

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA STAVEBNÍ

Katedra ekonomiky a řízení ve stavebnictví



Technologicko- ekonomické aspekty zelených stěn

Technological and economic aspects of green walls

Diplomová práce

Studijní program: Stavební inženýrství
Studijní obor: Stavební management

Vedoucí práce: Ing. Lucie Brožová, Ph.D.

Bc. Filip Benedikt

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Benedikt** Jméno: **Filip** Osobní číslo: **409706**
Fakulta/ústav: **Fakulta stavební**
Zadávající katedra/ústav: **Katedra ekonomiky a řízení stavebnictví**
Studijní program: **Stavební inženýrství**
Studijní obor: **Stavební management**

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce:

Technologicko - ekonomické aspekty zelených stěn

Název diplomové práce anglicky:

Technological and economic aspects of green walls

Pokyny pro vypracování:

Práce bude rozdělena do dvou částí, teoretické a praktické. Obsahem teoretické části bude přiblížení a vysvětlení problematiky zelených stěn, historický původ a vývoj k dnešní podobě. Dále bude obsahovat obecnou typologii a rozdělení dle použité technologie výstavby, včetně ukávek praktického užití daných typů stěn. V praktické části budou vyčíslené pořizovací náklady a dále provozní náklady během životního cyklu. Výsledky budou aplikovány na několik variant zelených stěn.

Seznam doporučené literatury:

Schneiderová Heralová, R. a kol.: Kalkulace nákladů ve stavebnictví. 1. vyd. Praha: Česká technika- nakladatelství ČVUT, 2017. 144 s. ISBN 978-80-01-06348-4
Menzel, L.: Facades : design, construction & technology, Braun, 2012, ISBN: 978-3-03768-110-7
Puškár, A.: Obvodové pláště budov - fasády, Bratislava, Jaga, 2002, ISBN: 80-88905-72-9
Schneiderová Heralová, R. a kol.: Ekonomika výstavbových projektů. 1. vyd. Praha: Powerprint, ČVUT, 2018, ISBN978-80-7568-130-0

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) diplomové práce:

Ing. Lucie Brožová, Ph.D., katedra ekonomiky a řízení stavebnictví FSV

Jméno a pracoviště druhé(ho) vedoucí(ho) nebo konzultanta(ky) diplomové práce:

Datum zadání diplomové práce: **28.02.2019**

Termín odevzdání diplomové práce: **19.05.2019**

Platnost zadání diplomové práce:



Ing. Lucie Brožová, Ph.D.
podpis vedoucí(ho) práce



doc. Ing. Renáta Schneiderová Heralová, Ph.D.
podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry



prof. Ing. Jiří Máca, CSc.
podpis děkana(ky)

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Diplomant bere na vědomí, že je povinen vypracovat diplomovou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v diplomové práci.

Datum převzetí zadání



Podpis studenta

Abstrakt

Tato diplomová práce se zabývá problematikou zelených stěn. Je rozdělena do dvou částí, teoretické a praktické. Teoretická část obsahuje vysvětlení pojmu zelená stěna a uvedení do problematiky zelených stěn. Tato část se také zabývá historií, vývojem a rozdělením zelených stěn dle typologie. Dále jsou zde popsány technologické možnosti výstavby.

Praktická část diplomové práce obsahuje čtyři varianty způsobu ozelenění aplikované na modelové fasádě bytového domu. Pro každou variantu jsou pak vyčísleny celkové náklady na pořízení a náklady na údržbu zelené stěny. Výsledky jsou závěrem vzájemně porovnány a vyhodnoceny.

Klíčová slova

Zelená fasáda; Živá stěna; Mur Végétal; Popínavá rostlina; Udržitelnost; Městský tepelný ostrov; Ocenění variant; Porovnání variant

Abstract

This diploma thesis deals with concept of Green Walls and is divided into two parts, the theoretical and practical part. Description of a term Green Wall and introduction to the concept of The Green Walls can be found in the theoretical part. This part also deals with the history, development and distribution by typology. There are also described the technological options of construction.

The practical part of diploma thesis contains four variants of greening method, applied on the model facade of the apartment building. Total cost of acquisition and maintenance cost of green walls are calculated for each variant. The results are finally compared and evaluated.

Key words

Green facade; Living walls; Mur Végétal; Climbing Plant; Sustainability; Urban Heat Island; Valuation of variants; Comparison of variants

Prohlášení

Prohlašuji, že na diplomové práci jsem pracoval samostatně pod odborným vedením Ing. Lucie Brožové a pravdivě uvedl veškeré zdroje, které jsem v ní použil.

Nemám námitek proti použití tohoto školního díla ve smyslu § 60 Zákona č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon).

V Praze dne 10.5.2019

.....
Filip Benedikt

Poděkování

Na tomto místě bych rád poděkoval vedoucí mé diplomové práce Ing. Lucii Brožové, Ph.D. za věcné připomínky a odborné rady v průběhu vypracování práce. Dále bych rád poděkoval zástupcům firem, zabývajících se vybraným technologickým řešením, za poskytnuté informace, materiály a odborné rady. Především také děkuji rodině a zaměstnavateli za podporu při závěrečném studiu.

Obsah

1	ÚVOD	7
2	PŘÍBLÍŽENÍ PROBLEMATIKY ZELENÝCH STĚN	9
2.1	HISTORIE ZELENÝCH STĚN	10
2.2	VÝZNAM ZELENÝCH STĚN PRO ŽIVOT VE MĚSTĚ	12
2.3	TRVALE UDRŽITELNÝ ROZVOJ SPOLEČNOSTI A MĚSTA	12
2.4	MĚSTSKÝ TEPELNÝ OSTROV	13
2.5	TEPELNĚ TECHNICKÉ VLASTNOSTI ZELENÝCH STĚN	16
2.6	DALŠÍ VLASTNOSTI ZELENÝCH STĚN	17
2.6.1	<i>LEED, BREEAM</i>	18
3	PATRICK BLANC	19
3.1	MUR VÉGÉTAL.....	21
4	ZELENÉ FASÁDY - EXTENZIVNÍ	23
4.1	ROZDĚLENÍ PNOUCÍCH DŘEVIN DLE ADAPTAČNÍCH MECHANIZMŮ UCHYCENÍ	25
4.1.1	<i>Vzpěrné dřeviny</i>	25
4.1.2	<i>Kořenující dřeviny</i>	25
4.1.3	<i>Ovčívivé dřeviny</i>	26
4.1.4	<i>Úponkaté dřeviny</i>	27
4.1.5	<i>Dřeviny úponkaté s adhezivními terčíky</i>	27
4.2	DALŠÍ POZOROVATELNÉ MECHANIZMY PNOUCÍCH ROSTLIN	28
4.3	VÝZNAM PNOUCÍCH DŘEVIN A JEJICH PŮSOBENÍ	29
4.3.1	<i>Snižování vlhkosti</i>	31
4.3.2	<i>Ochrana před prachem</i>	32
4.3.3	<i>Snižování hlučnosti</i>	32
4.3.4	<i>Tepelná ochrana</i>	32
4.3.5	<i>Přírozené útočiště hmyzu</i>	33
4.4	ZELENÉ FASÁDY BEZ PODPORY PNUTÍ	33
4.5	ZELENÉ FASÁDY S PODPOROU PNUTÍ	34
4.5.1	<i>Lanový a mřížový systém</i>	35
4.5.2	<i>Drátový systém</i>	37
4.5.3	<i>Modulový systém</i>	38
5	ŽIVÉ STĚNY - INTENZIVNÍ	40
5.1	SOUVISLÉ ŽIVÉ STĚNY	40
5.1.1	<i>Technologické řešení značky ČAROKVĚTY</i>	42
5.2	MODULOVÉ ŽIVÉ STĚNY.....	45

5.2.1	<i>Systém boxů</i>	45
	<i>Optigrün</i>	46
	<i>LIKO-S</i>	47
5.2.2	<i>Systém květináčů/truhlíků</i>	49
	<i>Gro-Wall</i>	50
	<i>NĚMEC – VERTIKÁLNÍ ZAHRADY</i>	51
6	REALIZOVANÉ PROJEKTY ZELENÝCH FASÁD	54
6.1	REALIZOVANÉ PROJEKTY NA ÚZEMÍ ČR	54
6.1.1	<i>AFI Karlín</i>	54
6.1.2	<i>LIKO-NOE a LIKO-Vo</i>	55
6.2	REALIZOVANÉ PROJEKTY V ZAHRANIČÍ	57
6.2.1	<i>Vertikální les</i>	58
7	APLIKACE ZELENÝCH STĚN NA MODELOVÝ OBJEKT	59
7.1	NEREZOVÝ TRELÁŽOVÝ SYSTÉM KRAUPNER	63
7.1.1	<i>Trelážový systém na fasádě bez zateplení</i>	65
7.1.2	<i>Trelážový systém na fasádě s kontaktním zateplením</i>	67
7.1.3	<i>Zazelenění treláže</i>	69
7.1.4	<i>Trelážový systém – rekapitulace</i>	72
7.2	SYSTÉM FASÁDNÍCH MODULŮ LIKO-S	74
7.3	SYSTÉM KVĚTINÁČŮ NĚMEC CASCADE GARDEN	76
7.4	SOUVISLÁ ŽIVÁ STĚNA ZNAČKY ČAROKVĚTY	78
7.5	POROVNÁNÍ VARIANT	81
8	ZÁVĚR	84
	SEZNAM OBRÁZKŮ	86
	SEZNAM TABULEK	87
	SEZNAM GRAFŮ	88
	SEZNAM VZORCŮ	88
	SEZNAM ZDROJŮ	88

1 Úvod

Zelené stěny mají v ohledu budoucí výstavby stále větší potenciál. Stejně jako již hojně užívané zelené střechy se podílí na přetváření hustě zastavěných měst. Díky nedostatku stavebních parcel dochází k postupnému odsunu a odstraňování tamní zeleně. Tento úbytek způsobuje řadu problémů projevujících se na životě člověka v takovýchto městech. Využití svislých, jinak nevyužitelných fasád objektů, je ideálním řešením pro navrácení zeleně zpět do měst. Jedná se tak o možnost směřovat stavbu budov k větší šetrnosti k ekologii. Ozelenění fasád nemá však pro člověka přínos pouze ve zlepšení ovzduší, pozitivním vlivu na psychologii nebo ve větší estetičnosti. Zelené řešení svislých obvodových plášťů má pozitivní přínos i v ohledu fyzikálních vlastností působících na obyvatelnost objektu a na objekt samotný.

Cílem této diplomové práce je přiblížit danou problematiku, zatřídit druhy stěn dle technologie výstavby a způsobu ozelenění. Dále pak vybrané typologicky odlišné varianty aplikovat na modelové fasádě objektu a vyčíslit investiční náklady na pořízení a náklady na údržbu a provoz. Zjištěné výsledky pak dále vyhodnotit a porovnat.

Tato práce je rozdělena na část teoretickou a praktickou. Teoretická část obsahuje historii zelených stěn, jejich význam a vlastnosti. Dále se se v této části práce zabývám podrobnějším typologickým rozdělením a variantami technologického provedení. Nechybí zde zmínka o realizovaných projektech zelených fasád i živých stěn na území ČR a v zahraničí.

V části praktické se věnuji výběru 4 různých variant ozelenění fasády a jejich technologickému provedení. Všechny varianty aplikuji na modelovou fasádu čtyřpodlažního bytového domu. Výsledkem praktické části jsou rozpočty, vyčíslení nákladů na pořízení a nákladů na údržbu jednotlivých variant v rozsahu provedení na modelové fasádě. Pro porovnání jsou výsledky vztaženy na 1 m². Provedené varianty jsou v závěru porovnány a vyhodnoceny.

Rešerše literatury

1. Identifikování klíčových slov

- Zelené fasády (Green facades)
- Živé stěny (Living walls)
- Popínavá rostlina
- Udržitelná výstavba

2. Kdo zkoumal popisovaný problém

- Özgür Burhan Timur, Elif Karaca, Samuel Burian, Petr Hájek

3. Objevené zdroje, jejich obsah a organizace

- Vertical Gardens
 - Özgür Burhan Timur a Elif Karaca zde pojednávají o typologii zelených stěn, jejich užití, vlastnostech a jejich působení na životní prostředí – kapitola z odborné knihy [1]
- Konference Stromy a jejich vliv na stavby
 - Burian zde pojednává o pnoucích dřevinách a jejich vlivu na konstrukce – tématický okruh sborníku příspěvků [2]
- Udržitelná výstavba budov a její uplatňování ve střední Evropě
 - Hájek zde pojednává o principech a hlavních úkolech udržitelné výstavby budov – odborný článek [3]

4. Kritické zhodnocení zdrojů

Dle mého názoru jsou výše uvedené zdroje na odborné úrovni a vhodné pro použití v této práci. Z uvedených zdrojů tak budu následně čerpat.

2 Přiblížení problematiky zelených stěn

Pojem zelená fasáda je ve světě stavebnictví stále aktuálnější téma. Obecně by se dalo spíše mluvit o zelených stěnách, které mohou být fasádám nadřazeným pojmem. Přívlastek „zelená“ neurčuje pouze barvu finálního povrchu, která bezesporu tento odstín většinou má, ale technologii a materiál, který je na tento druh stěn používán. Tímto zdrojem zelené barvy a stavebního materiálu jsou živé rostliny.

Zelená stěna by se tak dala definovat jako svislá konstrukce s živou rostoucí vegetací. Hluběji se pak dá hovořit o exteriérových zelených fasádách nebo vertikálních zahradách. Liší se od sebe technologií, kterou je docíleno, aby rostlina kopírovala konstrukci objektu. Stejně jako zelené střechy se dají zelené stěny rozdělit na extenzivní a intenzivní. Zásadní rozdíl je ve způsobu ozelenění a směru růstu vegetace. Dle užívaného rozdělení v této práci se mezi extenzivní stěny řadí zelené fasády. Jedná se tak o stěny tvořené pnoucí se rostlinou po objektu či předsazené konstrukci. Vegetace tak roste ze zeminy u paty objektu. Mezi skupinu intenzivních patří komplikovanější ozelenění způsobem živých stěn. Vegetace je v tomto případě zakořeněná v celé ploše stěny. Tento způsob ozelenění je dražší, složitější, náročnější na provoz, ale účinnější například v ohledu fyzikálních vlastností působících na blízké okolí stěn. [5]

Oba způsoby jsou dalším krokem zasazujícím se o zvýšení podílu zelených ploch ve městech. Těchto ploch zde díky nové výstavbě razantně ubývá, místy dokonce ustoupily zástavbě úplně. Důležitým impulsem jsou dnes běžně používané zelené střechy. Tyto střešní flory fungují především na nových administrativních budovách, kde plní nejen roli nutného procentuálního podílu zeleně nově zastavěné plochy, ale také jakési oázy pro uživatele budovy. Potřeba výstavby dalších prostor ať už pro business, bydlení nebo státní služby postupně vytlačuje z měst zeleň. Jedno řešení, jak zeleň zachovávat, je například využívání brownfieldů. Staré, dnes již nevyužívané objekty rekonstruovat či účelně přestavovat na budovy vyhovující dnešním potřebám. Takovéto projekty však přináší velké množství překážek a nástrah pro uskutečnění. Mnohem jednodušší je postavit budovu na zelené louce. S touto možností je však ideální v projektu využít právě možnost zelených střech a fasád, pro zachování oné původní zelené louky.

2.1 Historie zelených stěn

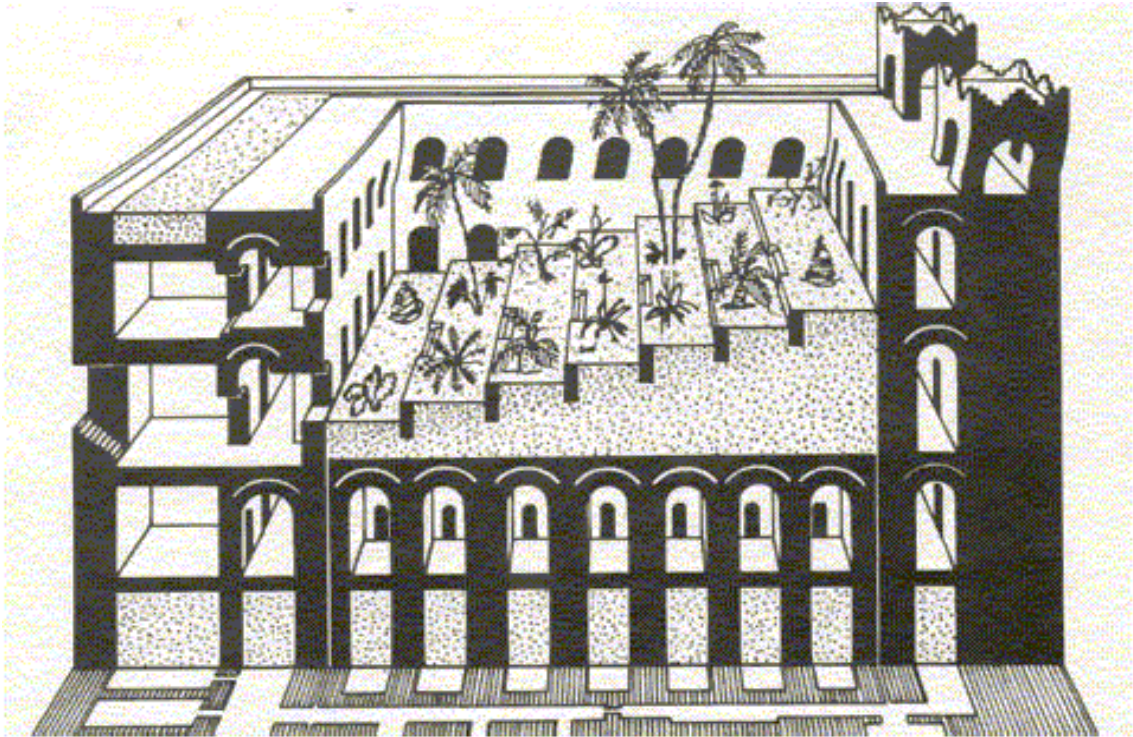
Při pohledu na architekturu v našem hlavním městě můžeme vidět, že zelených stěn je mnohonásobně méně než zelených střech. Mohlo by se tak zdát, že fenomén zelené stěny je až pozdější evolucí právě zelené střechy. V české republice je se „zelenou architekturou“ obecně problém v jejím zpoždění několika desetiletí. Víceméně se s ohledem na západní architekturu jedná o více než půl století. S přispěním politického režimu 20. století tak máme co dohánět.

Za původem myšlenky objektu porostlého vegetací se tak musíme porozhlédnout po vzdálenějších koutech světa. A zároveň se vrátit v čase i o několik tisíciletí. Civilizace se ve starověku začali z jeskyní přesouvat do území v okolí řek. Tam byla ve spojení se závlahou z řeky orná půda, vhodná pro pěstování obživy. Za prapůvod ozelenění budov můžeme považovat již používání jílů a trsů trávy, kterými tyto lidé utěšňovali své první chýše a jednoduché přístřešky z důvodu vytvoření příjemnějšího prostředí uvnitř obydlí. Nejednalo se tak o design, vegetace splňovala pouze potřebu izolace.

Za nejstarší cíleně ozeleněný projekt můžeme považovat visuté zahrady královny Semiramis. Podle historických pramenů vznikl tento ekosystém v 6. století před naším letopočtem v oblasti Mezopotámie. Hlavní město Babylon mělo za vlády krále Nabukadnesara II. vzkvétat do podob na níže uvedených obrázcích. Kaskádovitě vytvořené zahrady byly vybudovány na stupňovitě vystavěných zděných základech v kombinaci s lípanou klenbou, která byla předchůdcem budoucí valené klenby používané ve středověku. Zahrady byly zavlažovány vodou, která měla být dopravována do nejvyšších pater zahrad lidskou silou, pomocí mechanického dopravníku. Izolační vlastnosti tepelné a hydroizolační zastávala ve střeších kombinace olověných plátů a rákosu zalitého asfaltem. Na těchto vrstvách byla dále navezena zemina, ve které byla zasazena vegetace všeho druhu.

Ve starověkém Řecku a později Římě dala antická kultura architektuře nemalé množství paláců, obsahující bohatě porostlé střešní zahrady. Takto zvelebená sídla byla důkazem nadřazenosti a vysokého postavení ve společnosti. Často vysazovaná vinná réva pnoucí se po pergolách tvořila souvislé zelené stěny. Tím vznikly i první zelené fasády, ačkoli nevznikaly účelně jako součást konstrukce pláště budovy. Chudší obyvatelstvo, které nemělo dostatečné postavení, budovalo u svých domů menší zahrady. Možností, jak vyřešit menší prostor, bylo sázení stromů a keřů do větších květináčů. Zde také může

pocházet jedna z myšlenek dnešních vertikálních modulových stěn skládaných z boxů či květináčů.



Obrázek 1: Možná podoba Babylonských zahrad [44]

Během středověku se aplikace zelených fasád posunula o malý krok vpřed. Víceméně za jediné zdařilé pokusy můžeme brát občasné vysazování vinné révy, která se dokázala po objektech pnout do vyšších výšek. V období renesance docházelo k rozkvětu střešních květinových zahrad, ovocných sadů a teras sloužících jako vinice. Zejména v Itálii ve městech Řím, Benátkách či Veroně. Na jedno z prvních účelových osazení obecně známého brečťanu se ale čekalo přibližně do počátku 20. století v zemích jako je Velká Británie či ve státech Severní Ameriky. K ozelenění fasády celistvou plochou tak došlo až poměrně nedávno. V roce 1988 se jako podpůrný systém začalo používat natažených ocelových lan, a následně se v brzkých 90. letech na americkém trhu objevil tzv. modular trellis panel systém. [1], [4], [5]

Největším objevitelem a propagátorem zelených stěn je bezesporu francouzský vědec a botanik Patric Blanc. Ve světě stavebnictví se stal ve 2. polovině 20. století známým díky objevu zelené vertikální stěny zvané *Mur Vegetal*, kterou si také nechal patentovat. Jelikož je stopa Patrica Blanca v oboru zelených stěn tak velká, rozhodl jsem se mu věnovat samostatnou kapitolu.

2.2 Význam zelených stěn pro život ve městě

Několik let po krizi ve stavebnictví v České republice můžeme mluvit o stavebním boomu. Alespoň tak tomu je v hlavním městě, kde vidíme ve většině proluk stát jeřáby nebo zde probíhají výkopové práce, a připravuje se tak k dalšímu zahuštění zástavby. Billboardy propagující nové bydlení a kancelářské prostory jsou na každém rohu. Dnes velmi používaný beton, ale nejen ten, se rozrůstá po celém městě. Přibývající konstrukce samotných domů, ale i zpevněné plochy jím patřících chodníků, silnic a parkovacích míst, přispívají k obecnému oteplování města. Dochází tak k podpoře vzniku tzv. *tepelných ostrovů*. Plochy zeleně jsou tak logicky na ústupu. Nátlak a kapitál developerů často ústí ke změnám využití pozemků a kvůli změnám v územním řízení tak dochází k další a další zástavbě. Výstavba dalších budov je samozřejmě logický vývoj a růst měst. Tento růst však musí být řízen pravidly a usměrňován do určitých mantinelů. Zastupitelé měst, kteří výstavby povolují, by tak měli myslet na tzv. *trvale udržitelný rozvoj společnosti a trvale udržitelný rozvoj města*. [13]

2.3 Trvale udržitelný rozvoj společnosti a města

Udržitelný rozvoj je jakousi strategií lidstva, která má za úkol koordinovat vývoj civilizace v několika základních cílech. Komise OSN pro životní prostředí hovoří o snaze docílení rovnováhy mezi 3 základními pilíři lidské činnosti. Jedná se koordinaci pilíře ekonomického, environmentálního a sociálního. Cílem udržitelného rozvoje by tedy měla být účinná ochrana životního prostředí, snaha o zajištění stabilní a dostatečně vysoké úrovně ekonomického růstu v závislosti na zdravém růstu zaměstnanosti, a především sociální rozvoj respektující každého obyvatele. Plnění mezinárodních závazků v ohledu udržitelného rozvoje lze indikovat hned podle několika bodů. Státy OSN se zavazují ve snižování odpadu, zkvalitnění odpadového hospodářství, snížení emisí látek znečišťujících ovzduší, snížení objemu emisí skleníkových plynů, snížení znečištění vod, zvýšení životního standardu v rozvojových zemích atd. Hned několik těchto bodů úzce souvisí s rozšiřováním a tvorbou měst. Tudíž i v návaznosti na architekturu a stavebnictví. Téma zelených fasád a živých stěn bych ve zmíněných 3 základních pilířích viděl zejména jako součást pilíře environmentálního a sociálního. [3]

Trvale udržitelný rozvoj společnosti je takový rozvoj, který současným i budoucím generacím zachovává možnost uspokojovat jejich základní životní potřeby, a přitom nesnižuje rozmanitost přírody a zachovává přirozené funkce ekosystému. Takto o pojmu hovoří zákon o životním prostředí. Zjednodušeně se jedná o to, aby člověk svým

jednáním co nejméně zasahoval do ekosystému naší planety. Vývoj člověka je přirozenou věcí, s kterou přichází větší a náročnější potřeby. Zvýšení inteligence, objasňování jevů, objevování zdrojů energie a další růst lidské nadřazenosti přináší bohužel technologie, které jsou často nepříznivé pro ekosystém, v kterém žijeme. Tento rozvoj člověka tudíž musí jít ruku v ruce s řadou opatření, která vedou ke snižování vlivu člověka na přírodu, aby tak došlo k zachování vhodného prostředí pro život dalším generacím. Pokud jednáním člověka dochází ke znehodnocování ekosystému, musí docházet uměle k její zpětné regeneraci. [6]

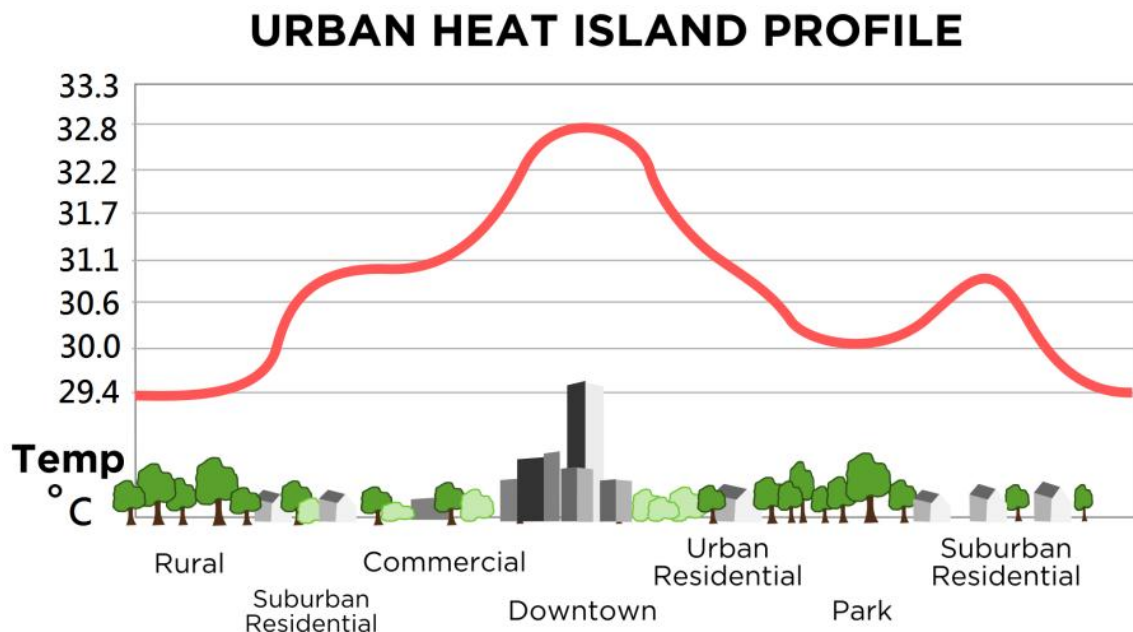
Ve městech se stavebním potenciálem tak musí docházet k výstavbě nejen nových budov, ale i zelených ploch. K podpoře zeleně v zahuštěné výstavbě pomáhají právě zelené stěny. Jejich minimální půdorysná náročnost je podpořena možností využití obrovských jinak nevyužívaných ploch fasád objektů. Myšlenka takovéto výstavby vede k druhému pojmu výše zmíněnému, a to k trvale udržitelnému rozvoji města.

