

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA STAVEBNÍ

Katedra hydromeliorací a krajinného inženýrství



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

NÁVRH BIODIVERZNÍ VEGETAČNÍ STŘECHY
DESIGN OF A BIODIVERSITY GREEN ROOF

TOMÁŠ BEDNÁŘ

Studijní program: Stavební inženýrství
Studijní obor: Inženýrství životního prostředí

Vedoucí práce: doc. Ing Michal Sněhota, Ph.D.

Praha 2022

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně. Veškeré použité podklady, ze kterých jsem čerpal informace, jsou uvedeny v seznamu použité literatury a citovány v textu podle normy ČSN ISO 690.

V Praze dne den 16. 5. 2022

.....

Jméno a příjmení studenta

Poděkování

Děkuji doc. Ing. Michalu Sněhotovi, Ph.D., Mgr. Barboře Rybové a Ing. Pavlovi Dostalovi za odborné vedení práce, věcné připomínky, dobré rady a vstřícnost při konzultacích a vypracovávání bakalářské práce.

Abstrakt

Tato práce je rozdělena do dvou částí. První část je zpracování rešerše na téma zelené střechy a druhá část je praktický návrh biodiverzní střechy na budovu Fakulty stavební ČVUT v Praze. Práce je zaměřena na zpracování vědeckých článků s tematikou biodiverzních střech a je součástí bakalářské práce. Z rešerše jsou patrné benefity biodiverzních zelených střech, jako jsou zvýšení druhové rozmanitosti, prodloužení životnosti střešní skladby, psychologické benefity. Dle poznatků z rešerše a za pomoci konzultací s experty byla navržena biodiverzní zelená střecha ve třech variantách s rozdílným způsobem hospodaření se srážkovou vodou dopadající na prostor stupňů v zadní části střech. Každá z variant je naprojektována ve skladbě: hydroizolace odolná proti prorůstání kořenů, geotextilie 500 g/m², smyčková rohož, filtrační textilie 100 g/m², dále substrátová deska z minerální vaty, substrát dle skladby a vegetace dle osazovacího plánu. Střecha je navržena tak, aby poskytla prostředí pro co nejvíce druhů. Toho je docíleno prací s různou tloušťkou souvrství, s osluněním a vlhkostí, druhy rostlin, typy substrátů a také využitím biodiverzních prvků. V práci jsem zpracoval vizualizace tří variant zelené střechy v softwaru Lumion. Hlavním přínosem této práce bylo shromáždění informací na téma biodiverzních zelených střech a přenesení těchto znalostí do praxe v podobě návrhu biodiverzní zelené střechy. Přínos praktické části spočívá v případném využití návrhu pro realizaci biodiverzní střechy na Fakultě stavební ČVUT v Praze.

Klíčová slova

Zelená střecha, biodiverzita, návrh zelené střechy, městská zeleň, biodiverzní střecha

Abstract

This thesis is separated into two parts. The first part is research about green roofs and the second part is aimed to design biodiversity green roof located on the building of the Faculty of Civil engineering of Czech Technical University in Prague. The thesis is focused on the research of science articles and is a part of a bachelor thesis. With the help of doc. Ing. Michal Sněhota, Ph.D. I made a research that is a base of knowledge for a design of biodiversity green roof on the building of the Faculty of Civil engineering of Czech Technical University. Then with the knowledge from research and the help of experts I designed three types of biodiversity green roofs with different kinds of rainwater management. The benefits of biodiversity green roofs are evident such as biodiversity, longer lifetime of the roof, and psychological benefits. Each of the variants is designed in the composition: waterproofing resistant to root growth, geotextile 500 g/m², loop mat, filter fabric 100 g/m², a slab of hydrophilic mineral wool (if designed in place, see drawings), substrate according to compositions and vegetation according to the planting plan. The roof is designed to provide an environment for as many species as possible. This is achieved by using different layer thicknesses, sun exposure and humidity, plant species, substrate types, and also by using biodiversity elements. Among other things, I processed visualizations in Lumion software. The main contribution of this work was the collection of information on the topic of green roofs and the transfer of this knowledge into practice in a similar design of a biodiversity green roof. The benefit of the practical part lies in the possible use of the design to implement a biodiversity roof at the Faculty of Civil Engineering CTU in Prague.

Key words

Green roof, biodiversity, design of a green roof, city green areas, biodiversity roof

Obsah

1. Úvod	9
2. Cíle	9
3. Rešerše literatury	10
3.1. Úvod do biodiverzních střech	10
3.2. Výhody biodiverzních střech	10
3.2.1. Zachytávání znečištění a čistící schopnost	10
3.2.2. Zmírnění a zpoždění odtoku srážkové vody	11
3.2.3. Chladicí efekt zelených střech	11
3.2.4. Druhová rozmanitost rostlin a živočichů v městském prostředí	12
3.2.5. Porovnávací studie	13
3.2.6. Psychologické benefity zelených střech	15
3.3. Biosolární střechy	17
3.3.1. Vlastnosti a výhody biosolárních střech	17
3.4. Návrh biodiverzních střech	18
3.4.1. Normy	18
3.4.2. Výběr rostlin a substrátu	19
3.5. Závěr rešerše	22
4. Technická část	23
4.1. Kontext stavby a strategie ČVUT a Kampusu Dejvice s ohledem na zeleň	23
4.2. Lokalita	24
4.3. Popis stávajícího stavu	25
4.4. Účel stavby	27
4.5. Popis návrhu	27
4.6. Varianty	28
4.6.1. Varianta V1 s vodním prvkem	28
4.6.2. Varianta V2 bez vodního prvku s chrličem	29
4.6.3. Varianta V3 bez vodního prvku a hrázky	30
4.7. Vegetace a souvrství dílčích biotopů	30
4.7.1. Půdokryvné sukulentní a suchomilné rostliny	31
4.7.2. Keře	31
4.7.3. Trávy	31

4.7.4.	Byliny vyššího vzrůstu.....	31
4.7.5.	Byliny nižšího vzrůstu	31
4.7.6.	Kvetoucí byliny vyššího vzrůstu.....	31
4.7.7.	Vodomilné rostliny	32
4.7.8.	Štěrk.....	32
4.8.	Substrát.....	32
4.9.	Biodiverzní prvky.....	33
4.9.1.	Vodní prvek	33
4.9.2.	Dřevěné prvky.....	33
4.9.3.	Balvany	34
4.10.	Použité materiály	34
4.10.1.	Hydroizolace	34
4.10.2.	Separční vrstva	35
4.10.3.	Drenážní vrstva	35
4.10.4.	Filtrační vrstva	36
4.10.5.	Substrátová deska.....	36
4.10.6.	Kačírková lišta	36
4.10.7.	Zakrytí podstupnic zelenými fasádami	37
4.11.	Zatížení.....	37
4.12.	Údržba	38
4.13.	Rozvoj vegetace zelené střechy	39
5.	Závěr.....	40
6.	Seznam literatury	41
7.	Obrazová příloha	46
8.	Přílohy	47

1. Úvod

V roce 1900 žilo 10% světové populace ve městech. Odhaduje, že ro roku 2030 bude 60% světové populace žít ve městech (Platt 2004). Ztráta biodiverzity a přírodních stanovišť je jedním z velkých problémů měst a zastavěných ploch. Aby se těmto negativním jevům zamezilo, začaly se uměle vytvářet zelené stanoviště jako náhrada za původní přírodní zelené plochy. Zelené střechy se také nazývají „zelené plíce“ měst. Poskytují důležité technické, klimatické, ekologické, ekonomické a sociální výhody oproti běžným střechám. Kancelářské budovy, průmyslové budovy, bytové budovy, hotely a podzemní budovy jsou typickými příklady budov, na kterých je vhodné použití zelené střechy. Ozelenování střech má dlouhou historii, jako první se datují zelené střechy cca 1000 let před naším letopočtem v Mezopotámii, kde byly využity pro svůj estetický efekt na pyramidách, ve visutých zahradách v Babylonu, pokud je tedy jejich existence pravdivá. V 19. a 20. století se ve velkých městech jako New York začaly zelené střechy využívat s rostoucí cenou pozemků v centru města. Ve státech s extrémním klimatem byly taktéž využívány – v Norsku jako zateplení, v Tanzanii jako ochrana proti horku (Schrader a Boning 2006). Změny klimatu v globálním měřítku v souvislosti s extrémně zvýšenou zástavbou vedou ke mnoha ekologickým problémům jako jsou znečištění ovzduší, hluk, tepelné ostrovy, ztráta biodiverzity, záplavy, sucha a mnoho dalších, které následně vedou i k fyzickým a psychickým zdravotním problémům u lidí (Grimm a kol. 2008, Cao a kol. 2016, Jefferson a kol. 2017, Khan a kol. 2018). Střechy, které tvoří přibližně 20-25 % povrchu měst, mohou jako zelené střechy spojovat pro přírodu jinak nepropustné prostředí a vytvářet síť zelených ostrovů uprostřed měst, kde díky husté zástavbě nemusí být téměř žádná zeleň (Berardi a GhaffarianHoseini 2014, Izquierdo, Rodrigues a Fueyo 2008). Zelené střechy, jakožto uměle vytvořený ekosystém mají pozitivní dopady na tepelné ostrovy, snížení energetických nároků budovy, zlepšuje hospodaření s vodou, zvyšuje životnost konstrukce budovy, zachytávají nečistoty z ovzduší, redukují hluk, mohou poskytovat prostor pro pěstování rostlin a v neposlední řadě také prostor pro faunu i floru. Zelená střecha dokáže zpomalit odtok srážkové vody a tím ulehčit kanalizačnímu systému, protože sníží největší odtokovou vlnu. Také záleží na mnoha faktorech jako jsou typ střechy, sklon, charakteristika substrátu, lokální podmínky, drenážní vrstva a také typ vegetace (Niachou a kol. 2001, DeNardo a kol. 2005, Feng, Meng a Zhang 2010, Teemusk a Mander 2009).

2. Cíle

Cílem této bakalářské práce je zpracování rešerše literatury na téma zelené střechy s důrazem na zvyšování druhové pestrosti ve městech. Dále je cílem využití poznatků z rešerše a následné navržení zelené biodiverzní střechy na budovu Fakulty stavební ČVUT v Praze v prostoru mezi posluchárnami B-280 a B-286. Návrh bude zpracován ve třech variantách, v nichž každý návrh bude pracovat s odlišným hospodářstvím se srážkovou vodou. Bude stanoven cenový odhad a zpracují dokončovací údržbu pro zelenou střechu.

3. Rešerše literatury

3.1. Úvod do biodiverzních střech

Dle Kadase (2006) a GRO (2011) mají biodiverzní střechy za cíl vytvořit stanoviště stejná nebo lepší než to, které bylo během výstavby ztraceno. Jsou osety takovými druhy rostlin, aby lákaly specifické skupiny živočichů. Konstruovány jsou s různou tloušťkou substrátu a také se využívá rozdílných druhů substrátů jako například štěrk a písek bez vegetačního krytu. Dále se využívají prvky jako kmeny či balvany. To vede k spontánnímu vývoji vegetace, vytvoření míst bez vegetace, které napodobují brownfieldy a také údržba těchto ploch téměř odpadá. K integraci původní divoké přírody do zastavěných oblastí, musíme zjistit, jak je daná oblast plánována. Napříč státy se plánovací přístup může měnit, ale hlavní princip je podobný. Plánování zelených střech je zaměřeno na mnoho disciplín jako jsou funkčnost, estetika, architektura, technický inženýring, infrastruktura nebo krajinářská architektura (Apfelbeck a kol. 2020). Bylo zjištěno, že biodiverzní prvky pozitivně ovlivňují celý ekosystém zelené střechy například potlačuje škůdce a plevel. Biodiverzní střechy také poskytují vegetaci větší šanci na přežití a také svůj vlastní růst a rozvoj, odrazivosti a také ochlazování okolí díky evapotranspiraci. Vyšší druhová rozmanitost rostlin může podpořit lepší retenci srážek, snížit potřebu přihnojování, a především poskytuje dobré podmínky pro drobné živočichy, hmyz apod. Ačkoliv chybí rozsáhlejší výzkumy pro biodiverzní střechy a zachytávání drobných prachových částic, dá se předpokládat, že biodiverzní střechy budou mít lepší vlastnosti z důvodu větší biomasy na střeše a větší plochy listů než běžné extenzivní střechy. Biodiverzní střecha také lépe zachytává CO₂ a N (Yang, Wang a Xie 2015).

3.2. Výhody biodiverzních střech

3.2.1. Zachytávání znečištění a čistící schopnost

Zelená střecha může mít schopnost zachytávat částice PM_{2,5}. Tato schopnost závisí na mnoha faktorech. Není dostatek výzkumů, abychom byli schopni říct, že biodiverzní střecha má lepší schopnost zachycovat částice PM_{2,5}, ale rozhodně poskytuje mnohem lepší ekologické vlastnosti jako například regulace teploty či zachytávání znečištění (Besir a Cuce 2018).

Tabulka 1 Schopnost zachytávání PM_{2,5} částic jednotlivými rostlinami, upraveno z: Vera, Viecca a Jorquera (2021)

Druhy	PM _{2,5} µg.cm ⁻² .h ⁻¹	
	Průměr	
Sedum album	1,32	bylina
Sedum reflexum	0,47	bylina
Sedum palmeri	0,36	bylina
Lampranthus spectabilis	0,4	bylina
Sedum spurium P	0,09	bylina
Aptenia cordifolia	0,14	bylina
Lavandula angustifolia	0,23	bylina
Erigeron karvinskianus	0,1	keř
Pitosporum tobira, v. n.	0,12	keř

Dle výzkumu Vera, Viecca a Jorquera (2021) *Sedum album* (rozchodník bílý) má jako monokulturní vegetace největší schopnost zadržet PM_{2,5} viz tabulka 1. Jako polykulturní vegetace vykazují větší hodnotu zadržení PM_{2,5} všechny rostliny kromě *sedum album* (*L. spectabilis*, *L. angustifolia*, *E. karvinskianus* and *S. spurium P*), která má jako monokulturní velkou schopnost zachytávání. Důležitým pozitivem zelených střech je také schopnost protékající vodu. Substráty zelených střech vykazují dobrou schopnost zachycování Al, Fe, Cr, Cu, Ni, Ni, Zn, Cd, Pb a dalších kovů. Dále také dokáže neutralizovat kyselost srážkové vody (Morgan, Celik a Retzlaff 2013, Vijayaraghavan, Joshi a Balasubramanian 2012, Lee, Lee a Han 2015a, Ye a kol. 2013). Bylo zjištěno, že koncentrace chemikálií je vyšší během začátku deště i či bouřky a s přibývajícím časem koncentrace chemikálií ubývá. Podle Harpera a kol. (2015) klesá schopnost zachytávat chemikálie v zelené střeše razantně se stářím střechy. Už po roce se schopnost absorpce P a N sníží z 430 a 460 mg/l na 5 a 10 mg/l (Harper a kol. 2015).

