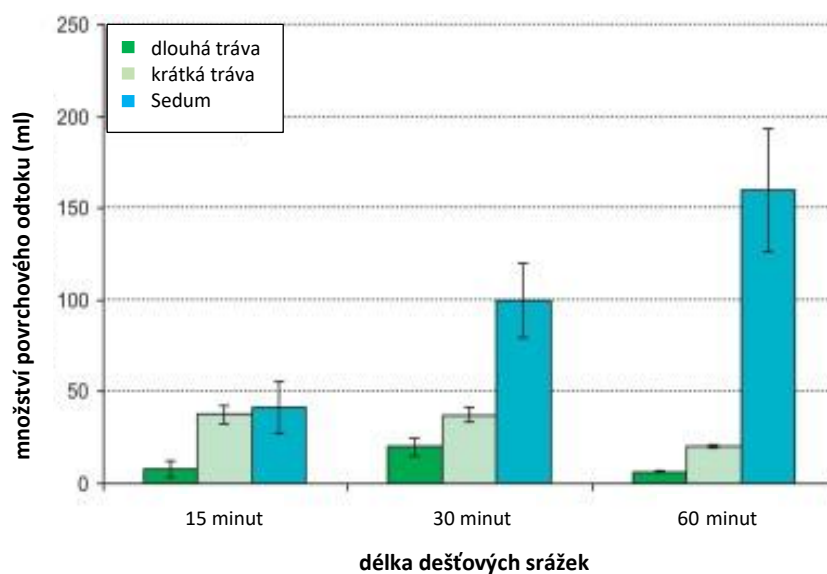
Obrázek 11: Snížení maximálního odtoku ze zelené střechy, Leuven, Belgie, IV/2003 (Mentens et al. 2006)



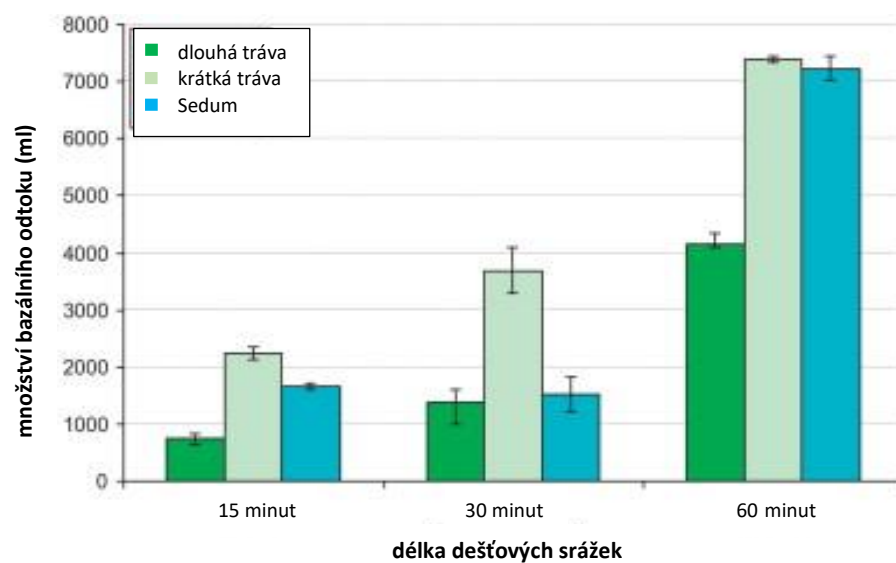
Obrázek 12: Retence odtoku dešťové vody, Ottawa, Kanada, 2002 (Oberndorfer et al. 2007 EX Liu, Baskaran 2003)

To, že výběr rostlin na střeše hraje významnou roli při snižování odtoku, zadržování vody a transpiraci, na tom se vědci shodují. Jak jsou jednotlivé druhy účinné, zjišťují stále nové projekty. Například NAGASE a DUNNETT (2012) ve svém výzkumu přišli s výsledkem, že z rostlin na extenzivní střeše je v zadržování vody nejúčinnější tráva, následuje mech a poté rozhodníky. Bylo také prokázáno, že velikost a struktura rostlin významně ovlivňuje množství odtoku vody. Druhy rostlin s vyšší výškou,

větším průměrem a větší kořenovou biomasou jsou účinnější. V laboratorní studii, MICKOVSKI et al. (2013) dospívají ke stejnému zjištění. Vegetace podle typu a také i procenta vegetačního pokryvu ovlivňuje množství objemu povrchového odtoku, jeho útlum a zpomalení. I když primárním cílem této studie byla testována možnost použití recyklovaného stavebního odpadu ve směsi substrátů pro rozsáhlé zelené střechy, tak v malém měřítku byly v laboratorních podmínkách při rozdílně dlouhých simulovaných dešťových srážkách zkoumány jednotlivé faktory související se založením různé vegetace střechy. Jednalo se o osázení nejběžnějším typem rozchodníku *Sedum lydium* (rozchodník lýdijský) a osetí směsí travních semen do 7,5 cm vysokého testovaného substrátu, který tvořil z 20 % recyklovaný stavební odpad. Při experimentu zjišťování objemu a zpomalení povrchového odtoku odlišné vegetace ve stejném substrátu, byla testována střecha s rozchodníkem, travnatá střecha nepokosená, a ještě úplně stejná, pouze zastřižená na výšku 5 cm. Ve srovnání povrchového odtoku těchto zelených střech s dlouhou trávou, krátkou trávou a rozchodníkem, jak znázorňuje obrázek 13, se potvrzuje, že nejnižší dopad na objem odtoku má *Sedum*. Ozelenění střechy rozchodníkem produkuje významně větší objem odtoku než zatravněná střecha (MICKOVSKI et al. 2013). Z dalších prováděných testů zaměřených tentokrát na zpomalení odvodnění, definovaný jako index součtu povrchového odtoku, bazálního odtoku a množství srážek, byl zjištěn nejvyšší průměrný útlum v různých dobách srážky u vzorků dlouhé trávy (69 %), překvapivě následovaných vzorky *Sedumu* (32 %) a až poté vzorků krátké trávy (10 %). Průměrný bazální odtokový objem a různé doby srážek znázorňuje obrázek 14. MICKOVSKI et al. (2013) k výsledkům ještě blíže uvádí, že průměrná doba zpomalení bazálního odtoku byla nejvyšší u vzorků dlouhé trávy a *Sedumu*, a to 9 minut, u krátké trávy 4 minuty. Průměrné opoždění povrchového odtoku bylo nejvyšší u vzorků dlouhé trávy, a to 16 minut, zatímco krátká tráva a *Sedum* zpomalila povrchový odtok v průměru o 8,5 minuty.



Obrázek 13: Experimentální srovnání průměrného objemu povrchového odtoku ze třech typů vegetace zelených střech (Mickovski et al. 2013)



Obrázek 14: Experimentální srovnání průměrného objemu bazálního odtoku ze třech typů vegetace zelených střech (Mickovski et al. 2013)

Z rozsáhlé analýzy dostupných publikovaných datových záznamů o snižování odtoku dešťové vody MENTENS et al. (2006) ve své práci dospěli k těmto vztahům:

- 1) Roční vztah srážek a odtoku u zelených střech silně závisí na výšce substrátu.
- 2) Intenzivní zelené střechy díky úložné kapacitě účinněji snižují odtok než extenzivní zelené střechy.

3) Zadržování dešťové vody na zelených střechách je v zimě nižší než v létě, což vyplývá z rozdílů evapotranspirace a množství srážek. Schopnost zadržovat dešťové srážky se může pohybovat od 75 % pro intenzivní zelené střechy se střední hloubkou substrátu 15 cm a do 45 % pro extenzivní zelené střechy s hloubkou substrátu 10 cm, kde velikost retence závisí na klimatických podmínkách a množství srážek. Zároveň jejich odhady při 10 % pokrytí dané oblasti zelenými střechami s předpokládanou vrstvou substrátu pouze 10 cm naznačují, že mohou snížit celkový regionální odtok přibližně o 2,7 %. Ještě většího snížení odtoku lze podle WANWOERTA et al. (2005) docílit zmenšením sklonu zelené střechy a zvýšením růstového média, což jen potvrzují předchozí citované závěry experimentálních simulací.

Výzkumy ukazují, že zelené střechy díky své akumulární schopnosti jsou ideální volbou pro často přetížený městský kanalizační systém a mohou být proto užitečným nástrojem ke snížení odtoku městských srážek (MENTENS et al. 2006). V případě většího množství ozeleněných budov, průmyslových zón nebo sídlišť by mohla být kanalizační síť dimenzovaná na menší množství a u oddělených systémů odpadních vod by dešťová kanalizace nebyla vůbec potřeba (MINKE 2001).

6. TECHNICKÉ ŘEŠENÍ ZELENÝCH STŘECH

Střecha obecně chrání konstrukci budovy a její obyvatele proti nepříznivým vlivům vnějšího prostředí. Sama musí odolávat vlivům i vnitřního prostředí, především teplotě a vlhkosti interiéru, proto její kvalitní provedení má obrovský význam pro její spolehlivost a funkčnost. Bez funkční střechy stavba jako celek nefunguje. Zelené střechy se od střech konvenčních liší „pouze“ nejsvrchnějšími vrstvami pro růst vegetace s důrazem na kvalitně položenou hydroizolaci a dostatečnou nosnost střechy. Vegetační souvrství má nahradit podmínky obvyklé rostlému terénu (ČERMÁKOVÁ, MUŽÍKOVÁ 2009). Konstrukční řešení zelené střechy však musí respektovat řadu technických a dispozičních požadavků, ale vždy se bude jednat o střechu s povlakovou hydroizolací (BURIAN et al. 2016). Zelená střecha se skládá z mnoha vrstev. Skladeb zelených střech je nepřeberné množství, její návrh závisí na řadě faktorů (MÁRTON et al. 2010). Liší se například v plánované nosnosti, sklonu, klimatických podmínkách, technologii realizace, využití střechy i prostoru pod střechou. Výběr vhodného materiálu pro jednotlivé vrstvy zelené střechy je velmi důležitý. Vzhledem k většímu zatížení substrátem a vegetací, by měl použitý materiál mít malou stlačitelnost, tj. vysokou pevnost v tlaku, měl by být odolný proti kyselým dešťům, přihnojování, vlhkosti apod. Jeho výběr dle parametrů je třeba maximálně přizpůsobit konkrétním požadavkům (ČERMÁKOVÁ, MUŽÍKOVÁ 2009). „*Návrh střešního pláště zelené střechy, včetně nezbytných detailů střechy a tepelně technického posouzení střechy (s tepelně technickým výpočtem), by měl proto vždy zpracovat zkušený projektant*“ (BURIAN et al. 2016, s.10). Obecně lze vrstvy na zelené střeše rozdělit na souvrství střešního pláště a souvrství vegetační neboli pěstební (ČERMÁKOVÁ, MUŽÍKOVÁ 2009). Pro snazší pochopení lze technické řešení při popisu jednotlivých vrstev zelené střechy rozdělit (od interiéru k exteriéru) zjednodušeně na:

- nosnou vrstvu (konstrukce)
- vrstvu tepelné izolace
- vrstvu hydroizolace
- povrchovou vrstvu (vegetační souvrství)

6.1. Tepelná izolace

Tepelná izolace zabraňuje prostupu tepla konstrukcí a její návrh závisí na požadovaných technických, mechanických i požárně technických vlastnostech, vycházející především z požadavků ČSN 73 540-2 Tepelná ochrana budov – Část 2: Požadavky. Při jejím plánování pro správnou funkci tepelné izolace je nutné vyloučit výskyt tepelných mostů, kondenzace páry ve střešním souvrství, zajistit spolehlivost hydroizolace a návaznost jednotlivých vrstev. Materiál se volí dle vlhkostních poměrů, potřebných tepelně-izolačních vlastností, možností instalace, dle celkové koncepce stavby, ale vždy se musí přihlížet k požadovanému výsledku. „*Univerzální a po všech stránkách ideální izolační materiál neexistuje*“ (MÁRTON et al. 2010, s.33). K tepelné izolaci se využívají syntetické materiály, jako například pěnový polystyren (EPS), extrudovaný polystyren (XPS), pěnový polyuretan (PUR nebo PIR), minerální vlna, skelná vata nebo přírodní a recyklované izolační materiály s nízkou ekologickou stopou. Takovým izolačním materiálem jsou například sláma, dřevěná vlákna, korek, recyklovaný papír-celulóza, konopí, len, bavlna, ovčí vlna, experlit, keramzit, pěnové sklo a další. „*Jejich životnost je při správném užití vyšší než u syntetických materiálů*“ (MÁRTON et al. 2010, s.33). Za nejspolehlivější izolační materiál ČERMÁKOVÁ, MUŽÍKOVÁ (2009) považuje pěnové sklo, které je však zaručeně nejdražší a používá se pouze výjimečně, a to při extrémně velkém zatížení střešního pláště. Naopak sláma je nejlevnějším a zároveň téměř ideální izolační materiál (MÁRTON et al. 2010).

Podle toho, jak jsou jednotlivé vrstvy umístěné, rozlišujeme tři typy střech, a to:

- jednoplášťovou s klasickým pořadím vrstev
- jednoplášťovou s opačným pořadím vrstev
- dvouplášťovou

Jednoplášťová střecha nemá větranou mezeru. Případná kondenzace nemá kam odejít, proto musí být pod tepelnou izolací vždy parozábrana. Parotěsná vrstva zamezuje pronikání zkondenzované vodní páry do izolační vrstvy. Jako kvalitní parozábrana se osvědčují asfaltové pásy s nosnou vložkou z hliníkové fólie (BURIAN et al. 2016), a to u masivních vrstev například z betonu. U dřevostaveb se využívají parozábrany fóliové. MINKE (2001) ji nazývá střechou teplou. „*Teplá střecha je nejvhodnější a nejhospodárnější konstrukce pro ozelenění*“ (MINKE 2001, s.34).

V případě většiny neobývaných nebo otevřených prostor pod ozeleněním, je střecha provedena bez tepelné izolace jen s vrstvou hydroizolace.

U jednoplášťové střechy s opačným pořadím vrstev leží tepelná izolace nad hydroizolační vrstvou pod substrátem. Bývá označována jako střecha obrácená neboli inverzní (BURIAN et al. 2016, MINKE 2001) nebo také inverzní neprovětrávaná (MÁRTON et al. 2010). Takové pořadí vrstev je však možné pouze v případě, že je tepelná izolace nenasákavá a plní svoji funkci i ve vlhkém prostředí. Poslední jmenovaný na tuto střechu upozorňuje jako na možnou, ale dražší alternativu k provětrávaným střechám s nutností použití nenasákavých izolací s velkou ekologickou stopou.

Dvouplášťovou střechu charakterizují dva střešní pláště oddělující vnitřní prostředí od vnějšího, větranou vzduchovou mezerou. Mezera je mezi tepelně izolační vrstvou a hydroizolací. Je nutná hlavně u konstrukcí bez parozábrany, to znamená u skladby difúzně propustné. Zde se počítá s tím, že při extrémních situacích může dojít ke kondenzaci v tepelné izolaci, kde případný kondenzát je ale odvětraný. MINKE (2001) ji nazývá střechou studenou, MÁRTON et al. (2010) střechou provětrávanou. Za její nevýhodu považuje MINKE (2001) tak výrazně se neprojevující účinky letního chladícího a zimního tepelně izolačního efektu ozelenění v místnostech pod střechou a nedoporučuje budovat zelené střechy na tomto principu. MÁRTON et al. (2010) naopak navrhuje zvolit tuto střechu vždy, kdy je prostor pod střechou vytápěn a pokud dochází k prostupu vodních par z interiéru směrem do exteriéru. Upozorňují přitom ale na dostatečně kvalitní odvětrání, jinak může docházet k ohřívání pláště zespoda, což v zimě může u zelené střechy způsobit při roztávání sněhu a následném tuhnutí v led větší zatížení a možné mechanické poškození střechy, jinak ji za nevýhodnou nepovažují. I oni uznávají, že význam tepelné izolace je u extenzivních zelených střech přeceňován, neboť pár cm substrátu a rostlin převážně sukulentních má přidané izolační vlastnosti zanedbatelné. Její hlavní přínos, jak již bylo popsáno, vidí v trvanlivější konstrukci pod ozeleněním, kterou zajišťuje tepelná stabilizace vnějšího pláště podpořená stínící schopností vegetace a jejím ochranným působením proti UV záření.