Idea environmentálně smýšlející společnosti by se měla projevit i na budoucím rozvoji měst. Rozšiřováním hranic velkých měst a pohlčováním dalších blízkých sídel vznikají aglomerace obrovských rozměrů. Urbanismus, jakožto disciplína zabývající se záměry lidského osidlování, řešením venkovských obcí a řešení měst, dává vzniku modelu pro trvalou budoucnost. Urbanismus je vědou smýšlející o spokojenosti a idealizaci lidského bytí v součinnosti s městem. Správně nastavený model města by měl dělat svého obyvatele spokojeného a šťastného.

2.4 Městský tepelný ostrov

Se zahušťováním výstavby a rozšiřováním měst během civilizačního vývoje dochází k jevu tzv. městských tepelných ostrovů. Je to jev, při kterém dochází ke zvyšování průměrných denních a nočních teplot vzduchu. Rozdíl je patrný v porovnání průběhu teplot naměřených v hustě osídlených centrech měst a teplot naměřených v jejich vzdálenějším okolí a za hranicí měst. Tento problém není žádnou novou informací posledního desetiletí. Vědci se jím začali zabývat již v 50. letech minulého století, v době velké urbanizace a industrializace. Tepelný ostrov je v určité formě přirozenou součástí naší planety. Plochy jako jsou skály, písčiny nebo pole pokrytá obilninou, se na přímém slunci zahřívají více než plochy s vegetačním krytem. Sluneční záření akumulují v podobě tepla, které je dále rozšiřováno do okolí a tím dává vzniku přirozenému tepelnému ostrovu. Postupnou urbanizací k dnešní podobě došlo k tomu, že se lidským

příčiněm rozšířila plocha bez vegetačního krytu, který by sluneční záření fotosynteticky využíval. Došlo tak vlastně k umělému rozšíření původně přírodních tepelných ostrovů v umělé ostrovy městské. Druhým velkým faktorem kromě akumulace tmavých stavebních materiálů, betonu, asfaltu apod. je vlastnost městské zástavby v odvádění srážkové vody pryč z povrchu. Kvůli tomu, že je srážkové vodě zabráněno vsakování a následnému odpařování, nedochází k přirozenému ochlazování prostředí. [8]

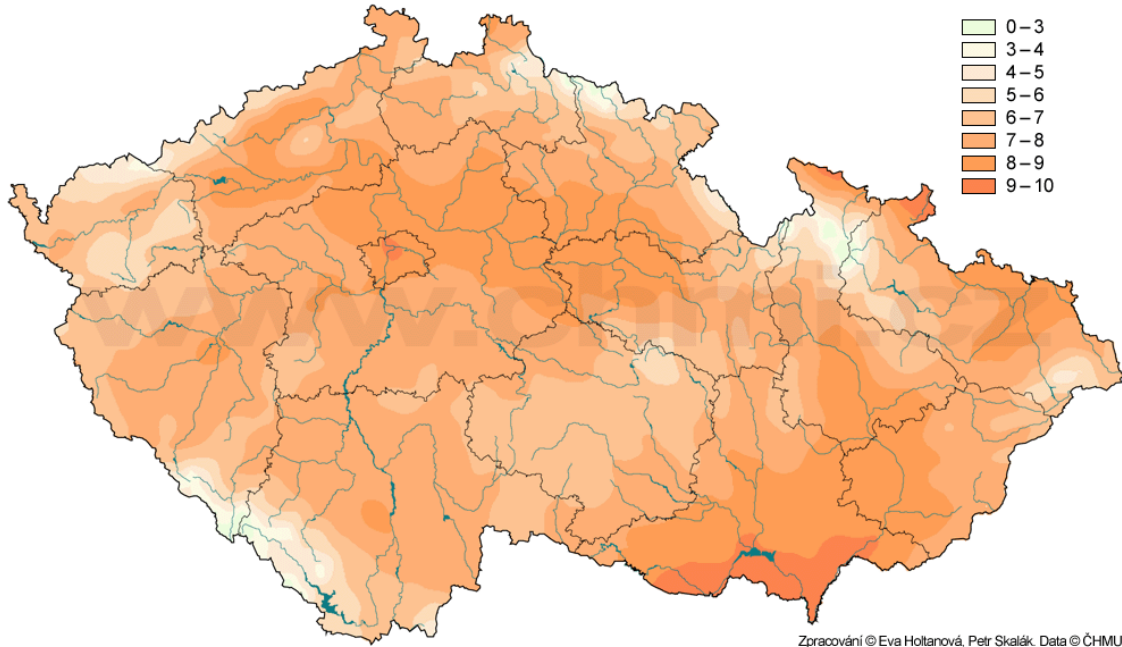


Obrázek 2: Profil městského tepelného ostrova [8]

Zvětšování rozlohy a intenzity tepelných městských ostrovů má čím dál více negativní dopad na obyvatele takovýchto měst. Nejvíce se projevuje v letních měsících, kdy může mít řada obyvatel problémy se spaním, sníženou pracovní výkonnost nebo obecně sníženou psychickou pohodu. Navzdory těmto negativním jevům přichází do měst bydlet stále více lidí. Předpověď vědců v oblasti migrace je, že v roce 2050 by mělo ve městech žít přibližně 70 % celkové populace. Průměrná teplota metropolí je na stejnou dobu odhadována přibližně o 8 °C vyšší, než je dnes. Trend zvyšující se průměrné teploty ve městech je prokazatelný ze záznamů ČHMÚ. Na mapě České republiky znázorňující průměrnou roční teplotu vzduchu můžeme vidět v oblastech měst ono zvýšení. Zatímco v dlouhodobých průměrech z let 1961-1990 je viditelně nejteplejší oblastí Jižní Morava, na mapě zobrazující období 1981-2010 je již místem s nejvyšší průměrnou roční teplotou centrum Prahy. Ta se tedy v rozmezí přibližně 50let zvýšila z 9,5 °C na 11,5 °C. Chování městského tepelného ostrova je zapotřebí vnímat jako zvýšení průměrných denních a

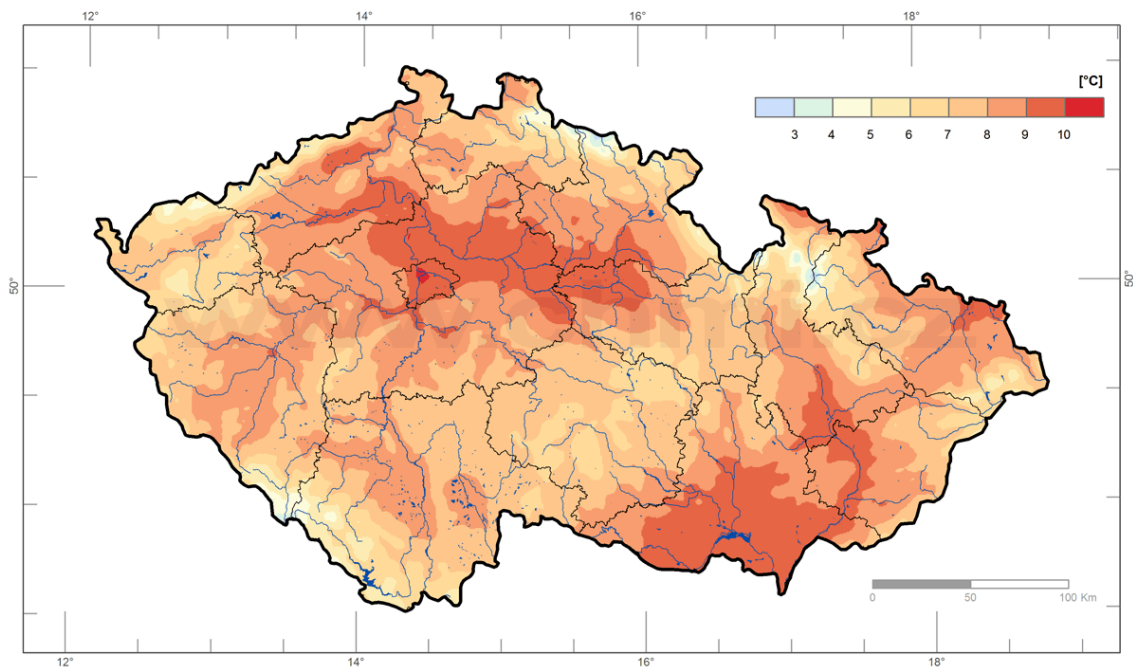
nočních teplot v dané oblasti. Nejedná se o hodnotu naměřených krátkodobých extrémů. Během denních vysokých teplot se stavby postupně ohřívají. Ty pak během večerních hodin akumulují teplo, které ohřívá vzduch a průměrná teplota se tak zvyšuje. [9]

Průměrná roční teplota vzduchu za období 1961–1990 [°C]



Obrázek 3: Průměrná roční teplota vzduchu 1961-1990 [45]

Průměrná roční teplota vzduchu za období 1981-2010



Obrázek 4: Průměrná roční teplota vzduchu 1981-2010 [45]

Na zvyšování průměrných teplot ve městech se samozřejmě podílí i další činitelé. V první řadě je to samotná přítomnost lidí. Jeden člověk průměrně vykoná 80 W. Další velmi vysokým činitelem je člověkem využívaná doprava, kde každé motorové vozidlo vydá další velké množství odpadního tepla. Doprava ruku v ruce s hustou zástavbou a jí ustupující zelení, jsou asi činiteli nejzásadnějšími. Tato problematika není zastavitelná, ale správným urbanistickým řízením výstavby a řešením dopravy lze její působení zmírnit.

Jak tedy vývoj městského tepelného ostrova omezit? Musí dojít k přelomu ve zvýšení výsadby stromů, tvorbě většího množství parků a stromořadí. V hustě zastavěných městských centrech lze však těžko hledat volně využitelnou plochu pro výstavbu plošné zeleně. V tomto případě je prostor ideální právě pro vertikální zahrady ve formě zelených fasád a živých stěn.

2.5 Tepelně technické vlastnosti zelených stěn

Pro představu, jakým způsobem mohou ovlivňovat zelené stěny vývoj tepelných ostrovů, zde přiblížím jejich možné tepelně technické vlastnosti. Vycházím ze studie Gabriela Péreze, který se snažil ve své práci shromáždit informace právě na toto téma. Na tepelně technické vlastnosti má vliv především orientace stěny ke světové straně, podnebí, ve kterém se vyskytuje, druh zvolené vegetace, a především druh zvolené zelené stěny. Tedy technologie, jakou je skladby zelené stěny docíleno. Orientace stěny v kombinaci s výběrem rostliny pro dané podnebí je základem úspěchu. Rozdíly bych podle Pérezovi práce dále demonstroval na rozdílných konstrukcích. Například u klasických zelených fasád s pnoucí se rostlinou přímo po objektu velmi záleží na mocnosti vegetace. Velký rozdíl nastává u vrstvy zeleně tlusté 10 cm a 45 cm. U menší mocnosti byl naměřen rozdíl teplot do 2 °C, zatímco u 4,5 x větší tloušťce vegetace lehce pod 10 °C. Tyto rozdíly byly naměřeny při denním teplotním maximu. V závislosti oblasti výskytu fasády tedy může docházet ke snížení teplot za fasádou přibližně až o 10 °C. Druhým zkoumaným způsobem konstrukce zelené fasády je konstrukce předsazená objektu. Do aspektů ovlivňujících výsledný rozdíl teplot se zde přidává tloušťka vzduchové mezery mezi předsazenou konstrukcí a objektem. Podle měřených hodnot může u předsazených konstrukcí docházet k ochlazení až o 15 °C, v závislosti na proudění vzduchu v mezeře. Velký vliv na rozdílnou teplotu mezi exteriérem a interiérem má i procentuální míra zakrytí spodní fasády objektu. Vegetace pokrývající 12 % původní fasády dokáže udělat rozdíl přibližně 4 °C. V případě zkoumaného přibližně 50 %

ozelenění došlo k poklesu až o 11 °C. Zároveň má větší hustota ozelenění vysoký vliv na okolní mikroklima z důvodu aktivněji probíhající fotosyntézy. U živých stěn se opět přidává další parametr ovlivňující výsledné teplotní rozdíly. Varianty živých stěn se substrátem tak vlastní další vrstvu izolantu právě ve formě zeminy. Výsledná čísla se liší v závislosti na vlastnosti zeminy a mocnosti vrstvy. V kombinaci se vzduchovou mezerou, správným výběrem vegetace a procentuálním zazeleněním je možné dosahovat snížení hodnot průměrné teploty od 12 do 21 °C. Zmíněné hodnoty byly naměřeny v letních měsících. [11]

2.6 Další vlastnosti zelených stěn

Struktura vegetace užívané na zelených fasádách a živých stěnách má kladně působící akustické vlastnosti. Rostliny, potažmo přítomný substrát, mají vlastnost částečného zvukového izolantu. Tyto přírodní materiály dokáží zvukové vlny určitých délek pohltit stejně dobře jako některé stavební materiály klasické. Nízké zvukové frekvence dokáže částečně pohltit, a tak i tlumit především přítomný substrát. O vysoké zvukové frekvence se stará vrstva rostlé vegetace. Hranice vyšších a nižších zvukových frekvencí byla ve výzkumu stanovena na 1 kHz. Měření na intenzivních stěnách podle zdroje ukazovalo na utlumení hluku o přibližně 4 dB. Jedná se tak o měření zvukových frekvencí vyšších než 1 kHz, neboť intenzivní zelené fasády neobsahují v ploše stěny substrát. U stěn intenzivních se určitá neprůzvučnost projevuje více. Přítomnost substrátu a správně rostlé vrstvy vegetace dokáže snížit hluk až o 15 dB. Živé stěny mají taktéž velmi pozitivní výsledky v době dozvuku, a dobře tak působí proti vznikající ozvěně.

Z pohledu ekonomického jsou vlastnosti zelených stěn poměrně těžko definovatelné. Náklady spojené s pořízením zelených fasád a živých stěn se odvíjí od zvoleného typu a technologie. Takovéto náklady se samozřejmě vyčíslit dají i s ohledem na životnost konstrukce. Další vyčíslitelnou složkou pro ekonomické porovnání mohou být náklady na údržbu konstrukce. V případě aplikace zelených stěn může docházet ke snižování spotřebované energie v objektech. Lze tak hledat určité energetické úspory promítající se na ekonomice provozu objektu. Přínosy v ohledu environmentálním, v působení na život člověka, jsou těžko vyčíslitelné. Ekonomický přínos v ohledu zlepšení kvality ovzduší, snížení množství CO₂, zpomalení rozšiřování tepelných městských ostrovů a například i v estetičnosti měst je velmi obtížné vyčíslit. Určité studie s těmito veličinami pracují, já však v rámci této práce neměl ke zdroji přístup, proto jsem je dále nerozvíjel. S těmito vlastnostmi je však možné při realizaci počítat s dotací na

zelené stavby. Faktorem vyčíslitelným může být ještě ochrana spodní fasády před působením vnějších vlivů. Lze tak hledat určité úspory na opravách a údržbě těchto zelení chráněných konstrukcí. [11]

Zelené stěny jsou jako vegetační celek nepřehlédnutelné, a splňují tak nenahraditelnou architektonickou nadstavbu objektu. Budova se tak díky přelomovému vzhladu a pozitivnímu přístupu k ochraně přírody může stát velmi atraktivní na trhu s nemovitostmi. Například pro velké významné společnosti může být sídlo v takové budově značkou určité vyspělosti a zárukou kvality. Stavby mohou také například dostat mezinárodně uznávané certifikace, které hodnotí budovy z hlediska komplexní udržitelnosti.

2.6.1 LEED, BREEAM

LEED a BREEAM jsou, jak jsem již zmínil, systémy hodnotící budovy z hlediska jejich komplexní udržitelnosti. LEED je zkratkou pro systém americký, celým názvem Leadership in Energy and Environmental Design. Systém BREEAM je původu britského, celým názvem Building Research Establishment Environmental Assessment Method, založený 10 let před systémem LEED již v roce 1990. Udržitelnost budovy hodnotí systémy hned v několika kategoriích. Hodnotí energetickou účinnost budovy, podíl na tvorbě skleníkových plynů, míru záruky zdraví a psychické pohody na pracovišti, nakládání s odpady atd. Důvodů, proč získat na budovu takovou certifikaci, je několik. První z nich je vyšší atraktivita budovy pro nájemce. Nájemci šetří na spotřebovaných energiích a platí ze vysoce kvalitní prostředí místo vysokých provozních nákladů. Jedním z indikátorů kvalitní firmy je na dnešním trhu právě to, jak a kde firma sídlí a jak se chová k životnímu prostředí. Úspory během životního cyklu objektu hovoří až o 20 % původních stavebních nákladů. Certifikace se také dokáže projevit v prodejní ceně budovy. Ta se dokáže vyšplhat i o 10 % původní ceny. [12]

3 Patrick Blanc

Botanik, vědec a umělecký designér francouzského původu se narodil 3. června 1953 v Paříži. Již v dětství se objevila jeho vášeň pro přírodu, kterou završil roku 1978 doktorským studiem na Univerzitě Paříž VI, plným názvem Université Paris VI Pierre et Marie Curie. Ve stejném roce byl publikován první článek, ve kterém byl Patrick Blanc stavěn do role průkopníka vertikální zahrady. Již roku 1979 se začal naplno zabývat studiem tropických rostlin a podnikl první ze svých mnoha výprav za poznáním života a vývoje subtropické a tropické vegetace. Na základě mnoha výzkumných cest objevil fakt, že rostliny dokážou růst i v podmínkách, které nezajišťují přítomnost zeminy. Všiml si, že jsou místa, kde se rostlinám daří na skalách, v úzkých trhlinách kamenů, v kmenech stromů nebo například na starých historických stavbách či jejich ruinách. Na takovýchto místech bylo zeminy buď velmi malé množství, nebo třeba i vůbec žádné. Zjistil tím, že existují rostliny, které ke svému životu a růstu nepotřebují mít své kořeny usazené hluboko v zemině. Podle jeho objevů tak zemina rostlinám poskytuje pouze jakousi mechanickou oporu. Vše, co ke svému životu tedy pozorované rostliny potřebují, je již zmíněná závlaha obohacená o potřebné minerály, oxid uhličitý a sluneční světlo potřebné pro fotosyntézu. Tento objev tak vedl k vybudování první živé zelené stěny, jejíž technologii si nechal roku 1988 patentovat. Systém, jenž vybudoval, nese název *Mur Végétal*. [14], [15]



Obrázek 5: Inspirace pro Mur Végétal- Jižní Korea [28]



Obrázek 6: Inspirace Mur Végétal- Hong Kong [28]



Obrázek 7: Inspirace pro Mur Végétal- Thajsko [28]

Obrázek 8: Inspirace pro Mur Végétal- Kamerun [28]

První živá stěna typu *Mur végétal* vznikla již roku 1986 na půdě muzea a vzdělávacího institutu vědy a průmyslu v Paříži. V tomto případě se jednalo o interiérovou instalaci, která odstartovala další vývoj v exteriérovém použití. Dala tak do budoucna vzniknout více než 300 projektům po celém světě. Na těchto projektech Patrick Blanc spolupracoval s mnoha významnými architekty jako je například francouz Jean Nouvel, japonský architekt Tadao Ando a Kazuyo Sejima nebo australský designér Marc Newson. Do povědomí veřejnosti se dostal díky projektu kompletní zelené fasády muzea mimoevropského umění Quai Branly v Paříži otevřeného v roce 2006. Objekt vyprojektoval výše zmíněný francouzský architekt Jean Nouvel. Fasáda tak vychází ze spolupráce designéra Gilla Clémenta a Patricka Blanca. Opláštění tvoří vegetace o ploše cca 17 500 čtverečních metrů. Tato plocha je soubor bezmála 150 druhů, v celkovém množství přibližně 150 000 kusů rostlin. Jejich původ je z velmi vzdálených koutů světa, například Japonska, Číny, Severní i Jižní Ameriky. Některé druhy jsou však i místní, tudíž pochází z Evropy. Kromě exteriérové zelené stěny tvořící plášť budovy se v kancelářích objektu nachází několik stěn interiérových. [16]



Obrázek 9: Musée du Quai Branly- exteriér [27]

Obrázek 10: Musée du Quai Branly- interiér [27]

3.1 Mur Végétal

Důvodem vzniku této konstrukce je potřeba navracet přírodě zpět to, co jí bylo člověkem odebráno. Rozvoj člověka, jeho potřeb a nezastavitelný vývoj technologií vede k další a další zástavbě. Myšlenka není pouze v návratu odebrané plochy půdy, ale i ve vlastnostech, které na zeměkouli rostliny zastupují. Snižování množství zeleně způsobuje například na některých místech migraci živočichů. Určitý druh hmyzu může být závislý na druhu místní zeleně a kvůli jejímu odebrání dojde ke změně jeho přirozeného prostředí. Dalším tématem je koloběh vody v přírodě, do kterého zástavba velmi zasahuje. V neposlední řadě má takováto konstrukce i výrazný vliv na člověka. Barvy rostlin kladně působí na psychiku obyvatel velkých šedých měst, jelikož jsou příjemným barevným oživením mezi studenými a depresivními barvami domů. V letních měsících přispívají živé stěny i k celkovému ochlazení rozpálených ulic.

Mur Végétal je názvem pro systém uchycení a obecně technologii živé zelené stěny, na kterou vlastní Patrick Blanc patent. Stěna se skládá ze 3 konstrukčních vrstev. Ve směru z interiéru k exteriéru obsahuje rám z lehkého kovu, vrstvu PVC izolace a vrstvu plsti. Spodní kovový rám slouží jako nosný prvek celé konstrukce. Může být kotven a zavěšen tak na stěnu objektu, nebo být nezávislý na objektu a samovolně stát. Hlavním důvodem rámu je držet stálou vzdálenost živé stěny od stěny objektu a tvořit tak potřebnou vzduchovou mezeru. Ta během životnosti konstrukce zajišťuje dobré tepelné a zvukově izolační vlastnosti. Druhou, střední vrstvou, je PVC podložka, o tloušťce přibližně 10 mm. Tento materiál má hned několik vlastností. První z nich je s ohledem na

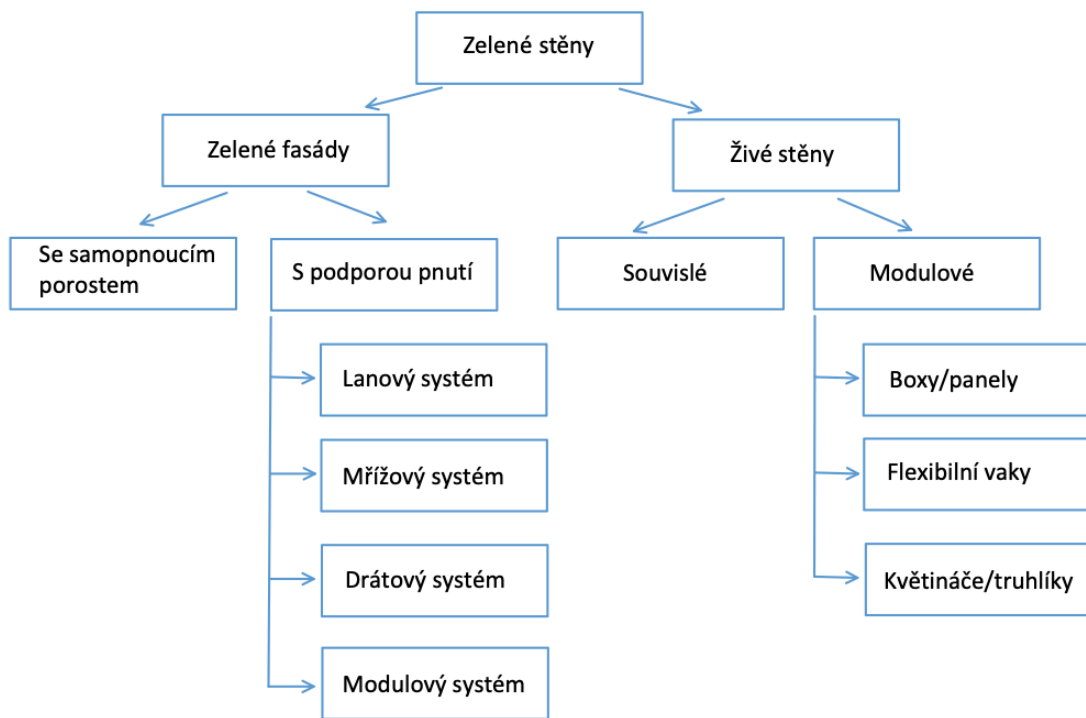
vlastní statiku stěny. Jedná se o dodání tuhosti kovovému nosnému rámu. Druhou vlastností je, že působí jako hydroizolace a zajišťuje tak stěny objektu před působením vlhkosti. Zde je prostor i pro trubkový systém budoucího zavlažování. Třetí a poslední je, že zastává podkladní vrstvu pro osazené rostliny. Na vrstvu PVC přichází ještě třetí poslední neméně důležitý materiál. Dvě vrstvy zahradnické plsti s kapsami tvoří prostředí pro růst vegetace. Dalo by se říct, že vrstvy plstě simulují rostlinám mech, který podporuje jejich růst na skalních stěnách. Rostliny se do kapes sází ve formě semínek nebo rovnou jako odrostlé kusy. Následným proplétáním kořenů vzniká pospolitá vrstva, a dává tak vzniku ucelenému vegetačnímu systému. Poskládání druhů rostlin do plochy podle předem připraveného projektu určuje výsledný grafický dojem. Jedná se tak i o konstrukci tvořící finální design objektu, který je v podání Patricka Blanca jedinečný. [15], [17]

4 Zelené fasády - extenzivní

Jak je již zmíněno v předešlých kapitolách, k ozelenění objektu může dojít samovolným způsobem. Rostliny se pnou po fasádách domů, protihlukových stěnách kolem silnic nebo třeba po dnes velmi oblíbených gabionových konstrukcích. Ať už se jedná o jakýkoliv případ, pnoucí rostliny jsou prvkem ve stavebnictví již dlouhé roky. Tvoří tak jednu ze dvou skupin, do kterých se dají zelené stěny obecně rozdělit. Zde přichází pojem zelená fasáda, který je použit již v prvním odstavci této práce a zahrnuje tak fasády obsahující popínavé rostliny. Druhou skupinou jsou tzv. živé stěny, které netvoří pouze živá rostlina samovolně rostoucí po objektu. Rostliny jsou doplněny stavebními technologiemi dodávající stěnám nejen tvar, směr a rozsah růstu, ale i s růstem úzce spojené zavlažování a potřebné živiny. Tomuto způsobu ozelenění objektů, se věnuje další kapitola.

Důležitým faktem je, že základem každého pláště se samopnoucí rostlinou je správně provedená, celistvá a celkově zdravá fasáda objektu. Pokud je rostlina vedena po předsazené konstrukci před fasádou objektu, vzniká tak vzduchová mezera. Takovouto mezerou dochází nejen k provětrávání fasády vespodu, ale i ke vzniku vrstvy vzduchu působící jako tepelný izolant. Tento způsob provedení opláštění objektu vede také k mírnému zlepšení ovzduší v okolí objektu. Rostliny působí kladně na psychiku člověka, produkují kyslík, snižují prašnost prostředí, zadržují vlhkost a upravují tak klima budovy uvnitř i v jejím okolí. Zadržováním a vedením vlhkosti jsou rostliny schopné stavbu svým kořenovým systémem do určité míry i odvodňovat.