3.2.2. Zmírnění a zpoždění odtoku srážkové vody

Zelené střechy mohou zmírnit odtok od 60 až po 100 % dle podmínek (DeNardo a kol. 2005). Dle výzkumu provedeném ve Velké Británii v kampusu univerzity v Manchesteru bylo zachyceno 65,7 % ročního úhrnu (Speak a kol. 2013). Dále byl také proveden pokus pro zjištění závislosti retence srážek na sklonu střechy. Byly sestaveny zelené střechy se sklony 2 %, 7 %, 15 % a 25 %. Zpomalený odtok srážek byl pozorován na všech střechách, avšak největší retence byla na střechách s nižším sklonem, konkrétně 85,6 % a nejméně na nejstrmějších střechách, konkrétně 76,4 % (Getter, Rowe a Andresen 2007). Také bylo zjištěno Carterem a Rasmussenem (2006), že průměrná odtoková vlna byla na zelených střechách zpožděna přibližně o 18 minut v porovnání s klasickou střechou. Důležitým faktorem je také hloubka substrátu. Například 150 mm hluboký substrát dokáže redukovat odtok o 13,8-34,4 % a 200 mm hluboký substrát o 42,8-60,8 %. Co se týče vegetace, tak daleko lepší podmínky pro zachycení srážek mají stromy a keře oproti travinám, protože svým větším povrchem vytváří větší plochu pro evapotranspiraci (Lee a kol. 2015a).

3.2.3. Chladicí efekt zelených střech

Studie Wonga a kol. (2003) ukázaly, že budovy se zelenými střechami mají celkovou energetickou spotřebu nižší o 0,6-14,5 %. Pro redukci spotřeby byly při studii vyhodnoceny jako nejvhodnější zelené střechy s keři. Také platí, že čím tlustší je vrstva substrátu, tím více se redukuje energetická náročnost budovy. Největší úspora energie je při vyšších teplotách, kdy rostliny absorbují teplo, ochlazují okolí a tím snižují potřebu klimatizovat. Guo (2008) vyhodnotil snížení energetické spotřeby budovy rozchodníky na budově v Guangzhou v Číně. V tomto pokusu byl pro simulaci využit Designer's Simulation Toolkit (DeST). Studie ukázala, že roční spotřeba energie pro chlazení budovy klesla o 3,83 %, avšak během letního období klesla spotřeba energie na chlazení v celé budově pouze o 0,83 %. Mahmoud a kol. (2017) také analyzovaly spotřebu energie a z jejich simulace v DesignBuilderu vyšla redukce spotřeby o 24 % - 35 % díky využití zelené střechy. Stejný pokus, avšak na větší ploše byl proveden Karterisem a kol. (2016) v Thessaloniki. Výsledek ukázal, že snížení spotřeby energie se pohybovalo od 5 % do 16 %. Všechny tyto pokusy ukazují, že zelené střechy jsou efektivní faktor pro snížení

spotřeby energie v zastavěných oblastech. Studie provedena Castletonem a kol. (2010) zjistila, že využití zelených střech je účinným nástrojem pro zateplování budov s nízkou tepelnou izolací. Tato studie také předpokládá, že s větším vegetačním pokryvem a vyšší tloušťkou zeminy se snižuje tepelná ztráta budovy a tím pádem se také redukuje náklady na chlazení během letního období. Solární systémy jsou všeobecně efektivní strategie pro získávání zelené energie na budovách v menším měřítku a poskytují nám obnovitelný zdroj energie v oblastech, kde je po energii větší poptávka.

3.2.4. Druhá rozmanitost rostlin a živočichů v městském prostředí

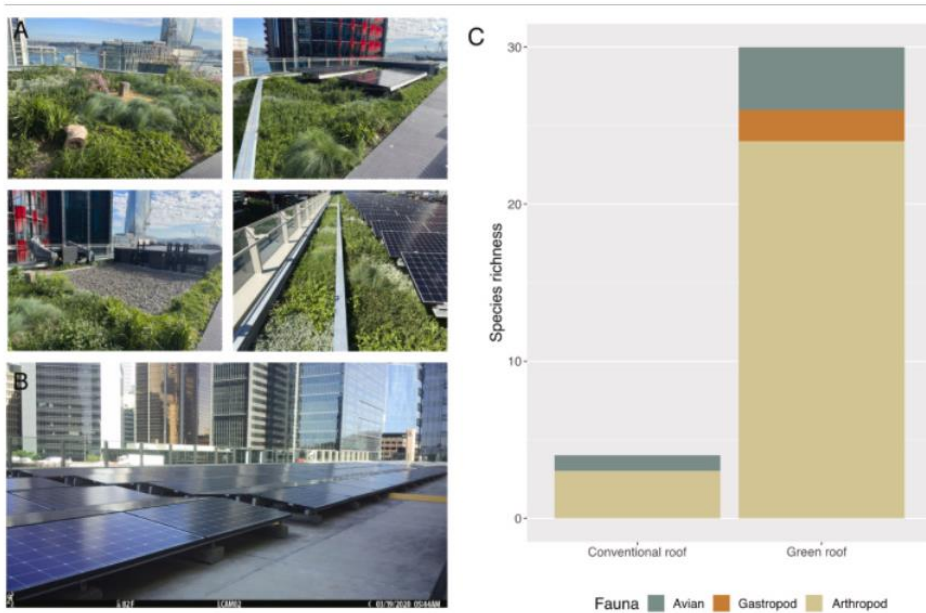
Benvenuti (2014) říká, že každá skupina rostlin dokáže osídlit povrch střechy, ale liší se dobou, za jakou jsou toho schopny dosáhnout. Každý druh má rozdílnou dobu a periodu, kdy je na vegetačním vrcholu. S tím také souvisí hustota osídlení střechy živočichy, která je vázána také na tento vegetační vrchol. Divoké druhy rostlin kvetoucí dříve a později nevyžadují žádné větší obhospodařování. Pokud se nechá opadanka ležet na zelené střeše, může to mít dobrý vliv na biodiverzitu střechy zejména v oblasti středomoří. Rozhodnutí o druhu rostlin, které budou vysazeny na zelené střeše závisí na více faktorech, jako jsou například schopnost rostlin přežít v daném prostředí, ekologická funkce, cena, kulturní funkce, estetická funkce a také jak dokážou podpořit návrat původních druhů. Některé druhy rostlin mohou zvýšit či snížit funkčnost zelené střechy v ohledu na nějaký z výše zmíněných faktorů. Sercombe a kol. (2011) zjistili, že zlepšení biodiverzity nebývá často primárním cílem návrhu zelených střech, ale s rostoucími městy a zastavěnou plochou, se na ni začíná klást větší důraz. V důsledku ztráty přirozených přírodních stanovišť, mohou zelené střechy poskytnout důležité prostředí pro návrat biodiverzity a také téměř vyhubených a ohrožených druhů. Původní druhy rostlin jsou pro návrh zelených střech upřednostňovány před exotickými druhy rostlin, jelikož původní druhy jsou schopny lepšího růstu, snáze se adaptují na místní podmínky, vyžadují menší údržbu a samozřejmě poskytují lepší prostředí pro původní druhy. Zvířata, zejména ohrožené druhy, preferují zelené střechy s původními druhy rostlin, tudíž osazením zelené střechy původními druhy rostlin, docílíme větší biodiverzity. Někdy je vhodné využít i exotické druhy rostlin, například v oblastech s drsnými podmínkami nebo v případě, že cílíme na nějaké konkrétní zvířecí druhy. Při návrhu se nejprve zabýváme otázkou, zda původní druhy jsou nejlepší volbou pro vytvoření dobrého stanoviště a splnění cílů biodiverzity v zastavěných oblastech. Dále prostudujeme jednotlivé druhy a jejich vliv na biodiverzitu ve veřejném zeleném prostoru. Návrh tedy probíhá tak, že doporučíme, které původní druhy shledáváme vhodnými s ohledem na vytvoření biodiverzního stanoviště Sercombe a kol. (2011). Některé studie se také zabývají savci, plazi nebo obojživelníky ve městech, ale ne ve větší míře. Sjoman a kol. (2016), Kendle a Rose (2000), Alam a kol. (2017) prokázali, že se vzrůstající hustotou původních druhů rostlin v městských zelených prostorách roste také zvířecí biodiverzita, je však důležité zohlednit o jaké druhy zvířat se jedná, jaké druhy původních rostlin vysazujeme a také jakým způsobem je biodiverzita určována. Také dle Parsonse, Majora a Frenche (2006), Wilkinsona (2006) je druhová rozmanitost rostlin přímo spojena s druhovou rozmanitostí zvířat. Pokud se zaměříme na menší měřítko - Schneider a Miller (2014) zjistili, že při zvýšení počtu invazivních rostlin se snížil počet ptáků hnízdících na zemi, ale naopak ptáci hnízdící v křovinách z toho jevu profitovali. Duren, Williams a D'Amico (2017) zjistili, že při zvýšení počtu druhů původních rostlin se zvýšil

počet dvou druhů lesních ptáků a poklesl počet všech ostatních. V mnoha případech se ukazuje, že původ rostlin nehraje tak velkou roli, jako například atraktivita a dostupnost květů pro opylovače. Avšak mnoho původních druhů rostlin poskytuje lepší podmínky pro osídlení divokými druhy zvířat (Mach a Potter 2018, Gray a van Heezik 2016). Pokusy o zvýšení biodiverzity formou vysazení více původních druhů nemusí mít vždy dobré dopady na životní prostředí. Například Krauel a LeBuhn (2016) zjistili, že zvýšením počtu původních druhů se zvýšil i počet netopýřích druhů, avšak klesla jejich aktivita při shánění potravy. Dle výzkumu v Basileji a Lucernu byla zkoumaná efektivita biodiverzní střechy. Během čtyřletého období se zkoumal počet živočišných druhů, které se na střeše usídlily. Výzkum probíhal na 17 zelených střeších v Basileji a 7 v Lucernu. Během prvních tří let bylo pozorováno 78 druhů pavouků a 254 druhů brouků z nichž 27 bylo na červeném seznamu ohrožených druhů. Pro zlepšení biodiverzních podmínek je vhodné na střeších využívat lokální půdu. S osídlením střeš hmyzem se dostavilo osídlení ptactvem (rehek domácí, konipas, holubi skalní a vrabec domácí). Zajímavé je, že běžné druhy jako kos nebo sýkora nebyly viděny na zelených střeších tak často. Výzkum ukázal, že ptáci na zelených střeších hledají převážně hmyz či semena pro potravu. Struktura povrchu zelených střeš je klíčová pro biodiverzitu. Jednotvárný povrch osídlí pouze druhy, které jsou na daný druh povrchu adaptovány (Brenneisen 2003).

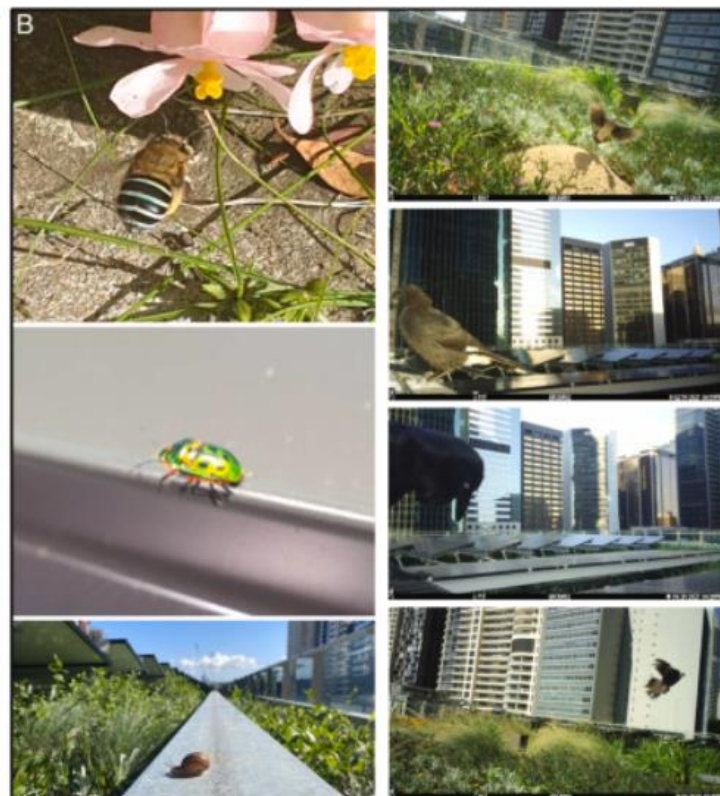
3.2.5. Porovnávací studie

V této studii Wooster a kol. (2022b) se porovnává biodiverzní, biosolární střecha a běžná střecha s PV panely na území Sydney. Střechy jsou stejného tvaru, ve stejné výšce 25 m, roční úhrn srážek je pro obě střechy 1309 mm a nacházejí se ve stejné lokaci. V okolí střeš se nachází minimum stromů a zeleně. Střechy mají rozlohu 1863,35 m² a jsou pokryty z přibližně 580 m² PV panely. Z celkové zelené plochy zabírají panely 40,18 % plochy. Střecha byla osázena původními travinami a keři. Původní druhy rostlin byly zvoleny pro lepší klimatickou adaptaci a schopnost lépe lákat endemické druhy. Kamery, které měly zachycovat pohyb na střeše byly namířeny na místo s očekávanou větší biodiverzitou jako byly například místa s travinami vyššího vzrůstu. Rostliny byly udržovány každých 14 dní, aby nedocházelo k zastínění PV panelů. Na obě střechy byl umístěn včelí hotel, který měl napodobit hnízdiště původních, endemických včelích druhů. Jeho účel selhal záhy, kdy všechny hmyzí hotely byly rychle obsazeny leopardími slimáky. Pro porovnání biodiverzity na zelené a běžné střeše byly použity data výskytu členovců, plžů a ptáků. Výsledkem pozorování bylo, že za dobu pozorování se na zelené střeše vyskytly celkem 4 druhy ptáků, 2 druhy plžů a 26 druhů členovců, zatímco na běžné střeše se vyskytly pouze jeden druh ptactva, žádný druh plžů a 3 druhy členovců. Za dobu

pozorování byla zelená střecha osídlena mnohem větším množstvím živočišných druhů, což vede k větší biodiverzitě viz obrázek 1 a 2.