6.2. Hydroizolační vrstva

Hydroizolační vrstva je jednou z nejdůležitějších vrstev střešního pláště (ČERMÁKOVÁ, MUŽÍKOVÁ 2009). Hydroizolace se navrhuje dle ČSN P 73 0606 Hydroizolace staveb – Povlakové hydroizolace – Základní ustanovení. Musí chránit konstrukci před pronikáním vody a u zelené střechy ještě musí být sama odolná proti prorůstání kořenů nebo musí být proti prorůstání ochráněna, a to na celé své ploše včetně konstrukčních detailů i s minimálním doporučeným přesahem do případné části střechy bez vegetace (ČERMÁKOVÁ, MUŽÍKOVÁ 2009). Povlakových hydroizolací existuje nepřeberné množství, ale jelikož složení není předmětem této práce, uvádím pro ilustraci pouze jejich základní rozdělení. Z hlediska materiálu je lze rozdělit na hydroizolační pásy, což jsou asfaltové pásy oxidované nebo modifikované a hydroizolační fólie. Základními vlastnostmi hydroizolačních folií je malá tloušťka, nízká plošná hmotnost, vysoká průtažnost, ohebnost a tvárnost, nízký difuzní odpor a odolnost vůči UV záření, proto se využívají častěji. Dělíme je na termoplastické fólie, které působením tepla měknou, do původního stavu se vrací pouze částečně a lze je spojovat nahřátým horkým vzduchem a přitlačením. Vyznačují se vysokou tažností a jsou, i když ne tak snadno, recyklovatelné. Patří sem hydroizolační fólie na bázi měkčeného polyvinylchloridu (PVC). Například hydroizolace PVC-P Fatrafol, mPVC a mnoho dalších typů. Další skupinou jsou elastomerní fólie, které jsou elastické, horkým vzduchem ale neměknou, nejsou tepelně tvarovatelné a spojují se pomocí samolepicích okrajů pásů. Do této skupiny patří například EPDM laicky nazýván „přírodní kaučuk“, odborně ethylen-propy-len-dien-monomer-kaučuku. Poslední skupinou je kombinace obou předchozích typů, tzv. termoplasticko-elastomerní fólie, které jsou jak pružné, tak teplem měknoucí. Co je bezpodmínečně společné pro všechny typy, aby hydroizolace mohla správně plnit svoji funkci, je nutnost bezchybně provedených spojů (ČERMÁKOVÁ, MUŽÍKOVÁ 2009; MINKE 2001). ČERMÁKOVÁ, MUŽÍKOVÁ (2009) doporučuje před realizací dalších vrstev provést kontrolu těsnosti například zátopovou zkouškou. Za nejjistější metodu MINKE (2001) považuje přezkoušení těsnosti svárů šroubovákem, protože u střech s větším sklonem je zapotřebí dlouhodobějšího deště.

Jednu z nejdůležitějších vrstev střešního pláště musíme chránit především proti mechanickému poškození. K tomu slouží vrstva ochranná, plnící funkci částečně

akumulační, kdy může zadržovat i určité množství vody. Vrstva zároveň zajišťuje ochranu proti prorůstání kořínků. Může se skládat pouze z jedné samotné vrstvy nebo několika na sebe kladených vrstev a vhodný materiál se volí dle požadované funkce (ČERMÁKOVÁ, MUŽÍKOVÁ 2009). Umísťuje se pod drenážní vrstvu. U střech extenzivních, polo-intenzivních se jako ochranná vrstva nejčastěji používá geotextilie s předepsanou plošnou hmotností (BURIAN et al. 2016). U zeleně intenzivní, vzhledem ke zvýšené hmotnosti celého souvrství nad ochranou vrstvou, se volí jiné řešení. Existují pěnové, textilní rohože, rouna, výrobky z recyklovaných umělých hmot, různý sypký nasákavý materiál, nopové folie, kdy většina těchto výrobků vykazuje i drenážní účinek. Ochrannou vrstvou může být ochranná fólie odolná proti prorůstání kořínků, jestliže není odolná proti prorůstání vrstva hydroizolační. Například asfaltové svařované pásy nejsou považovány za odolné, proto vyžadují dodatečnou ochranu proti prorůstání (MINKE 2001). Dalším navrhovaným materiálem jako ochrannou vrstvu může být cementový potěr, betonová mazanina, kdy je ale nutné, je od hydroizolace oddělit ještě dilatačně-separační vrstvou, aby se vrstvy nemohly vzájemně negativně ovlivňovat (ČERMÁKOVÁ, MUŽÍKOVÁ 2009). Používá se především u vrstev s rozdílnou tepelnou roztažností, nebo u vzájemné chemické nesnášenlivosti, kdy může docházet k migraci změkčovadla. Například vrstva hydroizolace z měkčeného PVC poškozují EPS (BURIAN et al. 2016). Separační vrstva odděluje vzájemně vrstvy z důvodu převážně chemických, výrobních, mechanických. Tzv. ochranná separační vrstva se nejčastěji používá pod a nad hydroizolací, a tím ji chrání před mechanickým poškozením. Filtračně-separační vrstva je potřeba, aby nedocházelo ke smíchávání sousedních materiálů. Jako separační vrstva se osvědčuje např. textilie nebo plastové fólie, na dilatační vrstvu se využívají asfaltové pásy, nenasákavé a nehnijící textilie, plastové fólie, sypané materiály s minimální tloušťkou 10 mm. Při použití vhodného materiálu se funkce vrstev separační a dilatační obvykle slučují (ČERMÁKOVÁ, MUŽÍKOVÁ 2009).

6.3. Povrchová vrstva (vegetační souvrství)

Vegetační souvrství rozdělujeme na vrstvy:

- drenážní
- filtrační/separační
- hydroakumulační
- substrátu
- vegetace

6.3.1 Drenážní vrstva

Funkcí drenážní vrstvy je urychleně odvádět přebytečnou vodu, chránit rostliny před přemokřením (ČERMÁKOVÁ, MUŽÍKOVÁ 2009), a tím zajišťovat potřebné biologické podmínky pro dlouhodobý život vegetačního souvrství (BURIAN et al. 2016). Rozhodujícím faktorem je sklon střechy. Se zvětšujícím sklonem střechy se zvyšuje rychlost odtoku, a tím klesá potřeba drenážní vrstvy. U zelené ploché střechy je drenážní vrstva pro dlouhodobý růst vegetace nezbytná (ČERMÁKOVÁ, MUŽÍKOVÁ 2009; MINKE 2001), při sklonu nad 5° je možné ji vynechat (ČERMÁKOVÁ, MUŽÍKOVÁ 2009), tak jako u jednovrstvé extenzivní střechy (BURIAN et al. 2016). Funkcí drenážní vrstvy je ale i do určité míry vodu absorbovat, a proto jsou pro tento účel vhodné nasákové drenážní materiály a vrstva plní funkci zároveň i hydroakumulační. Mezi nejčastěji používané materiály patří sypké hmoty, jako například keramzit, láva, pemza, šterk nebo drcené cihly. Dále kámen jako kačírek, oblázky, kamenná drť, směs písku a perlitu v poměru 1:1, struska, břidlice (BURIAN et al. 2016; ČERMÁKOVÁ, MUŽÍKOVÁ 2009). MINKE (2001) upozorňuje na přednost silně alkalických materiálů, jako je například keramzit a pemza, a tím je schopnost kompenzovat kyselou dešť. ČERMÁKOVÁ, MUŽÍKOVÁ (2009) doporučuje tento přírodní materiál upřednostňovat před plastovým řešením. Vhodnější je materiál drcený, neboť otevřené póry zvyšují jeho absorpční schopnosti (MINKE 2001). Zrnitost sypkých materiálů má být co nejrozmanitější a výška drenážní vrstvy pro extenzivní zeleň by se měla pohybovat mezi 3-5 cm, u intenzivní vegetace mezi 5-10 cm. Tyto sypké materiály se používají především na střeších plochých nebo s mírným sklonem, pro šikmé střechy nad 20° je sypký materiál jako

samostatná drenážní vrstva nevhodný (ČERMÁKOVÁ, MUŽÍKOVÁ 2009). Vhodným materiálem na střechy šikmé jsou smyčkové rohože nebo drenážní panely jako například EPS tvarovky, tvarované desky z recyklátů nebo hydrofilní minerální vlna (BURIAN et al. 2016; ČERMÁKOVÁ, MUŽÍKOVÁ 2009). Stále častěji používanějším materiálem jsou nopové fólie vyrobené z plastů, a to buď bez hydroakumulační funkce nebo častěji víceúčelové s funkcí drenážní i hydroakumulační zároveň. Množství vody, které jsou schopny tyto fólie pojmout, záleží na sklonu střechy. ČERMÁKOVÁ, MUŽÍKOVÁ (2009) odhaduje množství mezi 5-10 l/m². „Pro dimenzování drenážní vrstvy a výpočet odvodnění je rozhodující odvod vody při přívalovém dešti“ (BURIAN et al. 2016, s.19). Je nezbytné, aby se voda rychle vsákla a případný přebytek vody byl bezpečně odveden do drenážní vrstvy a dále do odvodňovacích systémů. Proto musí být výpočtem ověřeno pro konkrétní velikost, sklon a umístění střechy, zda bude spolehlivě fungovat v určené skladbě a lokalitě (BURIAN et al. 2016).

6.3.2 Filtrační vrstva

Filtrační vrstva bývá označována, jak již bylo zmíněno v kapitole 6.1.4, jako vrstva separační, přesněji filtračně-separační (ČERMÁKOVÁ, MUŽÍKOVÁ 2009). Odděluje vegetační vrstvu substrátu od vrstvy drenážní a zabraňuje vyplavování jemných částic, především prachových a jílovitých menších než 0,063 mm, čímž zamezuje zanesení drenáže (BURIAN et al.2016) a úbytku substrátu (ČERMÁKOVÁ, MUŽÍKOVÁ 2009). Materiál, který se použije jako filtrační vrstva nesmí podléhat biologickému rozkladu ani omezovat kořeny v dalším růstu a musí umožňovat průchod vody oběma směry. Jako nejvhodnější a nejčastěji používaná bývá netkaná či tkaná geotextilie o požadované plošné hmotnosti. Její výběr vychází z mocnosti vegetační vrstvy, sklonu střechy. Čím jsou vyšší nároky na odolnost proti protržení, na pevnost v tahu a průtažnost, tím se plošná hmotnost geotextilie zvyšuje (ČERMÁKOVÁ, MUŽÍKOVÁ 2009; BURIAN et al. 2016). Textilie je třeba pokládat s dostatečným přesahem. Filtrační tkaniny mohou být součástí například drenážní nopové fólie. Dalším používaným filtračním materiálem je kamenivo s menší velikostí frakce, než má drenážní vrstva a vyšší velikostí frakce, než má substrát. Jedná se v podstatě o jedinou vrstvu s postupnou gradací frakcí materiálu, která plní

požadovanou funkci drenážní, filtrační, případně zároveň hydroakumulační (ČERMÁKOVÁ, MUŽÍKOVÁ 2009).

6.3.3 Hydroakumulační vrstva

Tato vrstva slouží jako vrstva pomocná. Její funkcí je akumulace vody pro lepší růst rostlin, ale také zpomalení odtoku dešťové vody do kanalizace v případě, kdy vegetační vrstva nemá dostatečnou kapacitu spolu s drenážní vrstvou a voda ze střechy by byla odváděná příliš rychle, což se týká střech šikmých a strmých (BURIAN et al. 2016). U střech plochých je na zvážení dle mocnosti substrátu a požadavcích rostlin na vláhu. Tato samostatná vrstva plní funkci pouze akumulaci se nachází nad filtrační vrstvou, zatímco předchozí zmiňovaná víceúčelová, tedy zároveň drenážní i hydroakumulační, je pokládána pod filtrační vrstvu (ČERMÁKOVÁ, MUŽÍKOVÁ 2009). Tuto vrstvu tvoří například hydroakumulační desky z minerálních vláken, jako jsou panely z minerální plsti, profilované desky z nasákových pěnových plastů, textilie z minerálních vláken nebo hydroakumulační substráty jako rašelina (ČERMÁKOVÁ, MUŽÍKOVÁ 2009; BURIAN et al. 2016). Minerální vlákna mají velkou nasákovost a jsou především vhodné na střechy s velkým sklonem a nízkou mocností substrátu, ale lze je použít i na střechy ploché (ČERMÁKOVÁ, MUŽÍKOVÁ 2009).

6.3.4. Substrát

Substrát je nosná vrstva pro vegetaci (MINKE 2001). Supluje přirozený půdní profil a poskytuje životní prostor k uchycení kořenovému systému rostlin. Poskytuje zásoby živin, vody a vzduchu pro jejich růst. „*Substrát a vegetace musejí být ve vzájemném souladu*“ (MINKE 2001, s.46). Zároveň se podílí na zadržování dešťových srážek a útlumu odtoku (BURIAN et al. 2016). Rozlišujeme střešní substrát sypaný nebo jej můžeme z větší části nahradit substrátovým panelem například z hydrofilní minerální vlny (BURIAN et al. 2016). Požadavky na chemické, fyzikálně-chemické, fyzikální, biologické vlastnosti substrátu se liší dle typu a skladby zelené střechy. Jednotlivé parametry sypané substrátové směsi jsou rozdílné pro střechu extenzivní jednovrstvou, pro střechu extenzivní vícevrstvou a pro střechu intenzivní (BURIAN et al. 2016). Obecně lze požadované vlastnosti shrnout takto.

Substrát má mít optimální objemovou hmotnost v suchém i nasyceném stavu, dostatečnou hydroakumulační schopnost, má být přiměřeně propustný, provzdušněný, s nízkým podílem jílovitých a prachových částic, s přiměřeným obsahem přijatelných živin jako je N, P, K, Mg a optimální hodnotou pH, schopností poutat a uvolňovat živiny, splňující limity obsahu rizikových prvků, dlouhodobě stabilní a odolný vůči vodní i větrné erozi, bez nadměrného množství semen plevelů. Na intenzivních střeších, kde je mocnost substrátu mnohem vyšší se požaduje větší hydroakumulační schopnost a vyšší obsah organických látek a živin. Substrát jednovrstvé extenzivní zelené střechy vyžaduje oproti ostatním vysokou propustnost, neboť substrát plní funkci i vrstvy drenážní. Vyšší vodní kapacita a nižší obsah vzduchu v substrátu oproti extenzivní jednovrstvé střeše je naopak potřeba pro extenzivní vícevrstvou střechu (ČERMÁKOVÁ, MUŽÍKOVÁ 2009; BURIAN et al. 2016). Substrátové směsi se vyrábějí „na míru“ z minerálních komponentů vyznačujících se dobrou hydroakumulační a drenážní schopností s vhodným zrnitostním složením, a proto jsou vhodnější než zeminy (BURIAN et al. 2016). Samotné použití zeminy nebo skrývky ornice, jako substrátu pro zelené střechy není vhodné (ČERMÁKOVÁ, MUŽÍKOVÁ 2009; MINKE 2001). Kompromisem, na kterém se shodují, je vylehčení těžkých, jílovitých půd například plaveným pískem nebo minerálními plnivými o zrnitosti až 16 mm (ČERMÁKOVÁ, MUŽÍKOVÁ 2009; MINKE 2001). Střešní substrát nyní dodává řada specializovaných firem dle zadaných požadavků. Nejčastějším základem kvalitního střešního substrátu jsou porézní, lehké a dlouhodobě stabilní materiály, jako jsou drcené expandované jíly a břidlice, zeolit, spongilit, pemza, láva. Dalším použitelným materiálem jsou drcené cihly, střešní tašky, které jsou stabilní, mají určitou schopnost akumulovat vodu a živiny, ale mají mnohem vyšší objemovou hmotnost a celkově horší vlastnosti. Písek může doplňovat chybějící velikostní frakce. Malý podíl, maximálně 15 %, ale pouze v substrátu pro intenzivní zelenou střechu by měl mít jíl, pro své dobré hydroakumulační schopnosti a sorpce živin. Také podíl zeminy, skrývky ornice by měl být v substrátu minimální, především na extenzivních střeších. Organické komponenty jako je rašelina a kompost se také využívají, ale jejich podíl by neměl na extenzivních zelených střeších překročit 15 % objemu a u intenzivních střeš 20 % objemu (BURIAN et al. 2016).

Za nevhodný materiál se považuje drcený beton, stavební recyklát, který má nestandardní vlastnosti (BURIAN et al. 2016). Naopak studie MICKOVSKI et al. (2013), která experimentálně ověřovala použití substrátu ze stavebního recyklátu,

se k jeho používání záporně nestaví. V laboratorních podmínkách byla testována substrátová směs obsahující recyklovaný stavební odpad, který tvořila směs vápenatého (65 % hmotnosti) a křemičitého (35 % hmotnosti) kameniva ze stavebního a demoličního odpadu, jehož rozdrčením vznikl agregát s drsným povrchem. Finální směs testovaného substrátu tvořil z 20 % tento rozdrčený agregát, z 65 % inertní hlinek a z 15 % kompost. Po provedených testech MICKOVSKI et al. (2013) dospěli k závěru, že toto složení substrátové směsi obsahující recyklované materiály je dostatečné pro podporu růstu rostlin, je odolné proti erozi a skluzu a zároveň je schopné poskytovat dobré drenážní vlastnosti. Dále uvádějí, že tento recyklovaný materiál ve směsi je stabilní a neexistuje důkaz o škodlivé kvalitě odtékané vody po průchodu takovým substrátem. Využití recyklovaného stavebního odpadu pro zelenou střechu má širší dopad na životní prostředí, pokud jde o snížení množství odpadu na skládkách (MICKOVSKI et al. 2013).