Pro lepší přehled rozdělení poslouží dále uvedená grafika (*Obrázek 12*), kde jsou znázorněné obě skupiny a jejich podskupiny zelených stěn, které je možné na objektech použít. [11]



Obrázek 11: Rozdělení zelených fasád [autor]

Zelené fasády jsou technicky jednodušším způsobem provedení zelených stěn. Jedná se o ponechání fasády objektu na pospas popínavé rostlině, která ze zeminy samovolně roste v těsné blízkosti budovy. Pro její přichycení k objektu může, ale také nemusí, sloužit jednoduchá podpurná konstrukce. Rozhodujícím faktorem je výběr rostliny, kterou chce majitel na stěnách budovy instalovat. K výběru rostliny je však zapotřebí uvážit nejen vizuální podobu finální fasády. Projekt musí zohledňovat geografickou polohu, nadmořskou výšku a světovou stranu, na kterou bude zelená fasáda směřovat. Pnoucí dřeviny se rozlišují celou škálou adaptivních mechanismů, které umožňují přichycení se rostliny k podpurnému materiálu. Toto rozlišení může sloužit k jednoduššímu rozdělení pnoucích dřevin s podobnou charakteristikou na dřeviny šlahounovité neboli vzpěrné, kořenující, ovíjivé, úponkaté a úponkaté s adhezivními terčíky. Zmíněné pořadí není náhodné, ukazuje na jakousi posloupnost vývoje adaptace rostlinných orgánů pro přichycení. [2]

4.1 Rozdělení pnoucích dřevin dle adaptačních mechanismů uchycení

V této podkapitole jsem čerpal převážně z knihy *Konference stromy a jejich vliv na stavby* [2], proto zdroj uvádím v jejím začátku. Další doplňující zdroje jsou uváděny v průběhu.

4.1.1 Vzpěrné dřeviny

Vzpěrné neboli šlahounovité rostliny používají ke kopírování terénu a přichycení například trny. Jedná se právě o jeden z nejjednodušších adaptivních orgánů. Typickou vzpěrnou rostlinou je růže či jasmín nahokvětý. Větvičkami přeměněnými ve zpětně zahnuté trny se zapírají do podkladu, a pouze se tak o konstrukci opírají. Druhy vyznačující se tímto způsobem přichycení se tak nachází na jakémsi pomezí mezi normální a pnoucí rostlinou.



Obrázek 12: Popínavá růže [autor]

Obrázek 13: Zpětně zahnuté trny růže [autor]

4.1.2 Kořenující dřeviny

Ve druhé skupině je nejznámějším zástupcem hojně užívaný břečťan. Patří mezi rostliny, které vlastní přičepivé adventivní kořeny. Přívlástek přičepivé pochází z podobnosti s čepem truhlářského spoje. Tyto kořeny vyplňují nerovnosti podkladu a tím umožňují růst nahoru po svislé ploše. Splňují však pouze funkci adaptivních orgánů pro mechanické ukotvení, v tomto případě, k fasádě. Ačkoliv se jedná o kořeny, nelze je využít k rozmnožení a případnému zakořenění samostatné větvičky. Tento způsob uchycení nemá v obvyklých případech negativní dopad na podkladní fasádu. Je však třeba opatrnosti v případech vysoké vlhkosti a horší soudržnosti povrchu fasády. [19]



Obrázek 14: Pnoucí se břečťan [autor]



Obrázek 15: Pnoucí se břečťan [autor]

4.1.3 Ovíjivé dřeviny

Mají svou přednost adaptivních orgánů zřejmou již z názvu. Směr růstu otáčivým pohybem kolem podpůrného systému je jedním z nejdokonalejších systému mechanického ukotvení ke konstrukci. Zásadní rozdíl oproti skupině s přičepivými kořeny je ten, že díky otáčivému pohybu neumí samovolně pokrýt fasádu objektu v ploše. Rozrůstání do plochy tak zajišťuje správně provedená podpůrná konstrukce. Oporu a rozmach do plochy může rostlině dávat systém lan, mříží a drátů, který je vhodně prostorově uspořádán. Výhon rostliny tak musí mít dostatečný prostor, aby mohl růst odrůdě danou křivkou. Každá z rostlin této skupiny má své původem zakódované vlastnosti růstu. Křivka, kterou oporu ovíjí, ale i například směr otáčení výhonů. Směr ovíjení je u druhů rostlin neměnný. Systém lan, mříží nebo drátů by tak měl již od prvopočátku svého návrhu počítat se směrem, kterým se bude rostlina ovíjet. Některé druhy jsou charakteristické i těsností otáček výhonů. Například takový zimokeř ovíjí svou podporu natolik, že jí může doslova zdeformovat. Často se stává, že se omotává kolem jiných stromů a svým postupným mohutněním výhonů se do nich zařezává. Proto se mu také někdy říká „škrtič stromů“. U těchto druhů dřevin se musí dát pozor, aby

nedocházelo k deformaci například okapových svodů. Pnutím po představené lanové konstrukci se může převinout až na zmíněný svod a mohutněním ho tak znehodnotit. [19]

4.1.4 Úponkaté dřeviny

Předposledním mechanismem jsou tzv. úponky (*cirrhus*), což jsou rostlinné orgány metamorfované z jiných částí rostliny, jako je list, stonek nebo kořen. Stupňů metamorfózy je několik. Dochází tak k různé dokonalosti těchto přeměn. Nejnižším stupněm metamorfózy je přeměna listů plamének nebo některých bylin rodu *Tropaeolum* nebo *Asarina*. Obvyklým vyvinutím čepele listu tak zůstává asimilační funkce listu nezměněna. Funkci úponku plní přeměněný řapík listu. U dalších druhů je tomu právě naopak, kde funkci úponku plní metamorfovaná čepel listu. Nejčastějším jevem u pnoucích dřevin je však přeměna hned celé větve na úponku. Jakousi raritou mezi pnoucími rostlinami, které se dají pěstovat v našich podmínkách, jsou rostliny s úponky, které vznikly metamorfózou trichomů (*smilax*). V tomto případě tak dochází k doplnění úponky četnými dlouhými ostny. Díky tomu se rostlina jednodušeji přichytí. Po ovinutí tenké podpůrné konstrukce se zbytek úponky začne zakrucovat tak, aby postupně přitáhl celý výhon co nejlíže k podpůrné konstrukci. Dochází tak k co možná nejdokonalejšímu zkopírování podkladu. Nejvíce rozšířeným zástupcem je vinná réva. [18]



Obrázek 16: přichycení úponku vinné révy [46]

Obrázek 17: *Clematis* neboli plamének [autor]

4.1.5 Dřeviny úponkaté s adhezivními terčíky

Nejdokonalejší adaptací orgánů schopných mechanického uchycení jsou adhezivní terčíky. Daly by se nazvat jakousi přísavkou. Úponky se na koncích rozvětvují a vytváří tak větší množství uchycujících se orgánů. Obsahují také zduřeninu, která

vyklučuje lepkavou hmotu. Díky této hmotě se úponky nepotřebují obtáčet, ale doslova se přilepí. Zduřenina se následně rozšíří a vzniká tak adhezivní terčík, který je s podkladem dokonale spojen. Na konec se úponka opět zvlí, zkroutí a přitáhne výhon co nejbližší k podkladu. Zástupcem této skupiny jsou hojně užívané přísavník trojcípý nebo přísavník pětilistý. [18],[19]



Obrázek 18: Přísavník [autor]

Obrázek 19: Přichycení úponky k podkladu [autor]

4.2 Další pozorovatelné mechanismy pnoucích rostlin

Rozdělení podle těchto charakteristických způsobů uchycení však není striktní a jediné. Neznamená, že má každá rostlina jen jeden jediný způsob. Je to častý jev, ale například výše zmíněný smilax je důkazem propojení hned několika charakteristik. Samotný adaptivní mechanismus uchycení není jediným mechanismem podporující specifický růst pnoucích dřevin. Uchycení doprovází vlastnosti materiálu. Pnouce dřeviny mají překvapivě nízkou hmotnost a zároveň vysokou houževnatost. Dalším důležitým faktorem je tloušťka borky. Dřeviny, které sezónně opadají, mají borku velmi tlustou. Ta během zimního období kladně působí jako dobrá tepelná izolace. Břečťan, který neopadá a má tak svou krycí vrstvu zaručenou během celého roku listy, má borku tenčí. Pnouce rostliny jsou také charakteristické svým zpětně ohnutým vegetačním vrcholem. Jelikož je to vrchol rostliny, který se po konstrukci v nejvyšším bodě a není dostatečně chráněn listy, ohýbá se zpět proti směru růstu. Tím je chráněn před extrémními teplotami, kterým by jinak byl vystavován. [2]

Mimořádně důležitou vlastností popínavých rostlin je tzv. negativní fototropismus. Tato charakteristika je důležitá nejen pro samotnou rostlinu, ale i pro

možnost její aplikace a využití na stavebních objektech. Právě díky negativnímu fototropismu jsou některé pnoucí rostliny schopné sledovat a kopírovat podklad, po kterém se mají cíleně pnout. Fototropismus je schopnost růstového pohybu orgánů rostliny za vyvolaným zdrojem světla. Negativní je tak logicky pohyb opačný neboli ohyb od vyvolaného zdroje světla. Tuto vlastnost mají vyvinutou především kořenující a úponkaté dřeviny. Vyhledávají si tak oporu pro své kořeny a úponky v temných prasklinách, mezerách a škvírách v podkladu. Jedná se především o rostliny tvořící plošné ozelenění podkladu. Hustá vrstva listů vytváří na ploše dostatečný stín a tím přívětivější prostředí pro uchycení opor. Tato vlastnost však může mít ve stavebnictví i negativní dopad. Nevhodný výběr pnoucí rostliny s vyvinutým příliš vysokým negativním fototropismem může mít za následek zalézání výhonů hlouběji do konstrukce. Může tak ve výsledku docházet k odlamování obkladů, nadzvedávání střešní krytiny a dalším nepotřebným jevům.

4.3 Význam pnoucích dřevin a jejich působení

Pnoucí dřeviny mají velký význam v oboru stavebnictví zejména díky potřebě malého půdorysného prostoru pro vytvoření velké nadzemní hmoty. Z malé půdorysné plochy je tak možné „vystavět“ svislou plošnou zelenou vrstvu, která je ideální zejména v zahuštěné městské zástavbě. Díky vlastnosti přijímání tvaru opěrné konstrukce, tak lze ve městech doplňovat zeleň i tam, kde již plochy v horizontální rovině volné nejsou. Zazelenění plochy však není jediným kladem takovýchto konstrukcí. Další využití přichází v čistě vizuální podobě. Vysazením pnoucích rostlin lze například rozbít špatně provedenou kompozici zástavby. Dohromady nesouznící stavby lze sladit a propojit je tak ve společně fungující celek. Příkladem může být vlakový násyp či viadukt, který jakožto dopravní stavba často do okolní občanské zástavby nezapadá. Popínavá rostlina však dokáže vhodným umístěním obě stavby elegantně propojit.

***Příklad:** V pražské Karlíně vlastník bytového objektu sousedícího s drážní stavbou obnovil dřevěné oplocení zadního dvora. Díky zasazení pnoucí dřeviny tak dochází k obrůstání plotu a postupnému propojení obou staveb. Opěrné zdi násypu jsou také porostlé zelení, tudíž nebude plot vyčnívající raritou. Rozdíl bude vidět pouze v zimních měsících, jelikož majitel obytného domu zvolil pro osazení břečťan, který je neopadavý.*



Obrázek 20: Břečťan spojující objekty [autor]

Obrázek 21: Porostlá drážní stavba [autor]

Výše zmíněný příklad je pouze problémem architektonického, vizuálního, výtvarného či urbanistického rázu. Nejedná se tak přímo o problematiku zelené fasády jako účelově vzniklé části konstrukce pláště budovy.

V užívání těsného spojení pnoucích dřevin s budovami je velmi diskutovanou kapitolou působení a vliv na jejich vlastní stavební konstrukci. Široká veřejnost si z velké části myslí, že pnoucí dřeviny mají na svědomí degradaci konstrukce objektu, po které se pne. Přesvědčení, že omítka ukrytá pod rostlinou trpí, je však mylné. Důležitým faktorem pro budoucí symbiózu je vhodný výběr dřeviny k danému typu podkladu. Například omítka je díky vrstvě listů chráněna před nepříznivými vlivy počasí, ať už jsou to kyselé deště, sněžení nebo extrémní výkyvy teploty vzniklé působením slunce a střídáním ročních období. Některé zahraniční studie dokonce hovoří o ochraně, která životnost fasády objektu zvyšuje dvojnásob až trojnásobně. Pro vytvoření skutečné zelené fasády je zapotřebí ideálního výběru dřeviny, která dokáže vytvořit plošný a hustý porost. V případě že rostlina tvoří plochou, pevně přitisknutou vrstvu k objektu, dává tak vzniku pláště s jedinečnými vlastnostmi. Chrání objekt celkově proti srážkové vodě a snižuje tak možnou vyšší vlhkost zdiva. Zelená fasáda zajišťuje snížení přehřívání pláště a tím i

možné pnutí v konstrukci způsobené rozdílnou tepelnou roztažností použitých materiálů. Dále také zachycuje polétavý prach a látky vypuštěné do ovzduší, tzv. exhalace. V neposlední řadě také přispívá ke snížení hlučnosti v okolí, jelikož lépe pohlcuje zvukové vlny než rovná plochá stěna objektu, která je snadno odráží. [2]

4.3.1 Snižování vlhkosti

Kořeny popínavých rostlin absorbují denně desítky litrů vody, a to z míst základové spáry objektu. Tento jev může být vnímán jako velmi negativní faktor ohrožující stavbu v oblasti vysušování základové zeminy. Negativní dopad na budovy má vysušování základové zeminy jen v oblastech, kde se nachází objemově nestabilní půda, což je v ČR velmi malá část území. (Obrázek 22) Je nutné si naopak uvědomit, že velkou část běžných závad staveb má na svědomí vlhkost zdiva pronikající základovou spárou. Popínavé rostliny mají tudíž v tomto směru dopad spíše pozitivní. Další kladnou vlastností je porostem vzniklá přirozená hydroizolace. Listy všech rostlin mají vlastnost se otáčet za sluncem tak, aby byly schopné zachytit co nejvíce světla, co možná největší plochou. Je to přirozený jev pro fungování fotosyntézy. Struktura navzájem se překrývajících listů funguje jako skládaná střešní krytina. Po takto vzniklé souvislé ploše voda spolehlivě stéká do zeminy v patě objektu, kde si jí rostlina jímá kořeny podle vlastní potřeby. Dochází tak k ochraně fasády objektu před vlhkostí vzniklou deští a ta tak zůstává suchá. Naopak odvodu vodních par z objektu zamezeno není. Díky nízkému difuznímu odporu porostu tak mohou vodní páry snadno unikat. [2]



Obrázek 22: Mapa ČR- výskyt objemově nestabilních půd (Ing. J.Seyček, CSc) [2]

4.3.2 Ochrana před prachem

Druhý, a pro lidský život důležitý význam, přináší pňoucí rostliny v podobě snižování prašnosti. Na velkých plochách listů se zachycují vzduchem se šířící smítka prachu, oxidy dusíku, oxid siřičitý a další. Například oxidy se na listech trvale vážou a jsou tak dalším činitelem v procesu fotosyntézy. Další nepotřebné látky jako je prach jsou s příchozím deštěm z listů smývány. Dalo by se tvrdit, že je tak spodní fasáda objektu dobře chráněna nejen před kyselými dešti. Tento faktor má kladný přínos zejména ve velkých městech, kde je díky husté dopravě výše zmíněných látek až přespříliš. [2]

4.3.3 Snižování hlučnosti

Další, pro města typický význam, je v dobrém tlumení zvuku. Nejedná se však o materiál jako takový, který by byl schopný zvuk pohlcovat. Ke snižování hlučnosti dochází díky struktuře, kterou rostoucí rostlina tvoří. Od hladké a pevné plochy obyčejné fasády se zvukové vlny snadno odráží a šíří dále do okolí. Díky nepravidelné struktuře povrchu, tvořené pňoucí dřevinou, dochází k utlumení zvuku a ke snížení zpětného odrazu do okolí. Dostatečným důkazem pro to, že zeleň snižuje hlučnost, je užití pňoucích rostlin na protihlukových stěnách v okolí rychlostních silnic a drážních těles. Ve městech jsou pro potřeby snižování prašnosti a hlučnosti budovány například zelené tramvajové pásy. Jedná se sice o horizontálně vysazené trávy, ale vlastnost rostlin snižovat tyto dva nepříznivé faktory je zde patrná. [2]

4.3.4 Tepelná ochrana

S ohledem na tepelnou ochranu působí zelená fasáda dvěma způsoby. První je tzv. pasivní způsob ochrany. Dokonale propojená vrstva rostliny v ploše zajišťuje fasádě objektu funkci jakési ochranné rolety před slunečním zářením. Tímto způsobem dokáže zelená fasáda odrazit až 25 % dopadajícího záření ze slunce. Další pasivní částí ochrany je vlastnost materiálu naakumulovat a později vysálat do okolí až 35 % dopadajícího záření. Další 25-35 % je aktivně přeměněno při transpiraci a 5-15 % při rostlinám jedinečném biochemickém procesu fotosyntéze. Díky kombinaci těchto vlastností a procesů dokáže zelenou fasádou proniknout přibližně pouze 5-20 % původně dopadajícího slunečního záření. Ve výsledku by se tato čísla dala shrnout v praktickém příkladu. Holá stěna s fasádou provedenou klasický způsobem vystavena přímému slunečnímu záření se zahřeje například na 42°C. Teplota, prakticky stejně provedené stěny pokryté navíc zelenou fasádou, vystoupá jen na 22°C. Toto radikální snížení

působení teplotních rozdílů na konstrukci má pozitivní vliv na její celkovou životnost. Snížením teplotních výkyvů totiž dochází ke snížení pnutí v materiálech. [2]

4.3.5 Přírozené útočiště hmyzu

Z pohledu ochránců přírody a příznivců zelené architektury je provedení zelených fasád podporou přírodního prostředí živočichů. Je to způsob, jak ve městech zajistit útočiště například pro opylující hmyz. Naopak pro sousední nemovitosti může být větší koncentrace hmyzu jistým diskomfortem.

4.4 Zelené fasády bez podpory pnutí

Základní a technologicky nejjednodušší provedení zelené fasády je způsobem samovolného pnutí rostliny bez přidané podpůrné konstrukce. Znamená to tedy, že si vybraná pnoucí dřevina roste v přímém kontaktu s objektem. Pro vytvoření celistvé zelené fasády je zapotřebí zvolení vhodné rostliny. Její výběr musí zohledňovat vlastnosti adaptivních orgánů určených pro mechanické přichycení. Tento způsob provedení zelené fasády je tak specifický pro pnoucí dřeviny skupin kořenujících a úponkatých s adhezivními terčíky. V obou případech je nutno podotknout, že pro správnou symbiózu rostliny s objektem je zapotřebí již zmíněné dobře provedené, celistvé a zdravé fasády objektu. Dřeviny skupiny úponkatých s adhezivními terčíky se právě díky těmto orgánům dokážou snadno přichytit i k hladce provedené fasádě objektu. Adhezivní terčík vypouštějící lepivou hmotu přilne pevně k povrchu a rostlina tak může vesele stoupat. K jejímu růstu je však zapotřebí i vhodně situované stěny s ohledem na světové strany a tím i přísun světla. Pro tuto skupinu typické přísavníky trojcípé či pětিলisté potřebují ke svému růstu velké množství světla. Tudíž je ideální je využívat na stěnách orientovaných na jih. Naopak druhá skupina kořenujících dřevin vyhledává stěny odvrácené přímému světlu ze slunce. Jejich kořínky si hledají praskliny, ostré hrany a nerovnosti, ve kterých se rozpírají a dávají tak rostlině oporu pro růst.

Jak je již z názvu podkapitoli zřejmé, není potřeba žádné technologie, která by byla součástí této zelené fasády. S ohledem na výživu rostliny, vše probíhá samovolně. Fasáda si čerpá živiny společně s vodou, kterou nasává z podloží. Jediným technologickým prvkem může být například květináč. Z důvodu zamezení rozšiřování podzemních kořenů ve směru k základové spáře objektu či pod ní lze rostlinu na úpatí objektu zasadit do truhlíků či květináčů. Rychlost rozšíření zeleně na celou plochu stěny objektu je pouze a jenom na přírodě. Zásah uživatele přichází až v moment, kdy zelená

fasáda přerůstá chtěné rozměry. Tvarovat takto samopnoucí rostliny lze mechanickým zastříháváním a vyřezáváním. Takovéto opracování má většinou za následek budoucí rychlejší a hustější růst.

Pozitivem tohoto způsobu provedení zelené fasády je bezesporu velmi nízká pořizovací cena. Jedinou investicí jsou tak sazenice správně vybrané pnoucí dřeviny a v budoucnu potřebné zahradnické nůžky. Další pozitiva jako ochlazení objektu, snižování hluchnosti, prašnost atd. jsou již zmíněna v podkapitole 4.3 *Význam pnoucích dřevin a jejich působení*. Mezi negativa můžeme zařadit pro někoho nepříjemnou větší koncentraci hmyzu, nekontrolovanou dobu, za kterou rostlina dokáže pokrýt celou plochu stěny, nebo možné problémy s vysoušením základové zeminy. [39]

4.5 Zelené fasády s podporou pnutí

U zelených fasád s podporou pnutí je zapotřebí počítat s postupně nabývajícím hmotností rostoucí rostliny. Již v návrhu fasády je nutné zohlednit druh rostliny a její mechanismus uchycení. Na základě tohoto parametru lze vybírat způsob opěrného systému takový, aby nebyl pro rozvíjející se rostlinu příliš těsný, nebo naopak aby nebyl rostlině předimenzovaný, a ta se ani nebyla schopná po konstrukci šplhat výš. Opěrná konstrukce musí být navržena z materiálů, které jsou odolné vůči vysokým změnám teplot a obecně negativním vlivům počasí. Je zapotřebí, aby měla dlouhou životnost, jelikož budoucí opravy a ošetřování konstrukce jsou většinou spjaté s plošným odstraněním rostliny a jejím následným dlouhodobým dorůstáním. Budoucí zatížení konstrukce není dáno pouze narůstající vlastní hmotností rostliny. K ní přibývá možné zatížení během dešťových srážek, při námrazách, ale také dalším vnějším zatížením, jako je vítr. Pro posudek vlivu větru lze využít německé normy DIN 1055, která rozlišuje 3 kategorie zatížení konstrukce s pnoucí dřevinou. Hranice těchto kategorií je dána výškou konstrukce. Norma udává zatížení 0,5 kN/m² pro konstrukci výšky do 8 metrů, 0,8 kN/m² pro 8-20 metrů a 1,1 kN/m² pro více než 20 metrů výšky. Určitou tuhost dodává zelené fasádě postupné mohutnění větví a tím se možné vnější zatížení dokáže roznášet mezi opěrnou konstrukci a samotnou rostlinou. Návrh podpůrné konstrukce s ohledem na posudek budoucího zatížení není tak úplně jednoduchou záležitostí. Údaje o hmotnosti rostlin se dost často rozcházejí. Někteří výrobci opěrných systémů uvádějí možnou hmotnost až 20 kg/m². Podle jiných zdrojů lze navázat na přibližně 80 let starých rostlinách hmotnost v řádech jednotek kg/m². Ve výsledku je také neméně důležité zohlednit, aby budoucí opěrná konstrukce nebyla příliš předimenzovaná, robustní a

nekazila výsledný estetický dojem z budovy. Posledním a v dnešní době bohužel asi nejdůležitějším faktorem je bezesporu cena takové konstrukce. [2],[39]

4.5.1 Lanový a mřížový systém

Prvním ze způsobů, jak docílit ozelenění fasády v odstupu od stěny objektu, je za pomoci systému lan. Díky vypnutému rastru vzniká rovnoběžně se stěnou objektu rovina, po které následně pnoucí dřevina roste. Lana mohou být vedena ve vertikálním či horizontálním směru, nebo v jejich vzájemné kombinaci. Směr vedení lan úzce souvisí s vybraným druhem popínavé rostliny a její schopností se mechanicky přichytit. Další preferencí je i chtěná podoba výsledné fasády. Pokud je cílem vytvořit celistvou zelenou plochu, je vhodné lana uspořádat do čtvercového nebo kosočtvercového rastru. Největší výhodou tohoto systému je vcelku vzdušná lehká konstrukce, která je schopná kopírovat i atypické tvary stěn.

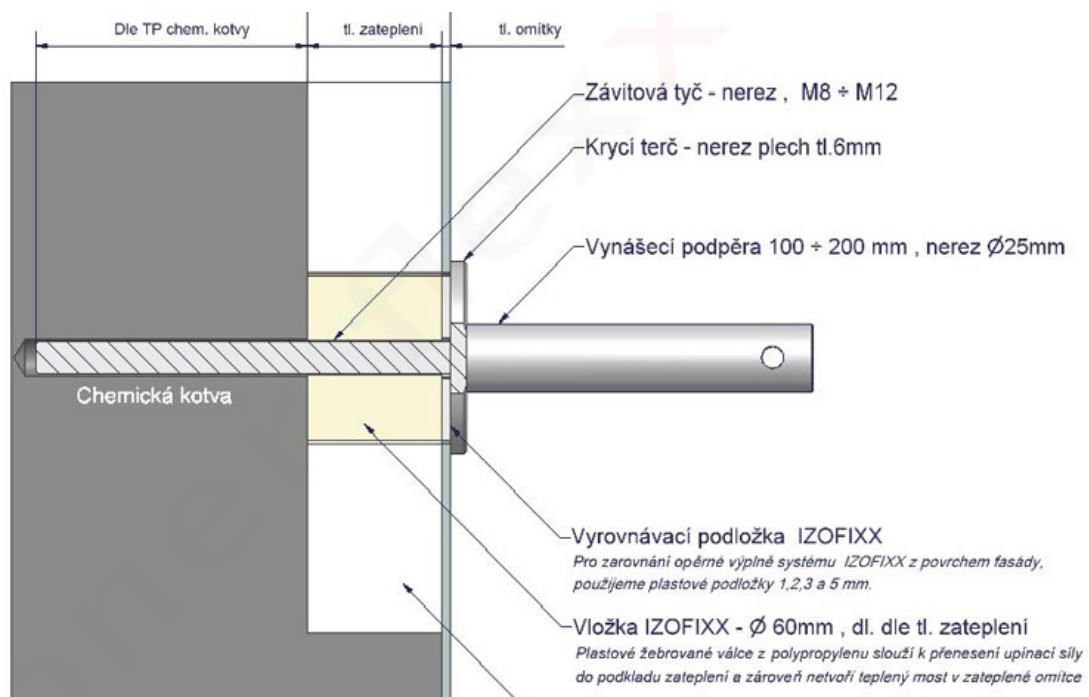
Příkladem systémového řešení je univerzální konstrukční nerezový lankový systém KRAUPNER FLEXX. Výroba a montáž treláží pro popínavé rostliny je jednou ze specializací této firmy. Pro přichycení ocelových lan k objektu systém přináší 2 možnosti, a to v podobě nerezových podpěr a konzolí. Konzole jsou prvkem více designovým s menší nosností. Nerezové podpěry dokáží nést zatížení až dvojnásobné. Systém KRAUPNER FLEXX má řešení pro montáž na nezateplené i zateplené konstrukce. Jelikož je v dnešní době zateplení součástí každé novostavby, budu se dále zabývat způsobem kotvení na konstrukci zateplené.