Obrázek 1 Fotografie zelené střechy a běžné střechy, graf výskytu ptáků, plžů a členovců, Převzato z: Wooster a kol. (2022a)



Obrázek 2 Fotografie výskytu živočichů na zelených a běžných střechách z fotopastí, Převzato z: Wooster a kol. (2022a)

Zelené střechy poskytují mnohem lepší podmínky zlepšení druhové diverzity všech živočišných druhů. Například v této studii byla zaznamenána aktivita vzácných,

ohrožených druhů *Amegilla Cingulata* či *Scutiphora pedicellata*. Bylo také zjištěno, že ptačí druhy po celém světě využívají zelené střechy při shánění potravy a k hnízdění. Většina ptačích druhů, které se zahrnily na zelené střechy v této studii byly adaptovány na život ve městě. Bylo také zjištěno, že zelené střechy spíše lákají druhy zvyklé na život v urbanizovaných oblastech než nové druhy. Během studie se našlo tělo *Manorina melanocephala* (medosavka hlučná) roztrháno pod PV panely. To znamená, že zelené střechy vedou k větší biodiverzitě, než se čekalo, protože i například ptačí predátoři využívají zelené střechy. Rostliny jako *Dianella caerulea* (lilie borůvková) a *Viola hederacea* (viola fialová) lákaly mnoho bezobratlých, většina z nich však byla zvyklá a adaptovaná na život v urbanizovaných oblastech, jedná se o evropskou včelu medonosnou a *Amegilla Cingulata*. Zelená střecha byla konstruována pouze měsíc před začátkem studie. Kdyby se studie prováděla například dva roky po jejím vytvoření, nejspíše by se na střechy nacházela ještě větší druhová rozmanitost. Dalším limitem mohla být výška budovy. Ta mohla působit jako bariéra pro některé druhy ptáků a členovců. Další zajímavým zjištěním této studie bylo, že během pozorování se měnila struktura vegetace na zelené střechy. Během jednoho roku byly zaznamenávány procentuální hodnoty pokryvu jednotlivými rostlinnými druhy. Druhy, které byly vysázeny na nezastíněné ploše téměř neměnily svoji plochu. Zatímco druhy, které byly vysázeny na zastíněné ploše pod fotovoltaickými panely, měnily procentuální hodnotu pokryvu velmi významně. Například druh *Mesembryanthemum cordifolium* (apténie srdčitá) změnil vegetační plochu z 6% při vysazení na 85% na konci měření v roce 2021. Na úkor tohoto byly některé druhy úplně vytlačeny viz tabulka 2.

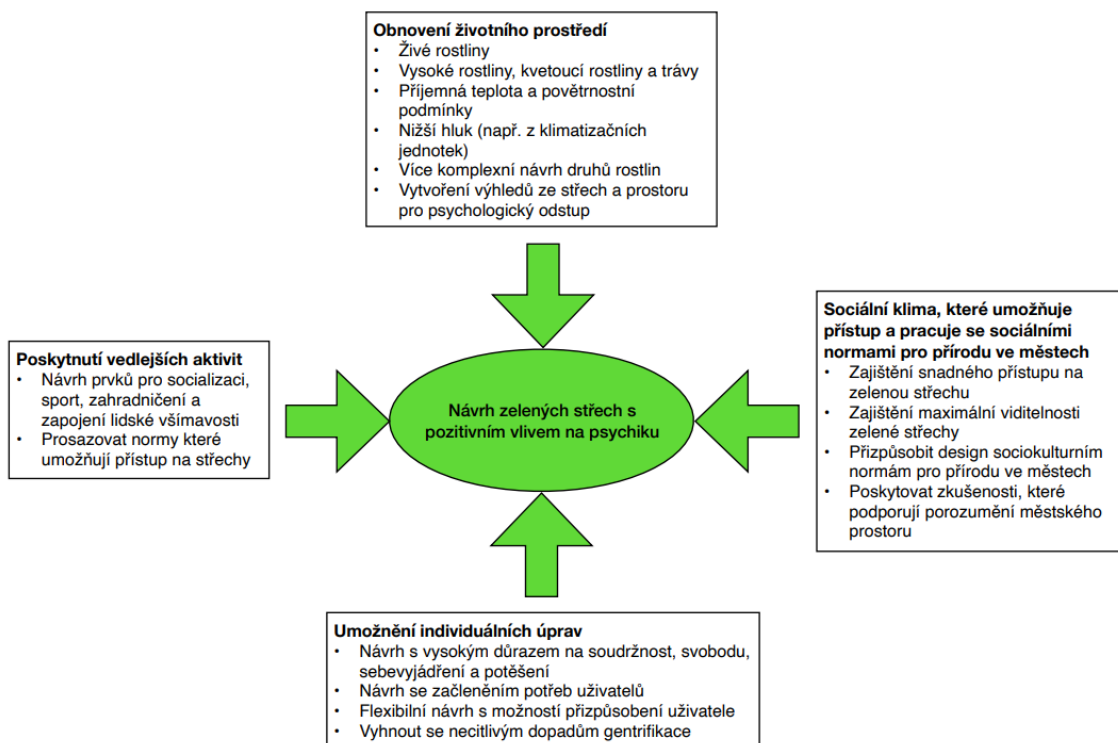
Tabulka 2 Procentuální pokryv zelené střechy jednotlivými rostlinnými druhy během ročních období, Upraveno z: Wooster a kol. (2022a)

	Botanický název	Pokryv při výsadbě	Pokryv na jaře	Pokryv v létě	Pokryv na podzim	Pokryv v zimě
Nezastíněná část	<i>Dianella caerulea</i>	12,5%	12,5%	12,5%	12,5%	12,5%
	<i>Myoporum parvifolium</i>	12,5%	12,5%	12,5%	12,5%	12,5%
	<i>Brachycome multifida</i>	12,5%	12,5%	12,5%	12,5%	12,5%
	<i>Gazania tomentosa</i>	12,5%	12,5%	12,5%	12,5%	12,5%
	<i>Geodenia ovata</i>	12,5%	12,5%	12,5%	12,5%	12,5%
	<i>Poa poiformis</i>	12,5%	12,5%	12,5%	12,5%	12,5%
	<i>Themeda australis</i>	12,5%	12,5%	12,5%	12,5%	12,5%
	<i>Carpobrotus glaucescens</i>	12,5%	12,5%	12,5%	12,5%	12,5%
	<i>Viola hederacea</i>	35%	25%	20%	15%	10%
	<i>Dichondra repens</i>	35%	10%	10%	5%	5%
Zastíněná část	<i>Mesembryanthemum cordifo</i>	6%	55%	65%	80%	85%
	<i>Crassula multicaeva</i>	6%	5%	3%	0%	0%
	<i>Dianella caerulea</i>	6%	5%	2%	0%	0%

3.2.6. Psychologické benefity zelených střech

Mnoho studií na téma psychologických výhod ozeleněných prostor jako jsou parky, zahrady a stromořadí, které by bylo možno vztáhnout k zeleným střechám, bylo vytvořeno, avšak konkrétně pro zelené střechy chybí větší množství studií. Bylo zjištěno, že mikro přestávky strávené pohledem do zeleného prostoru vedly ke zlepšení udržení pozornosti (Lee a kol. 2015b). Dále bylo v této studii zjištěno, že výhled na zelenou střechu může snížit vnímanou námahu a následně zvýšit pracovní i studijní efektivitu. Reeve, Nieberler-Walker a Desha (2017) zjistili, že pacienti v nemocnicích s výhledem na zelené střechy vykazovali lepší emoční projevy než pacienti v nemocnicích bez výhledu na zelené střechy nebo na jiný zelený prostor. S výhledem na zelenou střechu se dle Lee a kol. (2015b) zlepšuje schopnost koncentrace, dle Kaplana a Bermana (2010) se zlepšuje schopnost řešit problémy a sebekontrola, dle Williamse a kol. (2018) se zlepšuje

kreativita, dle Hartiga a kol. (1996) se zvyšuje pracovní výkonnost, dle Kuoa a Sullivana (2001a), Kuoa and Sullivana (2001b) se redukuje agrese a snižují se sklony k potenciální kriminalitě. Gueguen and Stefan (2016) zjistili, že u lidí s výhledem na zelenou střechu byla zaznamenána větší ochota k pomoci druhým lidem. Collado, Staats and Sorrel (2016) zjistili, že psychologický efekt zelených střech nelze zobecnit, ale je třeba zohlednit, která skupina lidí se se zelenou střechou bude setkávat. Hlavními rozdílnými faktory jsou vztah k přírodě a vzdělanost. Fernandez-Canero a kol. (2013), Lee a kol. (2014), White a Gatersleben (2011) zjistili, že většina zelených střech je navrhována s hlavním důrazem na životní prostředí a důraz na design je většinou opomíjen. Přitom bylo v průzkumu zjištěno, že zelené střechy s vyššími zelenými rostlinami jsou veřejností více preferované než střechy s například rozchodníky. V této studii bylo také dokázáno, že nejlepších výsledků, co se sociálních benefitů týče, dosáhneme při zvolení více druhů rostlin – kvetoucích rostlin, travin, vyšších zelených rostlin atd. Jednoduše se dá říct, že i lidé vnímají vyšší biodiverzitu jako pozitivum z hlediska psychiky i designu. Dle Fullera a kol. (2007) má větší množství zeleně pozitivní vliv na mentální zdraví a pohodu obyvatel města. Dle výzkumu bylo dokázáno, že lidé hospitalizovaní v nemocnicích se rychleji uzdravovali a stěžovali si na menší bolesti v případě, že z okna jejich pokoje byl vidět strom či jiná vegetace oproti lidem, jejichž okna směřovala na cihlovou zeď.

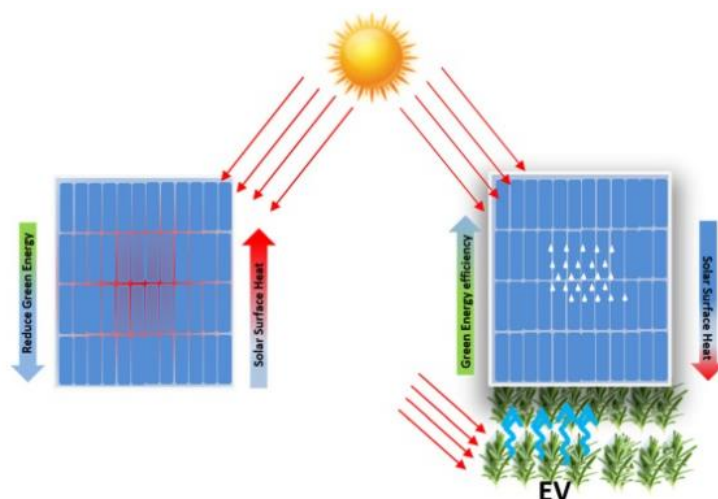


Obrázek 3 Schéma návrhu zelených střech s psychologickými benefity, Upraveno z: Williams a kol. (2019)

3.3. Biosolární střechy

3.3.1. Vlastnosti a výhody biosolárních střech

Biosolární střecha je zelená střecha, která je osazena fotovoltaickými panely. Ty přispívají k biodiverzitě zastíňováním části plochy zelené střechy a tím vytváří rozdílné prostředí na střeše. Vzhledem k rostoucí populaci a urbanizaci, globalizaci a všem aspektům moderní doby dochází k úbytku přírodních zdrojů a také ke změnám klimatu a globálnímu oteplování způsobenému skleníkovými plyny (Asif a Muneer 2007). Globální oteplování dále vede k zvedání hladiny moří, nepravidelnoštem v cyklech sezónních dešů a přírodním katastrofám (van Aalst 2006). Skleníkové plyny jsou hlavními přispívateři globálního oteplování a velká část jich pochází ze sektoru stavebnictví. Nyní se tedy snažíme snížit energetickou náročnost budov, být šetrnější k životnímu prostředí a stavět udržitelně. Fotovoltaické panely jsou hojně využívány pro jejich jednoduché použití při stavbě a umístění. Jsou využívány především v zemích s velkou solární radiací (Awad a Gul 2018, Lau a kol. 2017, Ouria a Sevinc 2018). Nevýhoda je v jejich účinnosti, která je pod 30 % (Green a kol. 2019). Dále je také otázkou jejich životnost a materiály, které se při výrobě panelů používají. První pokus zaměřený na efektivnost fotovoltaických panelů použitých na zelených střechách byl proveden roku 2007 v Berlíně. Bylo zjišeno Köehlerem, Wiartallem a F. R. (2007), že díky ochlazení povrchu PV panelů bylo vyprodukováno o 6 % více elektřiny než na běžné střeše. Nyní se výzkumy zabývají dalšími možnými benefity umístování fotovoltaických panelů na zelené střechy. Studie provedena Huiem and Chanem (2011) indikuje, že výtěžek elektřiny z biosolárních střech pokryje 8,3% celkové spotřeby elektrické energie budovy. Modelové studie ukázaly, že biosolární střechy mohou být efektivní pro zlepšování energetické produkce budovy a díky těmto benefitům mohou být vhodné pro udržitelnost ve městech. Využití biosolárních střech má dva hlavní důvody. Prvním je vytvoření nových biodiverzních ploch, redukce teploty povrchu střechy a tím i celková redukce energetické spotřeby budovy. Druhým je efektivnost při získávání elektřiny, kdy díky evapotranspiraci dochází k většímu energetickému zisku ze solárních panelů viz obrázek 4 (Witmer a Brownson 2011). V mnoho státech jako například Čína, Indie, USA, je elektrická energie získávána spalováním uhlí, což má ohromné následky na životní prostředí, ovzduší, zvyšování emisí CO₂. Používáním fotovoltaických panelů se snižuje potřeba energie z uhelných elektráren a tím dochází k snižování dopadu na životní prostředí (Levinson a kol. 2009, Saber a kol. 2014, Sharma, Tiwari a Sood 2012). Vzhledem k jejich výhodám jako jsou snížení emisí CO₂, zlepšení produkce energie v zastavěných oblastech, biosolární střechy mohou být vhodným alternativním zdrojem obnovitelné energie. Kombinace zelené střechy a solárních panelů pomáhá maximalizovat výtěžek energie z fotovoltaických systémů díky evapotranspiraci rostlin. (Hoffmann a Koehl 2014, Singh a kol. 2008)



Obrázek 4 Princip využití evapotranspirace a solárních panelů, Převzato z: Shafique, Luo and Zuo (2020)

Také byla vytvořena simulační studie Sui and Wangem (2010) zaměřená na emise CO₂. V této studii bylo na třech experimentálních střeších v Tokyu, Naha a Sapporo zjištěno, že zelené střechy s velkou plochou orientovanou na jih a plně pokrytou solárními panely vykazují nejlepší výsledky. Také bylo zjištěno, že větší plochy poskytují větší plochu pro absorpci CO₂ a výrobu elektřiny. Studie Alshayeba a Changa (2018) prokázala, že zelené střechy s fotovoltaickými panely jsou optimální strategií pro dlouhodobé snižování teploty střeš.