6.3.5 Vegetace

Vegetaci zelené střechy tvoří soubor vhodných rostlin. Je to biologicky aktivní vrstva, která je hlavním nositelem funkcí vegetační střechy (BURIAN et al. 2016). Pro správný růst a vývin rostlin musíme zohlednit při jejich výběru řadu faktorů (ČERMÁKOVÁ, MUŽÍKOVÁ 2009; MINKE 2001). Výběr druhů musí odpovídat především stanovištním podmínkám (BURIAN et al. 2016). Při navrhování zelené střechy jsou dány faktory, kterým se musíme při výběru rostlin přizpůsobit, které ovlivnit nejdou. Jsou to ty, která souvisejí s umístěním střechy, jako jsou klimatické podmínky lokality, množství srážek, expozice střechy, výška budovy, působení větru, zastínění, sklon střechy. Kritéria, které lze při výběru ovlivnit, vyplývají z konstrukčního řešení zelené střechy, zejména výška a typ substrátu, předpokládaná údržba a možnosti zavlažování (BURIAN et al. 2016; ČERMÁKOVÁ, MUŽÍKOVÁ 2009; MINKE 2001). Neméně důležité je i estetické hledisko, tedy viditelnost střechy z okolí (ČERMÁKOVÁ, MUŽÍKOVÁ 2009).

Při návrhu intenzivní zelené střechy, kdy musí být již v konstrukčním řešení zohledňována výška a kvalita substrátu, je výběr rostlin omezen pouze klimatickými podmínkami lokality, jinak je výběr téměř neomezený (BURIAN et al. 2016). Prosperita rostlin není ale jediné hledisko výběru, zřetel musí být brán i na jejich vliv

na budovu, kdy by neměly bránit vstupu světla do budovy nebo přístupu na střechu (ČERMÁKOVÁ, MUŽÍKOVÁ 2009). Naopak u extenzivních zelených střech musíme vybírat z odolných, suchomilných rostlin, které odpovídají většinou extrémním podmínkám, jako je stále častější sucho, neboť extenzivní střecha neřeší umělou závlahu a je závislá pouze na srážkách (BATES et al. 2013; BURIAN et al. 2016; ČERMÁKOVÁ, MUŽÍKOVÁ 2009). Vegetace bývá uměle založená výsevem semen, a to suchým výsevem, tedy rozhozem osiva se spotřebou cca 3-8 g osiva/m² nebo mokřým výsevem tedy nástřikem, tzv. hydroosevem. Další způsob ozelenění je aplikace vegetativních částí, tedy řízků nebo výhonků rostlin, kdy je třeba počítat cca 40 výhonů/m² (MINKE 2001). U větších sklonů střech se využívá pokládka předpěstovaných rohoží vyztužených nehnijící vložkou, tedy rounem, sítí nebo pletivem nebo stále častějších travních pásů, tzv. travních koberců. Nejběžnější způsob bývá samotná výsadba trvalek a kontejnerových dřevin, ať již předpěstovaných rostlin nebo cibulí, hlíz, oddenků (BURIAN et al. 2016; ČERMÁKOVÁ, MUŽÍKOVÁ 2009; MINKE 2001). Výsadba může mít podobu plošnou, většinou pouze u extenzivních střech, výsadbu trsy, solitérní/bodovou nebo kombinovanou z výše předchozích podob. Není vhodné použít pouze jednu monokulturu, neboť při napadení škůdcem či chorobou často uhynie celý porost. Zvlášť obezřetně se musí volit rostliny v blízkosti technických zařízení, kde vlivem rozdílných teplot, vzniká často proudění, které může rovněž způsobit jejich úhyn (ČERMÁKOVÁ, MUŽÍKOVÁ 2009). Seznamů doporučených druhů vegetace pro jednotlivé typy zelených střech existuje nepřehledné množství. Někteří autoři ČERMÁKOVÁ, MUŽÍKOVÁ (2009), MINKE (2001), uvádějí osvědčené standardní osevní míchané směsi. Většina seznamů rostliny dělí dle vhodnosti pro danou výšku substrátu. MÁRTON et al. (2010) nabízí jednoduchý a fungující způsob ozelenění střechy v použití vegetace planě rostoucích druhů v blízkosti stavby. Jelikož moje praktická část práce je věnována extenzivním střechám, uvádím v tabulkách stručný výběr rostlin vhodných na extenzivní střechy. V tabulce 1 rozdělených na mechy, rozchodníky, netřesky, skalničky, v tabulce 2 na trávy, byliny a trvalky. Sukulenty, česneky a trávy uváděné v tabulkách jsou odolné vůči suchu a jsou vhodné pro výšku substrátu 5-8 cm. Mechy vyžadují stinná, vlhká stanoviště a výšku substrátu 3-5 cm. Uváděné trvalky a byliny vyžadují minimální výšku substrátu 8 cm (BURIAN et al. 2016; ČERMÁKOVÁ, MUŽÍKOVÁ 2009; MINKE 2001).

TAB. 1: Výběr rostlin vhodných pro extenzivní střechy (Burian et al. 2016; Čermáková, Mužíková 2009; Minke 2001)

latinský název	český název
<i>Mechy</i>	
<i>Barbula convoluta</i>	vousatěnka pošvatá
<i>Brachythecium rutabulum</i>	baňatka obecná
<i>Bryum argenteum</i>	prutník stříbřitý
<i>Ceratodon purpureus</i>	rohozub nachový
<i>Campothecium sericeum</i>	hedvábinec pravý
<i>Syntrichia ruralis</i>	rourkatec obecný
<i>Rozchodníky</i>	
<i>Sedum acre</i>	rozchodník ostrý
<i>Sedum album</i>	rozchodník bílý
<i>Sedum annuum</i>	rozchodník roční
<i>Sedum cauticola</i>	rozchodník "skalní"
<i>Sedum cyaneum</i>	rozchodník "měděný"
<i>Sedum ewersii</i>	rozchodník "Eveersův"
<i>Sedum floriferum</i>	rozchodník "květnatý"
<i>Sedum hispanicum</i>	rozchodník španělský
<i>Sedum hybridum</i>	rozchodník křížený
<i>Sedum kamschaticum</i>	rozchodník kamčatský
<i>Sedum lydium</i>	rozchodník "lýdijský"
<i>Sedum pilosum</i>	rozchodník trsnatý
<i>Sedum reflexum</i>	rozchodník skaliskový
<i>Sedum sexangulare</i>	rozchodník šestiřadý
<i>Sedum spurium</i>	rozchodník zvrhlý/nepravý/pochybný
<i>Sedum spectabile</i>	rozchodník nádherný
<i>Sedum sarmentosum</i>	rozchodník šlahounovitý
<i>Netřesky</i>	
<i>Serpervivum arachnoideum</i>	netřesk pavučinatý
<i>Serpervivum armenum</i>	netřesk arménský
<i>Serpervivum atlanticum</i>	netřesk atlanský
<i>Serpervivum ciliosum</i>	netřesk brvitý
<i>Serpervivum tectorum</i>	netřesk střešní
<i>Skalničky</i>	
<i>Saxifraga crustata</i>	lomikámen
<i>Saxifraga umbrosa</i>	lomikámen stinný
<i>Saxifraga rosacea</i>	lomikámen trsnatý

TAB. 2: Výběr rostlin vhodných pro extenzivní střechy (Burian et al. 2016; Čermáková, Mužiková 2009; Minke 2001)

latinský název	český název
Trávy	
<i>Bromus tectorum</i>	sveřep střešní
<i>Carex humilis</i>	ostřice nízká
<i>Festuca ovina</i>	kostřava ovčí
<i>Festuca punctoria</i>	kostřava bodlinatá
<i>Festuca vivipara</i>	kostřava živorodá
<i>Poa angustifolia</i>	lipnice úzkolistá
<i>Poa bulbosa</i>	lipnice cibulkatá
<i>Poa compressa</i>	lipnice smáčknutá
<i>Poa pratensis</i>	lipnice luční
Byliny a trvalky	
<i>Allium atropurpureum</i>	česnek černonachový
<i>Allium montanum</i>	česnek horský
<i>Allium schoenoprasum</i>	česnek pažitka
<i>Campanula rotundifolia</i>	zvonek okrouhlostý
<i>Dianthus deltoides</i>	hvozdík kropenatý
<i>Dianthus carthusianorum</i>	hvozdík kartouzek
<i>Hieracum pilosella</i>	jestřábník chlupáček
<i>Petrorhagia saxifraga</i>	hvozděnka skalní
<i>Thymus pseudolanuginosus</i>	mateřídouška
<i>Thymus serpyllum</i>	mateřídouška obecná
<i>Thymus vulgaris</i>	tymián obecný

7. ÚDRŽBA ZELENÝCH STŘECH

Péči a údržbu o extenzivní zelenou střechu lze označit jako zcela minimální a srovnatelnou s klasickou střechou. Někdo označuje extenzivní střechu jako bezúdržbovou, což není ale úplně přesné. I když předností extenzivní zelené střechy není pravidelná zálivka, péči potřebuje každá zelená střecha, byť extenzivní opravdu velmi malou, a to především v roce zakládání a prvních užitkových letech, než se vytvoří souvislý zelený koberec. Údržba spočívá v odstraňování suchých rostlin, případných náletů, dosazování velkých mezer a při nedostatku srážek v nutnosti zavlažování, ale jen do doby, než rostliny dostatečně v substrátu zakoření. Také úvaha, že vyšší mocnost půdního substrátu, než jakou minimálně jednotlivé druhy potřebují, zlepšuje pěstební účinky, není správná. Při větší mocnosti se vytváří konkurenční prostředí pro náletové rostliny (ČERMÁKOVÁ, MUŽÍKOVÁ 2009), což vysvětluje MÁRTON et al. (2010) tak, že v slabé, v létě často vysušené vrstvě půdy, přežijí pouze suchomilné, sukulentní rostliny, které po dešti rychle zregenerují a plevel se zde díky nárokům na vlhkost neudrží. V případě stálezelených rostlin, je třeba však také pamatovat na jejich citlivost vůči mrazu a možné promrznutí nízké mocnosti substrátu. Před příchodem mrazu je potřeba provést dostatečnou zálivku (ČERMÁKOVÁ, MUŽÍKOVÁ 2009).

Naopak o intenzivní zelenou střechu se starat musíme jako o svoji zahradu. Vyžaduje pravidelné zavlažování a péči (MINKE 2001). Péči jsou myšleny úkony jako nakypření, vyčištění, odstranění listí, nežádoucí vegetace, pletí, sestřih, výchovný, udržovací a zmlazovací řez, dosetí, mulčování, zazimování, ochrana proti chorobám a škůdcům, kontrola kotvení a úvazků a také dodávání živin dle míry jejich využití (BURIAN et al. 2016; ČERMÁKOVÁ, MUŽÍKOVÁ 2009). Musí zde být vyřešena umělá zálivka, většinou automatická. Důležitá je kontrola souvisejících technických prvků a zařízení na zelené střeše, jako je funkčnost odvodňovacích a zavlažovacích zařízení, kontrola protiskluzových zábran, odstraňování nečistot v okrajových šterkových pásech, střešních vtoků a ve žlabech (BURIAN et al. 2016). Nezbytně nutná je pravidelná kontrola vtoků na plochých střechách, neboť jejich zanesení by způsobilo kumulaci vody na ploše, a tím následný úhyn rostlin přemokřením (ČERMÁKOVÁ, MUŽÍKOVÁ 2009). Zvláštní péči vyžadují samotné trávničky, které se pravidelně dle požadovaného typu sečou. U každého je ale velmi důležitá první seč,

kteřá podpořít odnořování rostlin, a tím zhoustnutí trávniku, které omezí vzcházející plevel (ČERMÁKOVÁ, MUŽÍKOVÁ 2009).

Zajištění závlahy, tedy propracovaný systém zavlařování u intenzivních zelených střech musí být součástí projektu každé takové střechy. Zdrojem vody je voda z vodovodního řádu, ze studny nebo voda dešťová (ČERMÁKOVÁ, MUŽÍKOVÁ 2009). V poslední době se můžeme setkat i s efektivnějším řešením než zavlařování vodou pitnou, a tím je zavlařování vodou recyklovanou. Tento udržitelnější systém zavlařování využívá předčištěnou odpadní vodu z kořenové čistírny umístěné přímo na střeše budovy. Příkladem je dům ve vnitrobloku na pražské Letné nebo komerční živá hala firmy Liko-s ve Slavkově u Brna, která je rovněž unikátní svoji fasádní kořenovou čistírnou, tvořící efektní zelenou stěnu (LIKO-S ©2019; ZEMANOVÁ 2019).

8. VYHODNOCENÍ ZKUŠENOSTÍ S VYUŽITÍM ZELENÝCH STŘECH V ČR

V této praktické části bakalářské práce jsem se rozhodla představit některé extenzivní zelené střechy, které představují nejjednodušší způsoby ozelenění a mohou být realizovány svépomocně.

8.1. Metodika a zpracování výzkumu

Postupně jsem navštívila několik zelených extenzivních střech v nejbližším okolí. V okrese Příbram se jednalo o zelenou střechu manželů Chánových v obci Jablonná, v okrese Beroun o zelenou střechu kombinovanou se střechou šterkovou manželů Čítkových v obci Chodouň, v plzeňském okrese o zelenou střechou netradičního tvaru vlny manželů Spodniakových, v obci Únětice. Další představenou zelenou střechou je ozelenění střechy ateliéru architekta Aleše Brotánka, který se navrhování zelených extenzivních střech věnuje, a také jeho pobytová extenzivní zelená střecha na rozlehlém přístavku obytného letního domu v Sedlici u Rožmitálu, v okrese Příbram. Poslední zelenou střechou, kterou jsem měla možnost si prohlédnout, byla střecha architekta Lukáše Pejsara v Rožmitále pod Třemšínem s kombinovaným způsobem ozelenění na střeše ploché i strmé. Všichni uživatelé byli velmi ochotni ke spolupráci a o zkušenosti při realizaci i následné údržbě své zelené střechy se formou rozhovoru rádi podělili.

Z veškerých poskytnutých informací a fotografií přímo na konkrétní střeše jsem vytvořila „karty“ každé střechy. Na pěti kartách lze najít nejen stručnou charakteristiku území, kde byla zelená střecha vybudována, ale především údaje o typu, sklonu, rozloze střechy, způsobu ozelenění i použitého materiálu na střešní plášť a vegetační souvrství. Popsán je průběh realizace a následné údržby střechy, spokojenost majitelů a někde i úskalí, která zelená střecha přinesla. Pro srovnání jsou uvedeny některé fotografie z doby počátku ozelenění a fotografie dokumentující aktuální stav střech. Střechy jsem navštěvovala v období od září do listopadu 2019. Jelikož se jedná z větší části o fotografie vlastní, je autor uveden pouze v případě, že se nejedná o fotografie autorské.