Při kotvení do fasády, která je zateplená kontaktním zateplovacím systémem, je zapotřebí dodržet zásad týkajících se vzniku tepelných mostů. Systém zabraňuje vzniku tepelného mostu pomocí plastové stavebnicové vložky. Tento plastový žebrovaný válec z polypropylenu nevede teplo, a navíc slouží k přenesení upínací síly do podkladu. Skrz vložku se do nosné konstrukce objektu kotví závitová tyč pomocí chemické kotvy. Osazení na nerezové podpěře zapadá do krycího terče, který tak neplní funkci pouze krycí. Společně tvoří s podpěrrou pevný rám a přináší tak konstrukci větší tuhost. Tento kompaktní rám je pak schopen na podpěře dlouhé 120 mm unést až 900 N. Mocnosti a dimenze materiálů daných prvků popisuje *Obrázek 25*. [20],[21]



Obrázek 23: Rastr z ocelových lan [autor]

Obrázek 24: Kotvení pomocí nerezové podpěry [autor]



Obrázek 25: Kotvení nerezových podpěr pro lankové treláže [20]

Druhou podobnou možností, jak vytvořit zelenou fasádu je montáží objektu předsazených mříží. Takováto konstrukce může být samonosná, stojící na vlastním základu bez přímého kontaktu s objektem, ale ve větších rozměrech se objevuje spíše kotvená skrze obvodový plášť. Použitým materiálem může být kov, dřevo, či jejich kombinace. Využití systému je velmi obdobné. Většinou ale slouží mohutnější konstrukce mříží pro pnutí objemnějších rostlin než systém lan. Volba materiálu a dimenze konstrukce je součástí klempířské nebo truhlářské části projektu objektu. Detail kotvení by měl stejně jako u lanového systému co nejlépe zabránit vzniku tepelných mostů.



Obrázek 26: Uchycení kovové opěrné konstrukce k objektu [autor]

4.5.2 Drátový systém

Pro rostliny s jemnější strukturou a pomalejším růstem je vhodné využít podpory drátů. Konstrukce, po které se rostlina pne, může být dvojího způsobu. První z nich vzniká vytvořením opěrné plochy, stejným způsobem jako u systému lanového. Vzniká tak jedna drátěná síť vypnutá po obvodu fasády. Druhý zajímavější způsob vychází z principu prvního, ale ve zmenšené podobě. Finální podpurná plocha konstrukce je poskládána z jednotlivých modulů. Takovým modulem může být například rámeček rozměrů 1 x 1 m, ve kterém je natažená drátěná síť. Z více malých modulů je pak možné složit výsledný tvar fasády. Výhodou modulů je především přijatelná hmotnost a tím i jednodušší montáž. Variabilita konstrukce je také velkým přínosem. Moduly lze

například přeskládat a v případě potřeby demontovat. Tím se zjednodušuje i možná oprava samotné zelené fasády, nebo vrstev konstrukce pod ní. Pokud dojde k uhynutí nebo rostlina lokálně přerůstá nechtěných rozměrů, demontuje se pouze zasažená část fasády a zbytek zastává dál svou funkci.



Obrázek 27: Ukázka drátového systému [22]

4.5.3 Modulový systém

Jakousi kombinací předešlých způsobů provedení zelených fasád je právě modulový systém. Jeden modulový způsob jsem již zmínil v předešlém drátovém systému, kde se však jednalo pouze o rozbití velké plochy na praktičtější menší prvky. Ideálním příkladem pro představu modulového systému je Omni Facade americké společnosti Omni. Patentovaný systém dává vzniku zelené fasádě, která má již některé společné prvky se živými stěnami. Modul Omni Facade se skládá z rámové konstrukce vyplněné drátěnou sítí a květináče. Pnoucí rostliny tak mohou kořenit a růst postupně z několika výškových úrovní. Jeden takový modul pokryje výšku jednoho podlaží objektu. Vlastním květináčem v každém podlaží se tak radikálně krátí doba zazelenění fasády. Není třeba čekat, až se pnoucí rostlina vyšplhá od paty objektu až k jeho střeše. Rozmístění půdy do vyšších pater je právě tím společným prvkem modulové zelené fasády Omni a živé stěny. U živých stěn se právě zdroj růstu přesouvá od paty objektu do celé plochy stěny.



Obrázek 28: Modul Omni Facade [23]

Obrázek 29: Příklad aplikace Omni Facade [23]

Výhody toho způsobu provedení fasády jsou ve variabilitě použitých rostlin. Lze použít pnoucí dřeviny dosahujících menších výšek, které nemají potenciál vytvořit velkou zelenou plochu velikosti objektu. Do přítomných květináčů je tak možné zasadit i například luštěniny a další různé druhy zeleniny, jejíž růst potřebuje opěrnou konstrukci. Možnou nevýhodou je celková hmotnost. Samotná rámová konstrukce je hliníková, přitěžují jí však květináče naplněné zeminou, která při větších srážkách zadržuje velké množství vody. Konstrukce nesoucí tyto moduly tak musí se zvýšenou možností zatížení počítat ve statickém návrhu.

5 Živé stěny - intenzivní

Druhým a tím komplikovanějším způsobem, jak ozelenit fasádu objektu, je montáž tzv. intenzivní živé stěny. Živá stěna se od zelené fasády liší hned v několika faktorech. Vegetace je vysazena vertikálně přímo v rovině živé stěny, tedy ve směru rovnoběžným s povrchem objektu. Zdroj živin tudíž není u paty objektu, ale v ploše celé živé stěny. Oproti zelené fasádě tak nemůže docházet k odvodňování a přebytečnému vysušování zeminy u základové spáry. Vysazováním vegetace do celé plochy stěny naráz se zkracuje doba ozelenění na minimum. Ke všem rostlinám musí být zajištěn přísun vody a živin. Zavlažovací systém pomocí perforovaných trubíc dopravuje potřebnou vlhkost do vegetace. Před touto vlhkostí je naopak zapotřebí chránit vlastní fasádu objektu vhodnou hydroizolací. Systémy živých stěn fungují dvěma způsoby. Za přítomnosti zeminy, ve které je vegetace zasazena obvyklým způsobem, nebo způsobem hydroponického pěstování rostlin. Druhý z jmenovaných je založen na výběru rostlin, které nepotřebují ke svému růstu jakýkoliv substrát. Škála použitelných rostlin je v tomto provedení široká. Oproti zeleným fasádám zde není omezení v potřebě pňoucí se vlastnosti rostliny. Do živých stěn se tak dá vysadit obrovské množství trvalek, které jsou odolné vůči mrznutí a jsou vhodně použity s ohledem na orientaci a polohu stěny.

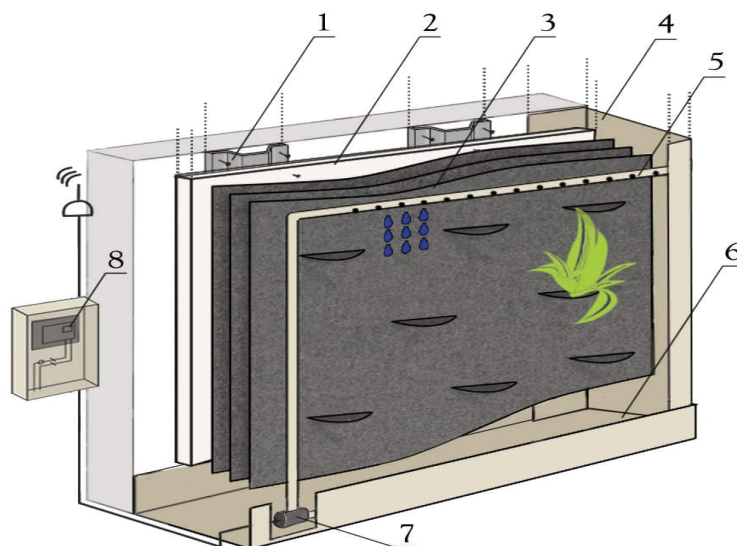
5.1 Souvislé živé stěny

Souvislé živé stěny fungují na bázi již zmíněného hydroponického pěstování rostlin. Využití hydroponie je ve vývoji živých stěn jakýmsi vrcholem. Tento systém má oproti stěnám obsahujícím substrát několik výhod. První, jednou z nejzásadnějších, je kontrola nad výživou vegetace. Rostliny jsou vyživovány roztokem obsahujícím živiny potřebné pro daný druh. Ty se tak dostávají přímo ke kořenům po celou dobu pěstování a tím je kvalita a kvantita živin pod kontrolou. Pro hnojení se používají hnojiva, pomalu rozpustná přímo v roztoku. Aplikace hnojiv je tak zapotřebí pouze několikrát do roka. Velkým pozitivem je úspora vody, bez které se žádná rostlina neobejde. Systém hydroponie je v oblasti potřeby přísunu vody mnohonásobně efektivnější než pěstování pomocí zemitého substrátu. Množství spotřebované vody je velké, ale nedochází k jejím ztrátám při vypařování ze substrátu. Snadný přístup ke kořenům přináší jednodušší identifikaci zdraví vegetace. Včasným objevením přítomnosti škodlivých patogenů může dojít k záchraně rostlin ještě před vizuálním projevem na listech a květech. Kořeny

hydroponicky pěstovaných rostlin mají oproti rostlinám pěstovaných v substrátu nižší potřebu budoucího prostoru. Mohou totiž po velmi dlouhou dobu růst v omezeném prostoru a těsné blízkosti vedle sebe. Kořeny v substrátu jsou na prostor náročnější a musí se přesazovat do větší nádoby. Nepřesazením dochází k rozmělnění substrátu kořeny. Ty se pak mohou dusit a rostlina přestává dýchat. Tím dochází v budoucích přibližně 2-3 letech k nutnosti výměny za rostliny nové, méně rostlé. Zvětšením květináčů by totiž docházelo i ke zvýšení hmotnosti stěny a tím zatížení působícího na nosný systém. Celková hmotnost hydroponicky pojatých živých stěn je tak nejspíš poslední, ale v rámci statického návrhu, náročnosti montáže a ceny, neméně důležitou výhodou oproti živým stěnám obsahujících substrát. Naopak nevýhodou může být náchylnost rostlin v zimních měsících, kdy nejsou kořeny přirozeně izolovány substrátem.

Historicky první forma souvislé živé stěny je již obsažena v kapitole 3 zabývající se průkopníkem tematiky živých stěn botanikem Patrickem Blancem. Právě jeho patentovaný systém živé stěny Mur Végétal byl inspirací pro vývoj dalších systémů provedení živých stěn. [15]

Souvislé živé stěny se skládají z geotextilní membrány, která je rozprostřena po celé ploše stěny. Tato membrána je většinou položena ve dvou až třech vrstvách, spodních souvislých a horní s vytvořenými kapsami. Tyto kapsy slouží pro zasazení rostlin do stěny. Mezera mezi geotextilií je prostorem pro zakořenění rostlin, které však musí být řádně vybrány. Vhodné rostliny jsou takové, které nemají potřebu hlubokého zakořenění. Geotextilní membrána neobsahuje žádnou zeminu, pouze zakořeněné rostliny. Je tak náhradou půdního substrátu, čímž se razantně snižuje celková hmotnost živé stěny. Celý systém vegetace v geotextilní membráně je k objektu připevněn pomocí nosné konstrukce doplněné vhodnou hydroizolací. Vegetace jímá vlhkost, je tudíž nezbytně nutné zabránit prostupu této vlhkosti do spodních konstrukcí objektu. Například Mur Végétal Patricka Blanca řeší izolaci objektu proti vlhkosti PVC deskou ležící mezi lehkým hliníkovým rástrem kotveným k objektu a geotextilní membránou. Tato PVC deska nejen zabraňuje prostupu vlhkosti, ale i ztužuje nosný hliníkový rastr. Zmíněná nosná konstrukce je k objektu montována na distančních kotvách, a dává tak vzniku vzduchové mezeře, která je zapotřebí k provětrávání spodní fasády objektu. [25], [29]



Obrázek 30: Schéma vrstev souvislé živé stěny [26]

(1- lehká hliníková nosná a distanční kce; 2- PVC deska 10 mm; 3- Souvrství geotextilních membrán; 4- Ukončovací „C“ profil; 5- Automatický zavlažovací systém; 6- Zásobník vody s živinami; 7- Čerpadlo zavlažovacího systému; 8- Řídící jednotka)

5.1.1 Technologické řešení značky ČAROKVĚTY

Jedná se o značku působící na území ČR zabývající se projekcí a realizací zeleně ve formě vertikálních zahrad. Technologický způsob provedení vertikální zahrady je inspirován souvislou živou stěnou vyvinutou Patrickem Blancem, ačkoliv s přítomností substrátu. V tomto případě se nadá o vertikální stěně hovořit jako o jednotlivém systémovém výrobku značky. Jedná se o společnou mezioborovou součinnost. Na výsledné podobě vertikální stěny se podílejí odborníci z oboru statiky, konstrukcí, svařování, TZB, informatiky a samozřejmě také zahradnictví. Koordinovaná spolupráce je pak výsledným dílem značky Čarokvěty. [24]

Vertikální zahrada se obvykle kotví na nosnou konstrukci tvořenou takovým materiálem, který je schopen zajistit nosnost 60-90 kg/m². Takovou konstrukcí může být materiál na bázi dřeva, kovu či jiného materiálu, který potřebnou nosnost dokáže zajistit. Rozdíl v mocnosti nosné konstrukce se může měnit s místem použití zahrady. Zatížení interiérových a exteriérových zahrad je odlišné, například přítomné zatížení větrem v exteriéru. Nosný rošt tak může být kotvený v interiérech mezi podlahu a strop, zatímco v exteriéru je zapotřebí kotvení do obvodové stěny objektu. Obvodová stěna tak musí být přímo navržena s ohledem na budoucí zatížení vertikální stěnou nebo dodatečně staticky

posouzena. Ve směru z interiéru do exteriéru skladba panelu obvykle obsahuje vrstvu hydroizolace, pevnou podložku, souvrství geotextílií, substrát a rostliny. Hydroizolace je nejdůležitější vrstva mezi spodní konstrukcí, do kterých je kotvený rošt vertikální zahrady a samotným souvrstvím obsahující zeleň. Chrání tak například nosnou obvodovou stěnu objektu před proniknutím vlhkosti z geotextilního souvrství. Druhou vrstvou je pevná podložka. Firma Čarokvěty nejčastěji užívá PE plastových desek, které plní vedle funkce podložky také funkci hydroizolační. Není tak zapotřebí spodní vrstvy hydroizolace. Použití PE plastových desek není povinné. Za účelem levnější instalace je možné použití OSB desek či dalších stavebních materiálů jako třeba cementotřískových desek. Na vzniklou tuhou desku je kotven tzv. vegetační panel. Je to ono souvrství geotextílií, které obsahuje systém kapsiček, které jsou posléze plněny anorganickým substrátem. Takovýchto kapsiček může být přibližně 45 ks/m² vegetačního panelu. Každé provedení zahrady je však unikátní podle zadání a počet kapsiček a zároveň tak vegetace se může velmi lišit. Velikost kapes je pak nakloněna širokému spektru rostlin. Jejich poloha není náhodná. Jsou kladeny mimo sebe tak, aby si nad sebou navzájem nestínily. Tzv. trojspon zajišťuje nejen dostatečný přísun světla susedícím rostlinám, ale i lépe zakrývá geotextílii v pozadí. Celý vegetační panel může být na závěr olemován pohledovým krytím z AL profilů, aby byla konstrukce vizuálně celistvá s objektem.

Důležitým prvkem celé zahrady je zavlažování. Lze zavlažovat samospádem, ale nejčastěji se využívá automatického zavlažování pomocí čerpadla. Při možnosti přívodu vody a odpadu do kanalizace lze vytvořit systém automatického dopouštění vodního zásobníku. Dávkování lze řídit finančně náročnějším systémem inteligentního domu, s pomocí jednoduchého časového spínače do zásuvky nebo senzorem vlhkosti substrátu. Možností jsou také dnešní době nakloněné mobilní aplikace. Závlahový systém tak může být kontrolován pomocí wi-fi, která v případě, že čidlo zjistí odchylku od nastavených hodnot, odešle příkazový email.



Obrázek 31: Příklad exteriérové vertikální zahrady [24]



Obrázek 32: Realizovaná interiérová zahrada [24]

Obrázek 33: Vestibul objektu firmy EXPONEX [24]

5.2 Modulové živé stěny

Základním prvkem živé stěny se v tomto systému stává modul. Z těchto modulů, ať už se jedná o boxy, vaky, květináče, nebo truhlíky, je poskládaná svislá plocha zakrývající spodní fasádu objektu. Každý z modulů je k objektu samostatně kotven, slouží jako nosič substrátu a do něj zasazených rostlin. Společně tak tvoří ozeleněný vnější plášť objektu. Substrát může být organického i anorganického původu. Mezi organické se řadí půda, rašelina, biologický kompost atd. K anorganickým patří keramzit, perlit, minerální vlna, plst' a mnoho dalších. Ukazatelem výběru je druh rostliny a potřebná výsledná hmotnost konstrukce živé stěny. Škála druhu rostlin je u tohoto způsobu asi největším pozitivem. Díky možnosti naplnění modulů rozdílnými substráty přichází i možnost velké rozmanitosti vegetace. Přítomnost substrátu umožňuje osadit fasádu hlouběji kořenujícími rostlinami, které tak lépe přežívají studené zimní období. Nevýhodou ale jsou rostoucí a mohutnící kořeny, které potřebují více místa. Řešením je buď budoucí přesazení do větších modulů, nebo postupná kompletní výměna rostlin. Díky rozdělení celé živé stěny do modulů je však toto řešení technicky možné a vcelku nenáročné.

5.2.1 Systém boxů

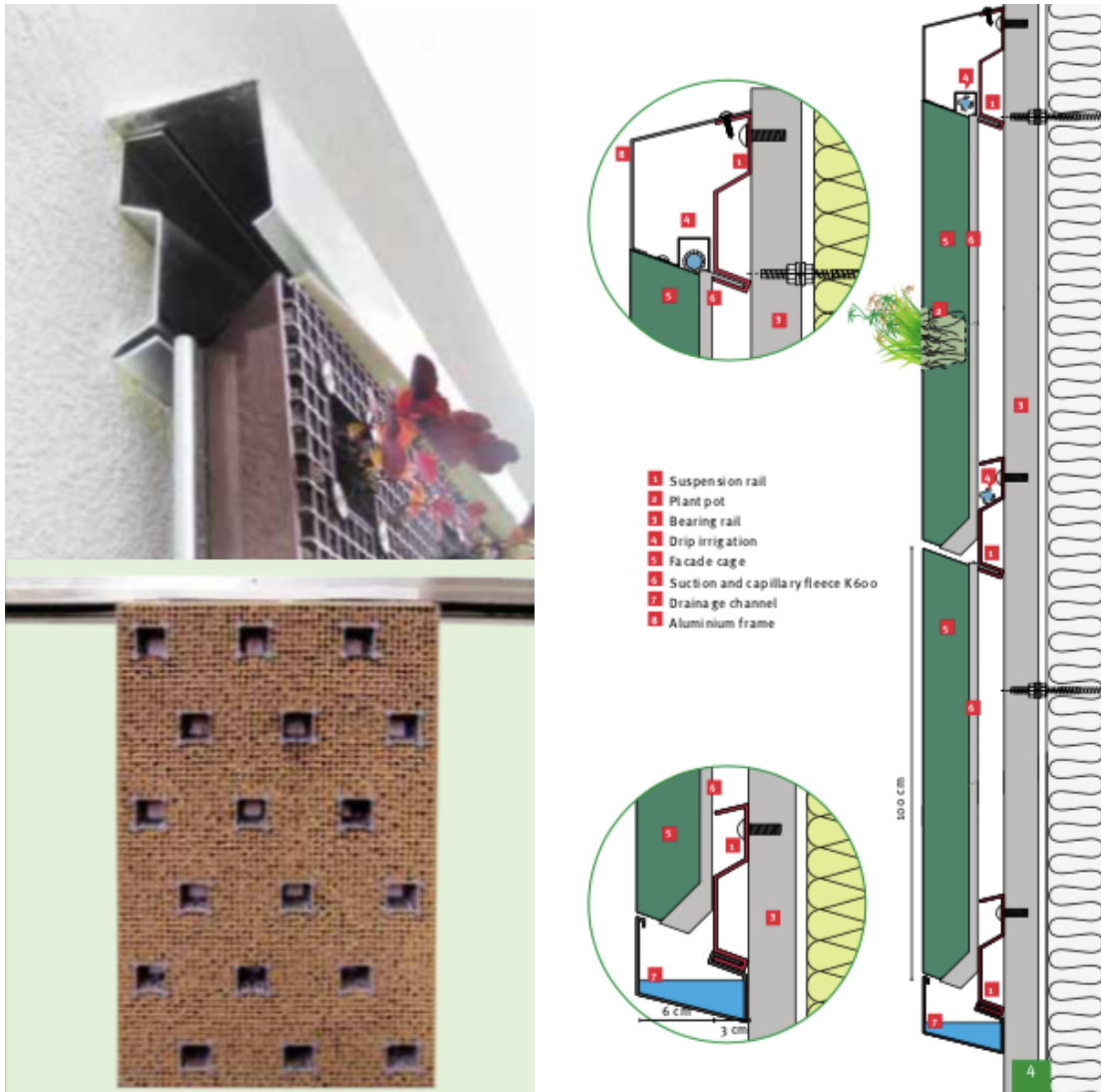
Způsobem, jak poskládat z několika plošně ozeleněných modulů živou stěnu, je systém panelů, někdy nazývaný systém boxů. Jedná se o předem vyrobené rámové konstrukce, velikosti vhodné pro montáž, plochy přibližně 1 m². Takovýto box je naplněn plošně substrátem, do kterého jsou vysazené rostliny. Proti vysypání se z boxu je vegetace se substrátem zajištěna například mříží nebo síťovinou. Ke všem modulům pak musí být přivedeno zavlažování a zřízení způsob odvedení možného kondenzátu a přebytečné vody. Na území ČR s tímto systémem pracuje společnost Ekrost, která je prodejcem výrobků německé společnosti Optigreen, zabývající se systémy zelených střeš a fasád. Společnost Ekrost se zabývá prodejem včetně realizace. Druhým průkopníkem v ČR je společnost LIKO-S pocházející z Brna. Tato firma se postupným vývojem dostala až ke specializaci na výstavbu prostor s co nejvíce příjemným prostředím pro pobyt lidí. Vyrábí vestavné interiérové příčky, posuvné stěny, akustické stropní podhledy a paravány pro příjemnější kancelářské prostředí. Dalším zaměřením jsou zelené střechy, zelené stěny a kořenové čistírny. Tyto zelené oblasti působnosti daly impuls pro vznik několika jejich zajímavých projektů. Jedním z nich je kancelářská budova budoucnosti LIKO-NOE, která pracuje s energiemi z přírodních zdrojů a je vítězem kategorie Zdravá kancelář

v soutěži Zasedačka roku. Druhým velkým projektem je právě probíhající výstavba projektu LIKO-Vo, což bude první zelená hala na světě. Na obou těchto projektech je využito právě systému boxů.

Optigrün

Základní složení modulu systémového řešení Optigrün vychází z hliníkového rámu, který dává živé stěně tvar. Boční krycí panely, horní krycí deska opatřená odvodňovacím kanálkem a spodní hliníkový profil pro odvod přebytečné vody slouží pro orámování samotné živé stěny a ostatních fasádních prvků. Boxy, výrobcem nazývané fasádní klece, jsou snadno montovatelné na závěsné lišty z hliníku. Tyto lišty musí být upevněné na strukturálně vhodné stěně nebo na přídatné nosné konstrukci. Klece jsou jakési kazety standardního rozměru 100 x 60 cm, vyrobené z hliníku a naplněné substrátem. Výrobce systému udává i akumulaci schopnost substrátu, která by měla být přibližně 20 l/m². Povrch klecí má připravené otvory pro vsazení a upevnění rostlin. Pod plochou fasádních klecí je vrstva nasávkavé, kapilární textilie. Ta má schopnost nasáknout a zadržovat vodu. Slouží tak výborně pro rovnoměrnou distribuci vody do všech fasádních klecí. Textilie by měla být odolná proti vysokému tlaku vody a především, díky stálé přítomnosti vlhkosti, proti hnilobě. Díky hliníkovému rámu vzniká mezi objektem a boxy vzduchová mezera. Součástí tohoto prostoru je i automatický zavlažovací systém, který rozvádí živiny do celé plochy stěny. Spodní hrana hliníkového rámu je opatřena drenážním kanálkem, který odvádí přebytečnou vodu i s živinami zpět do zavlažovacího systému. Další je údržba v zastřihávání a přesazování rostlin, dle potřeby konkrétních druhů. [30]

Německá společnost Optigrün se zabývá především různými způsoby provedení zelených střech. V rámci ČR pracuje s jejich střešní technologií společnost Ekrost. Podle informace obdržené právě od společnosti Ekrost, firma Optigrün se systémem živých stěn skončila a už dále v jeho vývoji pokračovat nebude.



Obrázek 34: Řešení Optigrün Zelená fasáda [30]

Obrázek 35: Svislý řez konstrukcí boxů + detaily [30]

LIKO-S

Modulární systém společnosti LIKO-S je ve výsledku velmi podobným řešením jako Optigrün. LIKO-S pracuje s vlastním prvkem fasádního modulu. Základem systému je nosná hliníková konstrukce, přímo kotvená do obvodové stěny objektu. Na vertikálně orientovaných hliníkových profilech je vedena HI PVC fólie. Mezi touto fólií a objektem tak vzniká provětrávaná vzduchová mezera. Dalším prvkem jsou horizontálně vedené kontralátě. Profil těchto hliníkových kontralátí je ve spodní části přizpůsobený pro zavěšení fasádních modulů. Dále také slouží k vedení hadic zavlažovacího systému. Posledním dílem stěny je samotný fasádní modul. Rozměr jednoho modulu je 600 mm x 275 mm. Tyto moduly jsou víceméně takový koš z pletiva vyplněný minerálním

substrátem. Substrát je v tomto případě kokos, který rostlinám zajišťuje výborné prostředí pro růst. Koš ještě může být zabalený geotextílií. Obrovským přínosem tohoto systému je velký objem zadržené vody, který dokáže ovlivňovat teplotu vzduchu v okolí stěny. Dokáže tak pozitivně působit na okolní mikroklima. Díky možnosti uzavřeného zavlažovacího systému je přebytečná vlhkost vracena zpět do oběhu pro další využití. Výhoda systému společnosti LIKO-S je v předpěstovaných rostlinách. Fasádní moduly jsou již při montáži porostlé vegetací a vytrácí se tak doba čekání na ozelenění. Výrobce udává, že hmotnost konstrukce v nasyceném stavu je 145 kg/m². Případně opravy, či úplné výměny fasádních modulů jsou ovšem vcelku jednoduchou záležitostí, jelikož je možné každý modul demontovat jednotlivě. [31]



Obrázek 36: Řešení společnosti LIKO-S [31]

Obrázek 37: Detail zelené fasády LIKO-S [31]

5.2.2 Systém květináčů/truhlíků

Název této skupiny jasně napovídá způsobu, jakým je docíleno ozelenění objektu. Zelená stěna se totiž dá uspořádat i z modulů, kterými jsou květináče a truhlíky. Samozřejmě mají specifický tvar přizpůsobený uchycení na svislou stěnu. Květináče mohou být po několika kusech spojeny v jeden větší modul zavěšený na předem připravenou nosnou konstrukci. Takovou konstrukcí může opět být rastr z hliníkových profilů, nebo lze moduly kotvit přímo do obvodové stěny objektu. Druhou možností je ukládat na nosnou konstrukci květináče jednotlivě. Zavlažování je otázkou výrobce, ale systém cirkulace vody pomocí hadic a trubic je zde také častý. Výhodami systému květináčů je opět zazelenění fasády bez časové prodlevy díky předsazeným vypěstovaným rostlinám, velmi snadná montáž a eventuelní demontáž z důvodu oprav. Nevýhodou je především vzniklá neucelená plocha vegetace. Tímto systémem nelze zabránit viditelným mezerám mezi řadami modulů. Je nutné s tímto jevem počítat. Z ekonomického hlediska je systém květináčů určitě výhodnější na pořizovací náklady než systém boxů. Náklady na zavlažování a výživu se odvíjí od druhu vysazených rostlin, což se může pohybovat přibližně ve stejných hodnotách. Kde přichází ekonomická nevýhoda jsou náklady spojené s údržbou zeleně. V květináčích jsou vysazovány především rostliny kořenující do hloubky, a tudíž přichází v čase jejich potřeba většího množství substrátu. Musí tak postupně docházet k opětovnému vysazení mladých rostlin, jelikož objem květináčů nelze navyšovat s ohledem na statiku konstrukce. Náklady na výsadbu rostlin jsou tak v průběhu životnosti konstrukce několikrát opakovány.