3.4. Návrh biodiverzních střeš

3.4.1. Normy

Při návrhu zelených střeš se používají normy FLL, 2008, SIA 312:2013 a UNI 11235:2015. FFL 2008 jsou německé standardy, SIA 312:2013 jsou švýcarské normy a UNI 11235:2015 jsou italské normy. Německé normy jsou nejobsáhlejší. Německé normy FLL (2008) byly prvně publikovány v roce 1992, obsahují 16 kapitol a 3 přílohy a zabývají se návrhem zelených střeš od střešních teras po intenzivní zelené střechy s tloušťkou substrátu 2 m. Švýcarské normy SIA (2013) byly publikovány švýcarskou obcí inženýrů a architektů (SIA) roku 2013. Obsahují 5 kapitol a 3 přílohy odkazující na návrh a konstrukci zelených střeš a odkazují se na další normy ohledně specifických konstrukčních detailů. Italské normy UNI 11235 (2015) byly vydány italskou organizací pro normalizaci (UNI) v roce 2015. Obsahují 11 kapitol a 3 přílohy odkazující na návrh, provedení, kontrolu a udržování zelených střeš. Dle GRO (2011), Kadase (2006) biodiverzní střechy mají za cíl vytvořit stanoviště stejná nebo lepší než to, které bylo během výstavby ztraceno. Jsou osety takovými druhy rostlin, aby lákali specifické skupiny živočichů. Konstruovány jsou s různou tloušťkou substrátu a také se využívá rozdílných druhů substrátů jako například štěrk a písek. Dále se využívají prvky jako kmeny či balvany. To vede k spontánnímu vývoji vegetace, vytvoření míst bez vegetace, které napodobují brownfieldy a také potřeba údržby je značně snižena.

SIA člení zelené střechy do 4 tříd dle původu rostlinných druhů:

Třída 1 – Lokálně sbíraná semena

Třída 2 – Semena sbírané ve stejných biogeografických regionech (Švýcarska)

Třída 3 – Švýcarské volně žijící druhy bez jakékoliv regionální specifikace

Třída 4 – Rostliny bez jakékoliv specifikace a charakteristiky

Biodiverzní střecha dle SIA by měla obsahovat 2 či 3 druhy substrátu – svrchní nebo podložní nebo s místně vytěženými materiály. Dále by měly být využity prvky nahrazující určité stanoviště například hromada větví, kořeny a kmeny, balvany. Zavlažování je pouze srážkovou vodou a možnost vytváření dočasných mokřadů a kaluží. Vhodné je také spojení zelené střechy se zemí pomocí zelených či kamenných zdí. Demonstrace osídlení jednotlivých biotopů různými druhy živočichů je v tabulce 2.


Tabulka 2 Výskyt flóry a fauny v závislosti na použití jednotlivých biodiverzních prvků dle SIA, Převzato z: Catalano a kol. (2018)

	Větve	Kmeny stromů	Písek	Štěrk a naplavené písky	Balvany
Rostliny	✓	✓	✓	✓	✓
Zvířata					
Motýli	✓	✓			
Včely	✓		✓	✓	
Pavouci	✓	✓		✓	
Brouci	✓	✓	✓	✓	✓
Kobyky	✓		✓	✓	✓
Ještěrky	✓	✓	✓	✓	✓

3.4.2. Výběr rostlin a substrátu

Při výběru rostlin se řídíme třemi kritérii, které zmiňují všechny tři normy. Prvním kritériem jsou abiotické faktory (regionální a lokální klima, srážky, ...), druhým je typ budovy a její konstrukční řešení (výška, orientace, slunce/stín, vítr) a třetím jsou fyziologické vlastnosti rostlin (citlivost na znečištění, dlouhotrvající sucho a vysoká evapotranspirace). V úvahu se musí brát vegetace v okolí budovy, která může ovlivnit rostliny na střeše. Tloušťka substrátu je velmi důležitým faktorem pro výběr rostlin. V tabulkách 3, 4 a 5 níže jsou uvedeny jednotlivé doporučené tloušťky substrátů dle daných norem. Švýcarské normy SIA mají nejméně podrobné stanovení tloušťky substrátu.

Tabulka 3 Požadované tloušťky substrátů pro jednotlivé druhy rostlin dle SIA, Převzato z: (Catalano a kol. 2018)



Typ	Kamenitá step	Kvetoucí louka	Kvetoucí louka s velkým podílem travin	Kvetoucí louka s velkým podílem travin, trvalek a bylin
Tloušťka substrátu	≥8 cm	≥10 cm	≥12 cm	≥15 cm
Typ vegetace	Rozchodníky, mechy, trvalky	Rozchodníky, trvalky, traviny	Trvalky a traviny	Traviny a trvalky

Tabulka 4 Požadované tloušťky substrátů pro jednotlivé druhy rostlin dle FLL, (upraveno z Catalano a kol. 2018)

	Výška substrátu [cm]	4	6	8	10	12	15	18	20	25	30	35	40	45	50	60	70	80	90	100	125	150	200	
Extenzivní střechy	Mechy a rozchodníky																							
	Mechy, rozchodníky a byliny																							
	Rozchodníky, byliny a trávy																							
	Trávy a byliny																							
Jednoduší intenzivní střechy	Trávy a menší množství bylin																							
	Trvalky a křoviny																							
	Křoviny a nižší křoviny																							
	Křoviny																							
Intenzivní střechy	Trávník																							
	Nižší trvalky a křoviny																							
	Střední trvalky a křoviny																							
	Vyšší trvalky a křoviny																							
	Velké keře a menší stromy																							
	Střední a vyšší stromy																							
	Vysoké stromy																							

Tabulka 5 Požadované tloušťky substrátu dle UNI, Převzato z: (Catalano a kol. 2018)

Tloušťka substrátu [cm]	8	10	15	20	30	50	80	100
Rozchodníky								
Malé byliny								
Velké byliny, malé keře								
Trávník								
Malé keře								
Velké keře a malé stromky								
Stromy III (4-10 m)								
Stromy II (10-16 m)								
Strom I (>16 m)								

V UNI normách je hydroakumulační vrstva řešena jako samostatná vrstva, v SIA a FLL jsou drenážní a substrátové vrstvy řešeny jako vrstvy schopné zadržet vodu. UNI a FLL normy navrhuje instalaci zavlažovacích systémů na intenzivní střechy. U extenzivních

střech doporučují navrhnout doplňkové zavlažování pro případ extrémních veder. Dle FLL musí být směs osiva certifikována, zatímco původní druhy musí pocházet ze školky. Stejně podmínky platí pro všechny druhy rostlin. SIA ani UNI normy žádné takovéto podmínky nezmiňují. Pokud jde o výsadbu rostlin, normy navrhují suché a mokré setí, pokládání rohoží a trávníků, výsadbu apod. SIA zavedla takzvanou mulčovací techniku, kdy se přenese rostlinný materiál se semeny pocházejícími z „dárcovské louky“ ze stejné biografické oblasti. Semena by se měla vysévat na jaře či na podzim. Drenážní vrstva dle FLL a UNI by měla být z kameniva (šterk, láva a nelámaný keramzit či břidlice), sypkých recyklátů (drcené cihly), drenážní rohože (netkaná textilie, plastové a vláknité tkané rohože), drenážní desky (pěnové pelety a tvarované plastové desky) a drenážní podkladové desky (modifikované pěny). Pěstební substrát dle FLL by měl být sypký materiál s minerálními směsí s organickými sloučeninami nebo bez nich, substrátové desky (pěna a minerální vlákna), vlákna zadržující vodu (rouno, rohože a desky) a vegetační rohože s minerálními nebo organickými sypkými sloučeninami v trvalých nebo biologicky odbouratelných nosičích. UNI i FLL odkazují na přírodní půdy, pozměněné materiály a substráty, ale konkrétní příklady nespecifikují. UNI normy rozdělují zelené střechy dle údržby. Jednotkou pro klasifikaci údržby je potřebný čas k údržbě za rok.

3.5. Závěr rešerše

Vytvořil jsem rešerši na téma biodiverzní zelené střechy, zpracoval jsem vědecké články z anglických zdrojů s tematikou týkající se zelených střech. Zaměřil jsem na získání potřebných informací a podkladů pro návrh biodiverzní zelené střechy na budovu Fakulty stavební ČVUT v Praze, který je předmětem praktické části bakalářské práce. V této rešerši jsem se mimo pouze biodiverzní střechy zaměřil také na biosolární střechy a psychologické benefity zelených střech. Z rešerše jsem vybral vhodné metody a mechanismy návrhu zelených biodiverzních střech se zaměřením i na psychologické benefity, na druhovou rozmanitost a také čerpal ze zkušeností s biodiverzními prvky, které byly využity na předchozích výzkumech. Podklady z této rešerše jsou zdrojem informací pro praktický návrh zelené biodiverzní střechy.

4. Technická část

4.1. Kontext stavby a strategie ČVUT a Kampusu Dejvice s ohledem na zeleň

Dle bodu 3.2 strategie ČVUT (Strategický záměr ČVUT 2021+) je cílem univerzity vytvořit příjemné a přívětivé místo pro práci a výuku. ČVUT bude modernizovat prostory budov a vytvářet kvalitní prostředí podle mezinárodních standardů tak, aby bylo atraktivním místem pro výuku všech studentů. Jedním z operačních cílů je vytváření a rozvíjení plochy kampusu, budov a prostor univerzity s ohledem na potřeby studentů. Do této strategie jednoznačně zapadá i výstavba zelené biodiverzní střechy. Ta zpříjemní pobyt v přednáškových sálech, podpoří biodiverzitu, zvětší zelenou plochu kampusu, prodlouží životnost hydroizolace, a také může přilákat další zájemce o studium inženýrství životního prostředí. Na budově NTK se již nachází extenzivní zelená střecha a dle koncepce revitalizace veřejného prostoru Kampusu Dejvice, která byla zadána Institutem pro plánování a rozvoj (iprpraha.cz), výstavba zelené střechy na Fakultě stavební ČVUT v Praze do této koncepce, která je mimo jiné zaměřena na zeleň, zapadá. Vítězný návrh byl zpracován ateliérem MCA viz obrázek 5. Střecha není sice veřejným prostorem, ale využívání zeleně je jedním z cílů koncepce.



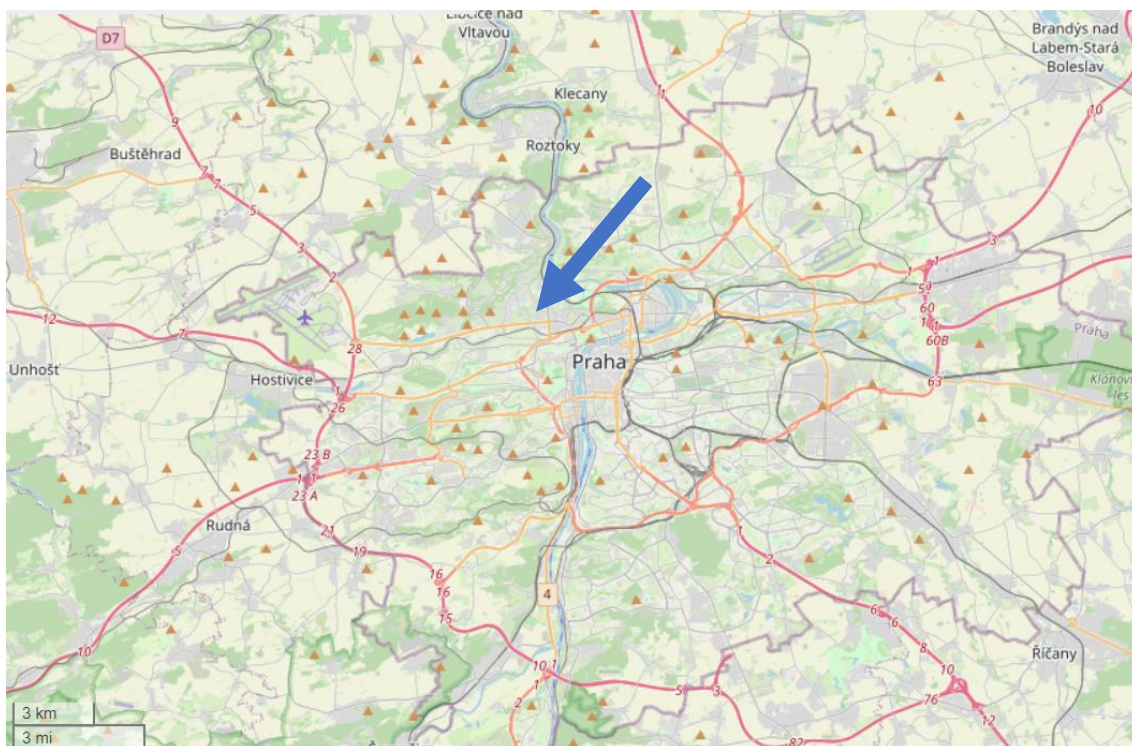
Obrázek 5 Koncepce revitalizace veřejného prostoru Kampusu Dejvice, zpracováno ateliérem MCA. Převzato z: praha6.cz

4.2. Lokalita

Objekt se nachází v městské části Praha 6 – Dejvice na souřadnicích 50.1038144N, 14.3883147E a je součástí univerzitního kampusu. Kampus Dejvice leží u zastávky metra Dejvická v blízkosti Vítězného náměstí. Umístění budovy v rámci kampusu a Prahy je patrné z obrázků 6 a 7. Fakulta Stavební ČVUT v Praze stojí v čele celého kampusu, vedle budovy Fakulty Architektury a zejména budova A je velmi dominantní budovou celé lokality. Budova B, na které je navržena zelená střecha, leží v ulici Thákurova u parku I. Gándhíové. Lokalita Prahy 6 je celkově velmi bohatá na zeleň, a volba zelené střechy je tudíž koncepčně vhodné řešení a živočišné budovy mají snazší podmínky pro osídlení, než by tomu bylo v oblastech bez zeleně. V Kampusu Dejvice se již nachází budova NTK s velkou extenzivní zelenou střechou viz obrázek 6. Praha patří s průměrnými ročními srážkami 453,9 mm a průměrnou roční teplotou 11,3 stupně Celsia, k sušším místům v České republice. (ČHMÚ)



Obrázek 6 Umístění zelené střechy na budově FSv ČVUT, zdroj: mapy.cz



Obrázek 7 Lokalita stavby, zdroj:openstreetmap.org

4.3. Popis stávajícího stavu

Objekt budovy Fakulty stavební ČVUT v Praze, na kterém má být realizována zelená střecha, je stávající stavbou. Zájmovým objektem je malá střecha nad přízemím mezi velkými posluchárnami v části B budovy fakulty stavební. Byla provedena celková rekonstrukce poslucháren B-280 a B-286 včetně prostoru mezi nimi, který slouží jako technické zázemí pro posluchárny. Obě posluchárny a jejich mezilehlý prostor přiléhají k hlavní budově B viz obrázek 8. Během rekonstrukce došlo také na rekonstrukci střešního pláště. Nyní se zde nachází běžná plochá střecha pokryta novou hydroizolací viz obrázek 9. Plochá střecha se dělí na souvislý vodorovný úsek a dále na úsek se šesti schody, kdy poslední dva schody mají odlišnou plochu od ostatních schodů. Při rekonstrukci nebyl zpracován statický posudek, ale střešní konstrukce byla odlehčena. Pro realizaci bude nutné doplnit statický posudek. Na stávající nosnou konstrukci po vyspravení podkladu byla položena nová střešní krytina ve skladbě: natavená živičná parotěsná zábrana, minerální tepelná izolace 2×80 mm, foliová hydroizolace tl.2 mm. Celé souvrství je mechanicky kotvené k nosné konstrukci. Klempířské výrobky budou v materiálu TiZn tl min.0,8mm (případně žárově zinkovaný plech tl. 1mm).