8.2. Prezentace výsledků výzkumu

Karty zelených extenzivních střech:

- manželů Brotánkových v Sedlici
- manželů Chánových v Jablonné
- manželů Čítkových v Chodouni
- manželů Spodniakových v Únětických
- manželů Pejsarových v Rožmitále pod Třemšínem

8.2.1. Zelená pobytová extenzivní střecha (přístavek) manželů Brotánkových a zelená extenzivní střecha architektonického ateliéru v Sedlici



Obrázek 15: Zelené střechy přístavku a ateliéru, Sedlice

Popis obrázku 15: v popředí terasa s posezením na níže položené zelené střechě přístavku, v pozadí nepochozí zelená střecha ateliéru, obě střechy převážně pokryty stálezelenými rozchodníky, na hřebeni pobytové střešní zahrady podél dřevěného chodníku bylinný záhon a polo-intenzivní vegetace

Vlastní návrh (Akad. arch. Aleš Brotánek)

<i>Kraj:</i>	Středočeský
<i>Lokalita:</i>	obec Sedlice, okres Příbram, na Belině (vrch 618 m)
<i>Bližší popis:</i>	malá podbrdská obec (cca 250 obyvatel) ležící severně od Rožmitálu pod Třemšínem, z Beliny výhled na rožmitálskou kotlinu a část Šumavy
<i>Nadmořská výška:</i>	612 m n. m.
<i>Stáří střech:</i>	p ř í s t a v e k: 10 let a t e l i é r: 18 let
<i>Druh zelených střech:</i>	p ř í s t a v e k: extenzivní, pochozí, pobytová a t e l i é r: extenzivní, nepochozí, fotovoltaická
<i>Sklon a typ střech:</i>	p ř í s t a v e k: pultová, sklon mírný do cca 10° a t e l i é r: plochá, sklon minimální cca 3°
<i>Plocha střechy:</i>	p ř í s t a v e k: 125 m ² a t e l i é r: 30 m ²
<i>Orientace vůči světovým stranám:</i>	p ř í s t a v e k: k severu, z jižní strany stíněný štítem domu a t e l i é r: k severu, solární panely na jih
<i>Konstrukční řešení:</i>	p ř í s t a v e k: jednoplášťová skladba bez tepelné izolace a t e l i é r: dvouplášťová-difúzně otevřená skladba
<i>Složení vrstev od interiéru:</i>	a t e l i é r: <ul style="list-style-type: none">• hliněná parobrzdná vrstva (omázávka s vysokým obsahem jílu)• balíky slámy výška 40 cm uzavřené závětrným difúzně propustným multibatovým potěrem• provětrávaná mezera• záklop OSB deska• geotextilie 300 g/ m²• 2 mm hydroizolace typu Fatrafol• geotextilie 500 g/ m²• 50 mm substrát <p>p ř í s t a v e k:</p> <ul style="list-style-type: none">• dřevovláknitá deska• geotextilie 300 g/ m²• 2 mm hydroizolace typu Fatrafol• geotextilie 500 g/ m²

<i>Substrát:</i>	<ul style="list-style-type: none"> • 50 mm substrát shodný pro ateliér i přístavek
<i>Vegetace:</i>	substrát tvoří vlastní zemina ze zahrady + drcené cihly
<i>Realizace:</i>	kombinace výsadby sazenic a rozhoz řízků rostlin nejvíce zastoupeny sukulenty-rozchodníky svépomocí v průběhu roku ateliér (2002), přístavek (2010)
<i>Údržba:</i>	<ul style="list-style-type: none"> • před vytvořením současného souvislého zeleného koberce pečlivá a pravidelná péče • v současnosti střecha ateliéru bezúdržbová • pobytová střecha vyžaduje péči menšího rozsahu, ale neobejde se bez umělého zavlažování polo-intenzivní zeleně při nedostatku srážek, občasného přihnojení, odstraňování uhynulých rostlin a případného doplňování vzniklých mezer

Popis realizace, údržby a aktuální stav zelené střechy ateliéru a přístavku:

- 1) Zelená střecha architektonického ateliéru je ze všech navštívených střech nejstarší. Samotná stavba budovy ateliéru probíhala několik let svépomocně i během workshopů. Jednalo se o stavbu experimentální se skandinávskou konstrukcí ze slaměných balíků. Také střecha by se dala nazvat experimentální, v ČR průkopnická. V době realizace totiž neexistovaly žádné specializované firmy jako dnes na zhotovení alespoň dílčích prací při realizaci zelené střechy, natož na dodávku substrátu nebo osiva na míru. Veškeré práce probíhaly svépomocně. Majitel se inspiroval především v zahraničí, kde se zelenými střechami měli již zkušenosti a své poznatky předává dál.
- 2) Vrstvy zelené střechy tvoří kvalitní hydroizolace a vrstvy geotextilie, která plní funkci především ochrannou, také filtrační a zčásti akumulaci. Aby měl substrát dostatečnou schopnost akumulovat vodu pro přežití plánovaných sukulentů na střeše, byla vlastní zemina promíchána s nadrcenými červenými cihlami. Původní navršená výška substrátu na střechu byla cca 70 mm. Rostliny byly převážně z vlastních zdrojů, ojediněle nakoupené v zahradnictví. Ozelenění střechy probíhalo postupně výsadbou sazeniček sukulentů a také rozhozem jejich řízků po odebrání při jejich rozmnožení. Drenážní systém z důvodu zanesení splavování substrátu tvoří cca 30 cm pruh zakoupených říčních oblázků u spodní hrany střechy, který umožňuje případné odtékání vody. Oblázky zároveň lemují/ukončují celý okraj střechy, neboť na okrajích hrozí odnášení suché zeminy větrem. Takto vysoká

mocnost substrátu se ale v začátcích neosvědčila. Poskytovala „živnou“ půdu pro náletové rostliny, proto byla vrstva substrátu v dalším roce o 20 mm snížena na současných 50 mm. Tento krok zamezil ve velké míře přežití náletových rostlin a současně se potvrdilo, že je dostačující pro dobrou kondici sukulentních rostlin. Po 18 letech od její realizace tvoří střechu úplný, souvislý koberec různorodých rozchodníků, v malé míře uchycených náletových travin a mechů. Střechu lze nazývat již bezúdržbovou.



Obrázek 16: Zelená střecha ateliéru s výhledem na Brdy, Sedlice



Obrázek 17: Detaily zakončení zelené střechy ateliéru, Sedlice



Obrázek 18: Pohled ze zahrady na zelenou střechu přístavku a ateliéru v pozadí, Sedlice

- 3) Po osmi letech od experimentální stavby ateliéru se zelenou střechou byla zrealizována výměna konvenční střechy za střechu zelenou na přístavbě truhlářské dílny, v práci pojmenovaný přístavek, přiléhající ke štítu obytné budovy a východní stěny ateliéru. Výškově je nižší a na střechu je pohodlný přístup dveřmi z vnitřku obývaného domu. Střecha přístavby ateliéru a dílny, je rozlohou i sklonem větší než střecha samotného ateliéru. Díky rozloze a snadnému přístupu byla koncipována jako pobytová extenzivní střecha neboli střešní zahrada. Při vstupu na střechu se ocitneme na vyvýšené dřevěné terase s posezením. Od posezení směrem ke stěně

ateliéru vede pohodlný dřevěný chodníček kopírující hřeben střechy. Jelikož je to střecha pochozí, jsou zde v nejméně zatěžovaných místech rozmístěny i nášlapné zatravnovací tvarovky prorostlé rostlinami. Vrstvy střešního pláště jsou jednodušší, bez tepelné izolace, neboť prostor dílny pod střechou není vytápěný. Byly zde kopírovány a zúžitkovány zkušenosti z předchozí realizace zelené střechy ateliéru. Složení substrátu a výška 50 mm se osvědčily, proto je substrát totožný na většině rozlohy střechy. Pouze v nejbližším okolí posezení a chodníčku je substrát vyšší a výživnější, přizpůsobený růstu bylinek a trvalek jako na jiné zahradě. Tyto rostliny vyžadují umělé zavlažování a větší péči. Je zde vidět starostlivost, které se zelené střeše dostává. Po deseti letech má tato střešní zahrada pestrou skladbu rostlin. Stále převládají koberce různorodých rozchodníků, netřesků, ale doplňují je i vyšší trsnaté rozchodníky, česneky, skalničky, bylinky jako levandule, šalvěj, mateřídouška, divizna a další. Zajímavostí je letošní vysemeněný solitér slunečnice. Ozelenění terasy doplňují po teplejší část roku rostliny v květináčích. Tato pobytová extenzivní zelená střecha nabízí příjemné a neobvyklé místo k relaxaci a odpočinku.



Obrázek 19: Relaxační zóna zelené střechy přístavku, Sedlice



Obrázek 20 a, b: Vegetace zelené střechy přístavku, Sedlice



Obrázek 21 a, b: Rostliny, bylinky, skalničky zelené střechy přístavku, Sedlice



Obrázek 22: Římsa ozeleněná rozchodníky nad vstupem na zelenou střechu, Sedlice

Spokojenost:

- přidaná hodnota stavby
- příjemné klima v ateliéru i dílně
- využití zelené střechy přístavku k odpočinku
- využitá plocha k pěstování okrasných rostlin a bylin
- při realizaci problém s náletovými rostlinami, vyřešeno snížením mocnosti substrátu
- realizováno další ozelenění, např. vstupní branky, přístřešku na dříví (obrázek 5 a 6)

Zelená úsporám:

v době dokončení ateliéru (2002) ještě dotační program Zelená úsporám neběžel

Z nového dotačního titulu Nová zelená úsporám, kdyby byly střechy budovány nyní, by majitel nemohl čerpat příspěvek na realizaci zelené střechy, protože nesplňuje kritérium výšky mocnosti substrátu alespoň 8 cm.

8.2.2. Zelená extenzivní střecha manželů Chánových v Jablonné



Obrázek 23: Rodinný pasivní dům/dřevostavba se zelenou extenzivní střechou, pohled ze severu, Jablonná

*Architektonický návrh Akad. arch. Aleš Brotánek (ABateliér),
Ing. Jiří Čech*



Obrázek 24 a, b: Realizace návrhu bezbariérového přízemního domu, částečně podsklepeného, pohled z jihu a na terasu z východu, Jablonná (ABATELIÉR)

<i>Kraj:</i>	Středočeský
<i>Lokalita:</i>	obec Jablonná, okres Příbram
<i>Bližší popis:</i>	menší obec (cca 400 obyvatel) ležící východně od města Příbrami v blízkosti řeky Vltavy
<i>Nadmořská výška:</i>	474 m n. m.
<i>Stáří střechy:</i>	2 roky
<i>Druh zelené střechy:</i>	extenzivní, nepochozí, nepobytová
<i>Sklon a typ střechy:</i>	pultová, sklon mírný cca 15° + 1° sklon proti svahu
<i>Plocha střechy:</i>	300 m ²
<i>Orientace vůči světovým stranám:</i>	k severu
<i>Konstrukční řešení:</i>	dvouplášťová – difúzně otevřená skladba
<i>Složení vrstev od interiéru:</i>	<ul style="list-style-type: none"> • sádrovláknité desky 15 mm • stříkaná tepelná izolace 60 mm • OSB desky 15 mm • foukaná tepelná izolace 400 mm • dřevovláknitá deska 15 mm • provětrávaná mezera • záklop OSB deska • geotextilie 500 g/ m² • 2 mm hydroizolace typu Fatrafol • geotextilie 300 g/ m² • 50 mm substrát
<i>Substrát:</i>	vlastní původní materiál písčítá zemina ze zahrady zpevněná kořeny obilí
<i>Vegetace:</i>	výsadba sazenic netřesků samovolně ozeleněná mechem
<i>Realizace:</i>	léto 2017, jaro 2018 dodavatelsky + svépomocí
<i>Údržba:</i>	bezúdržbová

Popis realizace, údržby a aktuální stav zelené střechy:

- 1) Tato zelená střecha je nejmladší a rozlohou z navštívených střech druhá největší. Dům navrhoval Akad. arch. Brotánek, který odzkoušené a ověřené metody z realizace své zelené střechy používá ve svých projektech, proto na souvrství střechy byl použit totožný, ověřený materiál hydroizolace Fatrafol, který položila specializovaná firma, ale finální vrstva substrátu a ozelenění střechy bylo již provedeno majiteli svépomocí. Substrát střechy tvoří pouze písčítá zemina

ze zahrady. Pro svoje vhodné složení nebyla ničím vylehčována. V červnu 2017 během jediného dne celá rodina dokázala transportovat na tak vysokou a rozlehlou střechu stavebním výtahem nakopanou zeminu v igelitových taškách. Zemina byla rovnoměrně rozprostřena po celé ploše střechy do výšky 50 mm na vrstvu geotextilie, která je v zakončeních u obvodu střechy zdvojená a obsypána hrubým větším kamenivem. Pruh kameniva nelemuje ale úplně okraje střechy, je vzdálen přibližně 50 cm od kraje, okraj tvoří pouze obnažená vrstva hydroizolace. Kamenivem jsou ještě ve spodní části střechy vysypány dva svislé obdélníky navazující na spodní pás kameniva, fungující jako drenážní pásy. Aby nebyl substrát unášen vodou ani větrem měl by být zpevněn kořínky rostlin. Protože plánované ozelenění sukulenty zapouští kořínky pomalu a na tak velké ploše by mohl být odnos zeminy fatální, byla plocha střechy ještě v červnu oseta ječmenem. Obilí v letním horku usychá, ale jeho rychle rostoucí kořínky v substrátu zůstaly a dostatečně substrát před odnosem zpevnily. Na jaře příštího roku (2018) bylo započato ozelenění střechy sazeničkami netřesků z vlastních zdrojů. Byly vysazovány zpočátku pravidelně v horizontálních řadách. Množství bylo podceněno a nestačilo na celou rozlohu, proto prostřední část střechy je osázena již velmi řídkce. Spodní hranici vrstvy substrátu a vegetace ukončuje vyvýšená zádržná lišta.

- 2) Po dvou letech není střecha netřesky celoplošně pokryta. Jelikož je ale otevřená ze všech stran do krajiny, ozelenila se samovolně mechem. Jiné náletové rostliny v takto malé vrstvě substrátu nepřižijí, střecha je bez plevele. Majitelé plánují dodatečné ozelenění střechy i jinými druhy vegetace. Na velmi vysokou střechu je přístup pouze po žebříku, není jí věnována žádná péče, lze ji označit opravdu za bezúdržbovou.



Obrázek 25: Řady netřesků na zelené střeše, Jablonná



Obrázek 26: Celkový pohled od spodu na zelenou střechu pokrytou mechem a netřesky, Jablonná

Spokojenost:

- přidaná hodnota stavby
- střecha plně bezúdržbová
- při realizaci ani po dobu užívání nezaznamenán žádný problém
- majitelé byli mile překvapeni samovolným ozeleněním střechy mechem
- prozatím je to krátká doba na bližší zhodnocení

Zelená úsporám:

jedná se o dům v pasivním standardu, na který byla čerpána dotace z programu Nová zelená úsporám

Z nového dotačního titulu Nová zelená úsporám, kdyby byl dům budován nyní, by majitel nemohl čerpat navíc i příspěvek na realizaci zelené střechy, protože nesplnil kritérium výšky mocnosti substrátu alespoň 8 cm a pravděpodobně by nebyla naplněna ani další podmínka, kterou je osázení minimálně pěti druhy rostlin.

8.2.3. Zelená extenzivní střecha manželů Čítkových v Chodouni



Obrázek 27: Rodinný téměř pasivní dům/dřevostavba se zelenou extenzivní a štěrkovou střechou, Chodouň

*Architektonický návrh Akad. arch. Aleš Brotánek (ABateliér),
Ing. arch. Jan Praisler*

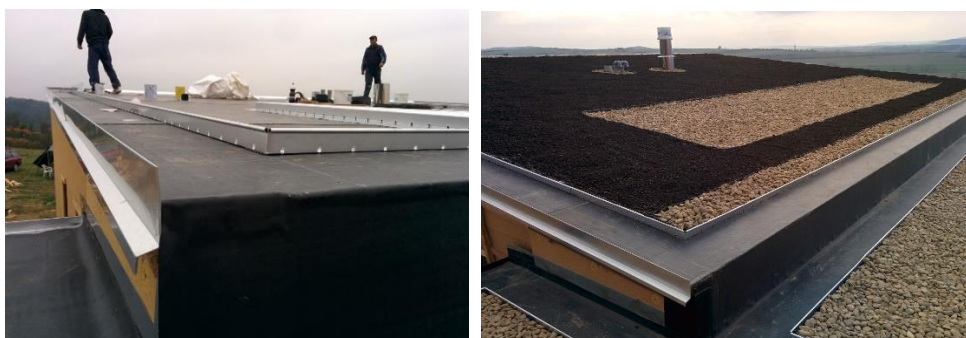


Obrázek 28 a, b: Realizace domu s jedním nadzemním podlažím a krytým přístřeškem, jihozápadní pohled na terasu (ABATELIÉR)

<i>Kraj:</i>	Středočeský
<i>Lokalita:</i>	obec Chodouň, okres Beroun
<i>Bližší popis:</i>	menší obec (cca 690 obyvatel) ležící jižně od města Zdice a jihozápadně od města Beroun v hořovické pahorkatině
<i>Nadmořská výška:</i>	312 m n. m.
<i>Stáří střechy:</i>	4 roky
<i>Druh zelené střechy:</i>	extenzivní, nepochozí, nepobytová, fotovoltaická v kombinaci se střechou štěrkovou
<i>Sklon a typ střechy:</i>	pultová sklon cca 6,5° (+ plochá štěrková)
<i>Plocha střechy:</i>	120 m ² ozeleněná (+ 150 m ² štěrková)
<i>Orientace vůči světovým stranám:</i>	k severu
<i>Konstrukční řešení:</i>	dvouplášťová – difúzně otevřená skladba
<i>Složení vrstev od interiéru:</i>	<ul style="list-style-type: none"> • sádrovláknité desky 12,5 mm • stříkaná tepelná izolace 60 mm • OSB deska 15 mm • nosníky Steico 400/90 vyplněné foukanou tepelnou izolací 400 mm • dřevovláknitá deska 15 mm • provětrávaná mezera • záklop OSB desky 18 mm • geotextilie 500 g/ m² • hydroizolační folie EPDM-přírodní kaučuk • geotextilie 300 g/ m² • místo substrátu, kačírek frakce 60/120 (střecha štěrková) • 40-50 mm substrát pro extenzivní ozelenění
<i>Substrát:</i>	zakoupený substrát vhodný pro extenzivní ozelenění s většími zrny keramzitu (frakce 8-16)
<i>Vegetace:</i>	výsadba sazenic netřesků, rozchodníků, samovolně ozeleněná mechem
<i>Realizace:</i>	dodavatelsky + svépomocí podzim 2015, jaro 2016
<i>Údržba:</i>	minimální péče spočívající v občasném vyplnění mezer rozhozem řízků z rozrostlých rostlin

Popis realizace, údržby a aktuální stav zelené střechy:

1) Tato dřevostavba s použitím řady obnovitelných materiálů se zelenou a šterkovou střechou, se nachází na náhorní plošině nad obcí s nádherným jihozápadním výhledem do kraje. Na této střeše byl jako na jediné použit odlišný materiál na hydroizolační vrstvu, a to folie EPDM-přírodní kaučuk a také zakoupený speciální substrát pro extenzivní střechu. Střechu kromě samotného ozeleňování realizovala specializovaná firma, která substrát dopravila na střechu ve vacích jeřábech. Substrát rozprostřený do výšky 40-50 mm na geotextilii je olemován po celém obvodu zádržnou lištou, obrázek 29 a, b, ve vzdálenosti od okraje střechy cca 30 cm. Horní a spodní okraj vnitřního prostoru je vysypán cca 30 cm pruhem kačírku, který je navršen také pod fotovoltaické panely. Majitelé si byli dobře vědomi, že zelená střecha dokáže zadržet většinu srážek, a protože mají rozlehlou zahradu a připadá jim škoda nevyužít na zavlažování dešťovou vodu, rozhodli se o kombinaci střechy zelené, se střechou šterkovou, ze které je voda sváděna a akumulována v zakopaných nádržích o objemu 6 m³. Zelená střecha pultová s mírným sklonem plní svoji funkci nad obývaným prostorem, na ni navazuje snížená střecha plochá nad nevytápěným prostorem (přesah střechy, stání na automobil), která je vysypaná pouze oblázky, do které přebytečné srážky ze zelené střechy stékají, a z které je voda zadržována a dále využívána. Voda dešťová ze střechy, je spolu s vyčištěnou odpadní vodou z domu vlastní kořenovou čistírnou odpadních vod použita na zavlažování obytné a zároveň užitkové zahrady. Dokončovací práce firmy proběhly v listopadu 2015.