Obrázek 38: Pohled na stěnu provedenou pomocí květináčů [33]

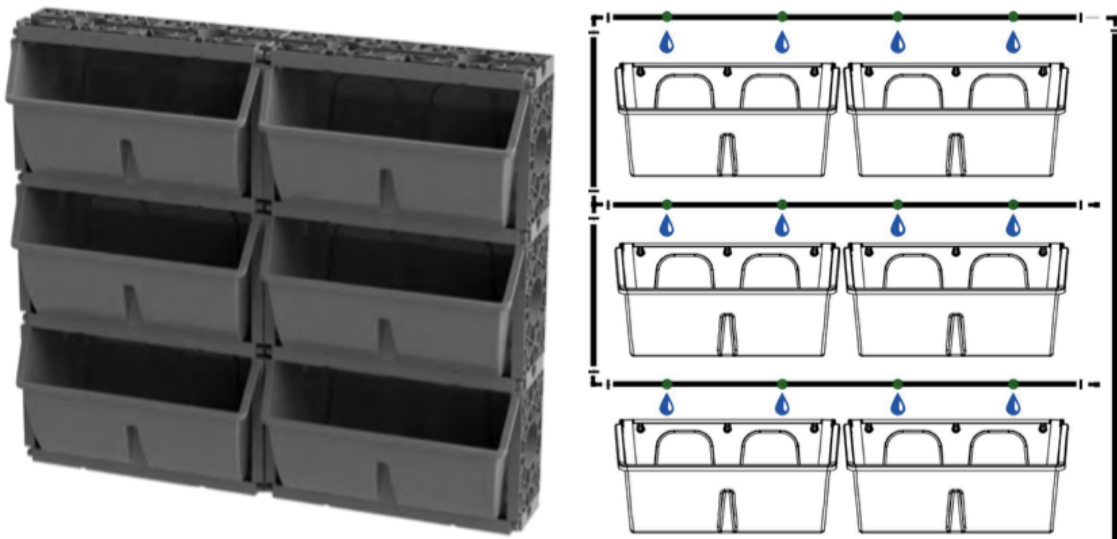


Obrázek 39: Příklad jednotlivých květináčů [32]

Gro-Wall

Květináče využívá systém Gro-Wall společnosti Atlantis. Jedná se o systém lehkých plastových květináčových modulů využívající tzv. IFS systém upevnění. V plném znění Integrated Frame Work System, což znamená, že se moduly připevňují přímo na stěnu bez přídavných nosných konstrukcí. Gro-Wall má hned 2 variace provedení modulu. Jeden obsahuje truhlíky šířky cca 400 mm objemu 6 litrů, do kterých se vsazuje více rostlin naráz. Druhý modul je složen z menších buněk rozměrů přibližně 200 x 200 x 200 mm s jednotlivě vysázenými rostlinami. Obě variace mají integrovanou přípravu pro instalaci zavlažování, většinou prováděnou do vyšších pater stěny. Přebytečná přivedená voda pak kaskádovitě stéká dolů k vegetaci v patrech nižších. Celý zavlažovací systém je možné automatizovat. Společnost Atlantis přímo doporučuje systém pomocí zahradních hadic, rychlospojek a kapkovačů. Napojením na domovní rozvod vody a instalací odvodu přebytečné vody je systém plně automatický. Odvod přebytečné vody lze zapojit zpět do oběhu zavlažování nebo přímo do kanalizace.

K tomuto systému jsem bohužel našel pouze jednu firmu zabývající se realizací. Na území ČR je několika dalšími distributory produkt jen prodáván. Tudíž všechny technické informace vychází pouze z katalogu výrobce. Ten však například montáž automatické závlahy již do detailu nepopisuje. [32]



Obrázek 40: Modul Gro-Wall Slim Pro [32]

Obrázek 41: Možnost návrhu závlahy [32]

NĚMEC – VERTIKÁLNÍ ZAHRADY

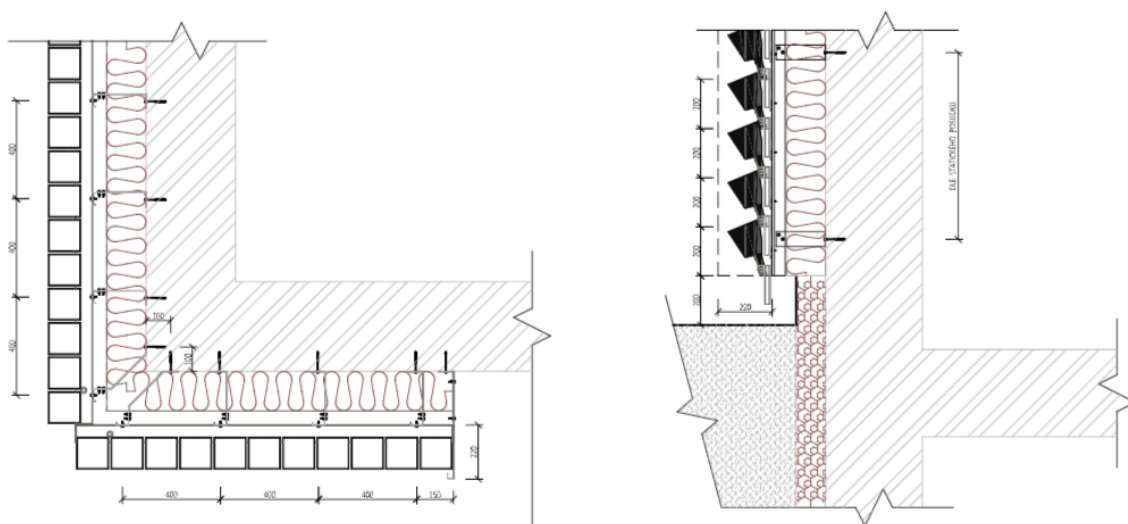
Společnost Němec s.r.o. se pohybuje na trhu realizací vertikálních zahrad již dlouhou dobu a má na svědomí více než 1000 m² projektů. Postupně nabyté zkušenosti během realizací vertikálních zahrad využila společnost pro vývoj své vlastní technologie nazvané Němec Cascade Garden. Tento český patent se postupně objevuje i v zahraničí a dělá tak naší zemi dobré jméno v oboru zelené architektury.



Obrázek 42: Příklad realizace [34]

Tento systém vertikální zahrady má několik prvotních požadavků na okolní konstrukce a další profese. První z nich je požadavek na statiku nosné konstrukce. Ta musí být schopna nést zatížení způsobené hmotností konstrukce vertikální zahrady. Ta se pohybuje kolem 50-60 kg/m² v závislosti na velikosti rostlin. Dalším požadavek je otázkou TZB. Je zapotřebí přívod elektřiny 240 V zásuvkou pro ovládání ventilu automatického dopouštění vody do truhlíku. Zásuvka by měla být jistěna na 10 A. V případě interiérové stěny je zapotřebí i napájení osvětlení. Z důvodu závlahy je také nutnost přívodu pitné vody v místě jejího ovládání. Přesné umístění a specifikace potřebných vývodů je individuální pro každou vertikální stěnu.

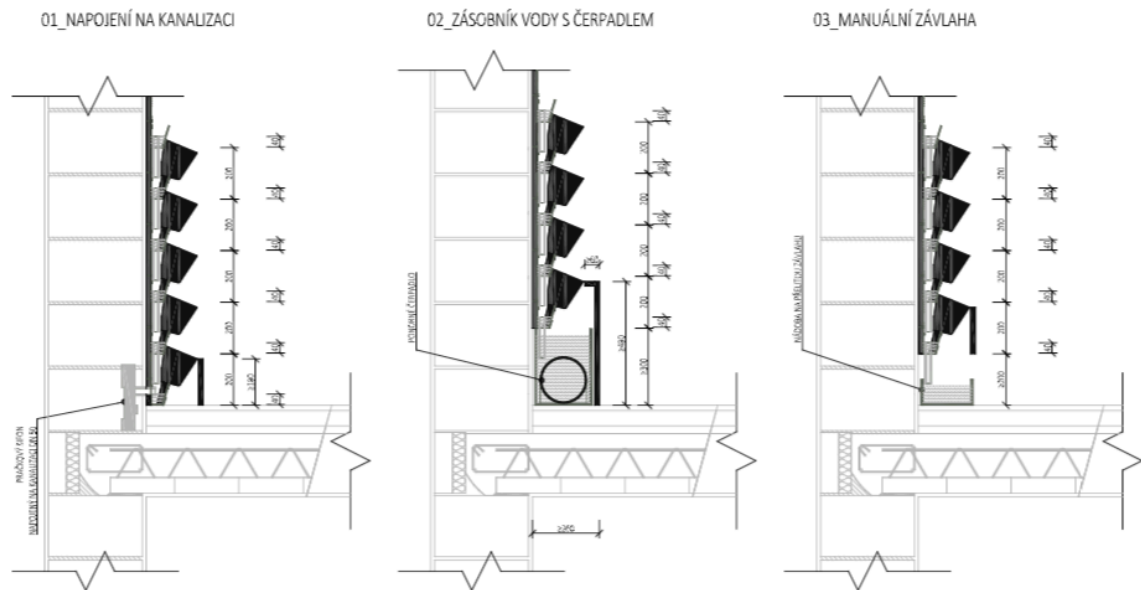
Skladba vertikální zahrady společnosti Němec obsahuje 4 základních částí. Podkladní vrstvu, plastové truhlíky na vodu, systém závlahy a květináče s vegetací. Výrobce uvádí detaily kotvení v exteriéru na zateplený i nezateplený objekt. Jako podkladní konstrukci Němec používá systém Dekmetal. Skládá se z konzol kotvených do obvodové stěny objektu, v rastru dle statického posudku. Konzola pro řešení na zateplené fasádě zahrnuje plastové podložky, z důvodu přerušení tepelného mostu. Typ na fasádu nezateplenou zase vyrovnávací podložky, z důvodu vyrovnání podkladního povrchu. Dále jsou na konzoly montovány UA profily ve svislé rozteči maximálně 400 mm. Rošt je pak zaklápěn OSB deskou tloušťky 18 mm. Do té se již samořeznými šrouby kotví jednotlivé truhlíky na vodu. Nosnost této konstrukce musí být minimálně 60 kg/m². Truhlíky se do OSB desky kotví ve vzájemné maximální vzdálenosti 500 mm. Vzdálenost kotvení truhlíku od kraje desky musí být minimálně 100 mm. Viditelná konstrukce je prováděna MDF nebo SDK deskou. [35]



Obrázek 43: Schéma vertikální zahrady- exteriér se zateplením [35]

Zavlažování probíhá skrze plastové truhlíky. Do nich je voda automaticky dopouštěna pomocí bezpečnostního a regulačního ventilu. V celé výšce zahrady jsou do zavlažovacího systému instalována čidla, která udržují nastavenou hodnotu vlhkosti. Spouštění závlahy je kontrolováno řídicí jednotkou. V případě interiérové zahrady lze touto řídicí jednotkou spouštět i potřebné osvětlení. Němec má na řešení závlahy navržené 3 varianty. Variantou č.1 je automatická závlaha s napojením na vodu a kanalizaci. Voda se do zahrady napouští automatickým dávkováním z domovních rozvodů vody a odchází přepadem do kanalizačního řádu pomocí pračkového sifonu. Varianta č.2 je taktéž

závlahou automatickou, avšak bez napojení na kanalizaci. Voda se z domovního rozvodu vody napouští do akumulční nádoby, odkud se přečerpává do truhlíků. Systém je zacyklený, tudíž se přebytečná vlhkost ze zahrady odvádí zpět do nádoby. Varianta č.3 je bez automatického systému. Voda musí být napuštěna manuálně do horního truhlíku. Pod zahradu se při zalévání umísťuje nádoba na odchycení přebytečné vody.



Obrázek 44: Schéma vertikální zahrady- závlaha [35]

Většina realizovaných projektů společnosti Němec jsou vertikální zahrady interiérové. Vývojem se společnost dostala ke zmíněným exteriérovým stěnám, které jsou již světového měřítka. Podíl na realizaci objektu AFI Karlín je tomu důkazem. Dalším velmi zajímavým projektem je vývoj tzv. Living Smart Bench, což je spojení živé vertikální zahrady s lavičkou. Vzniká tak příjemné klidné místo s možností dobítí mobilního telefonu a wifi připojení.

6 Realizované projekty zelených fasád

6.1 Realizované projekty na území ČR

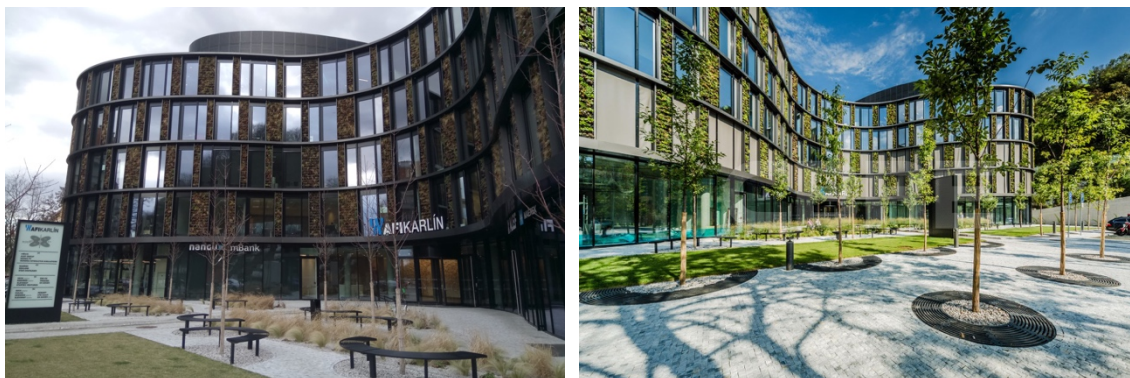
V České republice je realizace zelených stěn zatím v začátcích. Tedy alespoň co se týče těch exteriérových. Použití v interiérech, jako je oživení vstupních hal různých office center a zpříjemnění prostoru zasedacích místností, je již u moderních novostaveb běžné. Například společnost Němec má své realizované stěny v mnoha kancelářských budovách na území Prahy, ale i menších měst jako Liberec nebo Most. Příkladem může být sídlo společnosti Kooperativa, VZP, budova Skanska Corso, Quadrio, Polygon Pankrác nebo sídlo firmy Syner.

Budov se zeleným obvodovým pláštěm je zatím na našem území pouze několik. Zelené fasády s popínavou rostlinou je možné vidět častěji, jelikož se jedná o levnější a skoro bezúdržbový způsob ozelenění. Pnucí rostliny různého vzrůstu lze objevit například v blokových zástavbách, kde zpříjemňují společné prostory vnitrobloku. Dále lze vidět zelení pokryté dopravní a jiné technické stavby. Zelené popínavé fasády bylo použito na přelomovém projektu budovy ústředí ČSOB. Tato administrativní budova šetrná k životnímu prostředí, vlastní certifikát LEED, obsahuje ve svých vrchních patrech zelené fasády s podpůrnou konstrukcí. Stavba byla vystavěna v letech 2005 až 2007 stavební firmou Skanska podle projektu Josefa Pleskota. V roce 2013 se rozhodlo o rozšíření této stavby firmou Hochtief dle projektu studia Chalupa architekti. Vznikla tak druhá etapa s obrovskou zelenou střechou a množstvím zmíněné popínavé zeleně.

6.1.1 AFI Karlín

Největší chloubou světového měřítko je bezesporu budova AFI Karlín. Objekt byl postaven v Praze 8 Karlíně, na pozemku mezi starou blokovou zástavbou a zalesněným kopcem Vítkov. Projekt vyvolával spoustu kladných, ale i záporných reakcí. Kvůli odlišné architektuře se dostal objekt do nelibosti místních obyvatel. Budova je z velké části opláštěna vertikální zahradou společnosti Němec. Obsahuje více než 40 000 rostlin v ploše 1600 m². Díky tomu se stala objektem s nejrozsáhlejším systémem vertikálních zahrad v celé střední Evropě. Kompletní plášť je tvořený okny s trojsklem, mezi nimiž je prostor vyplněn kaskádovitě skládanými truhlíky s vegetací. Je zde použito patentovaného systému Němec Cascade Garden. Díky energeticky úspornému provozu

získala budova certifikaci BREEAM Excellent, což je druhý nejvyšší možný dosažený stupeň této certifikace. [36]



Obrázek 45: AFI Karlin v zimním období [autor]

Obrázek 46: AFI Karlin v letním období [36]

6.1.2 LIKO-NOE a LIKO-Vo

Druhým velmi zajímavým projektem je budova LIKO-NOE. Jedná se o projekt společnosti LIKO-S, která tak vytvořila kancelář budoucnosti. Nosná konstrukce je složena z masivních dřevěných panelů na základové železobetonové betonové desce. Tyto panely jsou před finálním zaklopením tepelně izolovány stříkanou difúzně propustnou izolací. Na exteriéru obvodových stěn je instalována vertikální kořenová čistička se záklopem tvořeným předem ozeleněnými fasádními moduly. Vedle objektu je vyhloubené jezírko, na které je zapojený systém kompletního zavlažování fasády. Zavlažovací systém je tak cyklický a z objektu odchází minimum odpadu. Konstrukce fasády má celkový zvukový útlum až 6 dB. Střecha objektu je samozřejmě také zelená. Energetická náročnost budovy je minimální, jelikož pracuje co nejvíce s energií z přírodních zdrojů. Využívá tak tepla ze slunečního záření i chladu z podzemních částí objektu. Technologie tepelného čerpadla a solárního systému se skvěle doplňují a dávají tak vzniku budovy s energetickou náročností kategorie A++, tedy mimořádně úsporná budova.

Společnost LIKO-S by měla v květnu 2019 dokončit svůj aktuálně nejzajímavější projekt. Jedná se o výstavbu první zelené haly na světě. Budova s názvem LIKO-Vo je stavěna v kombinaci zelené střechy a zelené fasády s kořenovou čistírnou. Základem celé haly je ocelová konstrukce. Haly stavěné běžným způsobem pracují jako obrovské radiátory, které akumulují teplo ze slunečního záření, odvádějí vodu pryč a

zásadně se tak podílí na změnách klimatu v jejich okolí. Díky technologii kořenových čistíren dokáže stavba vodu odvádět do zeminy a odpařováním vracet zpět do ovzduší. [37],[38]



Obrázek 47: Zelená hala LIKO-Vo [38]



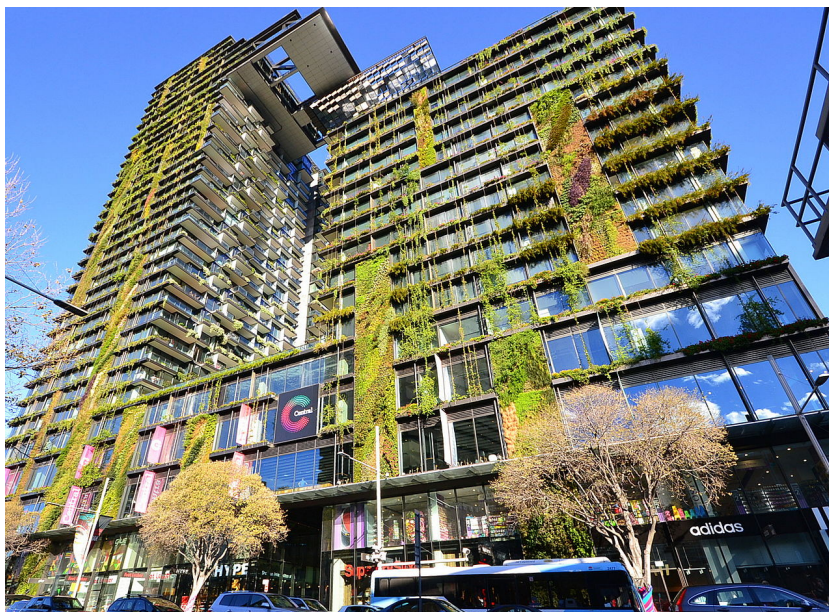
Obrázek 48: Mříž fasádních modulů [38]



Obrázek 49: Budova LIKO-NOE [37]

6.2 Realizované projekty v zahraničí

Za jednou z prvních vystavěných budov s fasádou z vertikální živé stěny bychom se vypravili do hlavního města Francie. V Paříži se nachází již zmíněná budova Musée du Quai Branly z dílny ateliéru architekta Jeana Nouvela ve spolupráci s průkopníkem živých stěn Patrica Blanca. Další významný projekt z dílny výše zmíněných autorů, který obsahuje kombinaci zelených fasád, živých stěn a zelených střech, se nachází v centru australského Sydney. Na území bývalého pivovaru vznikl obytný soubor o přibližně 250 00 m² zastavěné plochy plné zeleně. Celému komplexu dominují 2 výškové budovy. Ty mají na obvodovém plášti řadu živých vertikálních zahrad. Ve vzniklých lodžích jsou instalovány treláže s popínavými rostlinami. Jedná se tedy o soubor hned několika způsobů ozelenění svislých stěn. Na východní straně vyšší věže se nachází obrovská konzola, která je ze spodní strany osazena zrcadly. Ty mají za úkol zesilovat účinky slunečních paprsků a směřovat je tak do vzniklého atria mezi objekty. Velmi různorodou architekturou se může v Evropě pyšnit Španělsko. Na území Barcelony nebo Madridu se najde zelených objektů hned několik. Na budově Caixa Forum, což je zázemí Katalánské banky, lze vidět 24 m vysokou živou stěnu typu Mur Végétal, opět z dílny Patrica Blanca. Tato stěna byla instalována v roce 2010 a má za úkol ochlazovat klima na vytvořeném náměstí před budovou. Práce francouzského botanika se najde na každém světovém kontinentu. Dvě výškové budovy Le Nouvel KLCC v Kuala Lumpur jsou důkazem jeho práce v Asii. Bytový komplex obsahující luxusní apartmány, kinosály, restaurace atd. je po celé výšce budovy osazen 243 druhy popínavých rostlin. [40]



Obrázek 50: One Central Park [41]

6.2.1 Vertikální les

Za zmínku stojí ještě jeden způsob ozelenění budovy, který je ve struktuře této práce nezařaditelný. Tímto způsobem je provedena zelená obálka budovy Flower Tower v Paříži a Bosco Verticale v Miláně. Jedná se o budovy, u kterých se již v prvopočátku projektu musí se zelení počítat. Vegetace zde velmi zasahuje do statiky objektu. V této variantě není použito pouze popínavých rostlin nebo květin malých rozměrů do květináčů. Nosná konstrukce je zde uzpůsobena vysazení celých stromů. Prvním budovou s tímto řešením byla právě Flower Tower. Předsazené konstrukce balkonů jsou navrženy tak, aby kromě běžného užitého zatížení unesly i betonové květináče, které obsahují zeminu a vzrostlý strom. Podobným způsobem vznikla i dvojice výškových budov v Miláně. Zde obsahuje konstrukce balkonu přímo integrované betonové truhlíky. Všechny tyto truhlíky jsou vzájemně propojeny automatickým systémem zavlažování. Vzrostlé stromy v létě chrání byty před přímým slunečním zářením a tvoří tak příjemný stín. Zároveň jsou všechny stromy opadavé, tudíž v zimě naopak nebrání průniku světla směrem do interiéru. [42],[43]



Obrázek 51: *Bosco Verticale* [autor]

Obrázek 52: *Tower Flower* [43]

7 Aplikace zelených stěn na modelový objekt

V této kapitole jsem se zabýval ekonomickým pohledem na různé varianty zelených stěn. Vybrané, technologicky rozdílné způsoby ozelenění fasád jsem vzájemně porovnal v několika aspektech. Zelená fasáda či stěna je většinou konstrukcí, která je nadstandardní součástí objektu, tudíž se bez ní obejde. Nemůžeme tak očekávat, že se to neprojeví ve výši pořizovacích nákladů objektu. Nelze tak v nákladech porovnávat budovu bez a s ozeleněním fasády. Přínos zelených stěn je především v působení na život člověka v objektu i v jeho okolí. Ne tak v ohledu zmiňovaných pořizovacích nákladů.

Pro porovnání různých variant zelených stěn jsem použil modelového objektu. Respektive pohledu na jednu svislou obvodovou stěnu vybraného objektu. Jedná se o bytový dům zpracováváný při předešlém studiu. Pro účel této DP jsem na objektu aplikoval 2 varianty obvodového pláště, jakožto podkladní vrstvu pro provedení ozelenění. Základem pro fungující živou stěnu je správně provedená zdravá a celistvá spodní fasáda. Jedná se tak o nově provedenou fasádu s kontaktním zateplovacím systémem a bez zateplení. Pro oba způsoby provedení spodní fasády jsem vyčíslil pořizovací náklady, čímž mi vznikla základní pevná složka pro každou z použitých variant ozelenění.

Základní informace o modelovém objektu:

Typ objekt: Bytový dům

Počet podlaží: 4 NP

Výška objektu: 12,6 m

Půdorysný rozměr: 19,75 m x 16,9 m

Nosná konstrukce: ŽB- monolitický stěnový systém

KZS: Varianta 1-NE/ Varianta 2-ANO

Orientace: JV

Skladba fasády bez zateplení:

- Jádrová omítka tl. 30 mm
- Lepicí a sěrková malta tl. 4 mm
- Perlinka 145 g/m²
- Tenkovrstvá silikátová omítka včetně penetrace tl. 1,5 mm

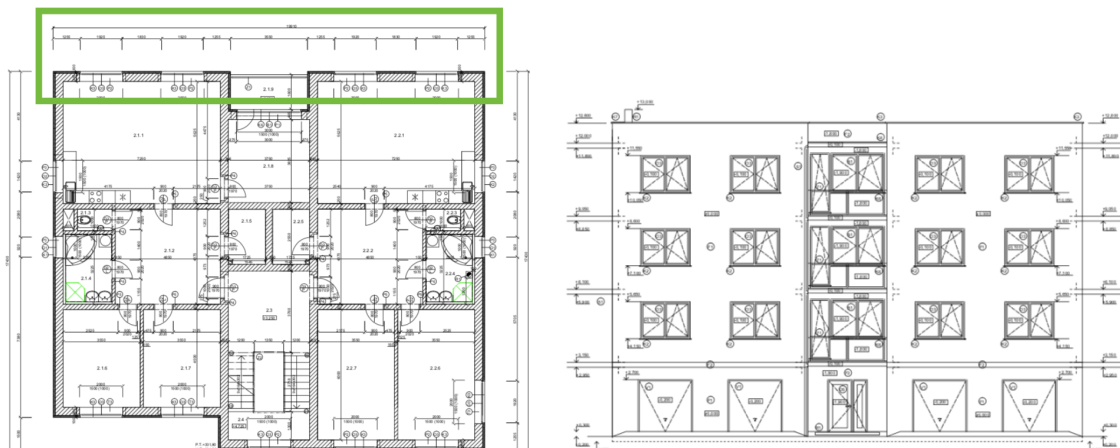
- Probarvení 2 mm

Další použité prvky např. soklové lišty, rohové profily s tkaninou apod. jsou zahrnuty jako položky v podrobném nabídkovém rozpočtu, včetně specifikace použitých materiálů.