Obrázek 8 Pohled z ulice



Obrázek 9 Pohled na stávající stav, autor: Ing. Adam Vokurka, Ph.D.

4.4. Účel stavby

Projekt biodiverzní zelené střechy je zpracován pro střechu mezi posluchárnami B-280 a B-286. Z důvodu ubývajících přírodních stanovišť ve městech byla zvolena biodiverzní střecha, která bude mít za úkol vytvořit co nejvíce přirozených stanovišť pro velkou škálu živočichů. Účel zelené střechy bude také estetický, poněvadž nyní se z poslucháren naskýtá pohled pouze na plochou střechu s hydroizolací. Po výstavbě projektu bude plnit také demonstrační funkci. Studenti budou moci v průběhu roku sledovat vývoj zelené střechy v průběhu ročních období a díky zpřístupněné dokumentaci budou mít přístup ke všem podkladům pro tuto střechu jako jsou skladby, osazovací plán atd. Dále dle poznatků z rešerše bude poskytovat pohled na střešní zahradu, který může snížit vnímanou námahu a následně zvýšit pracovní i studijní efektivitu. Dle Strategie EU v oblasti biologické rozmanitosti do roku 2030 (EU Biodiversity Strategy for 2030) městská zeleň poskytuje širokou škálu výhod pro lidi a útočiště pro přírodu. Snižuje znečištění vzduchu, vody a znečištění hlukem a mnoho dalších výhod jako například udržení spojení mezi lidmi a přírodou.

4.5. Popis návrhu

Díky poznatkům a informacím z vědeckých článků jsem za pomoci doc. Ing. Michala Sněhoty, Ph.D., Mgr. Barbory Rybové a Ing. Pavla Dostala navrhl biodiverzní střechu ve třech variantách na budovu Fakulty stavební ČVUT v Praze. Na zelené střeše se bude nalézat několik oblastí s různými podmínkami viz výkresová dokumentace. Jedná se o vlhkostní podmínky, zastínění, typ substrátu, tloušťka substrátu a tloušťka celého souvrství viz výkresová dokumentace. Pro každou oblast bude stanoven osazovací plán. Na čelech schodů budou mini zelené stěny viz detaily a příčné řezy. Z důvodu přetížení a požární bezpečnosti bude po celém obvodu kačírkový pás o šířce 500 mm. Voda bude drénována smyčkovou rohoží do jediného místa se svodem, který se nachází pod schody. Návrh je zpracován ve třech variantách a ke každému návrhu jsou zvlášť zpracovány výkresy a vizualizace viz obrázky 11, 12, 13 a 14 níže. V první variantě V1 je navržen vodní prvek, do kterého je přiváděna voda z plochy schodů nerezovým chrličem dle obrázku 10. V druhé variantě V2 je voda chrličem svedena do šterkoviště, které má zasakovací funkci a ve třetí variantě V3 je voda svedena skrze mini zelené fasády do prostoru pod schody, kde bude vytvářet nejvlhčí část střechy. Ve variantě V2 a V3 jsou navrženy místo vodního prvku vodomilné rostliny. Zbytek střechy zůstává pro všechny tři varianty stejný jako pro variantu V1 viz obrázek 10. Dle osobní konzultace (Sněhota, osobní konzultace, 2021) je odhadovaná cena této střechy 3 500 Kč za m². Celková cena, při ploše 104 m² by měla být přibližně 364 000 Kč.



Obrázek 11 Vizualizace varianty s jezírkem – pohled shora



Obrázek 12 Vizualizace - pohled na vodní prvek

4.6.2. Varianta V2 bez vodního prvku s chrličem

Tato varianta je navržena bez vodního prvku pod posledním schodem. Místo vodního prvku je zde voda svedena chrličem do štěrkové zasakovací oblasti. Zde se voda bude rovnoměrně zasakovat a bude vytvářet nejvlhčí část střechy. Budou zde osázeny vodomilné rostliny dle osazovacího plánu.



Obrázek 13 Vizualizace - varianta bez vodního prvku s chříčem

4.6.3. Varianta V3 bez vodního prvku a hrázky

Tato varianta bude provedena bez chříče a podzemní hrázky. Voda bude plynule proudit skrz zelenou stěnu a bude rovnoměrně protékat souvrstvím do oblasti pod schody. Zde se bude nacházet mokřadní část pro vodomilné rostliny viz osazovací plán.



Obrázek 14 Vizualizace - varianta bez vodního prvku a chříče

4.7. Vegetace a souvrství dílčích biotopů

Vegetace zelené střechy je zvolena v souladu zásadami navrhování biodiverzních střech (Vegetační souvrství zelených střech, Standardy pro navrhování, provádění a údržbu, Brno 2019). Různá stanoviště budou osázena rozdílnými druhy rostlin, vhodnými pro dané podmínky a substrát na určitém stanovišti. Budou vytvořeny ostrůvky s keři,

travinami, kvetoucími rostlinami, rostlinami vyššího vzrůstu a vodomilnými rostlinami. Prostor mezi ostrůvky bude osázen rozchodníky.

4.7.1. Půdokryvné sukulentní a suchomilné rostliny

Běžné souvrství bude osázeno půdokryvnými sukulentními a suchomilnými rostlinami – rozchodníky. Bude použit rozchodník kamčatský (*Sedum kamtschaticum*), rozchodník pochybný (*Sedum spurium*) a rozchodník španělský (*Sedum hispanicum*), dále mateřídouška úzkolistá (*Thymus serpyllum*) a netřesk střešní (*Sempervivum tectorum*). Dle zkušeností z experimentální zelené střechy na UCEEB (Rybová, osobní komunikace) nebude využit rozchodník skalní, který nemá tak velkou pokrývnost. Vegetační souvrství je složeno z minerální desky Isover Flora tl. 50 mm a 50 mm extenzivního substrátu GREENDEK. Celková tloušťka souvrství je 100 mm. Ozelenění bude provedeno rozchodníkovými koberci.

4.7.2. Keře

Keřová oblast bude osázena růží bedrníkovou a jako podsadba bude použit černohlávek velkokvětý. Vegetační souvrství je složeno z 2 minerálních desek Isover Flora tl. 50 mm a 200 mm intenzivního substrátu GREENDEK. Celková tloušťka souvrství je 300 mm.

4.7.3. Trávy

Na travní oblast bude osázena kostřava ovčí (*Festuca ovina*), kostřava ametysová (*Festuca amethystina*), lipnice smáčknutá (*Poa compressa*) a sveřep střešní (*Bromus tectorum*). Vegetační souvrství je složeno z minerální desky Isover Flora tl. 50 mm a 70 mm extenzivního substrátu GREENDEK. Celková tloušťka souvrství je 120 mm.

4.7.4. Byliny vyššího vzrůstu

V této oblasti bude osázena pažitka pobřežní (*Allium schoenoprasum*), chrpa čekánek (*Centaurea scabiosa*), třezalka tečkovaná (*Hypericum perforatum*), dobromysl obecná (*Origanum vulgare*) a řebříček obecný (*Achillea millefolium*). Vegetační souvrství je složeno z 2 minerálních desek Isover Flora tl. 50 mm a 100 mm intenzivního substrátu GREENDEK. Celková tloušťka souvrství je 200 mm.

4.7.5. Byliny nižšího vzrůstu

V této oblasti bude osázena denivka plavá (*Hemerocallis fulva*), pažitka pobřežní (*Allium schoenoprasum*) a třezalka tečkovaná (*Hypericum perforatum*). Vegetační souvrství je složeno z dvou minerálních desek Isover Flora tl. 50 mm a 50 mm extenzivního substrátu GREENDEK. Celková tloušťka souvrství je 150 mm.

4.7.6. Kvetoucí byliny vyššího vzrůstu

V této oblasti bude osázen koniklec německý (*Pulsatilla vulgaris*), divizna černá (*Verbascum nigrum*), kopretina bílá (*Leucanthemum vulgare*), hvězdice zlatovlásek (*Galatella linosyris*), hvozdík kartouzek (*Dianthus carthusianorum*), rmen barvířský (*Anthemis tinctoria*), zvonek okrouhlostý (*Campanula rotundifolia*) a jestřábník chlupáček (*Hieracium pilosella*). Tato část bude nejvíce kvetoucí oblast zelené střechy. Vegetační souvrství je složeno z 2 minerálních desek Isover Flora tl. 50 mm a 200 mm intenzivního substrátu GREENDEK. Celková tloušťka souvrství je 300 mm.

4.7.7. Vodomilné rostliny

V této oblasti, kde bude největší vlhkost díky blízkosti vodního prvku, svedení veškeré vody do blízkosti vpusti a většímu zastínění, budou osázeny rostliny, kterým nejvíce vyhovují tyto podmínky. Pro tuto oblast jsem zvolil blatouch bahenní (*Caltha palustris*), kosatec žlutý (*Iris pseudacorus*), žebratka bahenní (*Hottonia palustris*) a pomněnka bahenní (*Myosotis scorpioides*). Vegetační souvrství je složeno z minerální desky Isover Flora tl. 50 mm extenzivního substrátu tl. 100 mm u vpusti a 120 mm u hráze vodního prvku. Celková tloušťka souvrství je od 150 do 170 mm dle dokumentace.

4.7.8. Štěrk

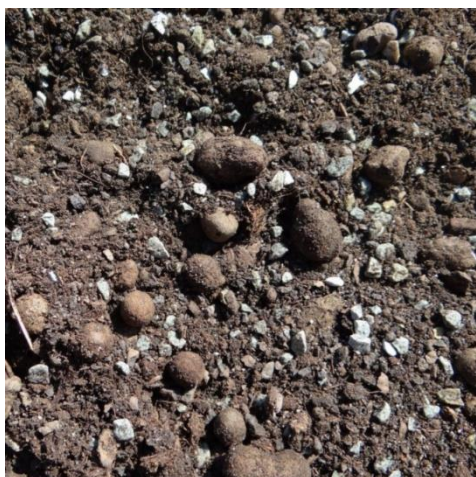
Štěrková oblast nebude osázena. Bude zde použito 100 mm štěrku. Ten bude mít primárně funkci úkrytu a prostředí pro specifické druhy živočichů viz obrázek 15. Případné uchycení rostlin, například denivky plavé (*Hemerocallis fulva*) není nežádoucí.



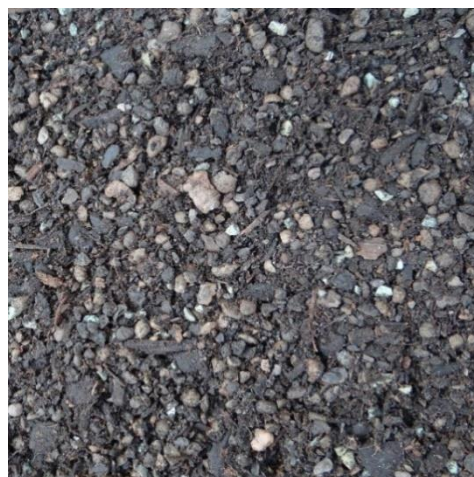
Obrázek 15 Použití štěrku na biodiverzní střeše, zdroj: *The GRO green roof code*

4.8. Substrát

Je navrženo použití tří typů střešních substrátů. Substrát je zvolen rozdílný v části na schodech a pod schody. Pod schody je zvolen substrát GREENDEK extenzivní viz obrázek 16. Na schodech je použit substrát ACRE extenzivní viz obrázek 18, který je vhodný spíše pro suchomilné rostliny. Na nejvyšší ploše schodu bude použit substrát FLORCOM. Návrh skladby na schodech má symbolizovat vzestupný charakter vlhkosti a příznivosti podmínek směrem dolů k vodnímu prvku. Dle výkresové dokumentace – řezy a půdorys, bude použit na biotop kvetoucích bylin nižšího vzrůstu substrát GREENDEK intenzivní viz obrázek 17. Více informací o substrátech viz technické listy v příloze 1, 2, 3 a 4.



Obrázek 16 Substrát GREENDEK extenzivní,
zdroj: dek.cz



Obrázek 16 Substrát GREENDEK intenzivní,
zdroj: www.dek.cz



Obrázek 1817 Substrát ACRE extenzivní, zdroj: acre.cz

4.9. Biodiverzní prvky

Jedná se o prvky, které vytvářejí podmínky pro ostatní organismy a je vhodné díky jejich umístování napodobovat přírodě blízká stanoviště pro organismy. V tomto případě je vhodné napodobit stanoviště, které se vyskytují na území Prahy či Středočeského kraje.

4.9.1. Vodní prvek

V místě pod schody bude vytvořeno jezírko, které se bude plnit srážkovou vodou svedenou ze schodů pomocí nerezového chrliče. Jezírko bude bez výpusti a v letních dnech by mělo dojít k odpaření veškeré vody za 10 dní, tudíž by nemělo docházet ke zhoršování kvality vody. Na prvním schodu bude podzemní hrázka, která bude svádět vodu do chrliče a ten vodu převede do jezírka.

4.9.2. Dřevěné prvky

Na zelenou střechu, dle půdorysu budou umístěny dřevěné prvky – větve, kmeny, které mohou být navrtané, aby vytvářely příznivější podmínky pro některé hmyzí druhy jako je tomu na obrázku 19



Obrázek 19 Mrtvé dřevo na biodiverzní střeše, zdroj: <https://www.greenville.cz/biodiverzni-strecha.html>

4.9.3. Balvany

Dle půdorysu budou umístěny kameny a balvany do průměru 32 cm viz výkresová dokumentace – půdorys a příčné řezy. Jeden balvan bude umístěn samostatně a další uskupení menších kamenů do průměru 16 cm bude umístěno u biotopu byliny vyššího vzrůstu.

4.10. Použité materiály

4.10.1. Hydroizolace

Hydroizolace byla provedena během předchozí rekonstrukce a je odolná proti prorůstání kořínků. Není tedy potřeba doplňovat skladbu střechy o další hydroizolace nebo kořenovzdornou vrstvu. V místech podpovrchových hrází, kde je třeba modelovat tvary bude použita hydroizolace, která se přetáhne přes minerální vatu požadovaného tvaru a navaří se na stávající hydroizolaci. Díky podpovrchové hrázi na posledním schodu bude voda soustředěna do chrliče a převedena do vodního prvku viz obrázek 20. Díky podpovrchovým hrázkám vodního prvku zůstane voda ve vodním prvku a nedojde k její distribuci do okolního substrátu. Voda z nejnižší části střechy bude drénována smyčkovou rohoží do vpusti pod schody.