Obrázek 29 a, b: Realizace střechy před samotným ozeleněním, Chodouň



Obrázek 30: Pohled na dokončenou zelenou a šěrkovou střechu, Chodouň

- 3) Výsadba rostlin probíhala na jaře 2016. Vlastními netřesky a rozchodníky byla osázena nepravidelně celá plocha střechy. Sazeničky dodal široký okruh rodiny, přátel, velká část sazenic pochází z okrajů cest blízkého okolí. Mezery majitelé doplňují průběžně během roku rozsypáváním řízků rostlin. Sazenice již nedosazují. Následující fotografie z archivu majitele, obrázek 31 a, b, ukazuje stav rostlin této extenzivní zelené střechy dva roky od počátku ozelenování střechy (červen 2018). Další obrázky 32 a, b, představují krásu kvetoucí zelené střechy v létě, v době vegetační (srpen 2019) a poslední nejaktuálnější fotografie, obrázek 33, jak vypadá střecha dnes, téměř čtyři roky od její realizace v době vegetačního klidu (říjen 2019). Střechu pokrývají převážně netřesky, doplněné rozchodníky a mech, který samovolně vyplňuje chybějící plochu ozelenění této extenzivní střechy.



Obrázek 31 a, b: Zelená střecha v červnu, Chodouň (Ondřej Čítek 2018)



Obrázek 32 a, b: Zelená střecha v srpnu, Chodouň (Ondřej Čítek 2019)



Obrázek 33: Zelená střecha v říjnu 2019 s výhledem do kraje, Chodouň

Spokojenost:

- přidaná hodnota stavby
- příjemné klima v interiéru pod střechou
- efektivní využití dešťové vody
- při realizaci ani po celou dobu užívání nezaznamenán žádný problém
- spojení s přírodou
- doplňuje přírodní charakter stavby s využitím obnovitelných materiálů
- odráží životní styl majitelů

Zelená úsporám:

jedná se o dům v téměř pasivním standardu s přípravou na nulový, na který byla čerpána dotace z programu Nová zelená úsporám

Z nového dotačního titulu Nová zelená úsporám, kdyby byl dům budován nyní, by majitel nemohl čerpat navíc i příspěvek na realizaci zelené střechy, protože nesplnil kritérium výšky mocnosti substrátu alespoň 8 cm.

8.2.4. Zelená extenzivní střecha manželů Spodniakových v Úněticích



Obrázek 34: Rodinný pasivní přízemní dům/dřevostavba se zelenou extenzivní střechou ve tvaru vlny, Únětice (Pavel Spodniak 2018)

*Architektonický návrh Akad. arch. Aleš Brotánek (ABateliér),
Ing. arch. Jan Márton*



Obrázek 35 a, b: Realizace přízemní dřevostavby s vlastnostmi stavby zděné, založené nad terénem na vrtkavých pilotkách (ABATELIÉR)

<i>Kraj:</i>	Plzeňský
<i>Lokalita:</i>	obec Únětice, okres Plzeň-jih
<i>Bližší popis:</i>	malá vesnice (cca 140 obyvatel) ležící na návrší západně od města Blovice
<i>Nadmořská výška:</i>	484 m n. m.
<i>Stáří střechy:</i>	9 let
<i>Druh zelené střechy:</i>	extenzivní, nepochozí, nepobytová, fotovoltaická
<i>Sklon a typ střechy:</i>	střecha tvaru vlny, sklon mírný max. do cca 5°
<i>Plocha střechy:</i>	330 m ²
<i>Orientace vůči světovým stranám:</i>	k severu, mírné zakřivení
<i>Konstrukční řešení:</i>	dvouplášťová – difúzně otevřená skladba
<i>Složení vrstev od interiéru:</i>	<ul style="list-style-type: none"> • sádrovláknité desky 12,5 mm • dřevovláknitá deska 40 mm měkká • OSB deska 15 mm • foukaná celulóza 380 mm/ nosníky • dřevovláknitá deska 24 mm tuhá • provětrávaná mezera • záklop OSB 18 mm • ze strany interiéru vrstva konopné izolace • geotextilie 500 g/ m² • hydroizolační folie Fatrafol • geotextilie 300 g/ m² • 40-50 mm substrát pro extenzivní ozelenění
<i>Substrát:</i>	zakoupený substrát vhodný po extenzivní ozelenění složení zemina + jemná zrna keramzitu (frakce 0-4)
<i>Vegetace:</i>	výsadba vlastních sazenic rozchodníků 6500 ks sazenic předpěstovaných 3 roky před plánovaným ozeleněním střechy
<i>Realizace:</i>	svépomocí, dodavatelsky doprava substrátu na střechu jaro 2010
<i>Údržba:</i>	<ul style="list-style-type: none"> • péče minimální, po výsadbě zavlažování • v roce 2013 vymrzlo cca 2/3 rostlin • majitelé plánují v nejbližší době věnovat zelené střeše zvýšenou péči, střechu znovu dodatečně ozelenit a doplnit chybějící substrát

Popis realizace, údržby a aktuální stav zelené střechy:

- 1) Dřevostavba přízemního, rozlehlého domu stojí na mírně svažitém pozemku na okraji obce, částečně zakrytá zatravněným terénním valem, z něhož opticky přechází do oblouku zelené střechy domu. Tato střecha je rozlohou největší a udivuje svým netradičním tvarem vlny. Její spodní okraj téměř navazuje na zatravněný val. Přístup na tuto střechu byl ze všech navštívených střech nejnižší položený, a tím nejpohodlnější. Složení vegetačního souvrství se od předchozích nelišilo. Osvědčená hydroizolace Fatrafol a ochranné vrstvy geotextilie. Střešní substrát v květnu 2010 dovezla a na střechu ve vacích přepravila firma jeřábem. Další práce již prováděli majitelé svépomocí.



Obrázek 36 a, b: Přeprava a rozvrstvení substrátu na střechu, Únětice (Pavel Spodniak 2010)

Substrát pro extenzivní ozelenění na tuto střechu tvoří z menší části kovaná zem a větší množství jemného keramzitu (frakce 0-4). Výška substrátu osvědčených maximálně 50 mm. Z důvodu splavování substrátu jsou na celé střeše vyskládány nepravidelně, ale účelně a na pohled velmi esteticky pásy/pruhy oblázků cca 30 cm široké, které umožňují odtékání vody. Mezi tyto drenážní svody je položena geotextilie, jenž chrání drenáž před zanášením, a která je ohnutá nahoru a opět dolů, čímž se zdvojí a lépe vytvaruje její horní líc a do vzniklé „kapsičky“ jsou snáze vysypány drenážní kameny (MÁRTON et al. 2010). Ty zároveň lemují celý obvod střechy ve stejné šířce jako odtokové pruhy. Kameny jsou obsypány také technické prvky na střeše, aby byl oddělen vlhký substrát nebo vegetace od těchto prvků, které by mohla vlhkost poškodit (MÁRTON et al. 2010). Samotné ozelenění, tedy

vysazení rostlin na střechu, bylo již relativně rychlé. Majitelé byli velmi dobře připraveni. Předpěstovávali si 3 roky sazenice jednotlivých druhů rostlin, převážně rozchodníků na osázení celé střechy, počítáno 20 ks sazenic/ 1 m². Během několika květnových dní v roce 2010 vysázeli neuvěřitelných 6 500 ks sazeniček rozchodníků různorodých druhů. Pohráli si s barevnou kompozicí a vysazovali rostliny systematicky do geometrických tvarů dle druhů mezi drenážní svody a barvy květů rostlin. Po realizaci ozelenění, než rostliny dostatečně zakořenily, byla střecha uměle zavlažována. Příští rok v červenci 2011 střecha rozkvetla, obrázek 38.



*Obrázek 37: Výsadba 6 500 ks různorodých rostlin-rozchodníků na ozelenění střechy, Únětice
(Pavel Spodniak 2010)*



Obrázek 38: Barevná kompozice zelené střechy v červenci 2011, rok po ozelenění, Únětice (Pavel Spodniak 2011)

- 2) Zelená střecha prospívala další dva roky bez problémů, nebyla potřeba žádná péče. Těšila oko nejen majitelů, ale udivovala i kolemjdoucí, obrázek 39 z archivu majitele, pořízen v létě 2013. Na jaře roku 2014, čtyři roky po založení střechy, přišel v druhé dekádě dubna mráz a vegetaci zelené střechy výrazně poškodil. Teplotám pod bodem mrazu předcházelo sucho, substrát byl velmi suchý a 2/3 vegetace na střeše vymrzlo. Majitelé přiznávají, že k novému ozelenění střechy neměli sil. Rostlinám na střeše proto nevěnovali žádnou pozornost, neodstraňovali vymrzlé sazenice, ponechali ji osudu. Kupodivu po dvou letech od poškození, rostliny začínají znovu obrážet. Obrázek 40, dokumentuje již velmi uspokojivý stav zelené střechy ze severní strany v létě 2018. Na detailních fotografiích zblízka, obrázek 41, především na nekryté jižní straně vlny, jsou vidět stále ještě poškozené bochánky rostlin. Majitelé dokončili úpravy kolem domu a plánují věnovat zvýšenou péči i zelené střeše. Především chtějí doplnit chybějící substrát, který svým lehkým složením a malými zrny keramzitu je odnášen větrem v suchém období. K splavování substrátu díky důmyslně poskládaným odtokovým pruhům nejen podélně, ale i příčně, nedochází.



Obrázek 39: Zelená střecha v červenci 2013, Únětice (Pavel Spodniak 2013)



Obrázek 40: Zelená střecha v červenci 2018, pět let od vymrznutí, Únětice (Pavel Spodniak 2018)



Obrázek 41: Nejvíce poškozená část zelené střechy, konec října 2019, Únětice

Spokojenost:

- přidaná hodnota stavby
- příjemné klima v interiéru
- zelená střecha podtrhuje její neobvyklý tvar vlny
- spojení a splynutí s okolní krajinou
- při realizaci žádný problém, plná spokojenost
- nepříjemná situace s vymrznutím rostlin, řešením je doplnění substrátu a udržování vlhkosti v případě očekávaných mrazů

Zelená úsporám:

jedná se o dům v pasivním standardu, na který ale nebyla čerpána dotace z programu Zelená úsporám

Z nového dotačního titulu Nová zelená úsporám, kdyby byl dům budován nyní, by majitel nemohl čerpat příspěvek na realizaci zelené střechy, protože nesplnil kritérium výšky mocnosti substrátu alespoň 8 cm.

8.2.5 Zelená extenzivní střecha manželů Pejsarových v Rožmitále pod Třemšínem



Obrázek 42: Rodinný pasivní dům/dřevostavba manželů Pejsarových, Rožmitál pod Třemšínem

Vlastní návrh (Ing. arch. Lukáš Pejsar)

<i>Kraj:</i>	Středočeský
<i>Lokalita:</i>	město Rožmitál pod Třemšínem
<i>Bližší popis:</i>	malé město (cca 4400 obyvatel) ležící jihozápadně od města Příbrami v podhůří Brd
<i>Nadmořská výška:</i>	542 m n. m.
<i>Stáří střechy:</i>	9 let
<i>Druh zelené střechy:</i>	extenzivní, nepochozí, nepobytová, fotovoltaická
<i>Sklon a typ střechy:</i>	plochá 4° + přesah střecha strmá (kšilt) se sklonem 45°
<i>Plocha střechy:</i>	celkem 120 m ² (100 m ² + kšilt 20 m ²)
<i>Orientace vůči světovým stranám:</i>	střecha je orientovaná k severu, kšilt s instalovanými solárními panely na jih



Obrázek 43 a, b, c: Čelní a boční pohledy na zelenou střechu, Rožmitál pod Třemšínem

Konstrukční řešení:

jednoplášťová střecha – bez větrané mezery

Složení vrstev od interiéru:

- stropní panel Novatop element (biodeska 27 mm/žebra 226 mm s vloženou tepelnou izolací 220 mm/biodeska 27 mm)
- 120 mm polystyren EPS 200 S
- geotextilie 300 g/m²
- 2 mm PVC hydroizolace
- geotextilie 500 g/m²
- sláma 20 mm
- geotextilie 300 g/m²
- 200 mm substrát

<i>Substrát:</i>	vlastní/původní materiál svrchní ornice z hloubení základů domu vylehčená kompostem
<i>Vegetace:</i>	vyseté směs lučních bylin vhodných pro tuto nadmořskou výšku + kšilt osazen souvislými pásy travních drnů, na nich vysazené rozchodníky, netřesky
<i>Realizace:</i>	2010 (jaro), dodavatelsky vlastní stavební firma 3AE
<i>Údržba:</i>	<ul style="list-style-type: none"> • po výsevu první rok pravidelná péče, tj. zavlažování • druhý užitkový rok vytvořen již souvislý koberec • přihnojováno 1 x 2 roky • nyní jarní pokosení a vyhrabání stařiny • péče již minimální

Popis realizace, údržby a aktuální stav zelené střechy:

1) Tato extenzivní zelená střecha se odlišuje od předchozích střech v několika aspektech. Ve složení vrstev, kombinací dvou různých způsobů ozelenění a jednoznačně nejvyšší vrstvou substrátu. Střechu včetně kšiltu pokrývají tři vrstvy geotextilie o různé plošné hmotnosti, vrstva hydroizolace a jako jediná ze sledovaných střech i vrstva slámy. Kšilt je osazen svise travními drny přes hřeben střechy ještě cca 1,5 m do ploché střechy na nejsvrchnější geotextilii a na travní drny jsou vysázeny rozchodníky. Okraje po obvodu ploché střechy jsou zhotoveny přehnutím geotextilie a obloženy kameny sesbíranými v okolí domu. Na střechu navrženo 200 mm vlastního substrátu pro vegetaci. Ten tvoří ornice získaná při hloubení základů domu. Vylehčený je pouze kompostem. Materiál na střechu byl přepraven ve vacích jeřábem. Plocha střechy je navíc rozdělena dvěma cca 30 cm vyskládanými pruhy kamenů, začínající ve spojnicích bočních hran a končícího hřebenu střechy. Tyto drenážní odvodňovací pásy se táhnou přes celou střechu a končí společně uprostřed spodní hrany střechy. Pruhy na střeše tvoří hodně otevřené písmeno V. Jsou vyloženy geotextilií a po svém obvodu při realizaci byly zajištěny/vyztuženy prkny, které časem ztrouchnivějí. Tyto pruhy jsou vysypány středně velkými kameny opět z okolních polí a jejich funkcí je odvádět přebytečnou vodu do spodního okraje střechy s klasickým okapovým žlabem. Finální fáze ozelenění ploché střechy provedena svépomocí, výsevem. Osivo spolu s rozchodníky dodané „na míru“, tedy mimořádně vhodné pro tuto oblast.