Skladba fasády se zateplením:

- Lepící a stěrková malta tl. 10–25 mm
- Minerální vata tl. 160 mm
- Lepící a stěrková malta tl. 4 mm
- Perlinka 145 g/m²
- Tenkovrstvá silikátová omítka včetně penetrace tl. 1,5 mm
- Probarvení 2 mm

Další použité prvky např. soklové lišty, rohové profily s tkaninou, okenní profily apod. jsou zahrnuty jako položky v podrobném nabídkovém rozpočtu, včetně specifikace použitých materiálů.



Obrázek 53: Půdorys INP [autor]

Obrázek 54: Pohled na fasádu [autor]

Vypracované rozpočty obou variant:

1. Varianta bez zateplení
2. Varianta s kontaktním zateplovacím systémem

PČ	Typ	Kód	Popis	MJ	Množství	J.cena [CZK]	Cena celkem [CZK]
----	-----	-----	-------	----	----------	--------------	-------------------

HSV - Práce a dodávky HSV

169 264,00

6 - Úpravy povrchů, podlahy a osazování výplní

136 162,91

4	K	622142001	Potažení vnějších stěn sklovláknitým pletivem vtlačeným do tenkovrstvé hmoty (19,590*12,6+1,7*12,6*2)-(1,95*1,45*12)- ((2,15*1,55+0,75*2,35)*3)-(2*2,1*4)-(1,6*2,1)- (1,7*0,2*2*4)	m2	217,579	187,00	40 687,27
					217,579		
17	K	622143001	Montáž omítkových plastových nebo pozinkovaných soklových profilů (19,59+1,7*2)-8-1,6	m	13,390	97,00	1 298,83
					13,390		
18	M	55343011	profil omítkový soklový pro omítky venkovní 10 mm	m	14,060	96,70	1 359,60
23	K	622252002	Montáž ostatních lišt kontaktního zateplení 12,6*4	m	50,400	54,90	2 766,96
					50,400		
24	M	59051480	profil rohový Al s tkaninou kontaktního zateplení 12,6*4	m	52,920	18,10	957,85
					50,400		
19	K	622321311	Vápenocementová omítka hrubá jednovrstvá zatřená vnějších stěn nanášená strojně (19,590*12,6+1,7*12,6*2)-(1,95*1,45*12)- ((2,15*1,55+0,75*2,35)*3)-(2*2,1*4)-(1,6*2,1)- (1,7*0,2*2*4)	m2	217,579	163,00	35 465,38
					217,579		
25	K	622511101	Tenkovrstvá akrylátová mozaiková jemnozrná omítka včetně penetrace vnějších stěn (19,59-8-1,6)*0,5	m2	4,995	382,00	1 908,09
					4,995		
9	K	622521011	Tenkovrstvá silikátová zrnitá omítka tl. 1,5 mm včetně penetrace vnějších stěn (19,590*12,1+1,7*12,1*2)-(1,95*1,45*12)- ((2,15*1,55+0,75*2,35)*3)-(2*2,1*4)-(1,6*2,1)- (1,7*0,2*2*4)	m2	206,084	238,00	49 047,99
					206,084		
14	K	629991011	Zakrytí výplní otvorů a svislých ploch fólií přilepenou lepicí páskou (1,95*1,45*12)+((2,15*1,55+0,75*2,35)*3)+(2*2,1*4)+(1,6*2,1)	m2	69,375	38,50	2 670,94
					69,375		

9 - Ostatní konstrukce a práce, bourání

31 607,09

10	K	941211112	Montáž lešení řadového rámového lehkého zatížení do 200 kg/m2 š do 0,9 m v do 25 m 19,59*12,6	m2	246,834	42,10	10 391,71
					246,834		
15	K	941211211	Příplatek k lešení řadovému rámovému lehkému š 0,9 m v do 25 m za první a ZKD den použití (19,590*12,6)*20	m2	4 936,680	1,75	8 639,19
					4 936,680		
11	K	941211812	Demontáž lešení řadového rámového lehkého zatížení do 200 kg/m2 š do 0,9 m v do 25 m 19,59*12,6	m2	246,834	26,20	6 467,05
					246,834		
12	K	944511111	Montáž ochranné sítě z textilie z umělých vláken 19,59*12,6	m2	246,834	14,80	3 653,14
					246,834		
13	K	944511811	Demontáž ochranné sítě z textilie z umělých vláken 19,59*12,6	m2	246,834	9,95	2 456,00
					246,834		

998 - Přesun hmot

1 494,00

16	K	998012023	Přesun hmot pro budovy monolitické v do 24 m	t	6,000	249,00	1 494,00
----	---	-----------	--	---	-------	--------	----------

PČ	Ty p	Kód	Popis	MJ	Množství	J.cena [CZK]	Cena celkem [CZK]
----	------	-----	-------	----	----------	--------------	-------------------

HSV - Práce a dodávky HSV

412 191,38

6 - Úpravy povrchů, podlahy a osazování výplní

374 408,84

26	K	622221011	Montáž kontaktního zateplení vnějších stěn z minerální vlny s podélnou orientací vláken tl do 80 mm	m2	4,995	533,00	2 662,34
					(19,59-8-1,6)*0,5	4,995	
27	M	28376016.ISV	Isover EPS SOKL 3000 - 80mm, $\lambda D = 0,035$ (W·m-1·K-1), 1250 x 600 x 80 mm, soklové desky s nízkou nasákavostí a vysokou odolností proti průrazu pro tepelné izolace stěn v místech se zvýšeným namáháním vlhkostí.	m2	5,095	194,52	991,08
3	K	622221031	Montáž kontaktního zateplení vnějších stěn z minerální vlny s podélnou orientací vláken tl do 160 mm	m2	206,084	591,00	121 795,64
					(19,590*12,1+1,7*12,1*2)-(1,95*1,45*12)-(2,15*1,55+0,75*2,35)*3)-(2*2,1*4)-(1,6*2,1)-(1,7*0,2*2*4)	206,084	
4	M	63151538	deska tepelně izolační minerální kontaktních fasád podélné vlákno $\lambda=0,036-0,037$ tl 160mm	m2	210,206	673,00	141 468,64
5	K	622252001	Montáž zakládacích soklových lišt kontaktního zateplení	m	13,390	95,80	1 282,76
					(19,59+1,7*2)-8-1,6	13,390	
6	M	59051653	lišta soklová Al s okapničkou zakládací U 16cm 0,95/200cm	m	14,060	161,00	2 263,66
22	K	622252002	Montáž ostatních lišt kontaktního zateplení	m	301,450	54,90	16 549,61
					12*(1,95+1,45*2)+3*(2,9+2,35+2,35)+4*(2+2*2,1)+(1,6+2*2,1)	111,600	
					(12,1*4)+12*(1,95*2+1,45*2)+3*(2,9+2,15+2,35+2,35)+4*(2+2*2,1)+(1,6+2*2,1)	189,850	
					Součet	301,450	
23	M	59051480	profil rohový Al s tkaninou kontaktního zateplení	m	117,180	18,10	2 120,96
					12*(1,95+1,45*2)+3*(2,9+2,35+2,35)+4*(2+2*2,1)+(1,6+2*2,1)	111,600	
29	M	59051510	profil okenní s nepřiznanou podomítkovou okapnicí PVC 2,0 m	m	189,850	29,80	5 657,53
					(12,1*4)+12*(1,95*2+1,45*2)+3*(2,9+2,15+2,35+2,35)+4*(2+2*2,1)+(1,6+2*2,1)	189,850	
30	K	622511101	Tenkovrstvá akrylátová mozaiková jemnozrná omítka včetně penetrace vnějších stěn	m2	4,995	382,00	1 908,09
					(19,59-8-1,6)*0,5	4,995	
19	K	622521011	Tenkovrstvá silikátová zrnitá omítka tl. 1,5 mm včetně penetrace vnějších stěn	m2	315,284	238,00	75 037,59
					4*(2+2,1*2)+(1,6+2*2,1)	30,600	
					(19,590*12,1+1,7*12,1*2)-(1,95*1,45*12)-(2,15*1,55+0,75*2,35)*3)-(2*2,1*4)-(1,6*2,1)-(1,7*0,2*2*4)+12*(1,95+1,45*2)+3*(2,15+0,75+1,55+2,35)	284,684	
					Součet	315,284	
18	K	629991011	Zakrytí výplní otvorů a svislých ploch fólií přilepenou lepicí páskou	m2	69,375	38,50	2 670,94

PČ	Typ	Kód	Popis	MJ	Množství	J.cena [CZK]	Cena celkem [CZK]
18	K	629991011	Zakrytí výplní otvorů a svislých ploch fólií přilepenou lepicí páskou (1,95*1,45*12)+((2,15*1,55+0,75*2,35)*3)+(2*2,1*4)+(1,6*2,1)	m2	69,375	38,50	2 670,94
9 - Ostatní konstrukce a práce, bourání							35 926,69
11	K	941211112	Montáž lešení řadového rámového lehkého zatížení do 200 kg/m2 š do 0,9 m v do 25 m 19,59*12,6	m2	246,834	42,10	10 391,71
					246,834		
20	K	941211211	Příplatek k lešení řadovému rámovému lehkému š 0,9 m v do 25 m za první a ZKD den použití (19,59*12,6)*30	m2	7 405,020	1,75	12 958,79
					7 405,020		
12	K	941211812	Demontáž lešení řadového rámového lehkého zatížení do 200 kg/m2 š do 0,9 m v do 25 m 19,59*12,6	m2	246,834	26,20	6 467,05
					246,834		
13	K	944511111	Montáž ochranné sítě z textilie z umělých vláken 19,590*12,6	m2	246,834	14,80	3 653,14
					246,834		
14	K	944511811	Demontáž ochranné sítě z textilie z umělých vláken 19,590*12,6	m2	246,834	9,95	2 456,00
					246,834		
998 - Přesun hmot							1 855,85
21	K	998011003	Přesun hmot pro budovy zděné v do 24 m	t	6,798	273,00	1 855,85

Zhodnocení:

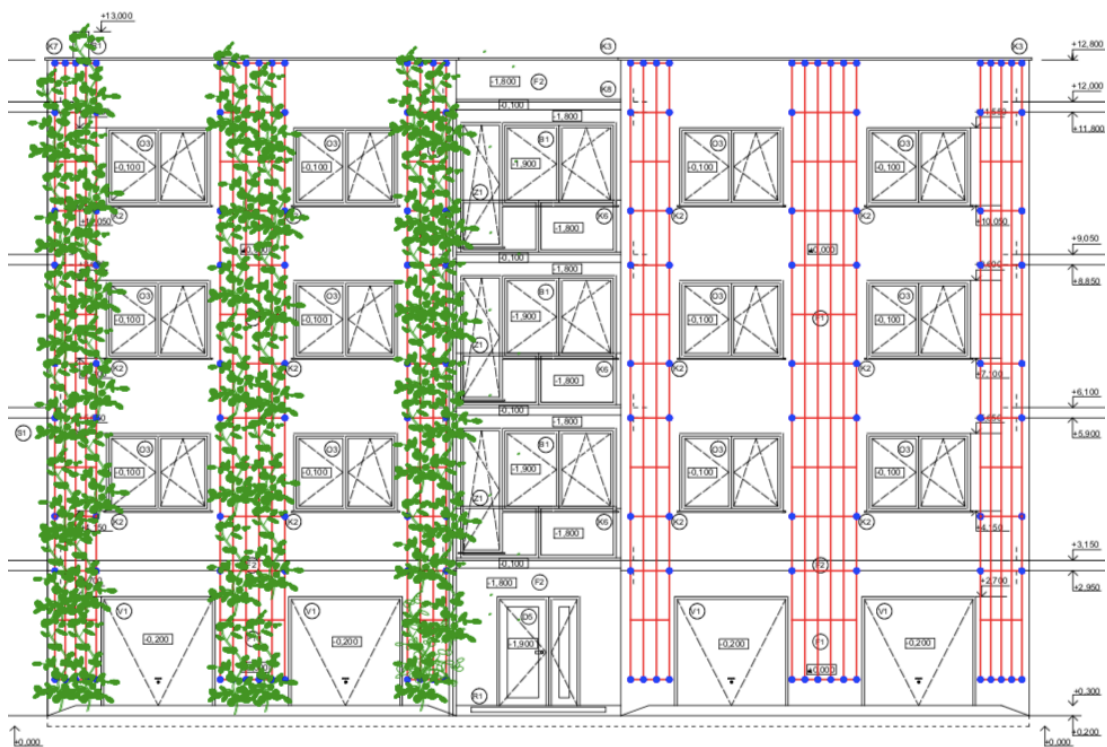
- Z porovnání obou variant lze dojít k závěru, že se náklady na provedení fasády se zateplovacím systémem pohybují 2,5 krát výš.
- Celkové pořizovací náklady se tak u každé z variant mohou lišit na základě provedení na zateplené či nezateplené fasádě právě o tento násobek.
- **Investiční náklady na nezateplenou fasádu: ± 685 Kč/m²**
- **Investiční náklady na zateplenou fasádu: ± 1 669 Kč/m²**

7.1 Nerezový trelážový systém Kraupner

První způsob ozelenění objektu jsem zvolil pomocí popínavé rostliny. Nejjednodušším způsobem by bylo nechat rostlinu růst volně přímo po objektu, já však zvolil způsob pnutí po předsazené konstrukci. Jako podporu pnutí jsem vybral systém lankové treláže. Tento způsob podpory pnutí je na českém trhu známý a celkem dobře dostupný. Jednu z variant jsem již popisoval v kapitole 4. Jednalo se o systém firmy

Krapner servis. Tuto variantu nerezových podpěr jsem proto aplikoval na modelovém objektu. Jelikož se v případech zateplené a nezateplené fasády technologie kotvení podpěr trochu liší, zpracoval jsem možnosti obě.

Pro fasádu zateplenou i bez zateplení jsem zvolil stejný rozměr rastru vzniklého vodorovným a svislým kladením ocelových lan. Jelikož jednou z vlastností popínavých rostlin je pnout se především směrem vzhůru, umístil jsem treláže pouze do svislých pruhů v prostoru mezi okny. Do horizontálně orientovaných prostor mezi parapety 2NP a nadpražím dveřního otvoru v 1NP, parapety a nadpražím okenního otvoru 2- 3NP, respektive atikou a nadpražím okenního otvoru ve 4NP, jsem treláže nenavrhol. Důvod je ten, že by se do těchto ploch rostlina rozrůstala velmi obtížně nebo vůbec.



Obrázek 55: Schéma navržené treláže [autor]

Rastr pro pnutí rostliny je tvořen ocelovými lany. Ta jsou protažena nerezovými podpěrami, které jsou kotveny pomocí závitových tyčí navrtávaných do nosné konstrukce objektu. Spodní a nejvyšší umístěná řada podpěr slouží jako koncová, jelikož jsou zde lana zajištěna pomocí tzv. terminálů. Návrh treláže byl konzultován s Ing. Kryštofem Blažejem, jednatelem společnosti Krapner servis, aby se co nejvíce přiblížil realizovaným projektům. Stejně tak došlo i ke koordinaci použitých systémových prvků a jejich ocenění. Vytvoření rozpočtů obou variant tak vychází z dat společnosti Krapner servis. Výsledná plocha tvořena trelážemi je 66,64 m².

7.1.1 Trelážový systém na fasádě bez zateplení

Z návrhu treláže vychází počet všech prvků potřebných pro montáž. Jejich přesné množství je zřejmé v tabulce 1., kde jsou vyčísleny celkové náklady na materiál. Náklady na montáž jsou ovlivněny především časem potřebným pro kotvení podpěr. Celkový čas montáže tak lze zjednodušeně počítat v závislosti na použitém množství podpěr. Časová náročnost montáže kotev je zohledněna koeficientem K_p . Dále zmíněné potřebné informace k tvorbě rozpočtu vychází z informací podaných společností Kraupner servis.

Stanovení rozpočtu treláže na fasádě bez zateplení:

- Koeficient montáže podpěr: $K_p = 0,66$ (1 ks/0,66 h)
- Náklady na montážníka: 350 Kč/h
- Počet montážníku na dané treláži: 2 ks
- Náklady na dopravu + režijní náklady: 1 000 Kč/den (příjezd na stavbu 1x/ den)
- Náklady na plošinu: 7 500 Kč/den

Pro montáž ve výškách je zapotřebí montážní vysokozdvizné plošiny. Její pronájem lze řešit samostatně mimo montážní firmu. Společnost Kraupner servis však nabízí montáž s využitím vlastní plošiny, tudíž jsem do rozpočtu zahrnul dodávku montáže včetně montážní plošiny.

Katalog.č.	Název	Množství	Cena Kč	Celkem Kč
A12710-02010121000 (T501-)	Závitová tyč M12x1000	18 m	132,33	2 381,94 Kč
A23001-02010080000 (T830-)	Matice M 8 [6h.0.8D]	60 ks	1,10	66,00 Kč
T001-00040 (T001-)	Ocelové lanko 7x7 nerezové 4,0 mm	430 m	31,87	13 704,10 Kč
T070-00404 (T070-)	Křížková spojka 90 - 4,0	246 ks	76,60	18 843,60 Kč
T101-80604 (T101-)	Terminál uni M6P 4,0	60 ks	151,13	9 067,80 Kč
T153-00604 (T153-)	Term. Zabradlí pulkulatá hl. 4,0	60 ks	53,49	3 209,40 Kč
T203-21212 (T203-)	Podpěra koncová 25E M12	144 ks	193,92	27 924,48 Kč
T266-07016 (T266-)	Terč krycí 70-6-16	144 ks	64,79	9 329,76 Kč
T990-20000 (T990)	Dělení materiálu- stříhání lanek do 4 mm	60 ks	15,57	934,20 Kč
T990-20100 (T990)	Lisování terminálu	60 ks	29,41	1 764,60 Kč
Celková cena bez DPH				87 225,88 Kč

Tabulka 1: Náklady na materiál [autor]

Výpočet potřebné doby na montáž [$T_{mtž}$]

$$T_{mtž} = K_p * n [h] \quad (1)$$

Kde: K_p - Koeficient montáže podpěr

n - Počet podpěr

$$T_{mtž} = 0,66 * 144 [h]$$

$$\underline{T_{mtž} = 95,04 \text{ h} \approx 96 \text{ h}}$$

$$T_{mont, celk} = 96/2 = 48 \text{ h} \approx 6 \text{ dní (2 montážníci)}$$

Výpočet nákladů na montáž [$N_{mtž}$]

$$N_{mtž} = T_{mtž} * N_{mont} [Kč] \quad (2)$$

Kde: $T_{mtž}$ - Doba montáže

N_{mont} - Náklady na montážníka

$$N_{mtž} = 96 * 350 [Kč]$$

$$\underline{N_{mtž} = 33\,600 \text{ Kč}}$$

Výpočet ostatních nákladů [N_{ost}]

- Zahrnutý náklady závislé na celkové době montáže
- Náklady na pronájem plošiny, dopravu a režijní náklady

$$N_{ost} = T_{mont, celk} * (N_{R,D} + N_{ploš}) [Kč] \quad (3)$$

Kde: $T_{mont, celk}$ - Celková doba montáže

N_{R} - Náklady na režie a dopravu

$N_{ploš}$ - Náklady na plošinu

$$N_{\text{dop}} = 6 * (1\ 000 + 7\ 500) \text{ [Kč]}$$

$$\underline{N_{\text{dop}} = 51\ 000 \text{ Kč}}$$

SHRNUTÍ:

Materiál: 87 225,88 Kč

Montáž: 33 600 Kč

Doprava + plošina + režie: 51 000 Kč

CELKEM: 171 825,88 Kč

7.1.2 Trelážový systém na fasádě s kontaktním zateplením

Tvorba rozpočtu varianty treláže kotvené na zateplený objekt je obdobná variantě bez zateplení. Zásadním technologickým rozdílem, promítajícím se na výsledné ceně, je nutnost použití delších závitových tyčí. Je tak zapotřebí překlenout větší šíři skladby fasády a zakotvit podpěry dostatečně hluboko do nosné konstrukce. Po zazelenění treláže bude na podpěry, kvůli větší distanci od nosné konstrukce, působit i větší momentová síla.

Stanovení rozpočtu treláže na fasádě s kontaktním zateplením

- Koeficient montáže podpěr: $K_p = 1,00$ (1 ks/1,00 h)
- Náklady na montážníka: 350 Kč/h
- Počet montážníku na dané treláži: 2 ks
- Náklady na dopravu: 1000 Kč/den (příjezd na stavbu 1x/ den)
- Náklady na plošinu: 7500 Kč/den

Tabulka 2: Náklady na materiál				
Katalog.č.	Název	Množství	Cena Kč	Celkem Kč
A12710-02010121000 (T501-)	Závitová tyč M12x1000	93,6 m	119,57	11 191,75 Kč
A23001-02010080000 (T830-)	Matice M 8 [6h.0.8D]	60 ks	1,10	66,00 Kč
A23001-02034120000	Matice M12 [6h.0.8.D] LH	288 ks	14,31	4 121,28 Kč
A23401-02010120000	Matice M12 [uzav.vys.]	288 ks	11,45	3 297,60 Kč
T001-00040 (T001-)	Ocelové lanko 7x7 nerezové 4,0 mm	430 m	31,87	13 704,10 Kč
T070-00404 (T070-)	Křížková spojka 90 - 4,0	246 ks	76,60	18 843,60 Kč
T101-80604 (T101-)	Terminál uni M6P 4,0	60 ks	151,13	9 067,80 Kč
T153-00604 (T153-)	Term. Zabradlí pulkulatá hl. 4,0	60 ks	53,49	3 209,40 Kč
T203-21212 (T203-)	Podpěra koncová 25E M12	144 ks	193,92	27 924,48 Kč
T266-99101 (T266-)	Terč krycí ovál 70 - M12/M8	144 ks	120,58	17 363,52 Kč
T990-20000 (T990)	Dělení materiálu- stříhání lanek do 4 mm	60 ks	15,57	934,20 Kč
T990-20100 (T990)	Lisování terminálu	60 ks	29,41	1 764,60 Kč
Celková cena bez DPH				111 488,33 Kč

Tabulka 2: Náklady na materiál [autor]

Výpočet potřebné doby na montáž [$T_{mtž}$]

$$T_{mtž} = K_p * n [h] \quad (1)$$

Kde: K_p - Koeficient náročnosti montáže podpěr

n - Počet podpěr

$$T_{mtž} = 1,00 * 144 [h]$$

$$\underline{T_{mtž} = 144 h}$$

$$T_{mont, celk} = 144/2 = 72 h \approx 9 \text{ dní (2 montážníci)}$$

Výpočet nákladů na montáž [$N_{mtž}$]

$$N_{mtž} = T_{mtž} * N_{mont} [Kč] \quad (2)$$

Kde: $T_{mtž}$ - Doba montáže

N_{mont} - Náklady na montážníka

$$N_{mtž} = 144 * 350 [Kč]$$

$$\underline{N_{mtž} = 50 400 Kč}$$

Výpočet ostatních nákladů [N_{ost}]

- Zahrnuté náklady závislé na celkové době montáže
- Náklady na pronájem plošiny, dopravu a režijní náklady

$$N_{ost} = T_{mont, celk} * (N_{R,D} + N_{ploš}) [Kč] \quad (3)$$

Kde: $T_{mont, celk}$ - Celková doba montáže

$N_{R,D}$ - Náklady na režie a dopravu

$N_{ploš}$ - Náklady na plošinu

$$N_{dop} = 9 * (1\ 000 + 7\ 500) [Kč]$$

$$\underline{N_{dop} = 76\ 500\ Kč}$$

SHRNUTÍ:

Materiál: 111 488,33 Kč

Montáž: 50 400 Kč

Doprava + plošina: 76 500 Kč

CELKEM: 238 388,33 Kč

7.1.3 Zazelenění treláže

Výběr rostliny úzce souvisí s podpěrnou konstrukcí. Musí jít ruku v ruce, aby byla rostlina fyzicky schopna po konstrukci šplhat. Rozhodnutí pro lehkou systémovou konstrukci ocelových lanek mi vyselektovalo rostliny, které mají na ní uzpůsobené adaptační mechanismy pro uchycení. Musí se jednat o rostliny ze skupiny ovíjivých, úponkatých či úponkatých s adhezivními terčíky. Zároveň je výběr zúžen výškou konstrukce, kterou má rostlina zazelenit. Ne každá pnoucí dřevina dokáže své výhonky dostat do výšky 10-15 metrů. Dalším důležitým faktorem je orientace fasády. Jelikož jsem určil směr fasády jihovýchodně, je nutné vybrat rostlinu, která snáší větší množství slunečního světla. Díky tomu z výběru odpadá například často využívaný břečťan. Ten se

zdá být ideální z pohledu stálezeleného neopadavého keře. Roste však celkem pomalu a zároveň potřebuje růst ve stínu, tudíž jsou pro něj ideální severně orientované stěny.

Pro můj modelový případ jsem tedy po zvážení všech možných faktorů vybral rostlinu čeledi révovitých, Přisavník pětistý (*Parthenocissus quinquefolia*). Na podzim se do oranžova zbarvující, opadavá, popínavá rostlina s rychlým růstem až do 20 m výšky. Tato rostlina vyhledávající přímé slunce má střední náročnosti na vlhkost. V našich geografických podmínkách by měla při každoročním hnojení do 3-5 let treláž obrůst v celé výšce.

Tvorbu rozpočtu ozelenění treláže jsem konzultoval s majitelem zahradnické firmy Danielem Kajprem. Zabývá se údržbou veřejné zeleně, rekonstrukcí zahrad, výsadbou dřevin a celou škálou dalších zahradnických prací. Náročnost a s tím spojenou dobu výsadby jsem stanovil na základě naší konzultace.