Jelikož drenážní kapacita z důvodu zanášení substrátem nebo zarůstání mění svoji kvalitu, počítáme s o 20% nižší drenážní schopností – $q_{0,8} = 172 \times 10^{-3} \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{m}^{-1}$

$$q' < q_{0,8}$$

$$56 \times 10^{-3} < 172 \times 10^{-3} \quad \text{l}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{m}^{-1}$$

4.10.4. Filtrační vrstva

Jako filtrační vrstva, zabráňující vyplavování substrátu, bude použita filtrační textilie o plošné hmotnosti 100 g/m^2 . Důležité je nepoužívat jako filtrační vrstvu geotextilii, která nemá požadované vlastnosti pro filtrační vrstvu. Doporučená možnost je filtrační vrstva Geotess 100.

4.10.5. Substrátová deska

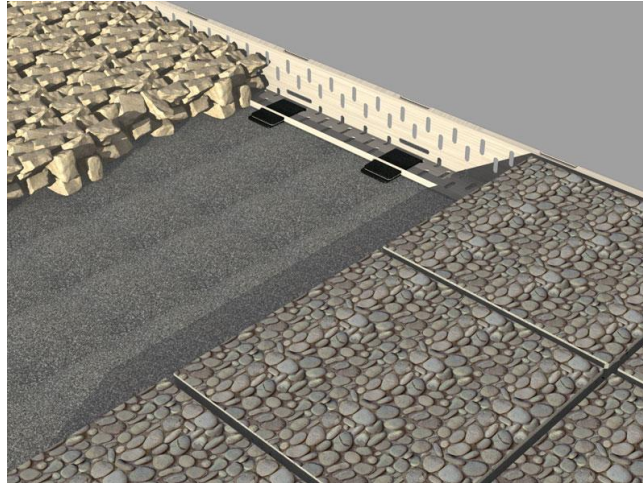
Na méně zastíněné části střechy a v místech, kde bude třeba zachovat větší vlhkost bude použita substrátová deska Isover Flora, která částečně nahrazuje substrát. Důvod využití je také ten, že má menší objemovou hmotnost a při větších tloušťkách souvrství působí menším zatížením než souvrství, kde je použit pouze substrát o stejné tloušťce. Ilustrační souvrství za použití substrátové desky Isover Flora viz obrázek 21.



Obrázek 21 Souvrství se substrátovou deskou Isover Flora, zdroj: e-isover.cz

4.10.6. Kačírková lišta

Pro ukončení střechy, schodů a přechod mezi zelenou střechou a 500 mm kačírkovým pásem je navržena kačírková lišta TW KL AL 100. Na posledním schodu bude osazena kačírková lišta TW KL AL 60 s vyříznutými otvory pro zasazení chrliče a na prvním schodu s největší plochou bude osazena kačírková lišta TW KL AL 80. Typy kačírkových lišt jsou voleny dle tloušťky souvrství. Ilustrační obrázek použití kačírkové lišty jako ukončovacího prvku viz obrázek 22.



Obrázek 22 Kačirková lišta, zdroj: topwet.cz

4.10.7. Zakrytí podstupnic zelenými fasádami

Na podstupnicích všech stupňů zelené střechy je navrženo zakrytí vegetací formou mini zelené fasáda (stěny). Schody jsou opatřeny hydroizolací odolnou proti prorůstání kořenů. Na hydroizolaci bude položena geotextilie o síle 500 g/m^2 . Dále bude drenážní vrstva – smyčková rohož DEKDREN P900. Následně bude filtrační textilie o síle 100 g/m^2 . Na filtrační vrstvu navazuje substrátová deska Isover Flora tl. 30 mm a extenzivní substrát tl. 30 mm. Ta bude zabezpečena proti vypadávání substrátu sítí Juta a celé to bude modulově vloženo do nerezové sítě s oky $100 \times 100 \text{ mm}$ vytvarované dle dokumentace. Tento modul bude osazen na schod a přitížen kačirkovou lištou, chrličem, pokud je ve variantě navrhnout, a substrátem. Zelenou stěnou bude protékat voda ze schodů směrem do vodního prvku. Mini zelená fasáda bude osázena sazenicemi rozchodníků viz výkresová dokumentace – detaily.

4.11. Zatížení

Zatížení od vodního prvku:

$$\text{Zatížení od vody nad kačirkem: } 0,05 \times 1000 = 50 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Zatížení od vody v kačírku: } 0,04 \times 1000 \times 0,3 = 12 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Pórovitost: } 0,3$$

$$\text{Zatížení od kačírku: } 0,04 \times 1350 = 54 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Celkové zatížení: } 116 \text{ kg/m}^2$$

Zatížení od substrátu:

Nejkritičtější místo –200 mm GREENDEK intenzivní (objemová hmotnost 800–1300 kg/m^3 v plně nasyceném stavu)

$$\text{Celkové maximální zatížení substrátu v plně nasyceném stavu} = 0,2 \times 1300 = 260 \text{ kg/m}^2$$

Zatížení od substrátové desky:

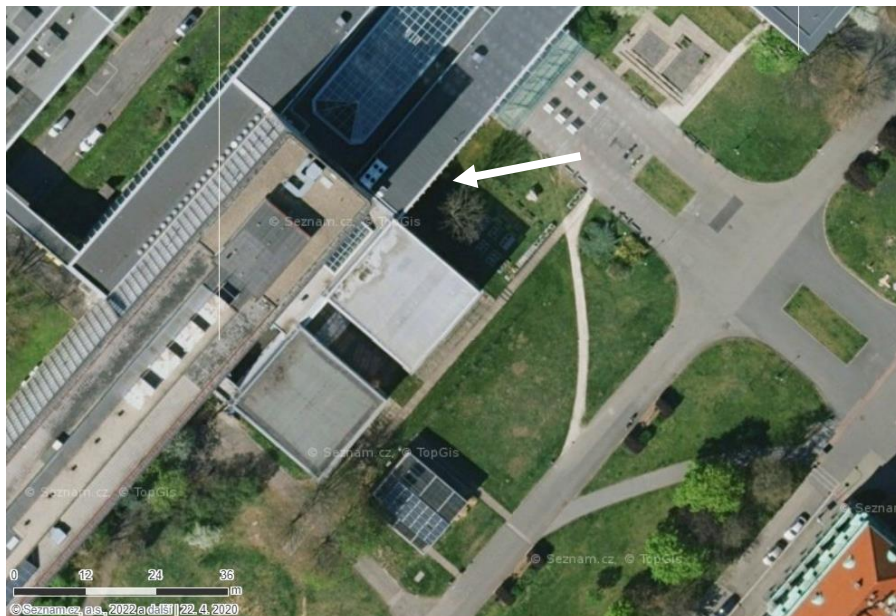
Zatížení od plně nasycené desky: 1003 kg/m^3

Zatížení od plně nasycené desky v nejkritičtějším místě: $2 \times (1003 \times 0,05) = 100,3 \text{ kg/m}^2$

Celkové maximální zatížení od substrátu a substrátové desky = $360,3 \text{ kg/m}^2$

4.12. Údržba

Střecha bude ve všech variantách navržena jako extenzivní biodiverzní střecha s minimální roční údržbou. Dle UNI norem (UNI 11235 2007) se všechny varianty řadí do střech s velmi nízkou $<2 \text{ min/m}^2/\text{rok}$ až nízkou údržbou $<4 \text{ min/m}^2/\text{rok}$. V první fázi po realizaci bude nutná rozvojová péče dle Standardů pro navrhování zelených střech, především záливka a dosazování rostlin. Dosazování je možné pomocí tzv. „seed bombs“, které obsahují velké množství semen různých druhů. V pozdější fázi se údržba bude skládat převážně z pletí, v obdobích extrémních veder zavlažování, a odklizení odumřelých částí, zejména z prostor mezi kačírkovou lištou a skleněnou fasádou, kde se očekává hromadění odpadu. V blízkosti zelené střechy, mezi vstupem do budovy C a navrhovanou střechou, se nachází přívod vody, ze kterého je možné provádět závlahu viz obrázek 23 a 24. Bylo by vhodné zřízení závlahového systému a přivedení vody z přívodu viz foto. V zimních měsících by se voda kvůli zamrznání musela vypouštět. Návrh závlahového systému není součástí práce. Pro bezpečný pohyb po střeše bude nutné zajistit přístup na střechy a záchytný systém. Návrh záchytného systému není součástí této bakalářské práce.



Obrázek 23 Umístění přívodu vody pro zavlažování, zdroj: mapy.cz



Obrázek 24 Možné připojení pro závlahu na fasádě fakulty, autor: doc. Ing. Michal Sněhota, Ph.D.

4.13. Rozvoj vegetace zelené střechy

Jelikož se jedná o biodiverzní střechu, kde je žádoucí, aby se vytvořila biologická rovnováha, nemusíme věnovat větší pozornost opětovnému vysazování rostlin, které se neuchytily (není myšleno v první fázi, kdy je střecha čerstvě osazena či oseta a s úmrtností rostlin se počítá), a naopak nemusíme odstraňovat nové druhy nebo druhy mírně přemnožené. Je vhodné, aby se zelená střecha stala soběstačným biologickým prvkem a byla osídlena maximálním možným množstvím druhů. Pokud ovšem nastane situace, kdy jeden druh velmi výrazně začne vytlačovat ostatní na úkor biodiverzity, bude třeba zakročit a tento druh ze střechy odstranit a pokusit se střechu vrátit do fáze s největší biodiverzní funkcí. Je třeba mít na paměti, že údržba zelené střechy bude vždy vyžadována, stejně jako je tomu u ryze extenzivních střech, ale se zapojením vegetace a vytvářením rovnováhy bude potřeby údržby ubývat.

5. Závěr

Zpracoval jsem bakalářskou práci na téma Návrh biodiverzní vegetační střechy. Zpracoval jsem rešerši na téma zelené střechy a v praktické části navrhl řešení biodiverzní střechy na budovu Fakulty stavební ČVUT v Praze v prostoru mezi přednáškovými síněmi B-280 a B-286. Návrh byl proveden ve třech variantách, kde každá z variant pracuje s rozdílným hospodařením se srážkovou vodou spadlou na plochu stupňů zelené střechy. Všechny varianty se snaží poskytnout co nejvíce prostoru pro různé druhy živočichů a tím zvýšit druhovou pestrost. Zelená střecha bude sloužit jako ukázkové řešení modrozelené infrastruktury, bude plnit také estetický účel a bude blahodárně působit na psychiku studentů ze dvou velkých poslucháren. Konceptně je volba zelené střechy vhodným řešením, jelikož Praha 6 patří mezi nejzelenější městské části Prahy a předpokládá se její rychlé osídlení a využití živočichy. Z hlediska biodiverzity bych pro realizaci doporučuji pro případnou realizaci zvolit variantu V1 – s vodním prvkem, jelikož poskytuje prostor s trvalou vodní hladinou, která může poskytovat útočiště pro živočichy vázané na vodu. Z estetického hlediska bych zvolil stejnou variantu, protože vodní prvek je pro střechu nevšedním řešením, bude pohledově příjemným a bude lákat živočichy, například ptáky. U varianty V3 odpadá práce s modelováním podpovrchových hrází, dodatečnou hydroizolací a také s výrobou okapnice. Proto bude tato varianta jednoznačně nejlevnější.

6. Seznam literatury

- Alam, H., J. Z. K. Khattak, S. B. T. Ppoyil, S. Kurup & T. S. Ksiksi (2017) Landscaping with native plants in the UAE: A review. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 29, 729-741.
- Alshayeb, M. J. & J. D. Chang (2018) Variations of PV Panel Performance Installed over a Vegetated Roof and a Conventional Black Roof. *Energies*, 11.
- Apfelbeck, B., R. P. H. Snep, T. E. Hauck, J. Ferguson, M. Holy, C. Jakoby, J. S. MacIvor, L. Schar, M. Taylor & W. W. Weisser (2020) Designing wildlife-inclusive cities that support human-animal co-existence. *Landscape and Urban Planning*, 200.
- Asif, M. & T. Muneer (2007) Energy supply, its demand and security issues for developed and emerging economies. *Renewable & Sustainable Energy Reviews*, 11, 1388-1413.
- Awad, H. & M. Gul (2018) Optimisation of community shared solar application in energy efficient communities. *Sustainable Cities and Society*, 43, 221-237.
- Benvenuti, S. (2014) Wildflower green roofs for urban landscaping, ecological sustainability and biodiversity. *Landscape and Urban Planning*, 124, 151-161.
- Berardi, U. & A. GhaffarianHoseini (2014) State-of-the-art analysis of the environmental benefits of green roofs. *Applied Energy*, 115, 411-428.
- Berthon, K., F. Thomas & S. Bekessy (2021) The role of 'nativeness' in urban greening to support animal biodiversity. *Landscape and Urban Planning*, 205.
- Besir, A. B. & E. Cuce (2018) Green roofs and facades: A comprehensive review. *Renewable & Sustainable Energy Reviews*, 82, 915-939.
- Brenneisen, S. (2003) The benefits of biodiversity from green roofs-key design consequences.
- Cao, C., X. H. Lee, S. D. Liu, N. Schultz, W. Xiao, M. Zhang & L. Zhao (2016) Urban heat islands in China enhanced by haze pollution. *Nature Communications*, 7.
- Carter, T. L. & T. C. Rasmussen (2006) Hydrologic behavior of vegetated roofs. *Journal of the American Water Resources Association*, 42, 1261-1274.
- Castleton, H. F., V. Stovin, S. B. M. Beck & J. B. Davison (2010) Green roofs; building energy savings and the potential for retrofit. *Energy and Buildings*, 42, 1582-1591.
- Catalano, C., V. A. Laudicina, L. Badalucco & R. Guarino (2018) Some European green roof norms and guidelines through the lens of biodiversity: Do ecoregions and plant traits also matter? *Ecological Engineering*, 115, 15-26.
- Collado, S., H. Staats & M. A. Sorrel (2016) A relational model of perceived restorativeness: Intertwined effects of obligations, familiarity, security and parental supervision. *Journal of Environmental Psychology*, 48, 24-32.
- DeNardo, J. C., A. R. Jarrett, H. B. Manbeck, D. J. Beattie & R. D. Berghage (2005) Stormwater mitigation and surface temperature reduction by green roofs. *Transactions of the Asae*, 48, 1491-1496.
- Duren, A. M., C. K. Williams & V. D'Amico (2017) Microhabitat Factors Associated with Occupancy of Songbirds in Suburban Forest Fragments in the Eastern United States. *American Midland Naturalist*, 178, 189-202.
- Feng, C., Q. L. Meng & Y. F. Zhang (2010) Theoretical and experimental analysis of the energy balance of extensive green roofs. *Energy and Buildings*, 42, 959-965.
- Fernandez-Canero, R., T. Emilsson, C. Fernandez-Barba & M. A. H. Machuca (2013) Green roof systems: A study of public attitudes and preferences in southern Spain. *Journal of Environmental Management*, 128, 106-115.