Obrázek 44 a, b: Detaily drenáže zelené střechy, Rožmitál pod Třemšínem

- 2) Po osazení a osetí střechy následovala pravidelná údržba v podobě přihnojování a zavlažování, aby semena brzy vyklíčila a nezaschla. Třetím rokem již vytvořen téměř souvislý zelený koberec. Péče o střechu je již minimální a spočívá ve vyhrabání stařiny a občasném přihnojení. Kosena je dle potřeby, v posledních několika letech pouze jednou do roka, a to většinou na jaře, neboť vlivem počasí rostliny nedorůstají do velkých výšek, a i druhově převládají nižší trávy a rostliny.
- 3) Devět let od založení je tato zelená střecha plná různorodé vegetace. Taková „louka na střeše“ doplněná barevnými rozchodníky, netřesky a mechem. V podstatě, co roste za domem na louce, roste i na střeše. Co obyvatelé domu „ubrali“ na zemi, „vrátili“ na střechu. Jsou zde i druhy nevyseté, náletové rostliny z okolí domu a mechy. Nejvíce zřetelné náletové rostliny jsou „uchyceny“ v jihovýchodním rohu

střechy. Z druhů rostlin rozpoznána z trav kostřava červená a kostřava ovčí. Z bylin, heřmánkovec, kokoška pastuší tobolka, violka, rožec rolní, komonice lékařská, starček obecný, chrpa polní, rozrazil. Nejrozšířenější mezi bylinami a trávou na ploché střeše rozchodník ostrý */Sedum acre/*. Střecha v letošním roce nebyla sečena, proto jsou na fotografiích vidět uschlé, místy přerostlé traviny a byliny. Bohužel jsem na prohlídku střechy přijela pro ni v nejméně vhodné roční období (počátek listopadu). Kšilt střechy, který tvoří tráva, byl naopak příjemně barevný, zeleno-červený, úplný, neboť případné mezery časem vyplnily různé druhy plazivých, převážně „rudých“ rozchodníků, dále netřesky a krásně zelené náletové mechy.



Obrázek 45 a, b: Nepokosená vegetace zelené střechy, Rožmitál pod Třemšínem



Obrázek 46: Kšilt a hřeben zelené střechy-barevná kombinace sukulentů a mechu, Rožmitál pod Třemšínem

Spokojenost:

- příjemné klima v interiéru
- spojení s přírodou
- využití původního materiálu
- při realizaci ani po celou dobu nezaznamenán žádný problém, plná spokojenost
- bude realizována další zelená střecha na přístřešku přilehlém k západní straně domu v dotyku s parterem

Zelená úsporám:

jedná se o dům v pasivním standardu, na který byla čerpána dotace z programu Zelená úsporám

Z nového dotačního titulu Zelená úsporám, kdyby byl dům budován nyní, by majitel mohl úspěšně čerpat navíc i příspěvek na realizaci zelené střechy cca Kč 60.000, --. Tato střecha splňuje veškerá kritéria pro přidělení.

9. NÁVRH STAVBY VLASTNÍ EXTENZIVNÍ ZELENÉ STŘECHY NA ZAHRADNÍM PŘÍSTŘEŠKU

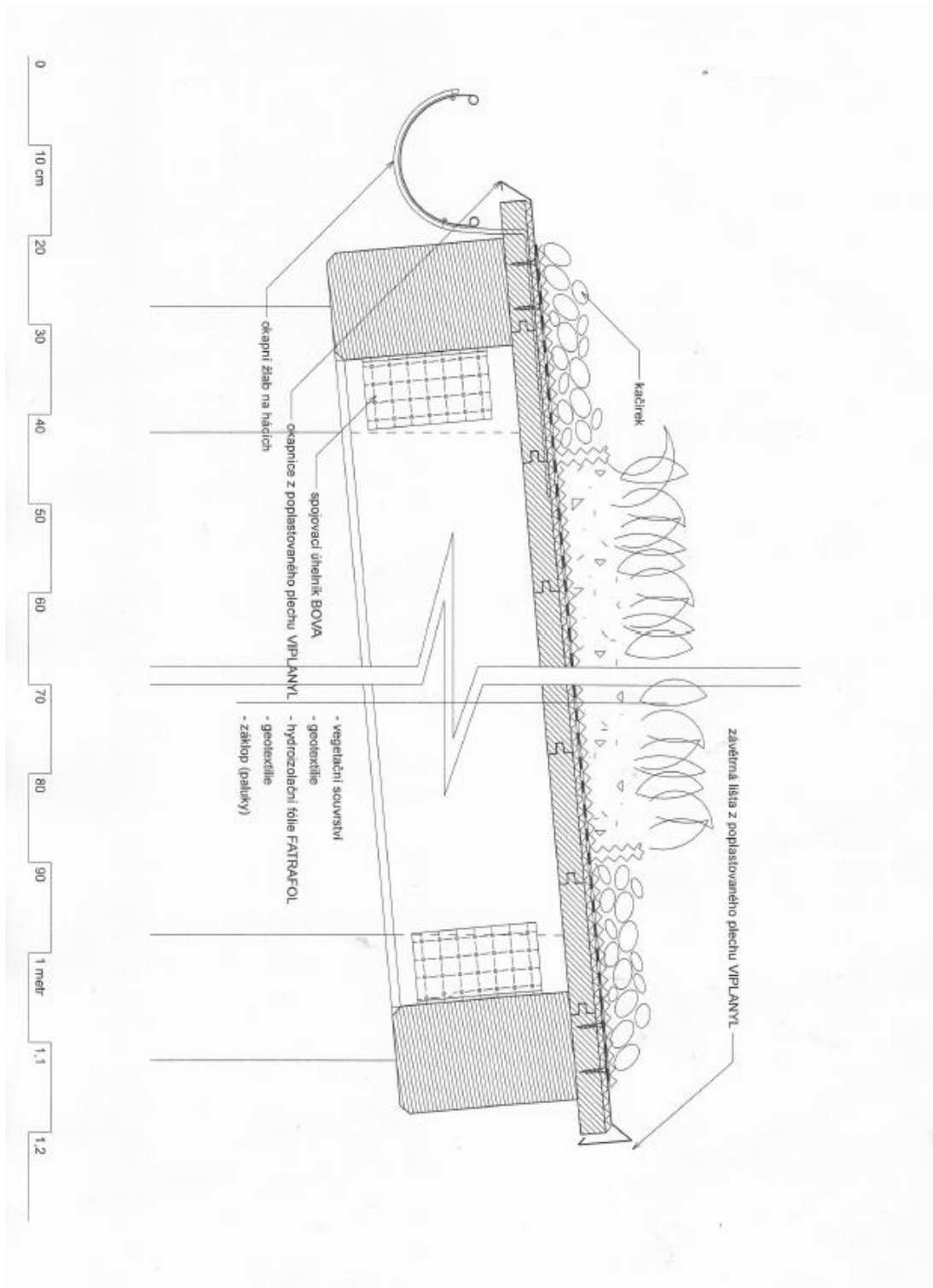
Na základě získaných informací z literatury a předaných zkušeností od majitelů zelených střech přikládám návrh na vlastní extenzivní zelenou střechu na zahradní pergole, která bude z části sloužit jako přístřešek pro osobní automobil a z části jako relaxační zóna posezení. Technický návrh zpracoval a nakreslil Ing. arch. Jan Praisler. Obsahuje vizualizaci (obrázek 47 a, b), detail (obrázek 48), pohledy (obrázek 49) a půdorys (obrázek 50) plánované stavby.

Popis návrhu extenzivní zelené střechy:

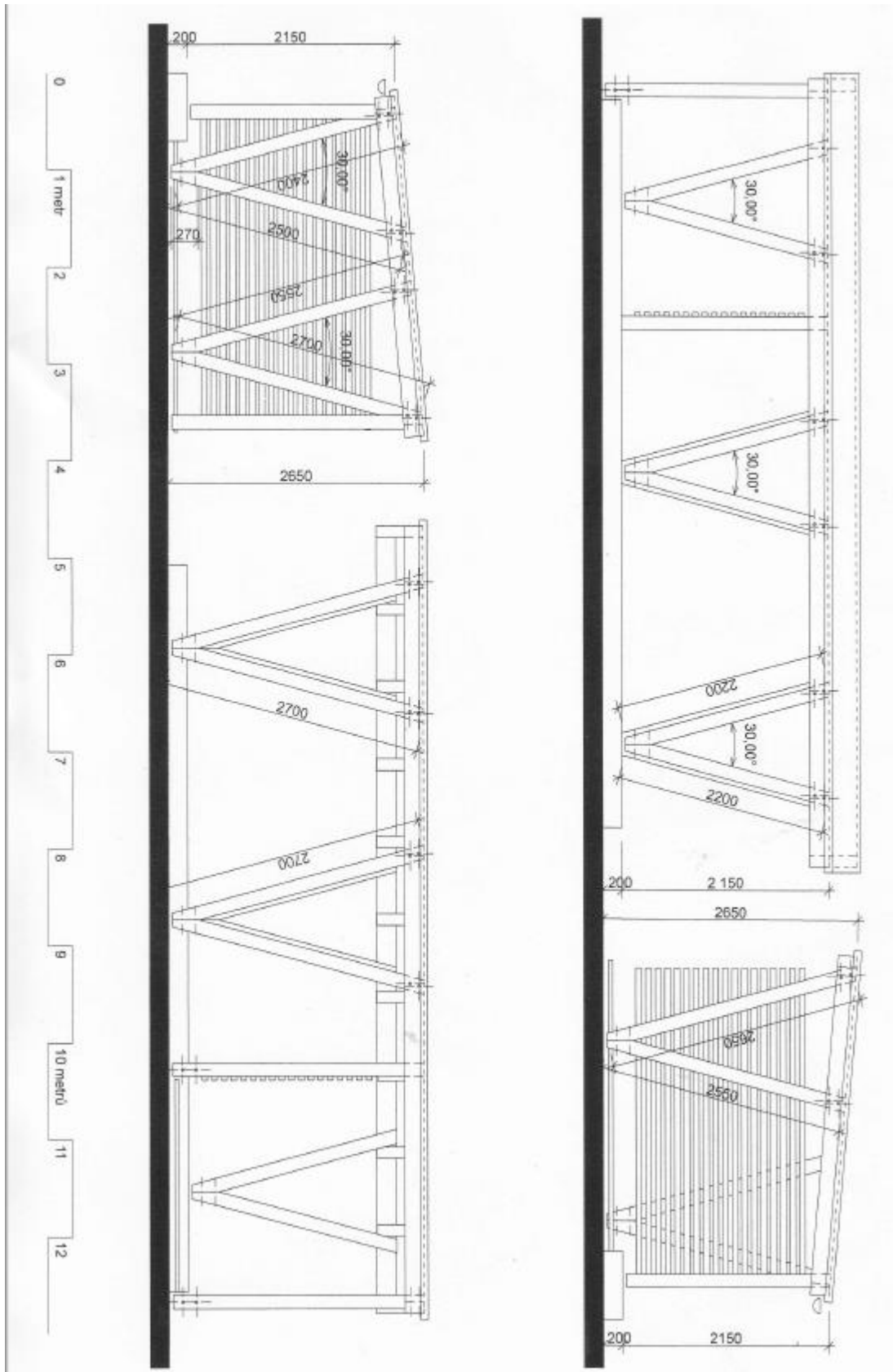
- střecha pultová s mírným sklonem orientovaná k západu
- vrstvy střešního pláště a vegetačního souvrství bude tvořit od interiéru k exteriéru vrstva:
 1. palubky 19 mm (záklop)
 2. geotextilie 300 g/m²
 3. hydroizolace Fatrafol
 4. geotextilie 500 g/m²
 5. nopová folie
 6. geotextilie 300 g/m²
 7. substrát 50 mm (zemina, drcené cihly, Liapor frakce 4/8)
 8. extenzivní vegetace
- obvod střechy lemován kačírkem
- substrát: vlastní zemina (skrývka ornice při hloubení základů), vylehčená částečně drcenými cihlami (vlastní zbytkový stavební materiál) a zakoupeným keramzitem
- ozelenění bude probíhat nejdříve výsadbou vlastních sazeniček předpěstovaných rozchodníků, netřesků, mateřídoušky, postupně budou doplňovány mezery rozhozem řízků rostlin



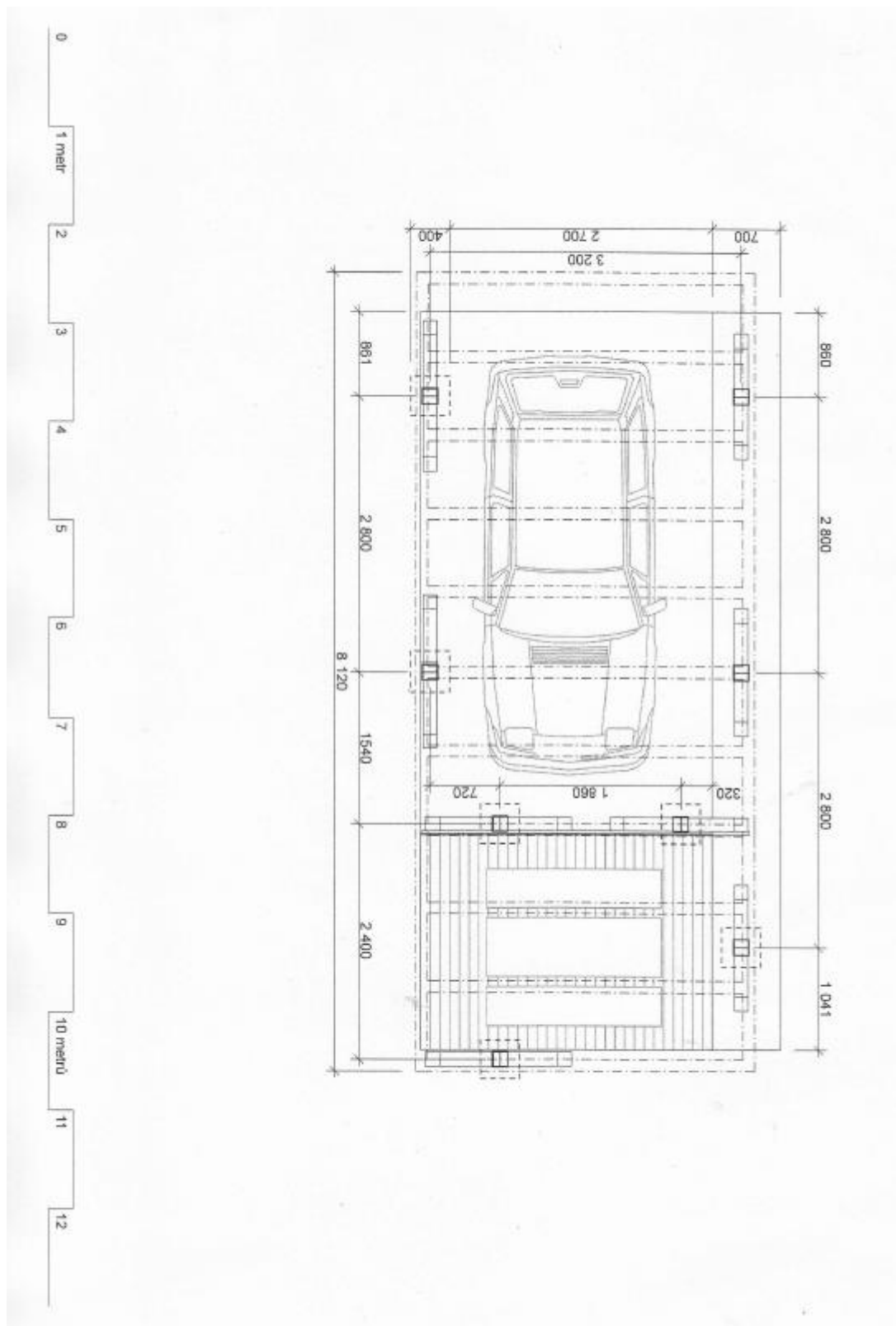
Obrázek 47 a, b: Vizualizace zahradního přístřešku (Jan Praisler 2020)



Obrázek 48: Detail návrhu přístřešku se zelenou střechou (Jan Praisler 2020)



Obrázek 49: Pohledy návrhu přístřešku (Jan Praisler 2020)



Obrázek 50: Půdorys návrhu přístřešku (Jan Praisler 2020)