Stanovení rozpočtu zazelenění treláže:

- Počet sazenic: 3 ks pod každou treláž -> celkem 18 ks sazenic
- Cena za výsadbu: 30 Kč/ks (+500 Kč za každý příjezd na místo výsadby)
- Doba výsadby: 1 ks/min -> celkem včetně příprav max. 30 minut
- Průměrná cena sazenice přísavníku, vzrůstu 40-60 cm: 150 Kč/ks (bez DPH)
- Průměrná cena krystalického hnojiva např. zn. Substral: 70 Kč/350 g (bez DPH)
- Cena vodného (Praha): 42,57 Kč/m³ (bez DPH)
- Průměrná potřeba závlahy: 1/3 dní v roce; cca 7,5 l/rostlina/den
- Potřebné hnojení: období měsíců 04-09 (6 měsíců); 2 dávky/měsíc; 1 g hnojiva = 1 l potřebné zálivky
- Úklidové práce: zametání listí - 3 Kč/m² + 500 za biologický odpad
- Potřeba úklidu listí: 1-2 měsíce v roce (průměr = 6 týdnů); 1x/týden
- Uklízená plocha vztažena k ploše fasády -> plocha fasády = uklízená plocha

Číslo položky	Název	Množství	Cena Kč	Celkem Kč
č.1	Přisavník pětistý - sazenice	18 ks	150,00	2 700,00 Kč
č.2	AGRO mulčovací kůra 70l	1 ks	103,31	103,31 Kč
Celková cena bez DPH				2 803,31 Kč

Tabulka 3: Náklady na materiál [autor]

Výpočet nákladů na montáž [N_{mtz}]

$$N_{mtz} = N_{vys} * n + N_R [Kč] \quad (4)$$

Kde: N_{vys} - Náklady na výsadbu 1 sazenice

n - Počet sazenic

N_R - Náklady na režie a dopravu

$$N_{mtz} = 30 * 18 + 500 [Kč]$$

$$\underline{N_{mtz} = 1\,040 \text{ Kč}}$$

Výpočet ročních nákladů na údržbu [N_u]

- Dílčí výpočty vychází z postupné aplikace sebraných dat pro stanovení rozpočtu

$$N_u = N_{zavlah} + N_{hnojivo} + N_{uklid} [Kč] \quad (5)$$

Kde: N_{zavlah} - Náklady na spotřebu vody [Kč]

N_{sub} - Náklady na výměnu substrátu [Kč]

N_{uklid} - Náklady na úklidové práce [Kč]

$$N_{zavlah} = ((1/3 * 365 * 7,5) * 18) / 1000 * 42,57 = 699,21 \text{ Kč}$$

$$N_{hnojivo} = ((7,5 * 2 * 6) * 18) * 0,2 = 324,00 \text{ Kč}$$

$$N_{uklid} = ((19,75 * 12,6 * 3) + 500) * 6 = 7\,479,30 \text{ Kč}$$

$$N_u = 699,21 + 324,00 + 7\,479,30 [Kč]$$

$$\underline{N_u = 8\,502,51 \text{ Kč}}$$

SHRNUTÍ NÁKLADŮ:

Materiál: 2 803,31 Kč

Montáž vč. dopravy: 1 040 Kč

Roční údržba: 8 502,51 Kč

CELKEM: 12 345,82 Kč

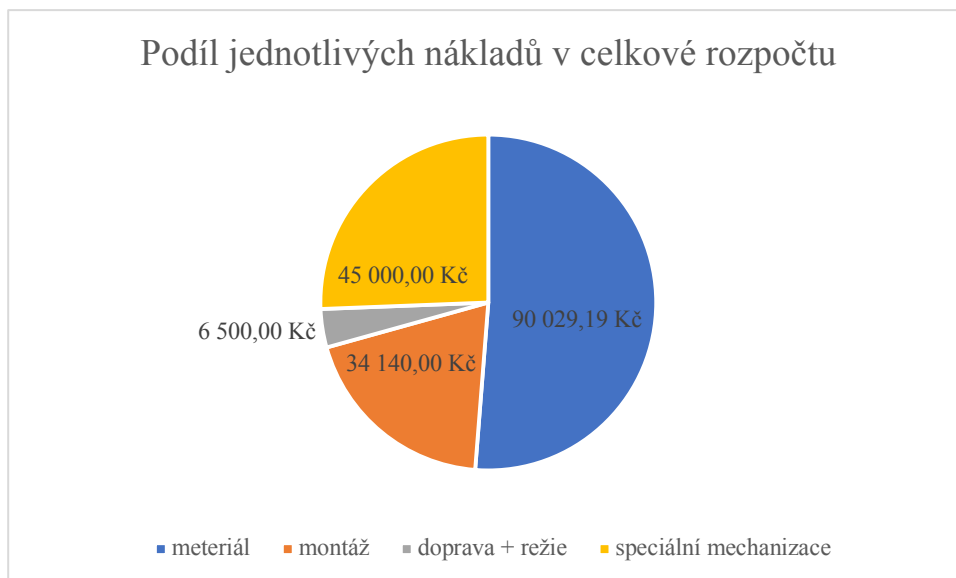
7.1.4 Trelážový systém – rekapitulace

Posouzením výše uvedených rozpočtů docházím k závěru, že celkové pořizovací náklady treláže kotvené do zateplené fasády jsou řádově o 1000 Kč na 1 m² vyšší než celkové pořizovací náklady treláže kotvené do fasády bez zateplení. Ke zvýšení celkových pořizovacích nákladů dochází z důvodu větší spotřeby materiálu a vyšší náročnosti montáže kotev. Položka ročních nákladů na údržbu zeleně je u obou provedení rovna, jelikož uvažuji se stejným způsobem zazelenění. Přehled nákladů obou variant je znázorněn v *tabulce 4*.

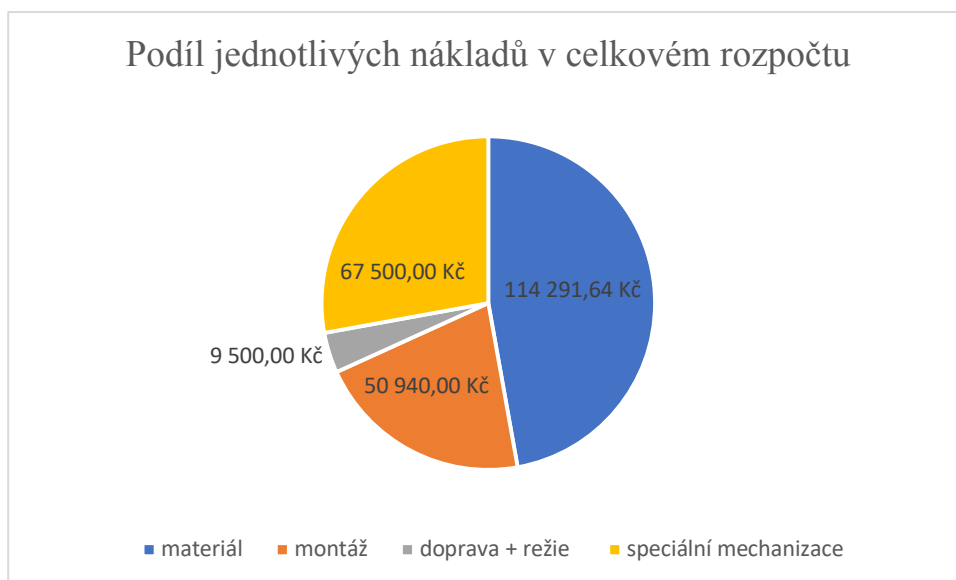
TRELÁŽ - POPÍNAVÁ ROSTLINA	VARIANTA KOTVENÍ TRELÁŽE	do fasády bez zateplení		do zateplené fasády	
	-	celková [Kč]	1 m2 [Kč]	celková [Kč]	1 m2 [Kč]
	CELKOVÉ POŘIZOVACÍ NÁKLADY		175 669,19 Kč	2 636,09 Kč	242 231,64 Kč
ROČNÍ NÁKLADY NA ÚDRŽBU		8 502,51 Kč	127,59 Kč	8 502,51 Kč	127,59 Kč

Tabulka 4: Přehled nákladů [autor]

Dále můžeme porovnat obě varianty v ohledu podílu jednotlivých nákladů na celkovém rozpočtu. Tento přehled je zobrazen formou *grafu 1* a *grafu 2*. Jsou zde zobrazeny všechny náklady tvořící finální rozpočet. Z grafiky je zřejmé, že největší podíl na výši celkových pořizovacích nákladů mají náklady na materiál. Tvoří tak u obou variant přibližně polovinu celkových pořizovacích nákladů. Náročnější montáží kotev do zateplené fasády se zvyšuje podíl nákladů na speciální mechanizaci. Delší dobou montáže vzniká vyšší náklad na pronájem vysokozdvížné plošiny. Při návrhu větší treláže by bylo vhodné uvažovat o pronájmu mechanizace jako zvláštní dodávky.



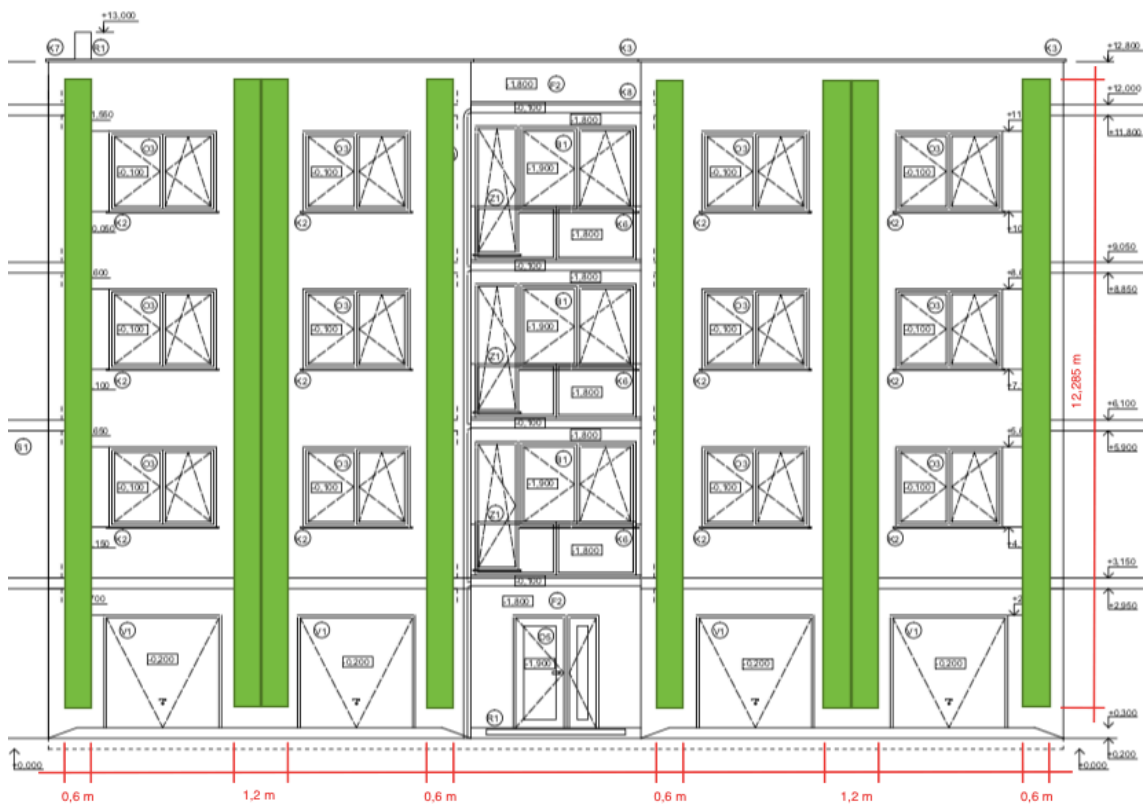
Graf 1: Náklady na treláž kotvenou do fasády bez zateplení [autor]



Graf 2: Náklady na treláž kotvenou do zateplené fasády [autor]

7.2 Systém fasádních modulů LIKO-S

Druhým technologickým provedením je systémem fasádních modulů české společnosti LIKO-S. Živá stěna zde vznikne poskládáním těchto modulů na kotvený AL rastr. Rozměr výsledné živé stěny jsem uzpůsobil rozměru modulu, tudíž je v jeho násobcích. Výslednou živou stěnou tak vznikne zelená plocha o obsahu 58,968 m². Společnost LIKO-S dodává živou stěnu systémem na klíč. Projekt zpracovává od zadání, přes návrh, zaměření, přípravu a montáž. To vše i včetně způsobu zavlažování a jeho automatického řízení. Systémové řešení počítá s možností kotvení do fasády zateplené i nezateplené. Na položce nákladů se to však neprojeví. Tvorba rozpočtu probíhala ve spolupráci s produktovým manažerem společnosti Ing. Rostislavem Dvořákem. Předal mi všechna potřebná data a rady ze zkušenosti získaných během realizací projektů.



Obrázek 56: Schéma navržené živé stěny LIKO-S [autor]

Stanovení rozpočtu vertikální zahrady:

- Náklady na systém fasádních modulů (montáž vč. materiálu): 12 000 Kč/m²
 - o Z toho: 3 000 Kč/m² substrát
- Spotřeba vody na zavlažování: 4 l/m²/den
- Zavlažovací cyklus: duben – říjen (celkem 214 dní)
- Cena vodného (Praha): 42,57 Kč/m³

- Odhadovaná životnost substrátu: 15 let
- Celková plocha vertikální zahrady: 58,968 m²

Výpočet pořizovacích nákladů na vertikální zahradu [N_{zahr}]

$$N_{zahr} = N_{sfm} * S [Kč] \quad (6)$$

Kde: N_{sfm} - Náklady na systém fasádních modulů

S - Plocha živé stěny

$$N_{sfm} = 12\,000 * 58,968 [Kč]$$

$$\underline{N_{sfm} = 707\,616,00 \text{ Kč bez DPH}}$$

Výpočet ročních nákladů na údržbu [N_ú]

$$N_{ú} = N_{závlaha} + N_{sub} [Kč] \quad (7)$$

Kde: N_{závlaha} - Náklady na roční spotřebu vody [Kč]

N_{sub} - Náklady na výměnu substrátu [Kč]

$$N_{ú} = ((4 * 58,968 * 214)/1000) * 42,57 + ((3\,000 * 58,968)/15) [Kč]$$

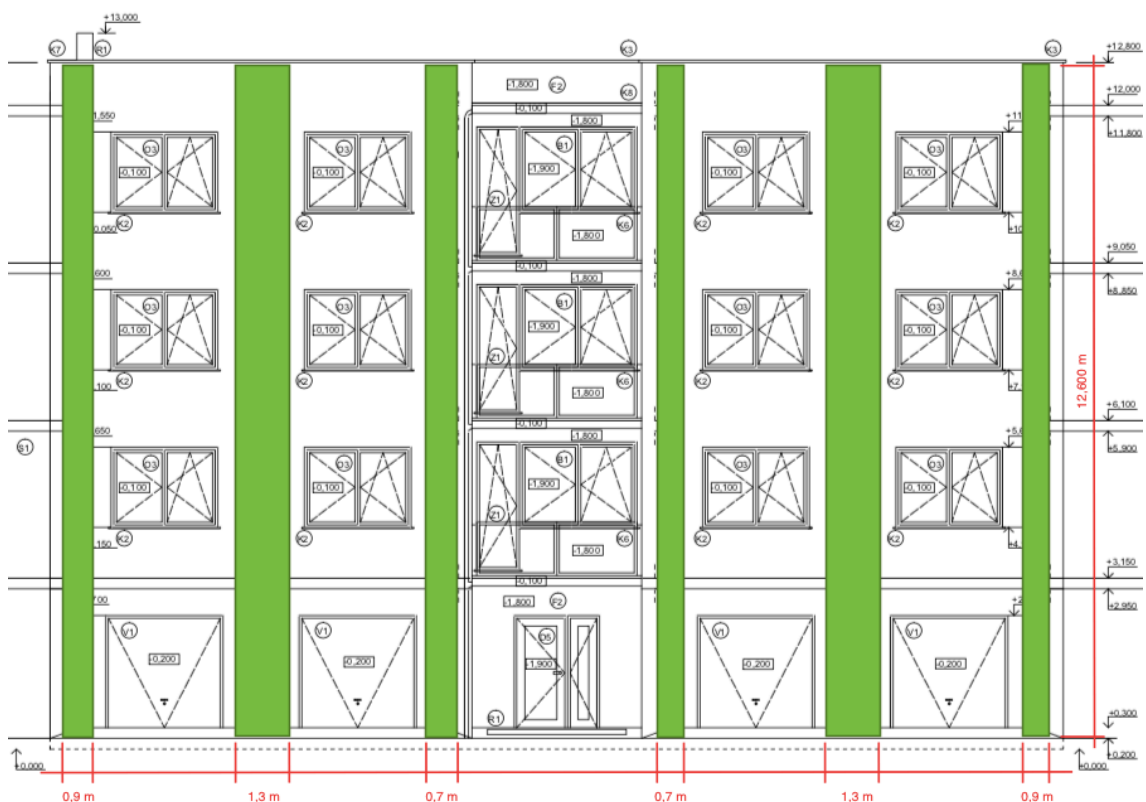
$$\underline{N_{ú} = 13\,942,39 \text{ Kč bez DPH}}$$

Tabulka 5: Přehled nákladů			
FASÁDNÍ MODULY LIKO-S	-	celková [Kč]	1 m2 [Kč]
	CELKOVÉ POŘIZOVACÍ NÁKLADY	707 616,00 Kč	12 000,00 Kč
	ROČNÍ NÁKLADY NA ÚDRŽBU	13 942,39 Kč	236,44 Kč

Tabulka 5: Přehled nákladů [autor]

7.3 Systém květináčů Němec Cascade Garden

Třetí způsob ozelenění bude proveden systémem společnosti Němec. Jedná se o patentovaný systém květináčů tvořících vertikální zahradu typu Němec Cascade Garden. Návrh se rozměrově opět odvíjí od návrhu varianty s popínavou rostlinou. Tímto zvoleným systémem by bylo možné zazelenit plochu fasády kompletně. Vymezení se do vertikálních pruhů jsem znovu zvolil z důvodu možnosti porovnání variant. Přesné rozměry jsem však musel upravit modulu květináčů tohoto systému. Výšku zahrad jsem zvolil od paty objektu až k vrcholu atiky dle doporučení pana Benjamin Raicha, obchodního manažera společnosti Němec. Úprava proběhla směrem vzhůru kvůli rozvodu automatického zavlažovacího systému ze střechy. Směrem k patě objektu z důvodu napojení odpadu na kanalizaci. Ozeleněná plocha tak bude činit 73,08 m². Společnost Němec dodává systém způsobem na klíč, tudíž jako kompletní dodávku projektu včetně dodávky materiálu a samotné montáže.



Obrázek 57: Schéma navržené stěny Němec Cascade Garden [autor]

Stanovení rozpočtu vertikální zahrady:

- Náklady na systém květináčů (montáž vč. materiálu): 13 500 Kč/m²
 - o Z toho: 1 500 Kč/m² substrát; 4 000 Kč/m² vegetace
- Náklady na zavlažovací systém (montáž vč. materiálu): 180 000 Kč
- Nosný rošt z AL profilů (montáž vč. materiálu): 1 500 Kč/m²
- Spotřeba vody na zavlažování: 0,75 l/m²/den
- Cena vodného (Praha): 42,57 Kč/m³
- Odhadovaná nutná výměna vegetace: 10-15 % /rok
- Odhadovaná životnost substrátu: 8 let
- Celková plocha vertikální zahrady: 73,08 m²

Výpočet pořizovacích nákladů na vertikální zahradu [N_{zahr}]

$$N_{zahr} = N_{květ} + N_{zs} + N_{rošt} [Kč] \quad (8)$$

- Kde: N_{květ} - Náklady na systém květináčů
N_{zs} - Náklady na zavlažovacího systému
N_{rošt} - Náklady na nosný rošt

$$N_{zahr} = (13\,500 * 73,08) + 180\,000 + (1\,500 * 73,08) [Kč]$$

$$\underline{N_{zahr} = 1\,276\,200 \text{ Kč bez DPH}}$$

Výpočet ročních nákladů na údržbu [N_ú]

$$N_{ú} = N_{závlaha} + N_{veg} + N_{sub} [Kč] \quad (9)$$

- Kde: N_{závlaha} - Náklady na roční spotřebu vody [Kč]
N_{veg} - Náklady na výměnu vegetace [Kč]
N_{sub} - Náklady na výměnu substrátu [Kč]

$$N_{\dot{u}} = ((0,75 * 73,08 * 365)/1\ 000) * 42,57 + (4\ 000 * 73,08 * 0,15) + ((1\ 500 * 73,08)/ 8)$$

$$N_{\dot{u}} = 58\ 402,14 \text{ Kč bez DPH}$$

Tabulka 6: Přehled nákladů

VERTIKÁLNÍ ZAHRADA NĚMEC	-	celková [Kč]	1 m2 [Kč]
	CELKOVÉ POŘIZOVACÍ NÁKLADY		1 276 200,00 Kč
ROČNÍ NÁKLADY NA ÚDRŽBU		58 402,14 Kč	799,15 Kč

Tabulka 6: Přehled nákladů [autor]

7.4 Souvislá živá stěna značky Čarokvěty

Čtvrtou a poslední variantou ozelenění modelového objektu je pomocí souvislé živé stěny od značky Čarokvěty. Po konzultaci provedení stěny s Ing. Zuzanou Klusovou, byla navrženo následující řešení. Bude provedeno 6 zelených souvislých stěn o společné ploše rozměrů 5,6 x 12 m. Celková zazeleněná plocha tudíž bude činit 67,2 m². Vegetační panely budou instalovány celoplošně přes hydroizolační fólii. Nosnou konstrukcí bude rošt z Al profilů kotvený do obvodového zdiva objektu. Tím vznikne potřebná větraná mezera mezi fasádou a vegetačními panely. Tato mezera bude z vrchní strany hydroizolačně zaklopena, aby nedocházelo k zatékání. Pod spodní hranou stěny bude sběrný nerezový okap napojený na kanalizaci. Samotný vegetační panel bude tvořen deskou z PE, na které bude instalováno souvrství geotextílie. Spodní vrstvy z vysoko pevnostní a vrchní z pohledové, odolné proti UV záření. Souvrství panelu bude osazeno exteriérovou vegetací v hustotě 32 ks/m². Závlahový systém bude fungovat otevřeným okruhem bez využití čerpadla. Celý okruh bude napojen na domovní rozvod vody. Jeden centrální přívod bude rozdělen ke každému z modulů. Přebytková voda bude odváděna skrze zmíněný okap do kanalizace.



Obrázek 58: Schéma navržené souvislé živé stěny [autor]

Stanovení rozpočtu vertikální zahrady:

- Náklady na vegetační panel: 5 800 Kč/m²
- Nosný rošt: 1000 Kč/m²
- Spotřeba vody na zavlažování: 3 l/m²/den
- Cena vodného (Praha): 42,57 Kč/m³
- Výsadba rostlin: 3 500 Kč/m²
- Odhadované nutné dosazení vegetace: 10 % /rok
- Celková plocha vertikální zahrady: 67,2 m²

Tabulka 7: Celkové pořizovací náklady				
Číslo položky	Název	Množství	Cena Kč	Celkem Kč
č.1	Nosný rošt - Al profily	67,2 m ²	1 000,00 Kč	67 200,00 Kč
č.2	Vegetační panel	67,2 m ²	5 800,00 Kč	389 760,00 Kč
č.3	Výsadba rostlin	67,2 m ²	3 500,00 Kč	235 200,00 Kč
č.4	Oplechování horní	5,6 m	376,00 Kč	2 105,60 Kč
č.5	Sběrný žlab	5,6 m	1 800,00 Kč	10 080,00 Kč
č.6	Oplechování boční - Al 60x40x4	144 m	570,00 Kč	82 080,00 Kč
č.7	Závlahový systém	1 set	28 000,00 Kč	28 000,00 Kč
č.8	Řídicí jednotka s čidlem vlhkosti substrátu	1 ks	7 200,00 Kč	7 200,00 Kč
č.9	Certifikované kotvy	12 ks	2 000,00 Kč	24 000,00 Kč
Celková cena bez DPH				845 625,60 Kč

Tabulka 7: Celkové pořizovací náklady [autor]

Výpočet ročních nákladů na údržbu [N_ú]

$$N_{\dot{u}} = N_{z\dot{a}v\dot{l}a\dot{h}a} + N_{v\dot{e}g} \text{ [Kč]} \quad (9)$$

Kde: N_{závlaha} - Náklady na roční spotřebu vody [Kč]

N_{veg} - Náklady na výměnu vegetace [Kč]

$$N_{\dot{u}} = ((3 * 67,2 * 365) / 1\,000) * 42,57 + (3\,500 * 67,2 * 0,10) \text{ [Kč]}$$

$$\underline{N_{\dot{u}} = 26\,652,47 \text{ Kč bez DPH}}$$

SOUVISLÁ ŽIVÁ STĚNA	-	celková [Kč]	1 m2 [Kč]
	CELKOVÉ POŘIZOVACÍ NÁKLADY		845 625,60 Kč
ROČNÍ NÁKLADY NA ÚDRŽBU		26 652,47 Kč	396,61 Kč

Tabulka 8: Přehled nákladů [autor]

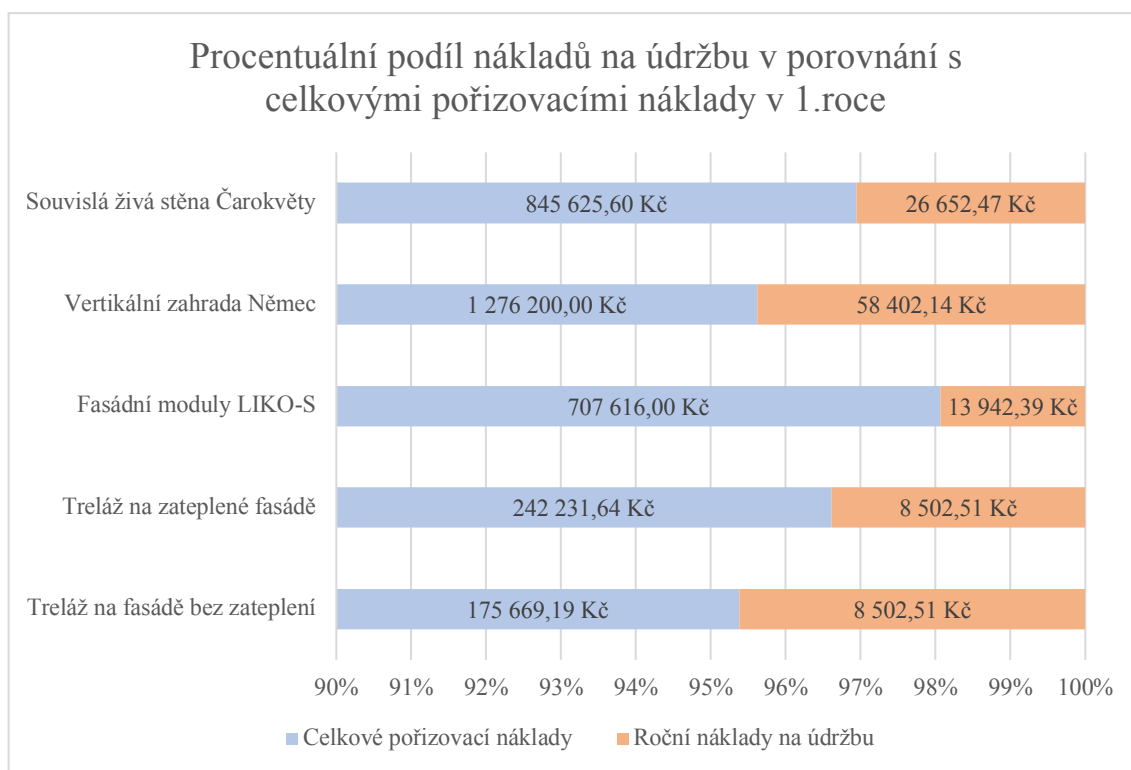
7.5 Porovnání variant

Na základě vytvoření rozpočtů lze zvolené varianty ozelenění objektu porovnat. Například v závislosti na celkových pořizovacích nákladech, ročních nákladech na údržbu vegetace, podílu vegetace a nosné konstrukce na celkových pořizovacích nákladech a dalších složkách tvořících celkové pořizovací náklady. Z důvodu jednotlivých technologických a systémových provedení nejsou plochy jednotlivých fasád stejné. Z tohoto důvodu jsou v přehledech náklady přepočítány na 1 m² plochy. Přepočítání na 1 m² plochy zelené fasády či živé stěny je však relevantní pouze pro návrhy v této práci. Především u variant treláží a souvislé živé stěny se celkové pořizovací náklady velmi liší v závislosti šířky na výšce stěny a členitosti plochy. Pro přehled nákladů jednotlivých variant slouží níže uvedená *Tabulka 9*.