- FLL, F. L. L. E. V. B. 2008. Richtlinie für die Planung, Ausführung und Pflege von Dachbegrünungen–Dachbegrünungsrichtlinie.
- Fuller, R. A., K. N. Irvine, P. Devine-Wright, P. H. Warren & K. J. Gaston (2007) Psychological benefits of greenspace increase with biodiversity. *Biology Letters*, 3, 390-394.
- Getter, K. L., D. B. Rowe & J. A. Andresen (2007) Quantifying the effect of slope on extensive green roof stormwater retention. *Ecological Engineering*, 31, 225-231.
- Gray, E. R. & Y. van Heezik (2016) Exotic trees can sustain native birds in urban woodlands. *Urban Ecosystems*, 19, 315-329.
- Green, M. A., Y. Hishikawa, E. D. Dunlop, D. H. Levi, J. Hohl-Ebinger, M. Yoshita & A. W. Y. Ho-Baillie (2019) Solar cell efficiency tables (Version 53). *Progress in Photovoltaics*, 27, 3-12.
- Grimm, N. B., S. H. Faeth, N. E. Golubiewski, C. L. Redman, J. G. Wu, X. M. Bai & J. M. Briggs (2008) Global change and the ecology of cities. *Science*, 319, 756-760.
- GRO, G. R. O. 2011. The GRO Green Roof Code. Green Roof Code of Best Practice for the UK.
- Gueguen, N. & J. Stefan (2016) "Green Altruism": Short Immersion in Natural Green Environments and Helping Behavior. *Environment and Behavior*, 48, 324-342.
- Guo, C. (2008) Research on the Impact of Sedum Lineare Planted Roof on the Indoor and Outdoor Thermal Environment in Guangzhou.
- Harper, G. E., M. A. Limmer, W. E. Showalter & J. G. Burken (2015) Nine-month evaluation of runoff quality and quantity from an experiential green roof in Missouri, USA. *Ecological Engineering*, 78, 127-133.
- Hartig, T., A. Book, J. Garvill, T. Olsson & T. Garling (1996) Environmental influences on psychological restoration. *Scandinavian Journal of Psychology*, 37, 378-393.
- Hoffmann, S. & M. Koehl (2014) Effect of humidity and temperature on the potential-induced degradation. *Progress in Photovoltaics*, 22, 173-179.
- Hui, S. C. M. & S. C. Chan (2011) Integration of green roof and solar photovoltaic systems.
- Izquierdo, S., M. Rodrigues & N. Fueyo (2008) A method for estimating the geographical distribution of the available roof surface area for large-scale photovoltaic energy-potential evaluations. *Solar Energy*, 82, 929-939.
- Jefferson, A. J., A. S. Bhaskar, K. G. Hopkins, R. Fanelli, P. M. Avellaneda & S. K. McMillan (2017) Stormwater management network effectiveness and implications for urban watershed function: A critical review. *Hydrological Processes*, 31, 4056-4080.
- Kadas (2006) Rare invertebrates colonizing green roofs in London.
- Kaplan, S. & M. G. Berman (2010) Directed Attention as a Common Resource for Executive Functioning and Self-Regulation. *Perspectives on Psychological Science*, 5, 43-57.
- Kendle, A. D. & J. E. Rose (2000) The aliens have landed! What are the justifications for 'native only' policies in landscape plantings? *Landscape and Urban Planning*, 47, 19-31.
- Khan, J., M. Ketzler, K. Kakosimos, M. Sorensen & S. S. Jensen (2018) Road traffic air and noise pollution exposure assessment - A review of tools and techniques. *Science of the Total Environment*, 634, 661-676.
- Krauel, J. J. & G. LeBuhn (2016) Patterns of Bat Distribution and Foraging Activity in a Highly Urbanized Temperate Environment. *Plos One*, 11.

- Kuo, F. E. & W. C. Sullivan (2001a) Aggression and violence in the inner city - Effects of environment via mental fatigue. *Environment and Behavior*, 33, 543-571.
- (2001b) Environment and crime in the inner city - Does vegetation reduce crime? *Environment and Behavior*, 33, 343-367.
- Köehler, M., W. Wiartalla & F. R. (2007) Photovoltaic-green roofs: A review of benefits, limitations, and trends.
- Lau, K. K. L., F. Lindberg, E. Johansson, M. I. Rasmussen & S. Thorsson (2017) Investigating solar energy potential in tropical urban environment: A case study of Dar es Salaam, Tanzania. *Sustainable Cities and Society*, 30, 118-127.
- Lee, J. Y., M. J. Lee & M. Han (2015a) A pilot study to evaluate runoff quantity from green roofs. *Journal of Environmental Management*, 152, 171-176.
- Lee, K. E., K. J. H. Williams, L. D. Sargent, C. Farrell & N. S. Williams (2014) Living roof preference is influenced by plant characteristics and diversity. *Landscape and Urban Planning*, 122, 152-159.
- Lee, K. E., K. J. H. Williams, L. D. Sargent, N. S. G. Williams & K. A. Johnson (2015b) 40-second green roof views sustain attention: The role of micro-breaks in attention restoration. *Journal of Environmental Psychology*, 42, 182-189.
- Levinson, R., H. Akbari, M. Pomerantz & S. Gupta (2009) Solar access of residential rooftops in four California cities. *Solar Energy*, 83, 2120-2135.
- Mach, B. M. & D. A. Potter (2018) Quantifying bee assemblages and attractiveness of flowering woody landscape plants for urban pollinator conservation. *Plos One*, 13.
- Mahmoud, A. S., M. Asif, M. A. Hassanain, M. O. Babsail & M. O. Sanni-Anibire (2017) Energy and Economic Evaluation of Green Roofs for Residential Buildings in Hot-Humid Climates. *Buildings*, 7.
- Morgan, S., S. Celik & W. Retzlaff (2013) Green Roof Storm-Water Runoff Quantity and Quality. *Journal of Environmental Engineering*, 139, 471-478.
- Niachou, A., K. Papakonstantinou, M. Santamouris, A. Tsangrassoulis & G. Mihalakakou (2001) Analysis of the green roof thermal properties and investigation of its energy performance. *Energy and Buildings*, 33, 719-729.
- Ouria, M. & H. Sevinc (2018) Evaluation of the potential of solar energy utilization in Famagusta, Cyprus. *Sustainable Cities and Society*, 37, 189-202.
- Parsons, H., R. E. Major & K. French (2006) Species interactions and habitat associations of birds inhabiting urban areas of Sydney, Australia. *Austral Ecology*, 31, 217-227.
- Platt, R. H. (2004) Regreening the metropolis: Pathways to more ecological cities. *Urban Biosphere and Society: Partnership of Cities*, 1023, 49-61.
- Reeve, A., K. Nieberler-Walker & C. Desha (2017) Healing gardens in children's hospitals: Reflections on benefits, preferences and design from visitors' books. *Urban Forestry & Urban Greening*, 26, 48-56.
- Saber, E. M., S. E. Lee, S. Manthapuri, W. Yi & C. Deb (2014) PV (photovoltaics) performance evaluation and simulation-based energy yield prediction for tropical buildings. *Energy*, 71, 588-595.
- Schneider, S. C. & J. R. Miller (2014) Response of avian communities to invasive vegetation in urban forest fragments. *Condor*, 116, 459-471.
- Schrader, S. & M. Boning (2006) Soil formation on green roofs and its contribution to urban biodiversity with emphasis on Collembolans. *Pedobiologia*, 50, 347-356.
- Sercombe, J. K., B. J. Green, J. Rimmer, P. K. Burton, C. H. Katelaris & E. R. Tovey (2011) London Plane Tree bioaerosol exposure and allergic sensitization in Sydney, Australia. *Annals of Allergy Asthma & Immunology*, 107, 493-500.

- Shafique, M., X. Luo & J. Zuo. 2020. Photovoltaic-green roofs: A review of benefits, limitations, and trends.
- Sharma, N. K., P. K. Tiwari & Y. R. Sood (2012) Solar energy in India: Strategies, policies, perspectives and future potential. *Renewable & Sustainable Energy Reviews*, 16, 933-941.
- SIA, S. I.-u. A.-V., Zurich. 2013. Begrünung von Dächern.
- Singh, P., S. N. Singh, M. Lal & M. Husain (2008) Temperature dependence of I-V characteristics and performance parameters of silicon solar cell. *Solar Energy Materials and Solar Cells*, 92, 1611-1616.
- Sjoman, H., J. Morgenroth, J. D. Sjoman, A. Saebo & I. Kowarik (2016) Diversification of the urban forest-Can we afford to exclude exotic tree species? *Urban Forestry & Urban Greening*, 18, 237-241.
- Speak, A. F., J. J. Rothwell, S. J. Lindley & C. L. Smith (2013) Rainwater runoff retention on an aged intensive green roof. *Science of the Total Environment*, 461, 28-38.
- Sui, J. L. & S. L. Wang (2010) Research on a Green Roof Integrated Photovoltaic System for Bi-objective Optimization of Investment Value and CO(2) Emission. *Architecture and Civil Engineering*, 2, 11-18.
- Teemusk, A. & U. Mander (2009) Greenroof potential to reduce temperature fluctuations of a roof membrane: A case study from Estonia. *Building and Environment*, 44, 643-650.
- UNI 11235 , E. I. d. N. M. 2015. Istruzioni per la progettazione, l'esecuzione, il controllo e la manutenzione di coperture a verde.
- van Aalst, M. K. (2006) The impacts of climate change on the risk of natural disasters. *Disasters*, 30, 5-18.
- Vera, S., M. Viecco & H. Jorquera (2021) Effects of biodiversity in green roofs and walls on the capture of fine particulate matter. *Urban Forestry & Urban Greening*, 63.
- Viecco, M., S. Vera, H. Jorquera, W. Bustamante, J. Gironas, C. Dobbs & E. Leiva (2018) Potential of Particle Matter Dry Deposition on Green Roofs and Living Walls Vegetation for Mitigating Urban Atmospheric Pollution in Semiarid Climates. *Sustainability*, 10.
- Vijayaraghavan, K., U. M. Joshi & R. Balasubramanian (2012) A field study to evaluate runoff quality from green roofs. *Water Research*, 46, 1337-1345.
- White, E. V. & B. Gatersleben (2011) Greenery on residential buildings: Does it affect preferences and perceptions of beauty? *Journal of Environmental Psychology*, 31, 89-98.
- Wilkinson, N. (2006) Factors influencing the small-scale distribution of House Sparrows *Passer domesticus* in a suburban environment. *Bird Study*, 53, 39-46.
- Williams, K. J. H., K. E. Lee, T. Hartig, L. D. Sargent, N. S. G. Williams & K. A. Johnson (2018) Conceptualising creativity benefits of nature experience: Attention restoration and mind wandering as complementary processes. *Journal of Environmental Psychology*, 59, 36-45.
- Williams, K. J. H., K. E. Lee, L. Sargent, K. A. Johnson, J. Rayner, C. Farrell, R. E. Miller & N. S. G. Williams (2019) Appraising the psychological benefits of green roofs for city residents and workers. *Urban Forestry & Urban Greening*, 44.
- Witmer, L. & J. Brownson (2011) An energy balance model of green roof integrated photovoltaics: A detailed energy balance including microclimatic effects.

- Wong, N. H., D. K. W. Cheong, H. Yan, J. Soh, C. L. Ong & A. Sia (2003) The effects of rooftop garden on energy consumption of a commercial building in Singapore. *Energy and Buildings*, 35, 353-364.
- Wooster, E. I. F., R. Fleck, B. Torpy, D. Ramp & P. J. Irga. 2022a. Urban green roofs promote metropolitan biodiversity: A comparative case study.
- Wooster, E. I. F., R. Fleck, F. Torpy, D. Ramp & P. J. Irga (2022b) Urban green roofs promote metropolitan biodiversity: A comparative case study. *Building and Environment*, 207.
- Yang, J., H. Wang & B. Xie (2015) Accumulation of particulate matter on leaves of nine urban greening plant species with different micromorphological structures in Beijing.
- Ye, J. J., C. Y. Liu, Z. C. Zhao, Y. Q. Li & S. X. Yu (2013) Heavy metals in plants and substrate from simulated extensive green roofs. *Ecological Engineering*, 55, 29-34.

Citované normy a standardy:

FLL, 2008. Richtlinie für die Planung, Ausführung und Pflege von Dachbegrünungen–Dachbegrünungsrichtlinie. Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau E.V. Bonn.

SIA 312-SN 564312, Schweizerischer Ingenieur- und Architekten-Verein, Zurich (2013) Begrünung von Dächern

UNI 11235, 2007, Ente Italiano di Normazione (UNI), Milano (2007)
Istruzioni per la progettazione, l'esecuzione, il controllo e la manutenzione di coperture a verde

UNI 11235, 2015, Ente Italiano di Normazione (UNI), Milano (2015)
Istruzioni per la progettazione, l'esecuzione, il controllo e la manutenzione di coperture a verde

Norma ČSN 75 9010

Vegetační souvrství zelených střech, Standardy pro navrhování, provádění a údržbu, Odborná sekce Zelené střechy při Svazu zakládání a údržby zeleně, Brno (2019)

Strategický záměr ČVUT 2021+, České vysoké učení technické v Praze, Praha (2020)

EU Biodiversity Strategy for 2030, European commission, Brusel (2020)

7. Obrazová příloha



Obrázek 18 Pohled na stávající stav střechy, autor: Ing. Adam Vokurka, Ph.D.



Obrázek 19 Pohled na stávající stav, autor: Ing. Adam Vokurka, Ph.D.

8. Přílohy

1. Technický list GREENDEK
2. Technický list Střešní substrát extenzivní FLORCOM
3. Technický list ACRE extenzivní substrát

Příloha 1

PŘÍSLUŠENSTVÍ K VEGETAČNÍM STŘECHÁM

Vegetační vrstva – střešní substrát

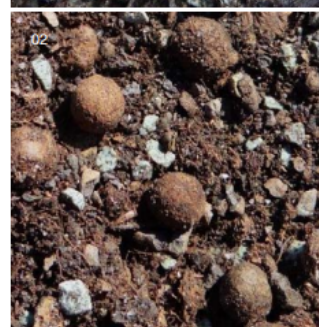
Substrát je základem pro růst rostlin, je zásobárnou vody a živin nezbytných pro vegetaci. Složení substrátu a tloušťka jeho vrstvy musí odpovídat požadavkům plánované vegetace. Typy substrátů se od sebe liší objemovou hmotností, propustností (mm/min.) a maximálním obsahem vody (% objemu). Východní materiály pro vegetační substráty by neměly obsahovat žádná semena ani živé rostliny nebo regenerace schopné rostlinné části, zejména kořenové plevele.