10. DISKUZE

V praktické části jsem se zaměřila na extenzivní zelené střechy. Představila jsem pět „karet“ zelených střech v ČR, z toho na jedné kartě dvě střechy jednoho majitele. Liší se od sebe ve všech sledovaných parametrech, ať již stářím (rozpětí 2-18 let), plochou (nejmenší 30 m² – největší 330 m²), sklonem (plochá 3 ° až strmá 45 °). Nacházejí se v různých nadmořských výškách (nejníže položená 312 m n. m. – nejvýše položená 612 m n. m). Pouze jedna střecha plní funkci pobytové střešní zahrady, ostatní jsou koncipovány jako nepochozí, nepobytové střechy. Jejich realizace probíhala kombinovaně, některé práce dodavatelsky, ale samotné ozelenění střechy prováděli všichni majitelé sami. Výjimkou jsou zelené střechy v Sedlici, kde byly prováděny svépomocně všechny práce, což v době realizace první střechy byla prakticky nutnost. Pouze dva substráty na střechu v Chodouni a v Úněticích, byly dodány dodavatelsky. Jejich složení je vhodné pro extenzivní ozelenění, z větší části jej tvoří keramzit, který svým tvarem při větší frakci připomíná valounky kačírku, v malých frakcích jemný štěr. Větší velikost frakce keramzitu na střeše v Chodouni se osvědčila mnohem lépe než jemná frakce v Úněticích, kde byl suchý substrát odnášen větrem. Na ostatních střechách byla využita zemina pocházející z dané lokality. Na jedné střeše substrát vylehčili kompostem, ve dvou případech drcenými cihlami. Pouze střechu v Jablonné pokrývá vrstva lehké, písčité půdy z vlastního pozemku, kterou zpevnily kořínky obilí, které bylo vyseto na střechu v létě. Tento jednoduchý, přírodní způsob zpevnění substrátu se osvědčil, nedochází k jeho splavování vodou, ani odnášení větrem. Dá se říci, že neplatí pravidlo, že dodaný substrát je vždy vhodnější než substrát doma namíchaný. Musí být brána v úvahu nejen rozloha, tvar střechy, použitá vegetace, ale nesmí se zapomínat ani na polohu a orientaci střechy. V místech se silným větrem při velmi lehkém složení může docházet v době sucha k jeho odnosu větrem, což nám prakticky ukázala střecha v Úněticích. Jednoznačný návod na složení substrátu prozatím neexistuje, majitelé jej míchají proto pouze „pocitově“, a jak je vidět, není to vůbec špatné řešení. Často diskutovaná je výška mocnosti substrátu. Zkušenosti z nejstarší navštívené střechy v Sedlici ukázaly, že jeho výška významně ovlivňuje množství náletových rostlin (ALEŠ BROTÁNEK, IX. 2019, IN VERB.). Dále se potvrdilo, že sukulentní rostliny, jako jsou rozchodníky a netřesky výborně prosperují a dokáží v průběhu času vytvořit souvislý koberec v substrátu výšky pouze 40 až 50 mm. Tato výška byla použita u pěti

střech. Pouhé navýšení o 20 mm tvoří příznivější podmínky pro růst plevelu, což někdo nechce (ALEŠ BROTÁNEK, X. 2019, IN VERB.), ale někomu naopak nevadí, a za tímto účelem střechu koncipuje. Tímto druhým příkladem je zelená střecha v Rožmitále pod Třemšínem, kde, co roste v okolí domu na louce, roste i na střeše. Rostlinám se daří, protože na střeše je čtyřikrát vyšší vrstva substrátu než na ostatních posuzovaných střechách. Na všech střechách se osvědčil způsob ozelenění výsadbou předpěstovaných rostlin. Stejně účinný, ale mnohem méně pracnější a rychlejší, je způsob ozelenění rozhozem řízků rostlin (ZUZANA ČÍTKOVÁ, X. 2019, IN VERB.). Nesmíme zapomenout ani na další možný způsob, a tím je osetí střechy. Při tomto způsobu je ale velmi důležité vystihnout čas zasetí dle nadmořské výšky, přípravy substrátu, kvality osiva, tak jako tomu bylo u domu s „přehozenou travnatou dekou“ a „loukou na střeše“ v Rožmitále pod Třemšínem (LUKÁŠ PEJSAR, XI. 2019, IN VERB.).

Přesné vyčíslení nákladů na zhotovení hodnocených extenzivních střech není bohužel k dispozici. Rozhodně extenzivní střecha není dražší než střecha klasická. Substrát a vegetace v podstatě nahrazuje pouze nejsvrchnější materiál střechy jakou jsou například tašky nebo plech (JAN PRAISLER, II. 2020, IN VERB.). Samotné ozelenění extenzivní zelené střechy zvládne svépomocí každý, jak nám majitelé těchto střech dokázali a zároveň potvrdili, že spolu s využitím vlastních zdrojů, jako je substrát a rostliny, se uspoří nemalá část nákladů na její zhotovení střechou (PAVEL CHÁN, X. 2019, IN VERB.; PAVEL SPODNIÁK, X. 2019, IN VERB.).

Zároveň lze i z tak malého vzorku vidět, že existuje velký výběr materiálů a možností technického řešení zelené střechy. Nelze doporučit pouze jedno nejvhodnější technické řešení, lze pouze zkonstatovat, že difúzně otevřená skladba dvouplášťové střechy pod ozeleněním byla více preferovaná před jednoplášťovou střechou bez větrané mezery. Shledala jsem, že všechny hodnocené zelené střechy plnily svoji funkci stejně dobře, nezávisle na svém konstrukčním řešení. Proto nelze souhlasit s doporučením MINKE (2001) budovat pod vegetačním souvrstvím pouze jednoplášťové střechy bez větrané mezery, neboť k tomu již není opodstatnění. MINKE (2001) pravděpodobně vycházel z tehdy omezenějších technologických možností, které jsou v dnešní době o několik úrovní výše. V návrhu své zelené střechy přístřešku (kapitola 9), jsem se složením vrstev inspirovala odzkoušeným materiálem, pouze jsem se rozhodla přidat navíc ještě vrstvu z nopové folie, která by měla plnit

funkci drenážně-akumulační a mohla by předejít situaci s vymrznutím rostlin na střeše při vyschnutí nízké mocnosti substrátu, jakož tomu bylo v případě zelené střechy v Úněticích. Pro mne jednoduché rozhodnutí, jelikož malá rozloha střechy, cca 31 m² nepředstavuje velkou finanční zátěž navíc. U rozlehlých střech však představuje rozdíl v řádech desetitisíců, proto majitelé zvažují, zda je nutná či nikoliv. Z představených střech nopovou folii nepoužil nikdo, manželé Spodniakovi v Úněticích o ni uvažovali a bohužel u nich, jako u jediných, došlo k poškození vegetace tím, že promrzla nízká výška suchého substrátu, na což ČERMÁKOVÁ, MUŽÍKOVÁ (2009) upozorňovala. Na možné úskalí a možnost promrznutí substrátu v budoucnu jsou majitelé již připraveni, a před příchodem mrazů se chystají právě dle doporučení ČERMÁKOVÁ, MUŽÍKOVÁ (2009) provést dostatečnou umělou zálivku střechy (MARKÉTA A PAVEL SPODNIAKOVI, X. 2019, IN VERB.). Obecně můžeme shrnout, že finanční náročnost na zhotovení, odpovídá použitému materiálu pod vegetačním souvrstvím, a že zhotovené zelené extenzivní střechy svépomocí, s vlastním substrátem i vegetací, jsou finančně srovnatelné se střechou klasickou.

Jistou motivací k realizaci zelené střechy může být i její finanční podpora. Výstavba zelených střech je nyní od roku 2017 podporována dotačním titulem Nová zelená úsporám. Tento rozsáhlý státní dotační program MŽP, spravovaný Státním fondem životního prostředí ČR podporuje mimo jiné i samotnou výstavbu zelené střechy, na jejíž realizaci tento program přispívá částkou Kč 500,--/m² plochy vegetačního souvrství (STÁTNÍ FOND ŽP ČR ©2016). Kritéria pro její získání jsou následující (STÁTNÍ FOND ŽP ČR ©2016, kapitola 2.2.4 Podpora na výstavbu zelených střech):

- 1) minimální výška mocnosti substrátu 8 cm (může být i odpovídajícím způsobem nižší, ale pouze v případě použití akumulčního materiálu, například minerální plsti, poté může být minimální výška střešního substrátu 2 cm)
- 2) vegetaci musí tvořit minimálně pět druhů rostlin
- 3) substrát musí odpovídat danému typu zelené střechy
- 4) příjemce podpory garantuje následnou pečlivou údržbu a udržitelnost zelené střechy tím, že po celou dobu udržitelnosti bude vegetace výborně prospívat minimálně na 2/3 plochy zelené střechy
- 5) zelené střechy musí být navrženy v souladu s dokumentem Standardy pro navrhování, provádění a údržbu – Vegetační souvrství zelených střech, jehož

autorem je BURIAN et. al. (2010), odkud jsem informace v rešeršní části také čerpala.

Z výsledků hodnocených zelených střech jsem překvapivě zjistila, že první podmínku výšky mocnosti substrátu by splnila pouze jedna střecha, a to zelená střecha manželů Pejsarových v Rožmitále pod Třemšínem. Střecha v Jablonné by měla potíže se splněním i druhé podmínky, a tím je minimálně pět druhů rostlin. Tyto střechy nám ale ukazují, že svoje funkce prezentované v rešeršní části dokáží plnit i v nižší vrstvě substrátu, než je podmíněná výška pro získání dotace podporující jejich realizaci v ČR. Zároveň dokazují, že stejně dobře fungují i bez doporučujících moderních materiálů, jako je hydrofilní minerální plst', která střechu zajisté prodraží. Zůstává tedy otázkou, zda takto nastavená pravidla pro získání podpory jsou správná, či nikoliv. Přestože je podpora primárně určena na podporu extenzivních a polo-intenzivních střech, je vidět, že na její čerpání by hodnocené střechy nedosáhly. U těchto jednoduchých zelených extenzivních střech, realizovaných svépomocně, by mohlo být jediné kritérium, a tím je celoplošné pokrytí střechy rostlinami v dobré kondici bez podmínky pěti druhů rostlin a výšky mocnosti substrátu. Tato podpora může být vyplacena i příjemci střechy intenzivní, která se splněním výše uvedených kritérií problém mít nebude, ale tento druh střechy je vázán ještě na jednu podmínku, a tou je zajištění závlahy z jiného zdroje než z vodovodního řadu.

I když se střechy liší v technických parametrech, spokojenost všech dotázaných se svoji zelenou střechou byla téměř stoprocentní. Co od střechy očekávali, to se naplňuje. Jediný problém nastal s poškozením střechy vymrznutím, ale jak se ukázalo, má zelená střecha výbornou regenerační schopnost, tak jako v přírodě, se po nějaké době sama bez pomoci začala obnovovat. Majitelé potvrzují environmentální působení zelené střechy, ať již příjemné klima pod střechou v parném létě nebo přínos estetický a všichni se shodují na přidané hodnotě své stavby s ozeleněnou střechou.

11. ZÁVĚR

„Ozelenění přispívá kvalitě prostředí, je přidanou hodnotou stavby a konečně je krásné a lahodí oku i duši v probíhajících přírodních cyklech (MÁRTON et al. 2010, s.196).

Všechny představené a hodnocené rodinné domy se zelenou extenzivní střechou jsou šetrné k životnímu prostředí, využívají přírodní materiály a splňují přísná kritéria parametrů s velmi nízkou spotřebou energie. Většina z nich čerpala po dokončení stavby dotaci z programu MŽP podporující snižování energetické náročnosti budov. Jak již bylo citováno v úvodu, Adaptační strategie ČR navrhuje opatření ke zmírnění dopadů změny klimatu a NAP adaptace již podporuje konkrétní strategické cíle, kde snížení energetické náročnosti budov je jednou z priorit. Dotační program Nová zelená úsporám MŽP, zaměřený na úspory energií v bytových a rodinných domech, rozšířil svůj okruh příspěvků na obnovitelné zdroje energie, na zlepšení stavu životního prostředí snížením produkce emisí znečišťujících látek a skleníkových plynů, na zlepšení vzhledu měst a obcí (STÁTNÍ FOND ŽP ČR ©2019). Hlavním cílem tohoto programu je nejen zlepšení stavu životního prostředí, ale především nastartování dlouhodobějších udržitelnějších trendů se všemi přínosy, které tyto podporované konkrétní adaptační opatření přinesou (STÁTNÍ FOND ŽP ČR ©2019).

Popsané veškeré pozitivní přínosy zelených střech nám dokazují, že ozelenění střech je správná cesta k úspěšnému přizpůsobení se probíhajícím a očekávaným změnám klimatu, a je na místě jejich výstavbu v ČR v co největší míře podporovat. Zelené střechy jsou zajisté jedním z nástrojů, které mohou pomoci zmírnit negativní účinky přívalových dešťů, sucha a extrémních teplot v urbanizované krajině potýkající se s nedostatkem zelené infrastruktury, tak jak je citováno v Hodnocení zranitelnosti ČR vůči změnám klimatu (HAVRÁNEK, PONOCNÁ 2018). Plošné rozšíření zelených střech bude mít zajisté větší efekt než osamocené jednotlivé zelené střechy, které budou mít přínos pouze pro majitele. Tato práce by mohla pomoci s rozhodnutím při výběru vhodného řešení a předpokládám také motivovat k rozsáhlejší výstavbě zelených střech, a tím pomoci kompenzovat negativní dopady na změny klimatu.

12. PŘEHLED LITERATURY A POUŽITÝCH ZDROJŮ

12.1. Literární zdroje

- BATES A., SADLER J.P., MACKAY R., 2013: Vegetation development over four years on two green roofs in the UK. *Urban Forestry & Urban Greening* 12 (1): 98-108.
- BERARDI U., 2013: Clarifying the new interpretations of the concept of sustainable building. *Sustainable Cities and Society* 8: 72-78.
- BERARDI U., GHAFARIANHOSEINI A., GHAFARIANHOSEINI A., 2014: State-of-the-art analysis of the environmental benefits of green roofs. *Applied Energy* 115: 411-428.
- BESIR A., CUCE E., 2018: Green roofs and facades: A comprehensive review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 82: 915-939.
- BEVILACQUA P., MAZZEO D., BRUNO R., ARCURI N., 2016: Experimental investigation of the thermal performances of an extensive green roof in the Mediterranean area. *Energy & Buildings* 122: 63-79.
- BROTKOVÁ K., BROTKA A., 2012: Jak se žije v nízkoenergetických a pasivních domech. Grada, 1.vyd. Praha, 304 s.
- 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, Brno, 33 s.
- COX B.K., 2010: The Influence of Ambient Temperature on Green Roof R-values. Portland State University. United States, 63 s., ProQuest Dissertations Publishing.
- CUCE E., 2017: Thermal regulation impact of green walls: An experimental and numerical investigation. *Applied Energy* 194: 247-254.
- ČERMÁKOVÁ B., MUŽÍKOVÁ R., 2009: Ozeleněné střechy. Grada, 1. vyd. Praha, 248 s.
- DOSTÁL P., 2018: Zelené střechy a zdraví: Green roofs and health. *Tepelná ochrana budov* 21 (1): 48-55.

- DUNNETT N., KINGSBURY N., 2008: Planting green roofs and living walls. Timber Press, 2nd ed. Portland, 328 s.
- GETTER K.L., ROWE D.B., ANDRESEN J.A., WICHMAN I.S., 2011: Seasonal heat flux properties of an extensive green roof in a Midwestern U.S. climate. *Energy & Buildings* 43 (12): 3548-3557.
- HAVRÁNEK H., PONOCNÁ T., 2018: Hodnocení zranitelnosti České republiky ve vztahu ke změně klimatu k roku 2014. Cenia a Centrum pro otázky životního prostředí UK v Praze, Praha, 39 s.
- CHEN CH., 2013: Performance evaluation and development strategies for green roofs in Taiwan: A review. *Ecological Engineering* 52: 51-58.
- KOLB W., SWARZ T., 1999: Dachbegrünung intensiv und extensiv. Ulmer, Stuttgart.
- KATZSCHNER L., 1991: Ergebnisse des Versuchs zur Abflußmessung eines Grasdachs. Gesamthochschule Kassel, nepublikováno.
- LI J., WAI O.W.H., LI Y.S., ZHAN J., HO Y.A., LI J., LAM E., 2010: Effect of green roof on ambient CO₂ concentration. *Building and Environment* 45 (12): 2644-2651.
- LIU K., BASKARAN B., 2003: Thermal Performance of Green roofs through Field Evaluation-Ottawa. Ottawa (Canada): National Research Council Canada, Institute for Research in Construction. Report no. NRCC-46412.
- LUNDHOLM J., MACIVOR J.S., MACDOUGALL Z., RANALLI M., 2010: Plant species and functional group combinations affect green roof ekosystém functions. *PloS one* 5 (3): e9677.
- MACHÁČ J., DUBOVÁ L., LOUDA J., 2017: Zelené střechy z pohledu ekonomie: Investice do zelených střech-zisk pro celou společnost IN: Dostál P., Macháč J., Dubová L., Louda J.: Způsoby systémové podpory výstavby zelených střech. Odborná sekce Zelené střechy při Svazu zakládání a údržby zeleně, Brno, 30 s.
- MÁRTON J., BROTÁNEK A., HUDEC M., ŠTURMA P., SUSKE P., JOHANISOVÁ B., NAVRÁTIL M., DORAZIL A., 2010: Stavby ze slaměných balíků. PB tisk, 1.vyd. Příbram, 204 s.
- MENTENS J., RAES D., HERMY M., 2006: Green roofs as a tool for solving the rainwater runoff problem in the urbanized 21st century? *Landscape and Urban Planning* 77 (3): 217-226.

- MICKOVSKI S.B., BUSS K., MCKENZIE B.M., SÖKMENER B., 2013: Laboratory study on the potential use of recycled inert construction waste material in the substrate mix for extensive green roofs. *Ecological Engineering* 61: 706-714.
- MINKE G., 2001: Zelené střechy: Plánování, realizace, příklady z praxe. HEL, 1. české vyd. Ostrava, 92 s.
- NAGASE A., DUNNETT N., 2012: Amount of water runoff from different vegetation types on extensive green roofs: Effects of plant species, diversity and plant structure. *Landscape and Urban Planning* 104 (3): 356-363.
- OBERNDORFER E., LUNDHOLM J., BASS B., COFFMAN R.R., DOSHI H., DUNNETT N., GAFFIN S., KÖHLER M., LIU K. KY., ROWE B., 2007: Green Roofs as Urban Ecosystems: Ecological Structures, Functions and Services. *Bioscience* 57 (10): 823-833.
- OLIVIERI L., OLIVIERI F., DI PERNA C., D’ORAZIO M., NEILA J., 2013: Experimental measurements and numerical model for the summer performance assessment of extensive green roofs in a Mediterranean coastal climate. *Energy & Buildings* 63: 1-14.
- PERMPITUCK S., NAMPRAKAI P., 2012: The energy consumption performance of roof lawn gardens in Thailand. *Renewable Energy* 40 (1): 98-103.
- RADOSAVLJEVIĆ J., VUKADINOVIĆ A., DODEVIĆ A., MALENOVIĆ-NIKOLIĆ J., VASOVIĆ D., 2017: Green Roofs. *Acta Technica Corviniensis – Bulletin of Engineering* 1: 135-138.
- RAJI B., TENPIERIK M.J., VAN DEN DOBBELSTEEN A., 2015: The impact of greening systems on building energy performance: A literature review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 45: 610-623.
- RAJI B., TENPIERIK M.J., VAN DEN DOBBELSTEEN A., 2016: An assesment of energy-saving solutions for the evelope design of hig-rise buildings in temperate climates: A case study in the Netherlands. *Energy & Buildings* 124: 210-221.
- ROWE D.B., 2011: Green roofs as a meean of pollution abatement. *Environmental Pollution* 159 (8): 2100-2110.

- SAADATIAN O., SAADATIAN E., SOPIAN K., SALLEH E., SALLEH I., LIM CH.H., RIFFAT S., TOUDESHEKI A., SULAIMAN M.Y., 2013: A review of energy aspects of green roofs. *Renawable and Sustainable Energy Reviews* 23: 155-168.
- SHIN E., KIM H., 2019: Benefit-Cost Analysis of Green Roof Initiative Projects: The Case of Jung-gu, Seoul. *Sustainability* 11 (12): 3319.
- SITA H., VAN DER MEULEN, 2019: Costs and Benefits of Green Roof Types for Cities and Building Owners. *Journal of Sustainable Development of Energy, Water and Environment Systems* 7 (1): 57-71.
- VAN RENTERGHEM T., HORNIKX M., FORSSEN J., BOTTELDOOREN D., 2013: The potential of building envelope greening to achieve quietness. *Building and Environment* 61: 34-44.
- VIJAYARAGHAVAN K., 2016: A critical review on the role of components, benefits, limitations and trends. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 57: 740-752.
- WANWOERT N.D., ROWE D.B., ANDRESEN J.A., RUGH C.L., FERNANDEZ R.T., XIAO L., 2005: Green roof stormwater retention: effects of roof surface, slope, and media depth. *Journal of Environmental Quality* 34(3): 1036.
- WONG N.H., CHEONG D.K.W., YAN H., SOH J., ONG C.L., SIA A., 2003: The effects of rooftop garden on energy consumption of a commercial building in Singapore. *Energy & Buildings* 35 (4): 353-364.
- YANG H.S., KANG J., CHOI M.S., 2012: Acoustic effects of green roof systems on a low-profiled structure at street level. *Building and Environment* 50: 44-55.

12.2. Internetové zdroje

- ABATELIER ©2020: ABatelier-Pasivní rodinné domy (online) [cit. 2020.02.15], dostupné z <<http://www.abatelier.cz/pasivnirodinnyedomy.html>>.
- CEBRA ©2014: Cebra architecture-Project streetdome (online) [cit. 2019.09.15], dostupné z <<https://cebraarchitecture.dk/project/streetdome/>>.
- CENIA ©2012: Ochrana klimatu – základní informace (online) [cit. 2019.06.20], dostupné z <<https://helpdesk.cenia.cz/hdPublic/helpdesk/dalsi-oblasti/ochrana-klimatu/ochrana-limatu-informace.html>>.
- CZECHGLOBE-ÚSTAV VÝZKUMU GLOBÁLNÍ ZMĚNY AV ČR, v.v.i., ©2017: Přírodě blízká adaptační opatření ve městech (online) [cit. 2019.07.22], dostupné z <<http://www.opatreni-adaptace.cz/opatreni/>>.
- GREENVILLE ©2013: Fotogalerie-lehká zelená střecha na zahradním altánu základní školy (online) [cit. 2019.09.15], dostupné z <<http://www.greenville.cz/lehka-zelena-strecha.html>>.
- HAMPEJS M., 2019: „Peklo přichází“. Evropu zasáhne vlna masivních veder, teplota přesáhne i 40 °C (online) [cit. 2019.07.29], dostupné z <https://www.lidovky.cz/svet/peklo-prichazi-evropu-zasahne-vlna-masivnich-veder-teplota-presahne-40-c.A190625_152913_In_zahranici_mha>.
- LIAPOR LIAS VINTÍŘOV – LSM, K.S., 2011: Střešní zeleň na strmé šikmé ploše jako přírodní prostor ve městě, Nákupní centrum Nový Smíchov, Praha (online) [cit. 2019.08.31], dostupné z <<https://stavba.tzb-info.cz/strechy/7708-stresni-zelen-na-strme-sikme-plose-jako-prirodni-prostor-ve-meste>>.
- LIKO-S ©2019: Liko-s představil první živou halu na světě (online) [cit. 2020.02.07], dostupné z <<https://www.liko-s.cz/cs/liko-s-predstavil-prvni-zivou-halu-na-svete>>.
- MŽP ©2015: Strategie přizpůsobení se změně klimatu v ČR (online) [cit. 2019.06.18], dostupné z <[https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/zmena_klimatu_adaptacni_strategie/\\$FILE/OEOK-Adaptacni_strategie-20151029.pdf](https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/zmena_klimatu_adaptacni_strategie/$FILE/OEOK-Adaptacni_strategie-20151029.pdf)>.
- MŽP ©2017: Národní akční plán adaptace na změnu klimatu (online) [cit. 2019.06.18], dostupné z <[https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/narodni_akcni_plan_zmena_klimatu/\\$FILE/OEOK-NAP_cely_20170127.pdf](https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/narodni_akcni_plan_zmena_klimatu/$FILE/OEOK-NAP_cely_20170127.pdf)>.

- NEUDERTOVÁ E., 2018: V boji proti horku ve městech pomáhají zelené střechy a fasády (online) [cit. 2019.07.29], dostupné z <http://www.czgbc.org/zpravy/zprava/675/v-boji-proti-horku-ve-mestech-pomahaji-zelene-strechy-a-fasady>.
- PORTÁL ŽP HL.MĚSTA PRAHY ©2018: Implementační plán Adaptační strategie hl.m.Prahy na klimatickou změnu na roky 2018-2019 (online) [cit. 2019.07.29], dostupné z http://portalzp.praha.eu/file/2719603/Implementacni_plan_Adaptacni_strategie_hl._m._Prahy_2018_2019___usneseni_RMHMP.pdf >.
- STÁTNÍ FOND ŽP ČR © 2016: Nová zelená úsporám (online) [cit. 2019.08.25], dostupné z https://archiv.novazelenausporam.cz/file/820/nzu_zavazne-pokyny-pro-zadatele-bd-3-vyzva-11-2016-aktualizace.pdf.
- STÁTNÍ FOND ŽP ČR © 2019: Nová zelená úsporám-O programu (online) [cit. 2019.08.22], dostupné z <https://www.novazelenausporam.cz/o-programu/>.
- SZUZ ©2019: Svaz zakládání a údržby zeleně, Zelená střecha roku (online) [cit. 2019.09.15], dostupné z <http://www.zelenastrecharoku.cz/cs/menu/soutezni-dila/>.
- ŠIMEČKOVÁ J., 2008: Zelené střechy – naděje pro budoucnost (online) [cit. 2019.09.07], dostupné z https://www.casopisstavebnictvi.cz/UserFiles/Image/2008/0810/49_koc_smicho_v.jpg.
- ZEMANOVÁ L., 2019: Postavili dům uvnitř vnitrobloku. S kořenovou čistírnou na střeše (online) [cit. 2020.02.07], dostupné z <https://www.lifetreecheck.eu/cs/Blog/dum-letna>.

12.3. Legislativní zdroje

- ČSN 73 1901: Navrhování střech – Základní ustanovení. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2011, 56 s.
- ČSN P 73 0606: Hydroizolace staveb – Povlakové hydroizolace – Základní ustanovení. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2000, 24 s.
- ČSN 730540-2: Tepelná ochrana budov – Část 2: Požadavky. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2011, 56 s.
- ČSN 730540-2 změna Z1: Tepelná ochrana budov – Část 2: Požadavky. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2012, 8 s.

12.4. Seznam tabulek

TAB. 1: Výběr rostlin vhodných pro extenzivní střechy (Burian et al. 2016; Čermáková, Mužíková 2009; Minke 2001)	51
TAB. 2: Výběr rostlin vhodných pro extenzivní střechy (Burian et al. 2016; Čermáková, Mužíková 2009; Minke 2001)	52

12. 5. Seznam obrázků

Obrázek 1: Extenzivní strmá zelená střecha obchodního centra Nový Smíchov Praha (Šimečková 2008)	20
Obrázek 2: Extenzivní zelená střecha StreetDome, Haderslev, Dánsko (Frost Michael/CEBRA ©2014).....	24
Obrázek 3: Extenzivní zelená střecha rodinného domu, Statenice (SZUZ ©2019) ..	24
Obrázek 4: Lehká extenzivní zelená střecha na zahradním altánu ZŠ Heyrovského, Brno (GreenVille ©2013)	25
Obrázek 5: Vstupní branka s extenzivní zelenou střechou, Sedlice.....	26
Obrázek 6: Přístřešek na dříví s extenzivní zelenou střechou, v popředí zelená pobytová střecha, Sedlice.....	26
Obrázek 7: Intenzivní zelená střecha Onkologického pavilonu FN Plzeň (SZUZ ©2019)	28
Obrázek 8: Intenzivní zelená střecha budovy Main Point Pankrác, Praha (SZUZ ©2019)	29
Obrázek 9: Intenzivní zelená střecha Campus park, Brno (SZUZ ©2019)	29
Obrázek 10: Polo-intenzivní zelená střecha na terase bytového domu, Praha (SZUZ ©2019)	31
Obrázek 11: Snížení maximálního odtoku ze zelené střechy, Leuven, Belgie, IV/2003 (Mentens et al. 2006).....	36
Obrázek 12: Retence odtoku dešťové vody, Ottawa, Kanada, 2002 (Oberndorfer et al. 2007 EX Liu, Baskaran 2003).....	36
Obrázek 13: Experimentální srovnání průměrného objemu povrchového odtoku ze třech typů vegetace zelených střech (Mickovski et al. 2013)	38
Obrázek 14: Experimentální srovnání průměrného objemu bazálního odtoku ze třech typů vegetace zelených střech (Mickovski et al. 2013)	38
Obrázek 15: Zelené střechy přístavku a ateliéru, Sedlice	56
Obrázek 16: Zelená střecha ateliéru s výhledem na Brdy, Sedlice	59
Obrázek 17: Detaily zakončení zelené střechy ateliéru, Sedlice.....	60
Obrázek 18: Pohled ze zahrady na zelenou střechu přístavku a ateliéru v pozadí, Sedlice	60
Obrázek 19: Relaxační zóna zelené střechy přístavku, Sedlice	61
Obrázek 20 a, b: Vegetace zelené střechy přístavku, Sedlice	62

Obrázek 21 a, b: Rostliny, bylinky, skalničky zelené střechy přístavku, Sedlice.....	63
Obrázek 22: Římsa ozeleněná rozchodníky nad vstupem na zelenou střechu, Sedlice	64
Obrázek 23: Rodinný pasivní dům/dřevostavba se zelenou extenzivní střechou, pohled ze severu, Jablonná.....	65
Obrázek 24 a, b: Realizace návrhu bezbariérového přízemního domu, částečně podsklepeného, pohled z jihu a na terasu z východu, Jablonná (ABATELIÉR).....	65
Obrázek 25: Řady netřesků na zelené střeše, Jablonná.....	67
Obrázek 26: Celkový pohled od spodu na zelenou střechu pokrytou mechem a netřesky, Jablonná.....	68
Obrázek 27: Rodinný téměř pasivní dům/dřevostavba se zelenou extenzivní a štěrkovou střechou, Chodouň.....	69
Obrázek 28 a, b: Realizace domu s jedním nadzemním podlažím a krytým přístřeškem, jihozápadní pohled na terasu (ABATELIÉR).....	69
Obrázek 29 a, b: Realizace střechy před samotným ozeleněním, Chodouň.....	71
Obrázek 30: Pohled na dokončenou zelenou a štěrkovou střechu, Chodouň.....	72
Obrázek 31 a, b: Zelená střecha v červnu, Chodouň (Ondřej Čítek 2018).....	73
Obrázek 32 a, b: Zelená střecha v srpnu, Chodouň (Ondřej Čítek 2019).....	74
Obrázek 33: Zelená střecha v říjnu 2019 s výhledem do kraje, Chodouň.....	75
Obrázek 34: Rodinný pasivní přízemní dům/dřevostavba se zelenou extenzivní střechou ve tvaru vlny, Únětice (Pavel Spodniak 2018).....	76
Obrázek 35 a, b: Realizace přízemní dřevostavby s vlastnostmi stavby zděné, založené nad terénem na vrtkavých pilotkách (ABATELIÉR).....	76
Obrázek 36 a, b: Přeprava a rozvrstvení substrátu na střechu, Únětice (Pavel Spodniak 2010).....	78
Obrázek 37: Výsadba 6 500 ks různorodých rostlin-rozchodníků na ozelenění střechy, Únětice (Pavel Spodniak 2010).....	79
Obrázek 38: Barevná kompozice zelené střechy v červenci 2011, rok po ozelenění, Únětice (Pavel Spodniak 2011).....	80
Obrázek 39: Zelená střecha v červenci 2013, Únětice (Pavel Spodniak 2013).....	81
Obrázek 40: Zelená střecha v červenci 2018, pět let od vymrznutí, Únětice (Pavel Spodniak 2018).....	81
Obrázek 41: Nejvíce poškozená část zelené střechy, konec října 2019, Únětice.....	82

Obrázek 42: Rodinný pasivní dům/dřevostavba manželů Pejsarových, Rožmitál pod Třemšínem.....	83
Obrázek 43 a, b, c: Čelní a boční pohledy na zelenou střechu, Rožmitál pod Třemšínem.....	84
Obrázek 44 a, b: Detaily drenáže zelené střechy, Rožmitál pod Třemšínem	86
Obrázek 45 a, b: Nepokosená vegetace zelené střechy, Rožmitál pod Třemšínem...	87
Obrázek 46: Kšilt a hřeben zelené střechy-barevná kombinace sukulentů a mechů, Rožmitál pod Třemšínem.....	88
Obrázek 47 a, b: Vizualizace zahradního přístřešku (Jan Praisler 2020).....	90
Obrázek 48: Detail návrhu přístřešku se zelenou střechou (Jan Praisler 2020).....	91
Obrázek 49: Pohledy návrhu přístřešku (Jan Praisler 2020).....	92
Obrázek 50: Půdorys návrhu přístřešku (Jan Praisler 2020).....	93