TRELÁŽ - POPÍNAVÁ ROSTLINA	VARIANTA KOTVENÍ TRELÁŽE	do fasády bez zateplení		do zateplené fasády	
	-	celková [Kč]	1 m ² [Kč]	celková [Kč]	1 m ² [Kč]
CELKOVÉ POŘIZOVACÍ NÁKLADY		175 669,19 Kč	2 636,09 Kč	242 231,64 Kč	3 634,93 Kč
	ROČNÍ NÁKLADY NA ÚDRŽBU	8 502,51 Kč	127,59 Kč	8 502,51 Kč	127,59 Kč
FASÁDNÍ MODULY LIKO-S	-	celková [Kč]	1 m ² [Kč]		
	CELKOVÉ POŘIZOVACÍ NÁKLADY	707 616,00 Kč	12 000,00 Kč		
	ROČNÍ NÁKLADY NA ÚDRŽBU	13 942,39 Kč	236,44 Kč		
VERTIKÁLNÍ ZAHRA DĚ NĚMEC	-	celková [Kč]	1 m ² [Kč]		
	CELKOVÉ POŘIZOVACÍ NÁKLADY	1 276 200,00 Kč	17 463,05 Kč		
	ROČNÍ NÁKLADY NA ÚDRŽBU	58 402,14 Kč	799,15 Kč		
SOUVISLÁ ŽIVÁ STĚNA	-	celková [Kč]	1 m ² [Kč]		
	CELKOVÉ POŘIZOVACÍ NÁKLADY	845 625,60 Kč	12 583,71 Kč		
	ROČNÍ NÁKLADY NA ÚDRŽBU	26 652,47 Kč	396,61 Kč		

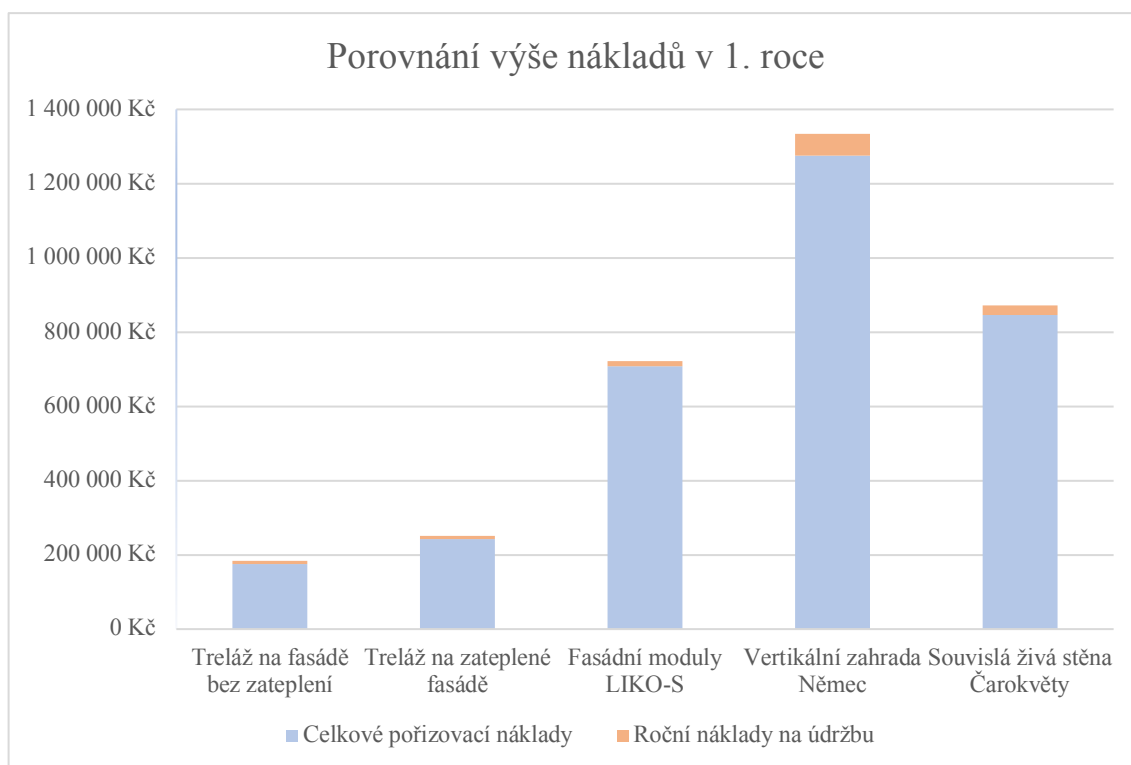
Tabulka 9: Přehled nákladů všech variant [autor]

U každé z variant je počítáno s montáží na již provedené fasádě objektu. V případě provádění i spodní fasády je nutné počítat s dalšími náklady na její provedení. Ke každé z variant by tedy přibyl náklad ± 685 Kč/m² v případě nezateplené fasády, nebo ± 1 669 Kč/m² v případě fasády zateplené. Obě možnosti s ohledem na vybranou skladbu aplikovanou na model.

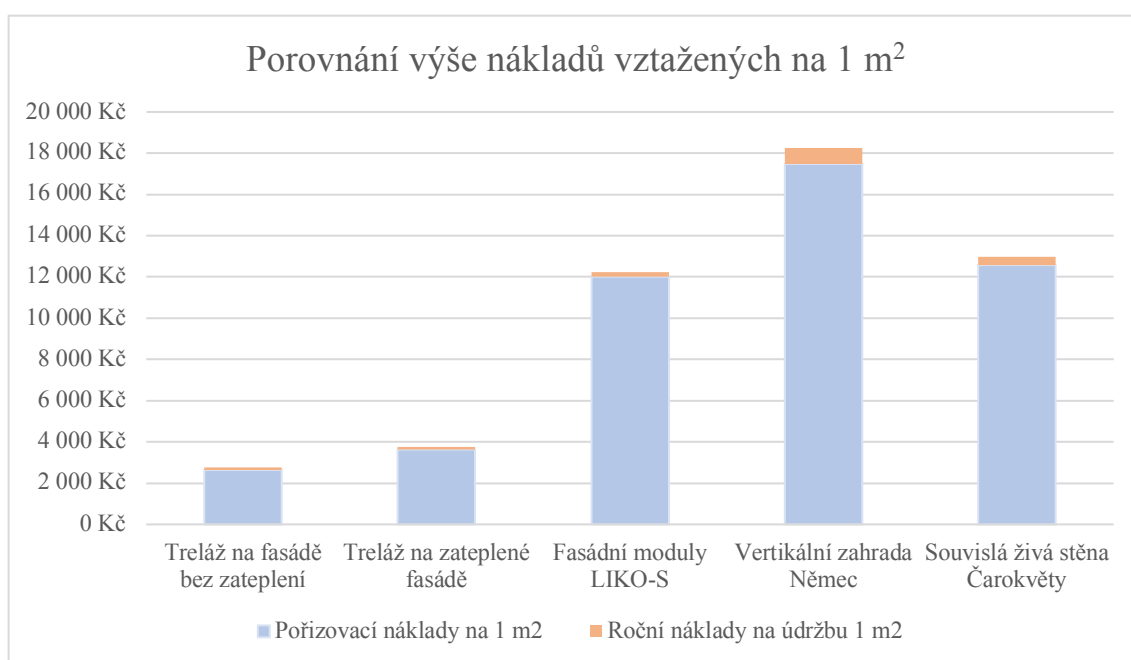


Graf 3: Podíl nákladů na údržbu a celkových pořizovacích nákladů [autor]

V Grafu 3 lze přehledně vidět podíly nákladů v 1. roce životnosti všech provedených variant. Z grafu vyplývá, že největší podíl nákladů na údržbu z celkových investičních nákladů lze předpokládat u treláže na fasádě bez zateplení. Roční provozní náklady se však v průběhu 3-5 let sníží. U popínavé rostliny se počítá s vyšší péčí tak pouze v tomto období, kdy se rozrůstá do požadované výšky. Dále je již zelená fasáda s popínavou rostlinou víceméně bezúdržbová. V porovnání výše pořizovacích nákladů je však varianta treláže jasně nejlevnější variantou. Naopak nejdražším způsobem provedení je Vertikální zahrada od společnosti Němec. Na vyšší pořizovacích nákladů se projevuje především samotný patentovaný systém malých květináčů, který je nutno osadit velkým množstvím vegetace. Náklady na výsadbu se pohybují lehce pod hranicí 1/3 nákladů na systém zahrady. Na vysokých ročních nákladech na údržbu se projevuje nutnost přesazení a oživení vegetace v předpokládaném množství 10-15 % původní vegetace. Tím se náklady na výsadbu každoročně v tomto procentu opakují. Obdobné náklady vychází u variant fasádních modulů LIKO-S a souvislé živé stěny značky Čarokvěty. Dle poskytnutých informací LIKO-S nepočítá během životnosti s potřebnou výměnou vegetace. Souvislá stěna značky Čarokvěty zase naopak s výměnou substrátu. Nutnost provedení těchto zásahů by mělo dopad na vyšší nákladů na údržbu během životnosti konstrukce.



Graf 4: Porovnání výše nákladů v 1.roce [autor]



Graf 5: Porovnání výše nákladů vztažených na 1m² [autor]

8 Závěr

Cílem první části této diplomové práce bylo uvedení do problematiky zelených stěn, rozdělení stěn dle typologie a zmapování jejich provedení z technologického hlediska.

První až třetí kapitolou je přiblížen historický vývoj zelených stěn až do dnešní podoby. Dále jsou zde shrnuty vlastnosti zelených stěn z pohledu působení na životní prostředí a působení na konstrukce v jejich okolí. Zároveň je zde zohledněno i působení na život ve městech a na život člověka obecně. Další dvě kapitoly se již zabývají technologickým způsobem provedení. Podle toho jsou pak rozděleny na dvě hlavní skupiny, které jsou dále podrobněji členěny. Poslední kapitola první části se zabývá příklady užití zelených stěn v rámci tuzemské i světové výstavby.

Cílem druhé části bylo vypracování několika variant ozelenění fasády modelového bytového domu. Dále pak vyčíslení a vyhodnocení investičních nákladů na pořízení a provozních nákladů na údržbu. Vybrané varianty ozelenění byly konzultovány s odborníky, kteří se daným technologickým způsobem provedení zabývají. Vypracování jednotlivých variant se tak co možná nejvíce přibližuje možnosti reálného výrobku. Z důvodu nutné přítomnosti správně provedené a celistvé klasické fasády objektu jsou zde vyčísleny investiční náklady na pořízení fasády zateplené minerální vatou a fasády bez zateplení. Náklad na provedení klasické fasády by pak byl fixní položkou celkových nákladů v případě nutnosti provedení i této spodní vrstvy.

Vyčíslením a porovnáním nákladů na pořízení jednotlivých variant lze s jistotou říci, že extenzivní způsob ozelenění objektu je tím nejlevnějším. Výše pořizovacích nákladů se pohybuje v rozmezí 1/6 až 1/3 stěn intenzivních. Z pohledu fyzikálních vlastností konstrukce je však tou nejmíň funkční variantou. Pro porovnání všech způsobů ozelenění jsou zde pořizovací náklady i náklady na údržbu vztaženy na 1 m². Vyšší vynaložené pořizovací náklady intenzivních variant přináší konstrukci výrazně lepší fyzikální vlastnosti. Ty se pak mohou během životnosti konstrukce podílet na snížení spotřeby provozních energií, tudíž například na snížení nákladů na vytápění, chlazení nebo přípravu teplé vody. Intenzivní živé stěny také více přispívají zadržování vody, ochlazování vzduchu. Tím se zasahují o zlepšení životního prostředí výrazněji než extenzivní stěny.

Využití ozelenění fasád je v hustě zastavěných městech správným krokem ke zlepšení kvality bydlení a života jeho obyvatel. Společně s výstavbou zelených střech tak lze kompenzovat úbytek původní zeleně a redukovat problém se vznikem městských tepelných ostrovů. Vyšší pořizovací náklady na živé stěny mohou být v kombinaci se správně navrženým projektem TZB navraceny formou nižších spotřeb za energie, a hlavně vyšší kvalitou života.

Seznam obrázků

Obrázek 1: Možná podoba Babylonských zahrad [44]	11
Obrázek 2: Profil městského tepelného ostrova [8]	14
Obrázek 3: Průměrná roční teplota vzduchu 1961-1990 [45]	15
Obrázek 4: Průměrná roční teplota vzduchu 1981-2010 [45]	15
Obrázek 5: Inspirace pro Mur Végétal- Jižní Korea [28].....	19
Obrázek 6: Inspirace Mur Végétal- Hong Kong [28]	19
Obrázek 7: Inspirace pro Mur Végétal- Thajsko [28].....	20
Obrázek 8: Inspirace pro Mur Végétal- Kamerun [28].....	20
Obrázek 9: Musée du Quai Branly- exteriér [27]	21
Obrázek 10: Musée du Quai Branly- interiér [27].....	21
Obrázek 11: Rozdělení zelených fasád [autor].....	24
Obrázek 12: Popínavá růže [autor]	25
Obrázek 13: Zpětně zahnuté trny růže [autor].....	25
Obrázek 14: Pnocí se břečťan [autor].....	26
Obrázek 15: Pnocí se břečťan [autor].....	26
Obrázek 16: přichycení úponku vinné révy [46]	27
Obrázek 17: Clematis neboli plamének [autor]	27
Obrázek 18: Přísavník [autor].....	28
Obrázek 19: Přichycení úponky k podkladu [autor]	28
Obrázek 20: Břečťan spojující objekty [autor].....	30
Obrázek 21: Porostlá drážní stavba [autor]	30
Obrázek 22: Mapa ČR- výskyt objemově nestabilních půd (Ing. J.Seyček, CSc) [2] ...	31
Obrázek 23: Rastr z ocelových lan [autor]	36
Obrázek 24: Kotvení pomocí nerezové podpěry [autor].....	36
Obrázek 25: Kotvení nerezových podpěr pro lankové treláže [20]	36
Obrázek 26: Uchycení kovové opěrné konstrukce k objektu [autor].....	37
Obrázek 27: Ukázka drátového systému [22].....	38
Obrázek 28: Modul Omni Facade [23]	39
Obrázek 29: Příklad aplikace Omni Facade [23].....	39
Obrázek 30: Schéma vrstev souvislé živé stěny [26].....	42
Obrázek 31: Příklad exteriérové vertikální zahrady [24]	44
Obrázek 32: Realizovaná interiérová zahrada [24].....	44

Obrázek 33: Vestibul objektu firmy EXPONEX [24]	44
Obrázek 34: Řešení Optigrün Zelená fasáda [30].....	47
Obrázek 35: Svislý řez konstrukcí boxů + detaily [30].....	47
Obrázek 36: Řešení společnosti LIKO-S [31]	48
Obrázek 37: Detail zelené fasády LIKO-S [31].....	48
Obrázek 38: Pohled na stěnu provedenou pomocí květináčů [33]	49
Obrázek 39: Příklad jednotlivých květináčů [32]	49
Obrázek 40: Modul Gro-Wall Slim Pro [32].....	50
Obrázek 41: Možnost návrhu závlahy [32]	50
Obrázek 42: Příklad realizace [34].....	51
Obrázek 43: Schéma vertikální zahrady- exteriér se zateplením [35]	52
Obrázek 44: Schéma vertikální zahrady- závlaha [35]	53
Obrázek 45: AFI Karlín v zimním období [autor]	55
Obrázek 46: AFI Karlín v letním období [36].....	55
Obrázek 47: Zelená hala LIKO-Vo [38]	56
Obrázek 48: Mtž fasádních modulů [38].....	56
Obrázek 49: Budova LIKO-NOE [37].....	56
Obrázek 50: One Central Park [41].....	57
Obrázek 51: Bosco Verticale [autor].....	58
Obrázek 52: Tower Flower [43]	58
Obrázek 53: Půdorys 1NP [autor].....	60
Obrázek 54: Pohled na fasádu [autor].....	60
Obrázek 55: Schéma navržené treláže [autor]	64
Obrázek 56: Schéma navržené živé stěny LIKO-S [autor]	74
Obrázek 57: Schéma navržené stěny Němec Cascade Garden [autor]	76
Obrázek 58: Schéma navržené souvislé živé stěny [autor]	79

Seznam tabulek

Tabulka 1: Náklady na materiál [autor]	65
Tabulka 2: Náklady na materiál [autor]	68
Tabulka 3: Náklady na materiál [autor]	70
Tabulka 4: Přehled nákladů [autor].....	72
Tabulka 5: Přehled nákladů [autor].....	75

Tabulka 6: Přehled nákladů [autor].....	78
Tabulka 7: Celkové pořizovací náklady [autor]	79
Tabulka 8: Přehled nákladů [autor].....	80
Tabulka 9: Přehled nákladů všech variant [autor]	81

Seznam grafů

Graf 1: Náklady na treláž kotvenou do fasády bez zateplení [autor].....	73
Graf 2: Náklady na treláž kotvenou do zateplené fasády [autor]	73
Graf 3: Podíl nákladů na údržbu a celkových pořizovacích nákladů [autor]	82
Graf 4: Porovnání výše nákladů v 1.roce [autor].....	83
Graf 5: Porovnání výše nákladů vztažených na 1m ² [autor]	83

Seznam vzorců

(1) Výpočet potřebné doby na montáž [T _{mtž}]	64
(2) Výpočet nákladů na montáž [N _{mtž}].....	64
(3) Výpočet ostatních nákladů [N _{ost}].....	67
(4) Výpočet nákladů na montáž [N _{mtž}].....	69
(5) Výpočet ročních nákladů na údržbu [N _ú].....	69
(6) Výpočet pořizovacích nákladů na vertikální zahradu [N _{zahr}].....	73
(7) Výpočet ročních nákladů na údržbu [N _ú].....	73
(8) Výpočet pořizovacích nákladů na vertikální zahradu [N _{zahr}].....	75
(9) Výpočet ročních nákladů na údržbu [N _ú].....	75
(10) Výpočet ročních nákladů na údržbu [N _ú].....	79

Seznam zdrojů

- [1] TIMUR, Özgür Burhan, KARACA, Elif . Vertical Gardens. In: OZYAVUZ, Murat. *Advances in Landscape Architecture*. Intech, 2013. ISBN 978-953-51-1167-2.

- [2] BURIAN, Samuel. Pnoucí dřeviny a jejich vliv na konstrukce. In: *Konference stromy a jejich vliv na stavby: sborník příspěvků: Malenovice 2005*, Malenovice: Praha, 2005. Sekurkon v Neosetu. Str. 87-91. ISBN 80-86604-21-7.
- [3] HÁJEK, Petr. *Udržitelná výstavba budov a její uplatňování ve střední Evropě* In: Časopis stavebnictví [online]. Č.11-12/07. Informační centrum ČKAIT s.r.o. Dostupné z: https://www.casopisstavebnictvi.cz/udrzitelna-vystavba-budov-a-jeji-uplatnovani-ve-stredni-evrope_N465
- [4] UFFELEN, Chris van. *Green, Greener, Greenest: façades, roofs, indoors*. Salenstein: Braun, 2017. Str. 6-8. ISBN 978-3-03768-212-8.
- [5] ALMUSAED, Amjad. *Biophilic and bioclimatic architecture: analytical therapy for the next generation of passive sustainable architecture*. London: Springer, 2011. Str. 205-216. ISBN 978-1-4471-5726-7
- [6] Zákon č.17/1992 o životním prostředí § 6. [online]. Dostupné z: https://www.mzp.cz/www/platnalegislativa.nsf/5B17DD457274213EC12572F3002827DE/%24file/Z%2017_1992.pdf
- [7] ADÁMEK, Jiří. Trvale udržitelný rozvoj a rozvoj měst, urbanizace a jejich souvislosti. In: JUNIORSTAV 2011: *Udržitelná výstavba budov a udržitelný rozvoj sídel* [online]. Dostupné z: <http://files.atelieraz.cz/200000010-7ed857fd1f/Trvale%20udrzitelny%20rozvoj%20a%20rozvoj%20mest,%20urbanizace%20a%20jejich%20souvislosti.pdf>
- [8] ŠIROKÁ, Helena. *Městské tepelné ostrovy*. In: Časopis stavebnictví [online]. Informační centrum ČKAIT s.r.o., 2018. Dostupné z: <https://www.stavebnictvi3000.cz/clanky/mestske-tepelne-ostrovy>
- [9] VACEK, Oldřich a další. *Ekosystémy, tepelné ostrovy: Městský tepelný ostrov*. In: Časopis NIKA [online]. Č. 10/2017. Dostupné z: <http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:QHExQSX20YIJ:www.nika-casopis.cz/rubriky/ekosystemy/mestsky-tepelny-ostrov.aspx+%&cd=6&hl=cs&ct=clnk&gl=cz&client=safari>
- [10] PARIONA, Amber. *Urban Heat Island: Causes and Consequences*. In: World atlas [online]. 2017. Dostupné z: <https://www.worldatlas.com/articles/urban-heat-island-causes-and-consequences.html>

- [11] PÉREZ, Gabriel, a další. *Vertical Greenery, Systems (VGS) for energy saving in buildings: A review*. In: *Renewable and Sustainable Energy Reviews* [online]. Lleida: Elsevier Ltd.: ScienceDirect 2014. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032114005073>
- [12] DANEŠOVÁ, Daniela. *BREEAM a LEED- Certifikace z hlediska udržitelného rozvoje*. In: ATELIER DEK [online]. 2013. Dostupné z: <https://atelier-dek.cz/breem-leed---certifikace-z-hlediska-udrzitelneho-rozvoje-528>
- [13] ČERMÁKOVÁ, Barbora a Radka MUŽÍKOVÁ. *Ozeleněné střechy*. Praha: Grada, 2009. Stavitel. Str. 23-33. ISBN 978-80-247-1802-6.
- [14] BLANC, Patrick. *Documents: Biography*. [online]. Dostupné z: <https://www.verticalgardenpatrickblanc.com/documents>
- [15] BLANC, Patrick. *Documents: The Vertical Garden: A Scientific and Artistic approach by Patrick Blanc* [online]. Dostupné z: <https://www.verticalgardenpatrickblanc.com/documents>
- [16] UFELEN, Chris van. *FaçadeGreenery: contemporary landscaping*. Salenstein: Braun, 2011. Str.105. ISBN 978-3-03768-075-9
- [17] ULRYCHOVÁ, Michaela. *Mur Vegetal- Patrick Blanc*. In: greenlab.cz [online]. Greenlab ©, 2009. Dostupné z: <http://www.greenlab.cz/cs/clanky/mur-vegetal-patrick-blanc/>
- [18] BURIAN, Samuel. *Popínavé rostliny*. 1.vyd. Praha: BRIO. 1997. 128 s. ISBN 80-902209-4-0
- [19] KOŽEŠNÍKOVÁ, Ivana. *Popínavé dřeviny*. In: zahradkari.cz [online]. Český zahrádkářský svaz, z.s., 2010. Dostupné z: https://www.zahradkari.cz/odborne/clanky/okrasne_dreviny/popinave/index.htm
- [20] *Technologie kotvení a kotvící technika* [online]. [cit. 2019-01-24]. Dostupné z: <http://www.lankovsystem.cz/cz/lankovy-system-kotveni/>
- [21] *Treláže pro popínavé rostliny* [online]. [cit. 2019-01-24]. Dostupné z: <https://www.kraupnerservis.cz/cz/prezentace/?poloz=12>
- [22] *Greenscreen. Photo Gallery* [online]. [cit. 2019-02-02]. Dostupné z: <https://greenscreen.com/projects/photo-gallery/>

- [23] *Products: Omni Facade* [online]. [cit. 2019-01-20]. Dostupné z: <https://www.omnecosystems.com/omnifacade>
- [24] *Vertikální zahrady* [online]. [cit. 2019-05-15]. Dostupné z: <http://www.carokvety.cz/vertikalni-zahrady/>
- [25] *Zelené stěny* [online]. [cit. 2019-02-10]. Dostupné z: <http://www.hydroponie.cz/zelene-steny/>
- [26] *Comment faire un mur végétal? Les erreurs à ne pas commettre* [online]. 2015 [cit. 2019-02-15]. Dostupné z: <http://www.jardinsdebabylone.fr/blog/comment-faire-un-mur-vegetal/>
- [27] *Vertical Garden Patrick Blanc: Key Dates* [online]. [cit. 2019-02-15]. Dostupné z: <https://www.verticalgardenpatrickblanc.com/patrick-blanc/dates-clefs>
- [28] *Vertical Garden Patrick Blanc: Inspiration* [online]. [cit. 2019-02-15]. Dostupné z: <https://www.verticalgardenpatrickblanc.com/inspiration/root-systems?page=3>
- [29] DUNNETT, Nigel a KINGSBURY, Noël. *Planting green roofs and living walls*. Portland: Timber Press. 2004. 254 s. ISBN 0-8819-2640
- [30] *Systémy: Zelená fasáda* [online]. [cit. 2019-03-10]. Dostupné z: <http://www.ekrost.cz/fasady.html>
- [31] *Zelená fasáda* [online]. [cit. 2018-12-10]. Dostupné z: <https://www.zivestavby.cz/cs/zelena-fasada>
- [32] *Produkty: Atlantis Gro-Wall® Vertikální zahrady a Zelené stěny* [online]. [cit. 2018-10-21]. Dostupné z: <https://www.graseko.cz/vertikalni-zahrady---zelene-steny>
- [33] *Atlantis Gro-wall® Vertical Garden Systém* [online]. [cit. 2018-10-21]. Dostupné z: <http://atlantiscorporation.com.au/gro-wall-pro/>
- [34] *Vertikální kaskádové zahrady Němec* [online]- 2019 [cit. 2019-04-01]. Dostupné z: <https://cascadegarden.nemec.eu>
- [35] *Kompletní technická data* [online]- [cit. 2019-04-01]. Dostupné z: <https://cascadegarden.nemec.eu/technicka-data>
- [36] *Opravdu zelená budova* [online]. [cit. 2019-02-02]. Dostupné z: <https://www.afikarlin.cz/cs/>

- [37] *LIKO-NOE: Přírodní tepelná stabilizace* [online]. [cit. 2019-02-10]. Dostupné z: <https://www.liko-noe.cz>
- [38] *Připravovaná živá hala LIKO-Vo sbírá první ocenění* [online]. [cit. 2019-02-10]. Dostupné z: <https://www.liko-s.cz/cs/pripstavovana-ziva-hala-liko-vo-sbira-prvni-oceneni>
- [39] *Green Facades* [online]. [cit. 2018-10-05]. Dostupné z: <https://www.urbangreenbluegrids.com/measures/green-facades/>
- [40] *Great World Structures With Green Facades And Vertical Gardens* [online]. [cit. 2019-05-10]. Dostupné z: <https://www.homedit.com/green-facades-and-vertical-gardens/>
- [41] *One Central Park* [online]. [cit. 2019-05-10]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/One_Central_Park
- [42] VAŇHAROVÁ, Miroslava. *Bosco Verticale- nejkrásnější zelený mrakodrap na světě.* [online]. 10.12.2018 [cit. 2018-12-28]. Dostupné z: <https://www.stavebnictvi3000.cz/clanky/bosco-verticale-nejkrasnejsi-zeleny-mrakodrap-na-svete>
- [43] *Flashback: Tower Flower/ Edouard François* [online]. 2012 [cit. 2018-12-28]. Dostupné z: <https://www.archdaily.com/245014/tower-flower-edouard-francois>
- [44] TŮMA, Radek. *Antický místopis: 7 divů světa: Visuté zahrady Semiramidiny* [online]. 2004 [cit. 2018-10-10]. Dostupné z: <http://antika.avonet.cz/article.php?ID=1870>
- [45] *Mapy charakteristik klimatu* [online.] [cit. 2019-05-01]. Dostupné z: <http://portal.chmi.cz/historicka-data/pocasi/mapy-charakteristik-klimatu>
- [46] *Réva vinná: Odrůda Křižovnickaja Mart* [online]. Dostupné z: https://www.zahrada.cz/forum/obrazek.php?id_zaznamu=429326&identifikator=223139993735438&nazev=&id_oblasti=100
- [47] ÚRS PRAHA a.s. *KROS 4 2019/4 v. 2* [software]. Duben 2019. [přístup 12.4.2019]. Dostupnost: zapůjčená studentská licence, poskytnuta od ÚRS PRAHA a.s.