Způsob přepravy pro substrát

- volným sypáním z výklopných nákladních aut
- Big-Bag – přepravní velkoobjemový vak z polypropylenové tkaniny s možností přímého vysypání
- jako pytlové zboží pro menší vegetační střechy
- foukáním substrátu ze silicisterny

Tabulka 04 | Přehled střešních substrátů DEK

GREENDEK substrát střešní extenzivní	
Vhodný pro zakládání střešních zahrad a vegetačních střeš s výškou vegetačního substrátu od 60 do 200 mm s převahou suchomálných rostlin a rostlin nenáročných na živiny. Převažující anorganická složka (minerální) nad organickou (humus).	
složení	expandované jílové minerály, zeolit, rašelina, dle potřeby vápenc, hnojivo
orientační hmotnost v suchém stavu	600 kg/m ³
orientační hmotnost při nasycení vodou	1150 kg/m ³
zrnitostní složení	obsah vyplavitelných částic < 0,063 mm (max. 10% hmot.) obsah částic > 100 mm (max. 3% hmot.) obsah organických látek ≤ 40 g/l (max. 3%)
vodopropustnost	60-400 mm/s
maximální vodní kapacita	20-60% obj.
vzdušná kapacita při maximálním nasycení vodou	min. 10%
pH	6,0-8,5
obsah solí	max. 3,5 g/l
obsah přijatelných živin	N < 80 mg/l; P ₂ O ₅ < 50 mg/l; K ₂ O < 200 mg/l; Mg < 200 mg/l
obsah rizikových prvků a látek nepřesahuje zákonem stanovené limity: obsah cizorodých látek < 0,3% hmot. plasty a kovy < 0,1% hmot., s celkovým povrchem plastů – méně než 10 cm ² /l substrátu	
GREENDEK substrát střešní intenzivní	
Vhodný pro zakládání intenzivních střešních zahrad a vegetačních střeš s výškou vegetačního substrátu zpravidla vyšší než 200 mm. Převažující organická složka (humus) nad anorganickou (minerální).	
složení	expandované jílové minerály, zeolit, rašelina, dle potřeby vápenc, hnojivo
orientační hmotnost v suchém stavu	450-850 kg/m ³
orientační hmotnost při nasycení vodou	800-1300 kg/m ³
zrnitostní složení	obsah vyplavitelných částic < 0,063 mm (max. 10% hmot.) obsah částic > 100 mm (max. 3% hmot.) obsah organických látek ≤ 40 g/l
vodopropustnost	60-400 mm/s
maximální vodní kapacita	30-65% obj.
vzdušná kapacita při maximálním nasycení vodou	min. 10%
pH	6,0-8,5
obsah solí	max. 2,5 g/l
obsah přijatelných živin	N < 80 mg/l; P ₂ O ₅ < 50 mg/l; K ₂ O < 200 mg/l; Mg < 200 mg/l
obsah rizikových prvků splňuje zákonem stanovené limity v mg/kg sušiny: obsah cizorodých látek < 0,3% hmot.; plasty a kovy < 0,1% hmot., s celkovým povrchem plastů – méně než 10 cm ² /l substrátu.	
GREENDEK substrát trávníkový	
Vhodný pro zakládání střešních zahrad a vegetačních střeš s požadavkem travního porostu. Substrát se zapraví do povrchové vrstvy střešního intenzivního substrátu GREENDEK. Používá se v tl. vrstvy max. 50 mm.	
složení	jemně prosátá rašelina, kvalitní kompost a speciální písek pro zlepšení kvality půdy
orientační hmotnost v suchém stavu	450 kg/m ³
orientační hmotnost při nasycení vodou	700 kg/m ³
vlhkost	max. 60%
pH	5,5-6,5
spalitelné látky	min. 35%
částice nad 10 mm	max. 5%
elektrická vodivost ve vodním výtluhu	max. 1,0 mS/cm ve vodním výtluhu 1 : 25
obsah rizikových prvků splňuje zákonem stanovené limity v mg/kg sušiny: kadmium 2, olovo 100, rtuť 1,0, arsen 20, chrom 100, měď 100, nikl 50, zinek 300	



01 | GREENDEK substrát střešní extenzivní
02 | GREENDEK substrát střešní intenzivní
03 | GREENDEK substrát trávníkový

Technický list**Střešní substrát extenzivní (SSE)**

Oblast použití:	Vegetační vrstva pro extenzivní zelené střechy vhodná pro výsadbu převážně suchomilných rostlin nebo pokládku rozhodníkůvých koberců.																																			
Materiál:	Liadrain 2/8 lehčené kamenivo droené, čistá cihelná drť z nestandardních výrobků cihelny 2/12, pórovité struskové kamenivo 2/8, rašelina 0/7, kompost, dolomitický vápenc, živiny. Všechny suroviny jsou s dokumenty a certifikované. Substrát je prostý plevelů, škůdců a zárodků chorob. Obsah organických látek je do 15% objemu podle uvedených norem.																																			
Vlastnosti parametry:	<p>Hodnoty parametrů jsou podle rozboru VÚKOZ - ing. Dubský (v závorce jsou hodnoty z posledního rozboru)</p> <table> <tr> <td>Objemová hmotnost ve vysušeném stavu (OHS)</td> <td>627 kg/m³</td> </tr> <tr> <td>Objemová hm. vlhká ve zhuštěném stavu (OHV-z)</td> <td>758 kg/m³</td> </tr> <tr> <td>Objemová hmotnost v max. nasyceném stavu (OHN)</td> <td>1275 kg/m³</td> </tr> </table> <table> <tr> <td>Maximální vodní kapacita (MVK):</td> <td>30-55 objem.% (50,2%)</td> </tr> <tr> <td>Retence vody při MVK:</td> <td>5 l/cm výšky/m²</td> </tr> <tr> <td>Vzduch při MVK:</td> <td>> 8 objem.% (19,4%)</td> </tr> <tr> <td>Celkový objem vzduchových pórů</td> <td>> 85 objem.% (89,8%)</td> </tr> <tr> <td>Zrnitost/obsah částic <0,063 mm</td> <td>≤ 15 hmot.%</td> </tr> <tr> <td>Organické látky:</td> <td>> 15 objem.%</td> </tr> <tr> <td>Spalitelné látky:</td> <td>2 – 4 hmot.% (3,2%)</td> </tr> <tr> <td>Hořlavost:</td> <td>nehořlavý materiál</td> </tr> <tr> <td>Obsah semen plevelů:</td> <td>Bezplevelný ≤ 1</td> </tr> </table> <table> <tr> <td>hodnota pH CaCL₂:</td> <td>6 – 8,5</td> </tr> <tr> <td>Rozpuštěné soli, hodnota EC:</td> <td>≤ 0,65 mS/cm</td> </tr> <tr> <td>Propustnost:</td> <td>6-70 mm/min (16,8 mm/min)</td> </tr> <tr> <td>Zhutnění:</td> <td>do 25%</td> </tr> <tr> <td>Zhutnění (ZH) Proctorovou zk. VÚKOZ</td> <td>(17,3%)</td> </tr> </table>		Objemová hmotnost ve vysušeném stavu (OHS)	627 kg/m ³	Objemová hm. vlhká ve zhuštěném stavu (OHV-z)	758 kg/m ³	Objemová hmotnost v max. nasyceném stavu (OHN)	1275 kg/m ³	Maximální vodní kapacita (MVK):	30-55 objem.% (50,2%)	Retence vody při MVK:	5 l/cm výšky/m ²	Vzduch při MVK:	> 8 objem.% (19,4%)	Celkový objem vzduchových pórů	> 85 objem.% (89,8%)	Zrnitost/obsah částic <0,063 mm	≤ 15 hmot.%	Organické látky:	> 15 objem.%	Spalitelné látky:	2 – 4 hmot.% (3,2%)	Hořlavost:	nehořlavý materiál	Obsah semen plevelů:	Bezplevelný ≤ 1	hodnota pH CaCL ₂ :	6 – 8,5	Rozpuštěné soli, hodnota EC:	≤ 0,65 mS/cm	Propustnost:	6-70 mm/min (16,8 mm/min)	Zhutnění:	do 25%	Zhutnění (ZH) Proctorovou zk. VÚKOZ	(17,3%)
Objemová hmotnost ve vysušeném stavu (OHS)	627 kg/m ³																																			
Objemová hm. vlhká ve zhuštěném stavu (OHV-z)	758 kg/m ³																																			
Objemová hmotnost v max. nasyceném stavu (OHN)	1275 kg/m ³																																			
Maximální vodní kapacita (MVK):	30-55 objem.% (50,2%)																																			
Retence vody při MVK:	5 l/cm výšky/m ²																																			
Vzduch při MVK:	> 8 objem.% (19,4%)																																			
Celkový objem vzduchových pórů	> 85 objem.% (89,8%)																																			
Zrnitost/obsah částic <0,063 mm	≤ 15 hmot.%																																			
Organické látky:	> 15 objem.%																																			
Spalitelné látky:	2 – 4 hmot.% (3,2%)																																			
Hořlavost:	nehořlavý materiál																																			
Obsah semen plevelů:	Bezplevelný ≤ 1																																			
hodnota pH CaCL ₂ :	6 – 8,5																																			
Rozpuštěné soli, hodnota EC:	≤ 0,65 mS/cm																																			
Propustnost:	6-70 mm/min (16,8 mm/min)																																			
Zhutnění:	do 25%																																			
Zhutnění (ZH) Proctorovou zk. VÚKOZ	(17,3%)																																			
Forma dodávky:	pytlovaný 45l, v Big Bagu 1,7 m ³ , volně ložený, silocisternou s vyfoukáním až do 80m																																			
Skladování:	v suchu, pytle a BigBagy chránit před UV																																			
Normy:	<p>Odpovídá požadavkům německé metodiky FLL, rakouské ÖNORM a české směšici, vydanou odbornou sekci Zelené střechy při SZÚZ - Standardy pro navrhování, provádění a údržbu vegetačního souvrství zelených střech.</p> <p>Měření objemu substrátu v sypaném stavu - EN 12580. Zhutnění=jednorázové ušlapání při aplikaci a výsadbě, případně uválcování travním válečkem včetně připočítání slehnutí v čase. Nepřímým zhutněním se vrstva přirozeně snižuje - metodika FLL 2008 a ČSN EN ISO 11508, PN 170001-1.</p>																																			
Číslo registrace	UKZÚZ: 3512																																			
<i>U výše uvedených hodnot je třeba počítat s výrobní tolerancí do 8-10 %.</i>																																				
<i>BB Com s.r.o. si vyhrazuje právo na změny a doplnění o nové aktuální poznatky a rovněž modifikaci uvedených vlastností.</i>																																				

4-2021

STŘEŠNÍ SUBSTRÁT ACRE EXTENZIVNÍ

Výrobce: ACRE, spol. s r. o., Střížkovská 2426/1, 180 00 Praha 8, IČ: 26454173

Číslo ohlášení: 0714

Číslo typu: 19.4 d) Zeminy a substráty na bázi minerálních komponentů

Chemické a fyzikální vlastnosti

Vlastnost	Hodnota
Spalitelné látky ve vysuř. vzorku v %	2 - 8
Hodnota pH (výluh CaCl ₂)	6,5 - 8,5
Elektrická vodivost ve vodním výluhu 1v:5v mS cm ⁻¹ max.	0,5
Částice nad 31,5 mm v % max.	10,0

Obsah rizikových prvků splňuje zákonem stanovené limity v mg/kg sušiny:
kadmium 2, olovo 100, rtuť 1,0, arsen 20, chrom 100, nikl 50, měď 100, zinek 300.

Rozsah a způsob použití

Střešní substrát ACRE extenzivní je homogenizovaná směs drceného spongilitu, drceného expandovaného jílu a rašeliny. Je vhodný pro nenáročné rostliny, jako jsou mechy, rozchodníky a některé další suchomilné trvalky a traviny, které se dlouhodobě obejdou bez závlivky. Používá se ve vrstvách 4–20 cm. Vyznačuje se dobrou hydroakumulační schopností a dostatečnou propustností, je schopen odvádět přebytečnou vodu do drenážní vrstvy. Substrát je v kombinaci s hrubým spongilitem frakce 16–40 mm v podílu do 40 % obj. vhodný i pro vyplnění pěstebních panelů (šířka do 10 cm) svislých vegetačních stěn.

Střešní substrát ACRE extenzivní má nízký obsah živin, při jarní výsadbě se doporučuje do vegetační vrstvy zapravit startovací dávku NPK hnojiva, např. zásobní hnojivo s obsahem živin 15/9/11 s účinností 5–6 měsíců. Celková doporučená dávka dusíku na vegetační období je 5 g/m², tj. kolem 35 g uvedeného hnojiva na m². Stejná dávka hnojiva se doporučuje aplikovat i na začátku vegetačního období (duben/květen) v následných letech.

Substrát má nízký obsah semen plevelů, k výrobě jsou použity komponenty bez obsahu klíčivých semen plevelů. Případné plevele z náletů budou odstraněny při první údržbě zelené střechy, kterou by měl garantovat realizátor.

Střešní substrát ACRE extenzivní má specifické fyzikální vlastnosti odpovídající danému použití, je součástí řady střešních substrátů firmy ACRE.

Parametry střešních substrátů ACRE – podle metodik FFL a podnikové normy 01/2016 firmy ACRE.

vlastnost	jednotka	extenzivní jednovrstvý	extenzivní	polointenzivní	intenzivní
objemová hmotnost v suchém stavu	g/l	650–800	700–950	700–950	800–1000
objemová hmotnost v nasyceném stavu	g/l	850–1300	1050–1550	1100–1550	1250–1650
maximální vodní kapacita (MVK)	% obj.	20–50	35–60	40–65	45–65
obsah vzduchu při MVK	% obj.	>15	>10	>10	>10

propustnost	mm/min	60–100	8–40	5–40	5–30
podíl částic d <0,063 mm	% hm.	<6	<15	<20	<20
obsah semen plevelů	počet/l	≤1	≤1	≤1	≤1

Pokyny pro bezpečnost a ochranu zdraví při práci: Při práci dodržujte základní pravidla osobní hygieny a používejte ochranné rukavice. Po práci umyjte ruce vodou a mýdlem, ošetřete reparačním krémem.

První pomoc: Při zasažení očí rychle a důkladně vypláchnout proudem čisté vody. Při potřísnění pokožky omýt vodou a mýdlem. Při náhodném požití substrátu vypít asi 0,5 l pitné vody. V závažnějších případech, při požití nebo zasažení očí vyhledat lékařskou pomoc.

Podmínky skladování: Skladujte na chráněném místě tak, aby nedošlo ke zhoršení jeho vlastností. Výrobek skladujte odděleně od potravin a krmiv. Chraňte před dětmi.

Výrobek se dodává volně ložený nebo big-balech o objemu 0,75 - 2 m³.

Doba použitelnosti: 24 měsíců od data výroby při dodržení skladovacích podmínek.

Číslo výrobní šarže:

Datum výroby: